

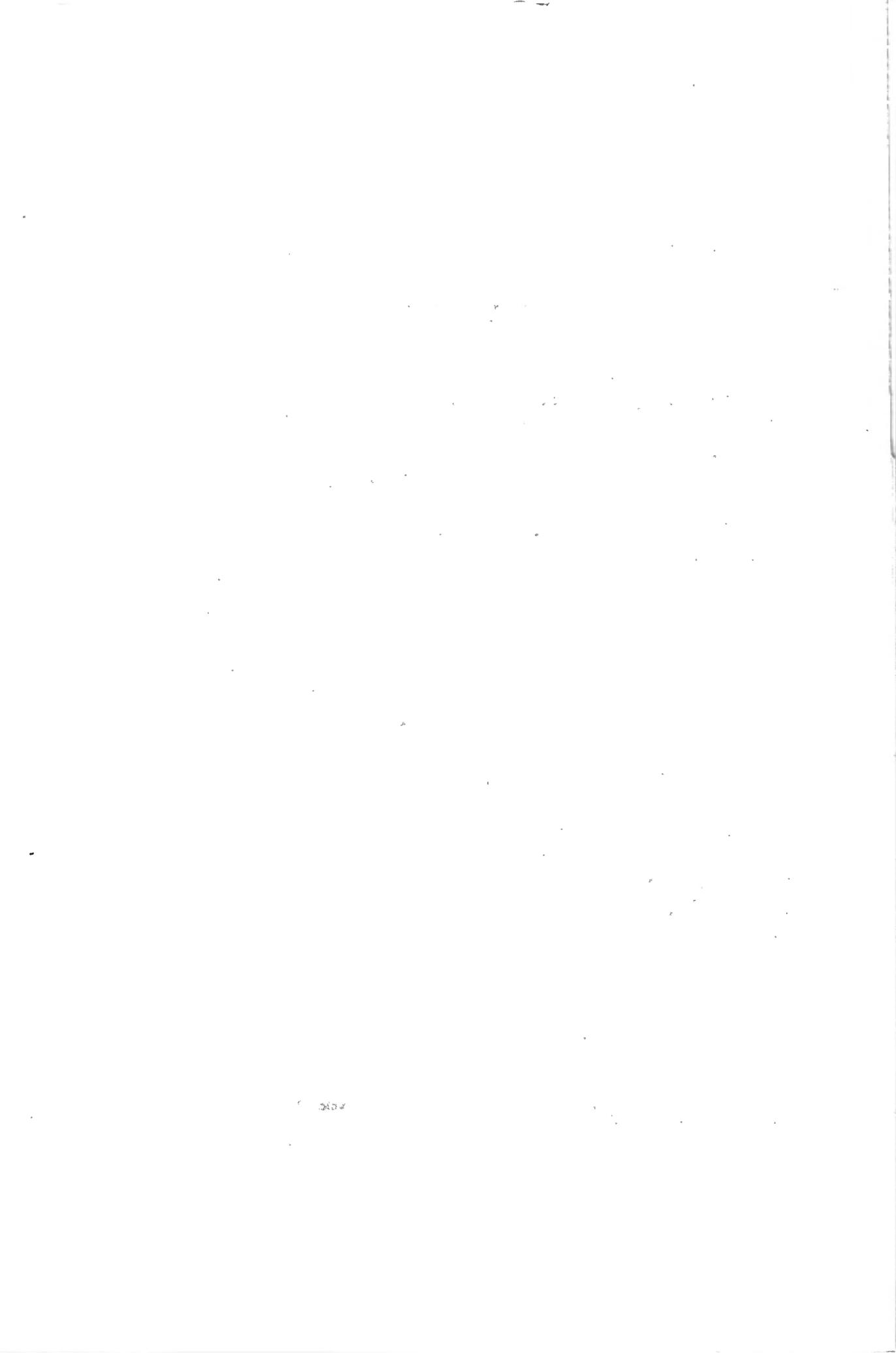
INTRODUCTION

Les notes qui suivent constituent le résultat de deux missions successives au Nyamuragira. La première (février à septembre 1938) fut réalisée à l'initiative du Fonds JACQUES CASSEL de l'Université de Bruxelles. La seconde (janvier-mai 1940) fut organisée à l'intervention du Fonds National de la Recherche Scientifique, avec la collaboration de la Fondation pour favoriser l'Étude Scientifique des Parcs Nationaux du Congo Belge. Cette Fondation voulut bien accorder les crédits nécessaires à la construction d'une station volcanologique permanente. Celle-ci, située sur le flanc nord-est du Nyamuragira vers 2600 m d'altitude, était sur le point d'être achevée quand l'invasion de la Belgique, en mai 1940, vint interrompre les travaux.

Les observations antérieures en 1938, et celles faites dans l'intervalle de septembre 1938 à février 1940, sont dues pour la plus grande part à l'actif Conservateur du Parc National Albert, M. le Colonel R. HOIER, dont les très intéressantes constatations ont déjà été publiées¹.

Les conclusions de ce mémoire n'ont qu'une valeur provisoire. L'étude du Nyamuragira est à peine entamée; elle devra être complétée et interprétée à la lumière des renseignements que fournira l'étude des autres volcans de la chaîne, et notamment à celle du Nyiragongo dont l'extraordinaire activité n'est pas sans analogie avec celle du Nyamuragira.

1. R. HOIER, 1939, Contribution à l'étude de la morphologie du volcan Nyamuragira, *Institut Parcs Nat. Congo Belge*, publ. sép.



PREMIÈRE PARTIE

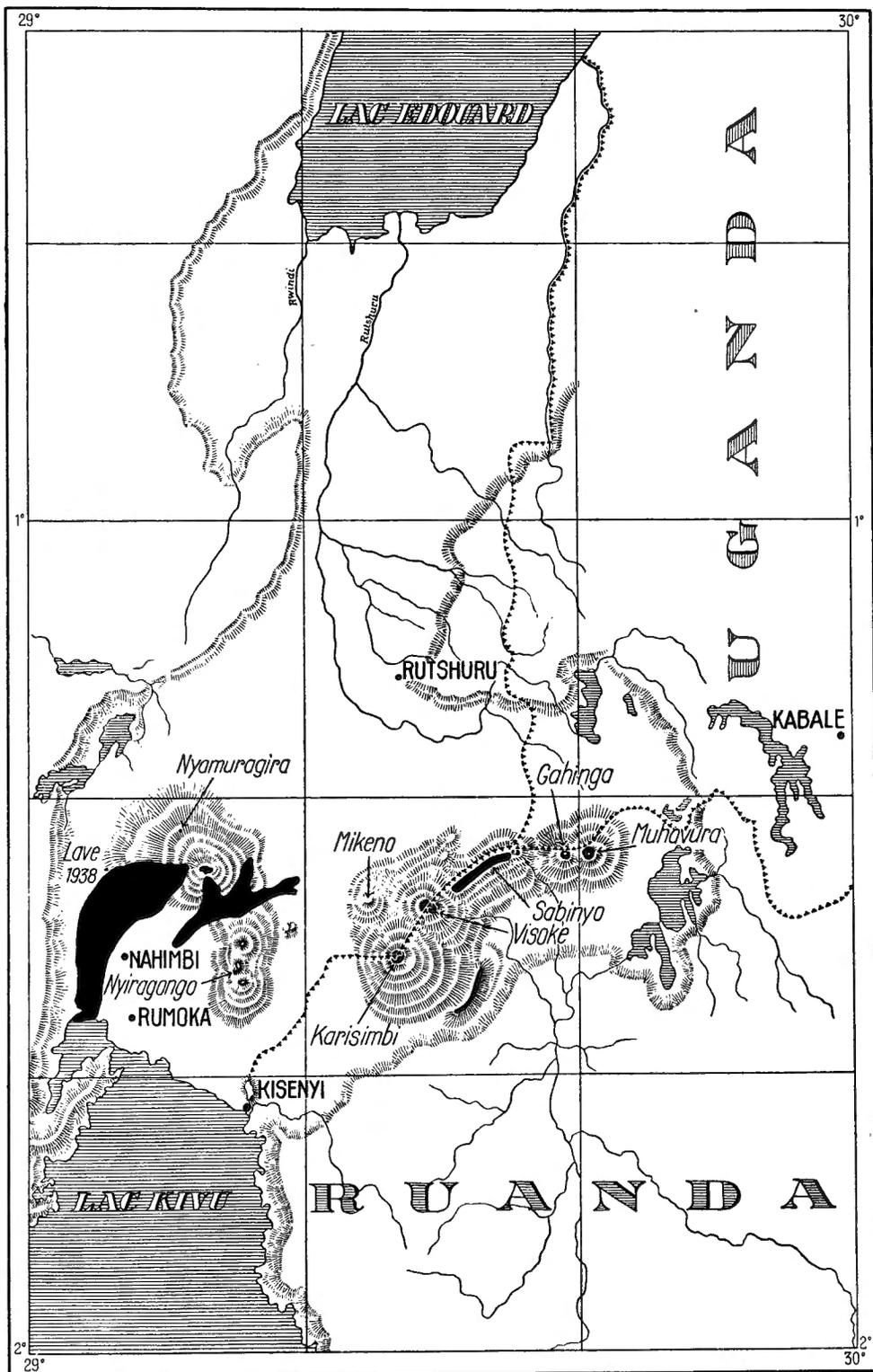


FIG. 1. — Carte de la région volcanique au Nord du lac Kivu.

LE NYAMURAGIRA

Le Nyamuragira (« Nyamlagira ») est le volcan le plus occidental de la chaîne des Virunga, au Nord du lac Kivu (Congo belge). Cette chaîne qui s'étend d'Est en Ouest sur 80 kilomètres à travers la dépression tectonique des Grands Lacs (Western Rift Valley) comporte 8 volcans principaux et un grand nombre de petits cratères accessoires. Deux de ces volcans, le Nyiragongo et le Nyamuragira, sont encore actifs; la plupart des autres semblent définitivement éteints. Cependant, le Muhavura, le plus oriental des volcans du massif, paraît avoir été actif dans des temps trop récents pour qu'on puisse écarter entièrement la possibilité d'un réveil.

Les missions dont l'auteur fut chargé avaient pour but d'abord l'étude de l'éruption de 1938 du Nyamuragira et ensuite la construction d'un laboratoire; elles ne lui ont pas laissé le temps d'aborder l'étude des autres volcans du massif.

L'essentiel de nos connaissances sur ces volcans, sur leur morphologie, leur pétrologie et sur la tectonique de la région du Nord du lac Kivu est dû à COMBE et SIMMONS et à HOLMES et HARWOOD. Ces connaissances ont été rapidement résumées par l'auteur dans une note préliminaire.

Il est difficile de délimiter exactement l'édifice du Nyamuragira (1,25' S., 29,12' E.G.); on est tenté d'y incorporer les cratères accessoires qui l'entourent, notamment à l'Ouest et au Sud-Ouest. On rapporte ainsi parfois au Nyamuragira l'éruption qui se produisit en 1912 au Rumoka, mais le Rumoka est à distance égale du Nyamuragira et du Nyiragongo et sa position géographique ambiguë ne permet pas de le rattacher à l'un plutôt qu'à l'autre de ces volcans. Pétrologiquement, ses laves présentent certains caractères qu'on ne retrouve que dans les produits les plus récents du Nyamuragira; elles sont semblables aux laves de l'éruption de 1904 qui se produisit à partir d'un cône (ADOLF FRIEDRICH KEGEL = Nahimbi) beaucoup plus rapproché du Nyamuragira que le Rumoka. Cependant il paraît préférable de considérer provisoirement ces cratères accessoires comme des édifices distincts. Leur étude ou leur description entre dans le cadre d'une étude générale des volcans Virunga et n'a pas sa place dans le présent mémoire.

Les laves du Nyamuragira couvrent une superficie considérable, plus grande que celle couverte par les laves de n'importe quel autre volcan de la chaîne. Elles s'étendent sans interruption du lac Kivu jusqu'à approximativement 25 km au Nord-Ouest de Rutshuru. Il est difficile de se représenter exactement l'allure topographique de la surface qu'elles recouvrent. Il s'agit probablement d'une plaine s'élevant en pente douce vers le Sud, du lac Edouard au lac Kivu, et couverte, comme au voisinage

du lac Edouard, de dépôts pléistocènes et récents d'une épaisseur inconnue. Il n'est pas possible de préciser l'extension méridionale sous le volcan de ces dépôts, sous lesquels se trouvent probablement les formations du système de l'Urundi (Karagwe-Ankolean). Là où ces formations affleurent, dans l'escarpement occidental de la dépression tectonique au Sud du lac Edouard, elles consistent principalement en quartzites et schistes. On n'y connaît pas de calcaires. Dans le coin nord-est du lac Kivu, à Kisenyi, affleure un massif granitique qui se prolonge peut-être sous le massif volcanique. Enfin, on a signalé dans la bordure de la dépression tectonique même un massif intrusif de syénite néphélinique ¹.

On sait que préalablement à l'érection de la chaîne des Virunga, les eaux des rivières tributaires du lac Kivu se déversaient vers le lac Edouard ².

Il en résulte que, entre le lac Edouard et le lac Kivu actuel, l'altitude du fond des vallées se trouvait, préalablement à l'érection des volcans, à une altitude qui ne pouvait être nulle part inférieure à celle du lac Edouard lui-même, soit approximativement 1000 m. Le sommet du Nyamuragira se trouvant à 3053 m d'altitude, on en déduit que l'épaisseur maximum de ses laves ne dépasse pas approximativement 2000 mètres.

De l'énorme superficie couverte par les laves du Nyamuragira et de leur épaisseur relativement faible, il résulte que le volcan doit avoir une forme très aplatie, en carapace de tortue ou en bouclier (shield-volcano). L'extrême fluidité des laves du volcan et notamment de celles de l'éruption de 1938 explique cette forme particulière; on pourrait du reste l'expliquer aussi en admettant que les éruptions terminales sont relativement rares par rapport aux éruptions adventives, ce qui favoriserait la répartition des laves sur une superficie plus grande. Morphologiquement le Nyamuragira est très différent des autres volcans de la chaîne des Virunga, ce qui est d'autant plus remarquable que, pour autant qu'on connaisse la pétrologie de leurs laves, les laves du Nyamuragira sont chimiquement semblables à celles du Muhavura, qui est un cône parfait.

On assigne généralement des différences morphologiques de ce genre à une différence de viscosité des laves. Il est évident en effet que des laves plus visqueuses s'écoulent moins facilement et s'accumulent plus près de l'orifice d'où elles proviennent. On admet aussi parfois qu'une viscosité plus grande, en retardant le dégagement des gaz magmatiques, favorise les phénomènes explosifs dont les produits solides s'accumulent sur les pentes du volcan suivant leur pente de talus naturel qui est généralement plus élevée que la pente que prendraient des coulées liquides. Si on admet cette manière de voir, on doit admettre aussi, dans le cas du Nyamuragira et du Muhavura dont les laves ont la même composition chimique et par conséquent, à température égale, la même viscosité, soit que les laves du

1. LACROIX, A. et DELHAYE, F., Sur l'existence de syénite néphélinique dans la région de Rutshuru (Graben Central Africain), *C. R.*, 183, 589, 1927.

2. BOUTAKOFF, N., Une nouvelle considération confirmant l'écoulement primitif du lac Kivu vers le Nord. *Bull. soc. belge Géol. Pal. Hydr.*, 43, 1933, 50-56.

Nyamuragira sont émises à température plus élevée que celle du Muhavura, soit qu'une raison indépendante de la composition chimique du magma a causé au Muhavura une prédominance des manifestations explosives par rapport aux manifestations effusives. Il n'y a à l'heure actuelle aucune raison d'admettre l'une ou l'autre de ces hypothèses. La première serait impossible à vérifier, et la seconde ne paraît pas probable du fait qu'on trouve au Nyamuragira l'indication de manifestations explosives fréquentes et violentes, tandis qu'il est certain que l'activité effusive n'a pas fait défaut au Muhavura.

Il semble donc que les différences morphologiques entre ces deux volcans sont causées par des facteurs autres que ceux auxquels on attribue généralement un rôle prédominant. L'auteur n'exclut pas l'hypothèse que ces différences morphologiques soient dues à des différences d'âge qui provoquent un accroissement du nombre des éruptions terminales par rapport au nombre des éruptions effusives, correspondant en somme à une contraction progressive, à un rétrécissement graduel du foyer de l'activité volcanique. Selon cette hypothèse, et pour autant que des études plus détaillées confirment l'analogie chimique des laves des deux volcans, leurs différences morphologiques résulteraient du fait qu'ils se trouvent à des stades différents de l'évolution d'un même type morphologique. Le Muhavura représenterait dans cette hypothèse le stade le plus avancé, tandis que le Nyamuragira se trouverait dans un stade d'extrême jeunesse — ce que confirment du reste d'autres observations.

Le Nyamuragira est donc un volcan bouclier dont la pente moyenne ne dépasse pas 8 à 10° (pl I, 1). Son profil est en réalité la surface-enveloppe d'un escalier formé de terrasses horizontales ou sub-horizontales séparées par des falaises ayant une pente de 20 ou de 30°; on compte ainsi sur le flanc sud-est de la montagne 7 terrasses superposées (pl. I, 2). Les falaises qui séparent ces terrasses ont l'allure d'escarpements de failles, et la formation d'escarpements semblables, quoique de longueur moindre et de rejet plus faible, au cours de l'éruption de 1938, a conduit à la conclusion que le profil en terrasse du volcan résulte d'une série de cassures concentriques. Ces failles ne paraissent être ni des effondrements purs, ni des soulèvements purs. On a pu observer sur les cassures de l'éruption de 1938 qu'une des lèvres est légèrement soulevée tandis que l'autre au contraire est déprimée. Le rejet total de la faille résulte de l'addition de ces deux rejets en sens opposés; il est, pour les exemples formés au cours de l'éruption de 1938, de l'ordre de 12 m environ.

On connaît des exemples de failles dont le rejet total résulte de mouvements en sens opposé des deux lèvres. Des mesures géodésiques précises effectuées avant et après le tremblement de terre de San Francisco (1906) ont mis ce fait en évidence d'une manière particulièrement claire et permettent de l'expliquer par la notion du « rebondissement élastique ».

Choisissons deux points A et B (fig. 2) d'une masse élastique quelconque (gélatine par exemple) soumise à des efforts tels qu'il en résulte une

déformation amenant B en B', tandis que le point A, suffisamment éloigné, demeure immobile. Lorsque les tensions, et par conséquent la déformation, ont atteint une certaine valeur, il se produit une rupture suivant un plan CD. Si le coefficient de friction des deux lèvres de la cassure est suffisamment faible, la matière aura tendance à reprendre une forme correspondant à

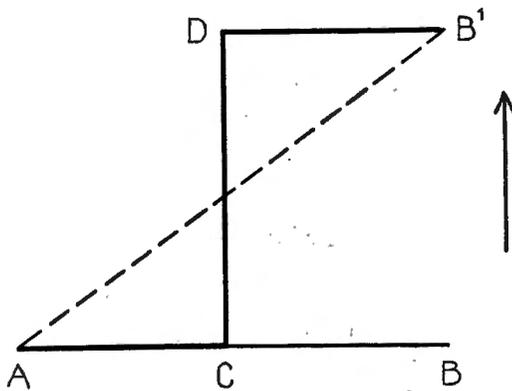


FIG. 2. — Mécanisme du mouvement des failles.

des tensions minima. Cette tendance se traduira par un rebondissement véritable, qui aura pour effet de transformer la droite AB' en une ligne brisée ACDB'. Le rejet CD de la faille résultera de l'addition des 2 déplacements en sens inverse FD et FC.

Le même raisonnement peut s'appliquer aux failles concentriques du volcan. Supposons que A représente un point immobile, situé au pied du volcan, B représentant un point quelconque du volcan, le milieu du cratère, par exemple. Un bombement du volcan sous l'effet d'une dilatation interne du magma amène B en B'. Une rupture se produit suivant un plan CD. Pour autant que la pression interne ne diminue pas, le profil BA du volcan prendra la forme B'DCA.

On peut se représenter la disposition dans l'espace des surfaces de rupture CD si on fait certaines hypothèses concernant la forme de la masse magmatique interne dont la dilatation provoque la tension dont résulteraient les failles. Ces surfaces de rupture que les tensions existantes auraient pour effet d'ouvrir, deviendraient des voies d'accès privilégiées du magma qui s'injecterait en dykes.

C'est le phénomène de la production des « Cone-Sheet », caractéristique des éruptions tertiaires d'Ecosse¹.

Le profil en terrasses décrit ci-dessus n'est pas particulier au Nyamura-

1. Sur l'étude dynamique de la formation des « cone sheets », voir « Tertiary and Post-Tertiary Geology of Mull, pp. 11-12. *Memoirs Geological Survey of Scotland*, Edinburgh, 1924.

gira; on le retrouve sur d'autres édifices volcaniques du même genre (Elgon, Kilauea). Il serait, d'après nos hypothèses, l'expression morphologique superficielle de la formation de Cone-Sheets.

Il faut noter que la dilatation interne du magma que nous postulons est un fait qui a été observé : à Hawaii, des appareils spéciaux (tilt-meter) enregistrent des mouvements de l'ensemble de l'édifice volcanique qui trahissent une série de dilatations et de contractions successives.

Les escarpements et les terrasses du Nyamuragira sont pour la plupart des traits relativement anciens de la morphologie du volcan. Ils sont généralement recouverts de coulées de laves ou de brèches qui ne sont pas recoupées par ces failles et qui leur sont par conséquent postérieures. En beaucoup d'endroits, une abondante végétation de bruyères ou de forêts recouvre ces formations.

Le Nyamuragira présente un profil un peu différent suivant le sens dans lequel on le regarde. Il paraît un peu allongé et étiré dans la direction sud-est nord-ouest qui correspond manifestement à un axe principal de l'édifice volcanique. Cet axe passe par le Nyiragongo, mais n'est pas un axe de symétrie de ce dernier volcan. Entre le Nyiragongo et le Nyamuragira, son passage est jalonné par une série de cônes de cendres et par des fissures anciennes qui ont servi probablement, à plusieurs reprises, à l'émission de coulées de lave qui s'épanchaient vers le Nyiragongo et sur les deux versants du col, entre le Nyamuragira et le Nyiragongo. Dans le cratère même du Nyamuragira, le passage de l'axe est souligné par une série de bouches solfatariques qui s'alimentent probablement directement à un réservoir profond, car leur activité est indépendante de l'état d'activité du cratère. Elle n'a été en rien modifiée par les changements colossaux survenus dans le cratère entre 1929 et 1938, ni même par la cessation complète de l'activité dans le cratère même au début de l'éruption de 1938.

Au delà du cratère, sur la pente nord-ouest du volcan, on trouve sur le tracé de l'axe principal un puits d'effondrement de 200 m de diamètre qui rappelle absolument les puits de Puna, aux environs du Kilauea (Hawaii). Ce puits est foré à l'emporte-pièce dans les bancs de laves qui forment la masse même du volcan. On doit attribuer sa formation à des effondrements plutôt qu'à des explosions, parce que des puits semblables se sont formés par effondrement, à deux reprises, quasiment sous les yeux des observateurs, dans le cratère du Nyamuragira.

Au delà du puits d'effondrement et plus bas sur la même pente, on trouve, toujours suivant la direction de l'axe principal, deux alignements parallèles d'appareils éruptifs relativement récents¹. Ces deux alignements parallèles sont légèrement décalés l'un par rapport à l'autre; ils sont constitués de cônes (« Schweisschlacken Kegeln », « spatter cones ») et d'une série d'orifices profonds, cylindriques, d'un diamètre de quelques mètres,

1. KANDT et SCHWARZ parlent d'éruptions sur le flanc nord-ouest du Nyamuragira (1899 et 1902). Cf. KIRSCHSTEIN, *Wiss. Ergebn. D. Zent. Afrika Exped.*, vol. I, p. 99.

situés à quelques mètres les uns des autres, et communiquant parfois en profondeur. Certains de ces orifices sont forés dans les pentes de cônes de cendres plus anciens et déjà recouverts d'une épaisse végétation. Ces différents organes et leur disposition relative rappellent singulièrement la disposition affectée par les organes de l'éruption de 1938.

Les pentes du volcan sont couvertes de végétation jusqu'à une altitude variable, voisine généralement de 2700 m. Il est difficile de se rendre compte exactement de la nature des matériaux volcaniques sur lesquels cette végétation s'est développée, mais il semble que les coulées de lave du type pahoehoe prédominent. Au-dessus de la limite de la végétation, on trouve en abondance à peu près égale des coulées (généralement pahoehoe) et des brèches stratifiées. Ces brèches ont généralement 1 à 2 m d'épaisseur et sont formées de blocs anguleux de laves vésiculaires et de roches porphyritiques ou aphanitiques de toutes tailles, allant de quelques centimètres à 0,50 m de diamètre. Ces blocs sont dispersés dans une matrice très fine, terreuse, légèrement argileuse. L'érosion, agissant sur la matrice, en forme d'innombrables petites pyramides de quelques centimètres de hauteur surmontées d'un bloc demeuré en relief.

Ces brèches recouvrent une superficie considérable; on les trouve jusqu'au bord même du cratère et leur répartition indique qu'elles ne peuvent avoir été déposées par des torrents de boue (« lahars »). Ces formations témoignent d'une intense activité explosive du volcan.

Sur les pentes supérieures du volcan, dans le voisinage du cratère, les brèches et les coulées de lave sont recouvertes d'innombrables blocs non cimentés, dont certains pèsent plusieurs tonnes, et qui sont le produit des manifestations explosives les plus récentes. Ces blocs projetés par la violence des explosions se fracturent en tombant et prennent l'aspect caractéristique de la planche III, 1. Il n'y a aucune indication que ce type de fracture soit dû à autre chose qu'à des effets purement mécaniques.

Les pentes supérieures sud-ouest du volcan, ainsi qu'une partie du plancher du cratère, sont recouvertes de fines scories d'aspect relativement frais et dont l'épaisseur atteint par endroits plus de 2 mètres. La répartition de ces scories est probablement due à la direction du vent qui soufflait au moment de leur éruption. KIRSCHSTEIN qui a visité le cratère en 1907 les mentionne déjà; elles sont donc pour la plus grande part antérieures à cette date.

Le cratère du volcan

KIRSCHSTEIN est le premier géologue qui ait visité et décrit le cratère du Nyamuragira (1907). Il nous le représente sous forme d'une caldera d'explosion d'un diamètre approximatif de 2 km et dont le bord extérieur s'abaisse notablement dans le secteur nord-ouest, permettant ainsi d'accéder de plain-pied au plancher du cratère. Celui-ci est constitué de deux éléments morphologiques distincts : une terrasse horizontale qui en occupe toute la partie nord-ouest, nord et est, et une cuvette à fond plat dont le plancher est recouvert de coulées luisantes de lave fraîche. Cette cuvette est séparée en deux parties par une proéminence de la plate-forme supérieure qui s'avance comme un promontoire vers le milieu du cratère. Des explosions ont foré dans la plate-forme supérieure 3 petits puits à parois verticales qui sont le siège d'un abondant dégagement de vapeur.

WILLIS, BOWEN et COMBE visitèrent ensemble le volcan en 1929 et leurs descriptions accompagnées d'excellentes photographies indiquent que l'aspect du cratère s'était sensiblement modifié depuis la visite de KIRSCHSTEIN. Il consistait en 1929 de 3 calderas emboîtées (« nested sinks »). La terrasse supérieure à laquelle on accédait par l'échancrure dans la paroi nord-ouest du cratère subsistait encore, ainsi que la plate-forme « moyenne » que constituait le fond de la cuvette signalée par KIRSCHSTEIN. Dans la partie sud-ouest de cette plate-forme s'ouvrait un puits profond de 750 m de diamètre et dont le plancher constituait la plate-forme inférieure. De la plate-forme moyenne s'élevait un « îlot », c'est-à-dire un bloc résiduel formé de coulées empilées et dont le sommet sub-horizontale atteignait le niveau de la plate-forme supérieure. Cet îlot constituait un vestige du promontoire qui en 1907 se soudait encore à cette plate-forme. Le volcan se trouvait en 1929 dans une phase d'activité hawaïenne et cette activité se concentrait sur la plate-forme moyenne. Une large cuve de lave bouillonnante de 30 ou 60 m de diamètre en marquait le foyer principal. Une douzaine de bassins plus petits se répartissaient aux alentours dans un « secteur actif » d'où la lave s'écoulait souterrainement vers le puits dans les parois duquel elle suintait en grosses gouttes qui dégringolaient vers le fond.

La comparaison des descriptions du cratère par KIRSCHSTEIN et par WILLIS, COMBE et BOWEN, permet de se rendre compte des changements survenus de 1907 à 1929. Ces changements ont consisté :

1° En des effondrements séparant l' « îlot » du restant de la terrasse à laquelle il se rattachait précédemment, et déterminant la formation d'un puits profond dans la partie sud-ouest du cratère;

2° En l'apparition d'un « secteur actif » à l'extrémité nord-est de la plate-forme moyenne, caractérisé par un type hawaïen d'activité;

3° En la disparition des trois petits puits d'explosions de la terrasse supérieure.

En 1932, quand R. HOIER en dressa la première carte au 1/10.000^e, le cratère présentait les mêmes caractéristiques qu'en 1929. La lave s'écoulait toujours du secteur actif vers la plate-forme inférieure et le puits ne tarda pas à être comblé (1935), (pl. II, 1). A partir de ce moment, les coulées s'épanchèrent sur toute la superficie de la plate-forme moyenne dont le niveau se releva rapidement; au début de 1938, il avait atteint et même dépassé celui de la plate-forme supérieure sur laquelle la lave commençait à se déverser. Ce mouvement ascensionnel fut interrompu en 1936 seulement par un court épisode d'effondrement au cours duquel un puits profond de 250 m se forma à l'emplacement du secteur actif. Au bout de quelques semaines, la lave réapparut au fond de ce puits qui fut rapidement comblé.

Les changements survenus au cratère, de 1932 à 1938, ont fait l'objet d'une publication de R. HOIER¹. Des indications données par cet auteur, il est possible d'établir comme suit le débit de lave du volcan pendant cette période.

PÉRIODE	Débit moyen mensuel en millions de m ³
Janvier 1932 à janvier 1933	0,75
Janvier 1933 à juin 1933	0,7
Juin 1933 à juillet 1934	0,7
Janvier 1935 à décembre 1935	2,5
Décembre 1935 à septembre 1936	2,0
Effondrement novembre 1936 (—27.10 ⁶ m ³).	
Décembre 1936 (reprise d'activité) à février 1937 .	9,0
De février 1937 à janvier 1938	4,0
Débit moyen annuel pour toute la période 1932-1938	30.10 ⁶

Au moment de notre première visite au cratère, en février 1938, toute la partie sud-est constituait un vaste effondrement, une gigantesque cuvette d'aspect extraordinairement chaotique (pl. II, 2). Le restant du cratère, au contraire, formait une vaste plate-forme légèrement bombée sur laquelle on entrait de plain-pied par l'échancrure dans le secteur nord-ouest de la caldera. Au sommet du bombement dont la pente est de quelques degrés à peine, on voyait un vaste puits d'effondrement circulaire de 400 m de diamètre environ, occupant l'emplacement de l'ancien « secteur actif ».

Un contraste de couleurs attirait immédiatement l'attention. Une grande partie de la plate-forme avait la couleur à la fois sombre et brillante des

1. Voir notamment ses excellentes cartes du cratère, *loc. cit.*

coulées de lave fraîche, l'autre partie, au contraire, avait une couleur brune et terne. Les coulées de lave fraîche occupaient la surface de l'ancienne plate-forme moyenne; elles débordaient aussi par place sur la plate-forme supérieure. Le sommet du dôme d'où ces coulées s'étaient épanchées, était sur l'emplacement de l'ancien « secteur actif » de la plate-forme moyenne; préalablement à son effondrement, le 28 février 1938, il se trouvait à une altitude supérieure à celle de la plate-forme supérieure. Les dénominations de « plate-forme supérieure », « plate-forme moyenne », etc., n'avaient donc plus de valeur que pour autant qu'elles rappelaient des unités morphologiques existant autrefois.

De cette plate-forme « supérieure » il y a peu de chose à dire. Elle est couverte dans sa partie nord et nord-ouest d'une épaisseur de 50 cm ou 1 m de cendres, c'est-à-dire de fragments de ponce de quelques millimètres ou d'un centimètre de diamètre environ, accompagnées de petites bombes en amande. Cette cendre repose sur des coulées à surface cordée. La cendre fait défaut dans la partie nord-est de la plate-forme. On y trouve alors, directement sur la lave, de nombreux blocs légèrement arrondis, d'origine explosive. Leur nature lithologique sera examinée ailleurs.

La plate-forme supérieure présente certaines caractéristiques remarquables. La succession des coulées qui la forment ne correspond pas à celle qui est visible dans les parois de la caldera; il y manque notamment les formations pyroclastiques interstratifiées (voir p. 17). Cette plate-forme supérieure ne constitue donc pas simplement un fragment effondré du volcan, mais le résultat d'un remplissage et d'un nivellement postérieur à la formation de la caldera elle-même.

Sur le pourtour externe de la plate-forme, au pied des parois de la caldera, on observe partout une fissure béante de largeur variable, généralement voisine de 1 m (fig. 3). Cette fissure, qui rappelle la « rimaye » d'un glacier, pourrait être interprétée comme une fissure de retrait produite par le refroidissement des coulées dont l'empilement constitue la plate-forme. On doit faire observer cependant que les coulées qui forment la plate-forme moyenne, là où elles viennent buter contre les falaises qui limitent la plate-forme supérieure vers l'intérieur du cratère, ne présentent pas de fissures de retrait; la « rimaye » s'interpréterait donc mieux comme une faille véritable. Cette observation peut avoir un certain poids dans la détermination de l'origine probable de la caldera (effondrement suivant des cassures circulaires plutôt qu'explosion).

Dans la partie centrale de la plate-forme supérieure se trouve une zone où la lave et la cendre qui la recouvre ont été profondément altérées par l'action des solfatares. Ces solfatares forment une série de bouches alignées suivant la direction sud-est nord-ouest, qui est celle de l'axe tectonique principal du volcan. Ils s'étendent sur environ 100 m. Ils attirent l'attention par l'abondant dégagement de vapeur, la couleur jaune du soufre et l'altération profonde de laves sur une grande surface dans leur voisinage.

L'ancienne plate-forme moyenne, dans sa partie qui n'a pas été affectée par l'effondrement de janvier 1938, est recouverte d'un empilement de coulées extrêmement fraîches. Ces coulées semblent s'être épanchées à partir d'un centre situé dans la partie nord-est de la plate-forme, au sommet d'une coupole très surbaissée. Ce centre d'activité s'effondra le 28 janvier 1938, découvrant un vaste puits de 400 m de diamètre environ, et d'une profondeur voisine de 200 m. Au moment de notre première visite, les parois de ce puits étaient le siège d'éboulements fréquents qui envoyaient vers le ciel de lourds nuages de poussière brune.

Les parois du puits montrent une succession de coulées superposées. Ces parois sont partiellement couvertes de draperies de lave fraîche qui tapissent en quelque sorte la cheminée.

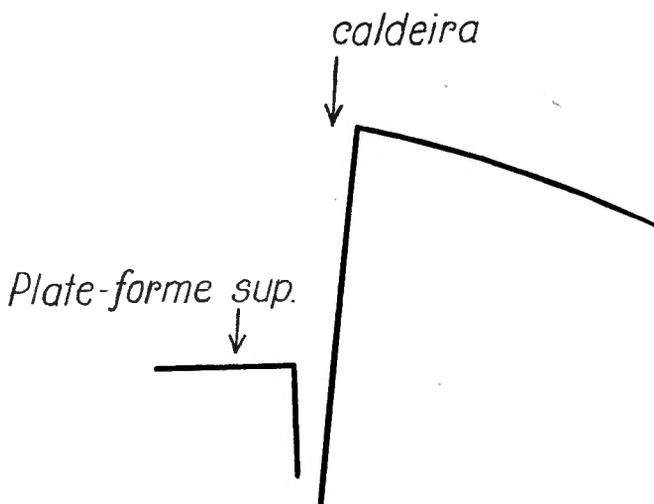


FIG. 3. — Schéma de la fissure sur le pourtour externe de la plate-forme du cratère du volcan Nyamuragira.

Les coulées qui recouvrent la plate-forme moyenne et débordent sur la plate-forme supérieure sont très généralement des coulées massives de 1 m d'épaisseur en moyenne et qui solidifient en laves cordées, en grandes coupes lisses de plusieurs mètres carrés séparées par des fissures polygonales de retrait, ou en draperies. Elles ont généralement une surface lisse et mordorée. Elles sont toujours fortement vésiculaires et présentent généralement l'apparence des laves visqueuses du type « pahoehoe ».

Certaines de ces coulées, au début de janvier 1938, ont débordé sur la plate-forme supérieure et, par l'échancrure, en dehors du cratère (pl. IV, 1). Ce sont généralement de petites coulées du type « pahoehoe », de quelques centaines de mètres de longueur. Deux de ces coulées ont suinté par des fissures sur la plate-forme supérieure, d'où elles se sont épanchées; visible-

ment elles avaient été injectées par des chenaux sous la plate-forme. En montant, elles ont entraîné avec elles quelques fragments de laves anciennes arrachées aux parois de la fissure.

Une coulée plus grande que les autres s'est répandue sur la pente sur près de 2 km de longueur. A sa sortie du cratère la coulée présente un chenal central à partir duquel la lave s'est épanchée et solidifiée sous forme de « pahoehoe » (pl. IX, 1); arrivant sur la pente, elle se transforme en une coulée chaotique formée d'un entassement de fragments scoriacés et brunis et présentant l'aspect d'un champ fraîchement labouré (lave « a a »); cette lave chaotique est recouverte en partie d'une coulée ultérieure de lave « pahoehoe », provenant du même chenal.

Les parois de la caldera qui atteignent par place une centaine de mètres de hauteur au-dessus du niveau de la plate-forme supérieure, sont formées de laves et de brèches volcaniques interstratifiées. La structure des coulées n'est pas partout apparente et BOWEN a été conduit à y voir les vestiges d'un bouchon (plug). Cependant il suffit d'inspecter le petit talus d'éboulement au pied de la falaise pour y découvrir des plaques de lave cordée tombées des parois, et s'assurer ainsi qu'elles sont formées de coulées empilées. On y observe aussi des lentilles intercalées de brèches atteignant plusieurs mètres d'épaisseur; certaines de ces lentilles ont une continuité horizontale suffisante pour en faire de véritables niveaux. L'érosion a parfois creusé dans ces brèches des vallées dont on observe alors la section remplie par des coulées de lave ultérieures.

De nombreuses failles radiales viennent interrompre la régularité de la stratification des parois. Certaines de ces failles se prolongent jusqu'au sommet de la falaise, c'est-à-dire jusqu'à la surface actuelle du volcan; d'autres, au contraire, paraissent plus anciennes, car elles s'arrêtent à un niveau déterminé au-dessus duquel les laves plus récentes ne sont plus dérangées.

Dans la paroi nord de la caldera, on observe un dyke de 0 m 50 à 1 m d'épaisseur, formé d'une roche blanche qui tranche nettement sur les laves grises et rend le dyke bien visible. Ce dyke comprend une zone externe, « chilled », massive, vitreuse, et une partie centrale beaucoup plus vésiculaire. Le dyke est crevasé par de nombreuses surfaces d'exfoliation parallèles aux parois.

Ce dyke se prolonge apparemment jusqu'à la surface où il se perd dans une coulée pour laquelle il a probablement servi de feeder. Il ne nous a pas été possible de le suivre sur les pentes du volcan.

De la surface unie et légèrement bombée, qui constitue le plancher de la partie du cratère qui n'a pas été affectée par l'effondrement récent, émergent 2 « îlots ». Le premier, qui apparaît très bien sur toutes les cartes topographiques du cratère, est situé à peu près en son milieu. Le point le plus élevé de sa surface ondulée a une altitude approximativement égale à celle de la plate-forme supérieure. On le considère généralement comme

un fragment de cette plate-forme « oublié » lors de l'effondrement qui donna naissance à la plate-forme moyenne. Il correspond probablement au promontoire qui apparaît dans les photographies de KIRSCHSTEIN de 1907. Il est probable qu'un effondrement dans la partie orientale du cratère n'a laissé subsister que la pointe extrême de ce cap, le coupant de la terrasse supérieure à laquelle il se rattachait originellement. Cet îlot est complètement entouré de laves récentes dont l'accumulation en ces dernières années a conduit à l'élévation de la plate-forme moyenne et à la formation du dôme surbaissé caractéristique de la topographie actuelle du cratère.

Le second « îlot » situé à l'Est du puits d'effondrement du secteur actif, paraît plus intéressant du point de vue de l'évolution du volcan. Il affecte en gros la forme d'un croissant dont la concavité, tournée vers l'Ouest, épouse une forme concentrique à celle du puits d'effondrement. Sa face occidentale est abrupte; elle affecte la forme d'une falaise d'une vingtaine de mètres de hauteur; sa face orientale est en pente douce, elle se raccorde à la surface de la plate-forme supérieure. La plate-forme supérieure est en ce point envahie par des laves récentes issues de la partie active et qui se sont écoulées vers la plate-forme en contournant l'îlot.

Au pied occidental de l'îlot s'échappent, d'une fissure profonde, de nombreuses vapeurs sulfureuses chaudes, de la couleur bleue caractéristique des fumées dégagées par la lave liquide. La falaise occidentale de cet îlot est formée de laves massives en coulées beaucoup plus épaisses que la moyenne des coulées qui apparaissent dans les parois du puits d'effondrement. N'oublions pas que ces coulées, au moins dans les 100 mètres les plus supérieurs, sont des coulées relativement récentes, épanchées entre 1934 et 1938; les coulées qui forment la falaise de l'îlot sont beaucoup plus vieilles, cet îlot existant dans sa forme actuelle au moins depuis 1932.

La surface de l'îlot qui descend en pente douce vers l'Est et rejoint la plate-forme supérieure, est recouverte de laves d'aspect particulier que nous n'avons observé nulle part ailleurs dans le cratère. Ces laves paraissent formées principalement de bombes en « bouse de vache », de « spatter »; elles sont accompagnées d'un grand nombre de fragments xénolithiques des roches siliceuses métamorphisées qui appartiennent vraisemblablement au soubassement du volcan.

Enfin la partie centrale de l'îlot porte une coulée de lave à surface chaotique venant de l'Ouest et coulant de l'arête de l'îlot vers la plate-forme supérieure; cette coulée est nettement visible quand on se tient au sommet de la falaise est de la caldera, sur la crête du volcan.

Par la nature des laves qui le recouvrent, par l'abondance à sa surface de roches métamorphisées d'origine profonde et par sa forme en croissant concentrique par rapport au puits d'effondrement, cet îlot constitue un trait remarquable de la morphologie du cratère.

Il démontre d'abord l'existence dans son voisinage, à un moment donné

de l'histoire du volcan, d'appareils éruptifs explosifs, probablement du type strombolien, d'où proviennent les bombes en bouse de vache et les enclaves de roches siliceuses. Il ne reste actuellement aucune trace de ces appareils; on en conclut que l'îlot est un trait relativement ancien de la morphologie du cratère.

Sur la surface de cet îlot s'est épanchée une coulée provenant manifestement d'un point situé à l'Ouest de l'îlot dans la direction approximative du secteur actif effondré. Il est donc probable que ce secteur actif, qui, de 1929 à 1938, servit de centre d'émission de nombreuses coulées, fonctionnait déjà précédemment d'une façon analogue. Ce secteur actif est peut-être un trait fondamental de l'architecture du volcan.

La pente est-ouest de la surface de l'îlot peut résulter d'un mouvement de soulèvement, le long d'une faille passant par son pied occidental et accompagné d'un mouvement de bascule autour d'une charnière située à l'Est de l'îlot. Elle peut constituer aussi le profil original de l'îlot, qui serait alors un vestige d'un cône ou d'un dôme centré sur ou légèrement à l'Est de l'emplacement du secteur actif, et qui se serait effondré partiellement de la même façon que le secteur actif s'est effondré en 1938.

On pourrait donc reconstituer l'histoire de cet îlot de la façon suivante : de grandes explosions amenant des profondeurs du volcan une masse de roches siliceuses projettent des gerbes de lave incandescente pâteuse à la façon des appareils éruptifs du Stromboli. L'émission d'épaisses coulées de lave chaotique accompagnant ces projections aurait fini par former sur le plancher du cratère une accumulation de matériaux ayant la forme d'un cône ou d'un dôme. De grands effondrements circulaires seraient alors survenus, engloutissant la majeure partie de l'édifice dont il ne resterait qu'un vestige en forme de croissant, constituant l'îlot actuel.

Il importe d'insister sur l'analogie entre ces phénomènes et ceux qui se sont produits entre 1929 et 1938. On y voit une indication du caractère permanent de certains traits fondamentaux de l'architecture de l'édifice volcanique.

De la partie effondrée du cratère, qui en occupe toute la partie sud et sud-ouest, il y a peu de chose à dire. L'effondrement affecte la forme d'une vaste cuvette dont le point le plus bas se trouve à l'emplacement de l'ancienne « plate-forme inférieure », c'est-à-dire de l'ancien puits qu'on y a connu de 1929 à 1934. C'est là encore un trait de permanence remarquable. Ce point bas se trouve non pas au centre de la cuvette, mais au pied même de la falaise de la caldera qui plonge de ce fait directement, depuis la crête jusqu'au fond du cratère, sur environ 200 m. Il en résulte que la cuvette a un profil nettement asymétrique.

L'effondrement inégal des différentes parties de la cuvette a provoqué un chaos indescriptible dont des photographies rendront mieux l'aspect

que des mots (pl. II, 2). Les bords de l'effondrement paraissent avoir glissé vers le fond par une série de failles inclinées; des blocs de plusieurs dizaines de mètres de hauteur, formés de fragments de coulées empilées, gisent en tous sens.

Ces cassures et ces glissements ont mis à jour, dans les flancs de la cuve, des poches de lave encore liquide qui s'est mise à couler en filets vers le fond du bassin. Suivant le Colonel HOIER, témoin de l'effondrement, ces coulées ont duré pendant environ 2 jours.

Les podromes et le déclenchement de l'éruption de 1938

L'éruption de 1938 a présenté ce caractère singulier que la date en avait été approximativement prédite au moins un an d'avance. Comme il a été dit, l'activité du volcan avant 1938 était caractérisée par la présence dans le cratère d'un nombre variable de cônes et de bassins de lave, très analogues semble-t-il, à ceux qui devaient se former en 1938 à Tshambene, et desquels s'échappaient parfois des coulées qui venaient s'étaler dans le fond du cratère et le comblaient ainsi progressivement. C'est une estimation attentive de la vitesse de comblement qui devait permettre à R. HOIER, Conservateur du Parc National Albert, de prédire à deux mois près la date à laquelle le cratère serait plein et commencerait à déborder, provoquant par conséquent une éruption au sens ordinaire du mot.

Pendant les mois qui précédèrent cette éruption, le secteur actif avait atteint une altitude supérieure à celle de la plate-forme supérieure sur laquelle la lave s'épanchait. Cette lave en partie injectée sous pression par des chenaux souterrains, crevait à la surface par des fissures fraîchement ouvertes et s'écoulait par l'ouverture au Nord-Ouest du cratère sur les pentes extérieures du volcan. Une longue coulée épanchée quelques jours avant l'éruption est constituée en grande partie de lave chaotique résultant en grande partie de la dislocation d'une coulée à surface lisse; des suintements ultérieurs du type « pahoehoe » sont venus la recouvrir partiellement.

Les bassins de lave caractéristique de la période qui précède l'éruption de 1938 existaient déjà, on l'a vu, en 1929; on peut donc dire que pendant dix ans au moins, le Nyamuragira a été dans un état permanent d'activité hawaiienne. Dans cet intervalle de temps, le niveau de la lave liquide s'est élevé progressivement de plus de 100 m, puisque l'altitude du « secteur actif » dans lequel se localisaient les bassins était en 1932, de 2864 m et en 1938 de 2975 m. De pareilles variations de niveau ne sont pas anormales; la colonne de lave de Halemaumau, Kilauea, subit des fluctuations rapides de plusieurs centaines de mètres. Mais contrairement à ce qui s'observe au Kilauea, cette élévation de niveau impliquait au Nyamuragira un apport considérable de lave, puisque le niveau du cratère tout entier, d'un diamètre de 2 km, s'élevait en même temps et à la même vitesse que le secteur actif. Cet apport de lave fut en moyenne de l'ordre de 30 millions de mètres cubes par an.

Remarquons que pendant toute cette période l'apport de lave dans le cratère était limité non par la section de la colonne, mais par la vitesse à laquelle croissait le niveau hydrostatique de la lave dans cette colonne. En effet, chaque coulée qui s'épanchait dans le cratère en relevait le niveau;

la coulée suivante ne pouvait donc se produire que lorsque le niveau de la colonne liquide s'était lui-même élevé d'une quantité correspondante. En somme, en l'absence d'une dilatation continue ou d'une augmentation de pression dans le réservoir profond, le débit de lave devait se limiter automatiquement. C'est une coïncidence remarquable que le début de l'éruption adventive de 1938 se soit produit au moment où la colonne de lave avait atteint un niveau qui permettait l'écoulement en dehors du cratère et où, par conséquent, le mécanisme de régularisation du débit cessait de fonctionner. Il est possible que cette rupture des conditions d'équilibre réalisées précédemment ait provoqué un véritable « coup de bélier » auquel on pourrait attribuer le déclenchement de l'éruption et notamment l'intense fissuration des parois du volcan qui en marqua le début.

La veille de l'éruption, le 27 janvier 1938, deux touristes avaient passé la nuit au gîte situé sur la plate-forme supérieure du cratère; ils avaient été chassés dans la matinée du 28 par des bruits d'explosions. Redescendant en hâte, ils rencontrent en chemin le Conservateur du Parc National qui arrive lui-même au bord du cratère à 11 h 20. Les cônes qui occupaient l'emplacement du secteur actif s'étaient alors partiellement effondrés.

Vers 13 h une série de fissures commence à s'ouvrir dans les flancs de la montagne avec un bruit de mitrailleuse, auquel s'ajoute bientôt le bruit d'une explosion. Un nuage noir de poussière s'élève d'un point situé au Sud-Ouest du volcan où se forme un nouveau centre d'activité. La partie sud du cratère s'effondre brusquement, mettant à jour de petites poches souterraines de lave qui s'écoule vers le fond de l'entonnoir ainsi formé. Ces coulées durent deux jours; le surlendemain il n'en restait que deux. Le grand cratère du Nyamuragira s'éteignait complètement et toute l'activité se reporta au nouveau volcan situé en un point au Sud-Ouest du Nyamuragira, à 700 m sous le niveau du cratère principal.

Le Colonel HOIER a décrit les événements résumés ci-dessus de la façon suivante :

Parti de Mushumangabo le 28 au matin, je me trouvais à 8 h 30 sur la pente du volcan quand j'ai entendu une explosion. A 9 h 15 environ, je rencontre deux visiteurs qui avaient passé la nuit dans le cratère. L'un d'eux, Monsieur CHAUBET de l'hôtel de Goma, me dit qu'il y avait beaucoup d'activité et de changement dans le cratère; le matin même, il y avait eu treize explosions.

Arrivé au cratère, vers 11 h 20, je constate l'effondrement de la partie active, mais dans le nouveau cratère, j'entendais encore un éboulement et des craquements sur la plate-forme moyenne, qui était encore intacte. Dans les deux heures qui suivaient, les tremblements, les craquements, les éboulements et des petites explosions furent extrêmement fréquents. Vers 13 h 30, la pluie commence, mais à travers le bruit de l'orage perce un grondement continu. Soudain une explosion sur le versant sud-ouest à l'extérieur du cratère. En une seconde, des nuages noirs, opaques, montent à des centaines de mètres au-dessus du volcan,

au dessus des lueurs rouges. Tandis que mes porteurs se sauvent, je vais voir où se trouve exactement l'éruption adventive. Après avoir fait environ 2 km, je vois dans la plaine de lave, à proximité de Kamatembe au Nord de Buzogo, un lac de lave et un torrent rouge qui était déjà loin. Ce torrent sortait d'un endroit qui ressemblait plutôt à une falaise qu'à un cratère. Toute la forêt, où passait la lave, était en flammes.

A mon retour au cratère, mes porteurs étaient revenus, et nous fûmes pendant des heures témoins de l'effondrement du grand cratère. Un immense trou se formait dans le coin sud-ouest où se trouvait autrefois la grande cavité. Sur la paroi intérieure une dizaine de coulées souterraines étaient venues à jour; la lave incandescente descendait à torrent rapide vers le fond. A chaque éboulement des nuages de poussière étaient envoyés à des centaines de mètres au-dessus du volcan. Des tremblements de terre au rythme de 20 à 25 par heure suivaient ou précédaient les éboulements. Le soir, le ciel était éclairé de lueurs rouges et vives à l'Est et au Sud-Ouest du volcan. Il y avait donc une coulée aussi à l'Est.

Après une nuit où je fus souvent réveillé par les tremblements de terre ou par les effondrements, j'ai commencé les mesures sur le bord supérieur pour mieux voir ce qui s'était passé.

Arrivé au point culminant, j'aperçois la coulée à l'Est, mais ce n'est qu'en arrivant près de la Brosse Sud que je me rends compte de toute l'étendue de l'éruption de ce côté. Immédiatement à l'Ouest de la brosse se trouve une immense fissure qui pouvait avoir 4 à 6 m. de largeur et qui doit avoir au moins 400 à 500 m de profondeur. Par cette crevasse, la lave est descendue le long de la ligne de faite entre le Nyiragongo et le Nyamuragira jusqu'au petit volcan « Singiro » et, comme autrefois, la coulée s'est divisée en deux, descendant de chaque côté de la ligne de faite jalonnée par une série de petits cratères. Ne pouvant traverser la crevasse, je n'ai pu suivre le cours de la coulée vers le Sud, tandis que celle vers le Nord est descendue sur un large front jusqu'au pied du petit volcan Gitebe. Ici le courant s'est divisé en deux, une partie passant à l'Ouest du volcan et atteignant, en dépassant de quelques centaines de mètres, la piste Kikomero-Mushari près et à l'Ouest de Mushumangabo. L'autre partie est passée au Sud de « Murama » et arrive près de la susdite piste un peu au Sud-Ouest de Nyasheke. La coulée à l'Est s'est déjà arrêtée le 28 au soir.

L'éruption à l'Ouest ou Sud-Ouest est plus sérieuse. La plaine de lave de ce côté est moins en pente. Conséquemment la coulée est beaucoup plus large. De plus la lave ne cesse de couler selon les renseignements reçus ce jour; la lave est arrêtée momentanément au pied nord de Tshove où elle s'accumule pour continuer probablement entre les coulées de Rumoka et Nahimbi ou sur une de celles-ci.

Pendant la journée du 29, il y a eu de temps à autre des tremblements de terre, mais très peu en comparaison de ceux de la veille. Par contre, durant toute la journée, toute la partie sud du cratère a continué à s'effondrer. Vers le soir l'immense trou qui avait plus de 1.500 m en longueur et près de 1.000 m de largeur, atteignait au centre entre 250 et 300 m de profondeur.

J'ai encore passé toute la matinée du 30 au cratère, essayant de le contourner par le Sud, mais sans y réussir. Arrivé sur la pente sud du volcan, le sol avait

été tellement crevassé dans tous les sens, que j'ai dû abandonner mon projet provisoirement après être tombé plusieurs fois dans une crevasse.

Il me reste encore à signaler que le 29 dans la journée, il ne restait plus que quatre des coulées souterraines observées la veille, et le 30 janvier deux seulement étaient visibles. Cette observation est peut-être intéressante, car la partie active était totalement effondrée et ne montrait aucun signe d'activité. Le fait que deux coulées souterraines continuent à verser leur débit, semble donc indiquer qu'il y a des « cheminées » ou « puits » en dehors de la zone centrale.

Les fissures

Les fissures qui s'ouvrirent les premiers jours de l'éruption forment 5 groupes principaux, localisés tous dans les secteurs sud-ouest et sud-est du cratère. Chaque groupe est constitué d'une fissure principale (fissures n° 1, n° 2, etc.) accompagnée d'une multitude de petites fissures secondaires (pl. IV, 1).

La fissure n° 1, comme la fissure n° 2, se trouve sur le flanc sud-ouest du volcan; elle s'amorce près du cratère par une série de petites cassures généralement radiales (rarement concentriques au cratère) et décrit un arc à convexité tournée vers le Sud. S'amorçant au cratère en direction Nord-Est Sud-Ouest, elle se termine quelques centaines de mètres plus bas en direction Sud-Est Sud-Ouest.

La fissure consiste en une simple crevasse ouverte dans le sol (pl. IV, 2); on n'observe aucun rejet des lèvres de la cassure. La largeur est généralement inférieure à 10 m; elle est remplie de décombres qui ne permettent pas d'en apprécier la profondeur.

La lave a jailli de cette fissure en un point situé à l'altitude 2775 m approximativement. Une vaste coulée s'en est échappée, formant un triangle dont le sommet se trouve exactement sur la fissure, ne permettant pas de douter de la provenance de cette lave. Il y a lieu de remarquer cependant que nulle part on ne trouve dans la fissure elle-même la moindre indication du passage de la lave. S'il est évident que la fissure devait être ouverte pour permettre à la lave de s'épancher, il est évident aussi qu'elle a dû subir depuis des modifications (élargissements, éboulements des parois, etc.) qui ont fait disparaître toutes traces du système d'alimentation de la coulée. Dans un rayon de quelques dizaines de mètres autour du point 2775, on trouve quelques projections scoriacées qui indiquent que la lave a jailli explosivement de la fissure, mais ces explosions ont été de courte durée et n'ont pas fourni un volume important de matériaux.

Tout semble indiquer que la fissure s'est propagée de haut en bas de la montagne à une vitesse de l'ordre de celle de la lave elle-même. Vers l'aval la fissure n° 1 se ramifie et se perd en une multitude de petites cassures d'importance décroissante, que la lave a traversé en beaucoup de points, indiquant qu'elles sont postérieures à son écoulement. On trouve cependant fréquemment des draperies de lave qui pendent aux murs de ces fissures; elles se sont donc ouvertes alors que la lave coulait encore. En fait, elles paraissent être postérieures à la consolidation de la pellicule superficielle de la coulée, mais antérieures à la consolidation de la partie inférieure.

De petites explosions très locales ont projeté sur les bords de la fissure

des blocs de lave ancienne arrachés aux parois. Ces blocs reposent maintenant sur la lave fraîche, ce qui date les explosions par rapport à la coulée, mais ces blocs sont eux-mêmes partiellement recouverts de projections de lave provenant de la coulée, ce qui indique une simultanéité presque complète des divers événements.

La fissure n° 2 présente beaucoup d'analogie avec la fissure n° 1. Elle décrit également un arc à convexité tournée vers le Sud. La lave en est sortie en un point situé vers 2660 m¹ et le volume de la coulée paraît inférieur à celui de la coulée de la 1^{re} fissure. Cette coulée de la 2^e fissure s'étale également en un triangle qui se soude vers 2450 m d'altitude à la lave de la 1^{re} fissure. En ce point, l'ordre d'arrivée des coulées paraît être :

- 1° une coulée de la 1^{re} fissure;
- 2° une coulée de la 2^e fissure;
- 3° une coulée de lave chaotique de la 1^{re} fissure.

Il paraît donc probable que la 2^e fissure s'est ouverte peu de temps après la 1^{re}.

La 2^e fissure disparaît brusquement vers 2400 m sans ramification. En plusieurs points, elle présente un rejet sensible, la lèvre nord étant surélevée de quelques mètres par rapport à la lèvre sud. Elle est accompagnée, dans la partie de son tracé où la courbure est maximum, d'une série de failles convergentes vers l'aval et situées toutes du côté externe de la courbure, mais il n'y a pas de rejet horizontal sensible le long de la cassure elle-même. En plusieurs points, des petites explosions (phréatiques ?) ont accumulé sur la lave fraîche au bord de la fissure des produits fins arrachés aux laves, tuffs et brèches interstratifiés qui en forment les murs. Pas plus que dans la fissure n° 1, il ne reste de trace du passage de la lave dans la fissure elle-même; seuls quelques fragments de lave fraîche éboulés postérieurement à leur consolidation témoignent d'un élargissement tardif de la fissure. Ici aussi, il y a des indications que la fissure s'est propagée à une vitesse comparable à celle de l'écoulement de la lave.

Cette seconde fissure présente une importance particulière du fait des relations qui paraissent exister entre elle et le nouveau volcan Tshambene. Les orifices à gaz 8 et 9, et l'orifice nord (voir ci-dessous) sont situés sur son prolongement, tandis que l'orifice 10 qui s'est formé dans le courant de 1939 est localisé sur la fissure elle-même, vers 2475 m d'altitude.

La 3^e et la 4^e fissures sont situées sur le flanc sud-est du volcan (pl. III, 2). La 3^e fissure suit le tracé de l'axe fondamental du volcan entre le Nyamuragira et le Nyiragongo. La 4^e fissure est d'importance secondaire par rapport à la 3^e; elle s'amorce plus bas et le volume de lave qui s'en est

1. Il est possible qu'une seconde coulée se soit échappée vers 2450 m où la minceur extrême des coulées ($\frac{1}{2}$ cm) porte à croire que la lave se trouvait dans un état de surchauffe peu compatible avec l'hypothèse qu'elle provienne du point 2660.

épanché est peu considérable. La 3^e fissure, au contraire, est très importante. Elle s'amorce à même le cratère du Nyamuragira, dans les parois duquel elle forme une brèche profonde et sa trace se prolonge à travers la partie sud de la plate-forme supérieure demeurée intacte. Son tracé est presque rectiligne et vient recouper obliquement un alignement de cônes anciens, signalés déjà en 1907 par KIRSCHSTEIN, et qui s'échelonnent sur la pente du Nyamuragira jusqu'au col entre celui-ci et le Nyiragongo.

Cette fissure n^o 3, qui se ramifie vers l'aval, forme près du cratère un véritable graben d'une largeur voisine de 30 m. La profondeur en est d'au moins 100 m, mais la fissure est en grande partie comblée de fragments éboulés ou effondrés de laves anciennes et de lave fraîche. Une coulée très importante en est sortie d'un point situé vers 2930 m, confirmant la relation qui semble exister aux 5 fissures que le volume de lave épanchée est d'autant plus grand que le point de sortie est plus élevé. Cette coulée vient buter contre les cônes anciens et se divise en deux branches dont l'une s'écoule vers le Sud et le Sud-Ouest, et l'autre vers le Sud-Est et l'Est. La force vive de cette lave était telle qu'elle est remontée véritablement à l'assaut des cônes, submergeant leurs flancs amont jusqu'à une hauteur de 15 m, les pentes du côté aval demeurant protégées.

Les laves des fissures 3 et 4 ne venant nulle part en contact avec celles issues des autres fissures, il n'est pas possible d'en établir l'âge relatif.

La 5^e fissure se trouve plus bas que les quatre autres; elle constitue une prolongation en direction de la partie centrale de la fissure n^o 2; elle a servi d'exutoire à un flot de lave qui se perd rapidement dans le vaste champ des coulées sorties des fissures n^{os} 1 et 2. Le point de sortie de la lave est situé vers 2250 m, c'est-à-dire considérablement plus bas que tous les autres.

La 5^e fissure est caractérisée par la présence de cônes (Schweisschlachen Kegeln) alignés qui témoignent du caractère explosif de l'émission de la lave. Cet alignement de cônes comporte d'aval en amont :

- 1^o Un petit cône qui marque la terminaison ouest (aval) de l'alignement;
- 2^o Un petit édifice recouvert de scorie et qui constitue probablement un « schollendom »;
- 3^o Un cône plus grand, d'une quinzaine de mètres de hauteur, duquel est sortie une coulée de lave « pahoehoe » qui s'est étalée au pied du cône 1. Près de sa source cette coulée est recouverte de projection scoriacée provenant du cône 3; près du cône 1, sa surface est intacte et bien dégagée. Ce fait indique que le cône 3 était encore actif alors que le cône 1 ne l'était plus; l'activité s'est donc probablement déplacée d'aval vers l'amont comme à l'alignement des cônes formés au cours des mois suivants;
- 4^o Quatre petits cônes évasés de faible hauteur (2 m) dont la cheminée centrale affecte la forme d'un large entonnoir. Du dernier de ces quatre cônes, vers l'amont est sorti une petite coulée de lave « pahoehoe ».

5° Une fissure étroite qui recoupe une coulée de lave lisse, peu épaisse et témoignant d'une extraordinaire fluidité.

Bien que la pente du sol en cet endroit soit faible (environ 6 %) on a une indication de la vitesse de cette coulée par les « tourbillons figés » de laves que l'on retrouve au pied des arbres et des arbustes et qui atteignent jusqu'à 50 cm de hauteur (pl. X, 1).

6° Cette fissure se prolonge en direction d'un petit cône qui marque probablement l'endroit d'où est sortie la coulée de lave lisse. Postérieurement, une coulée de « pahoehoe » visqueux d'une longueur de 20 m s'est épanchée au pied ouest de ce cône, c'est-à-dire vers l'amont. Au delà du cône, la fissure se prolonge et disparaît bientôt sous le bord sud de la grande coulée formée par la jonction de lave des coulées n° 1 et n° 2. Près de l'endroit où la fissure disparaît sous la coulée qui lui est donc postérieure, un peu de lave visqueuse a suinté.

On peut donc reconstituer les événements de la façon suivante :

a) Ouverture d'une fissure au point 6. Il en sort un flot de lave excessivement fluide qui se solidifie rapidement;

b) La fissure se propage et recoupe cette coulée solidifiée;

c) Un petit cône se forme à l'endroit d'où sortait le flot de lave; de la lave visqueuse s'en échappe, ainsi que de plusieurs autres points de la fissure;

d) Une série de 6 cônes s'aligne sur le trajet de la fissure; ils se forment probablement successivement d'aval vers l'amont.

L'activité de cette série de cônes avait cessé le 12 novembre lors d'une visite du Colonel HOIER. En mars, il s'en échappait encore une légère fumée bleuâtre et quelques dégagements de vapeur accompagnés d'H₂S se manifestaient aux environs. Fin août, ces dégagements avaient complètement cessé.

Cette fissure se distingue des autres par ce fait qu'alors que la lave s'en est échappée à une altitude inférieure à celle des points d'où elle s'est échappée des autres fissures, elle est la seule où le phénomène ait été violemment explosif et ait donné naissance à des cônes. Si la formation de ces cônes est due à une lave plus riche en gaz, on arrive au paradoxe que la lave qui s'est échappée au point le plus bas, est la seule qui ait été nettement sursaturée.

La proximité de cet alignement de cônes et du nouveau volcan pourrait porter à croire qu'ils font partie d'un système différent des quatre autres fissures. Cependant cet alignement de la fissure 5 a présenté un caractère particulier aux autres fissures : l'épanchement de lave s'est arrêté très rapidement. En outre, la lave épanchée à cette fissure et qui est riche en leucite présente plus d'analogies avec celle échappée des autres fissures qu'avec celle de Tshambene.

Origine des fissures

Il a été dit plus haut qu'il fallait peut-être attribuer l'intense fissuration du volcan qui a marqué le début de l'éruption de 1938 à un « coup de bélier » hydrodynamique. Il faut remarquer en effet qu'il est peu vraisemblable que la pression exercée sur ses parois par la colonne de lave du secteur actif ait pu suffire à faire éclater l'édifice. Au moment de l'éruption le niveau maximum atteint par la lave dans le cratère était encore inférieur de 50 m environ au bord supérieur de la caldera formée, comme il a été dit, des coulées empilées. On en conclut qu'à un moment donné de l'histoire du volcan, la lave s'est trouvée à un niveau supérieur de 50 m à celui qu'elle occupait en 1938; l'édifice volcanique a donc été capable de supporter une pression supérieure à celle qui s'exerçait sur ses parois au début de l'éruption. D'autre part, la fissuration du 28 janvier ne s'est pas produite entièrement suivant des zones de faiblesse et de fracture pré-existantes : si le « rift » sud-est a joué à nouveau, son prolongement au Nord-Ouest du cratère ne s'est pas réouvert et aucun signe nouveau d'activité ne s'est manifesté dans ce secteur. Au contraire, de nouvelles fissures se sont ouvertes au Sud-Ouest, dans une zone qui ne paraît pas avoir été le siège d'éruptions antérieures. On en conclut que la pression qui a déterminé la fissuration du volcan était localisée dans la partie sud du cratère et dirigée probablement suivant la bissectrice de l'angle formé par les fissures sud-est et sud-ouest.

La partie sud du cratère s'était remplie, depuis 1929, de coulées issues du « secteur actif » et qui étaient venues successivement s'y empiler. Elles étaient probablement solidifiées pour la plus grande part, mais il existait certainement encore dans cette masse solide un réseau ramifié de conduits souterrains remplis de lave liquide.

HOIER a décrit en effet les petites coulées de lave incandescente qui dégringolaient des parois après l'effondrement du 28 janvier. Il n'est pas vraisemblable, cependant, que ces poches de dimension réduite aient pu alimenter les vastes coulées issues des fissures et dont le volume atteint plusieurs millions de mètres cubes. Il n'est par conséquent pas non plus vraisemblable que les pressions exercées sur les parois du volcan par des masses liquides existant dans sa partie supérieure aient pu suffire à les rompre. Plus probablement, la lave issue des fissures a jailli et le volcan s'est rompu sous l'effet de pressions s'exerçant vers le haut.

La forme en arc des fissures 1 et 2 et des fissures accessoires est celle qui résulterait de l'intersection de la surface du cône volcanique par un plan incliné au Nord-Ouest. La partie du volcan située au-dessus, donc au Nord-Ouest de ce plan, n'a pas bougé; seule la partie située sous ce plan,

et entre celui-ci et l'ancienne zone de faiblesse est-ouest, a subi un certain dérangement caractérisé par l'ouverture de cassures béantes, donc par des tensions d'étirement. Les fissures se sont amorcées vers le haut; elles s'éteignent progressivement vers le bas.

La disposition qui sera décrite plus loin des coulées de lave issues des fissures, par rapport aux organes du volcan adventif de Tshambene, indique que la formation de ce nouveau centre est postérieure à l'épanchement des coulées. Les accidents tectoniques qui ont caractérisé la formation du Tshambene impliquent aussi que sa création est due à des efforts incompatibles avec l'hypothèse d'un effondrement ou d'une contraction du magma. On y voit la preuve que des tensions dirigées vers l'extérieur existaient après, et, par conséquent, probablement aussi avant l'ouverture des fissures. Le volcan, ou tout au moins sa partie sud, a donc véritablement explosé.

Cette explosion n'a pas les caractères habituels des explosions volcaniques dues à une surtension de vapeur. Le Colonel HOIER n'a parlé que d'un seul nuage de couleur foncée qui s'est élevé au moment de la formation du Tshambene; les avalanches dans les puits d'effondrement du cratère central ont naturellement aussi provoqué l'envol de nuages de poussière. On ne voit nulle part dans la description de HOIER l'indication de l'émission de grandes quantités de gaz magmatiques. Il n'y a pratiquement pas eu, durant toute l'éruption, de projections de ponce ou de matériaux pyroclastiques. La fissuration du volcan semble avoir été causée par une pression exercée contre ses parois par le magma lui-même.

On ne conçoit guère de mécanisme qui puisse provoquer une dilatation brusque du liquide magmatique; il n'y a d'ailleurs probablement pas eu dilatation brusque, puisque le premier stade de l'éruption a été un retrait de la lave dans le conduit d'alimentation du secteur actif qui s'est effondré.

On en vient donc naturellement à l'hypothèse que les tensions internes étaient dues à une brusque sur-pression d'origine hydrodynamique. Cette sur-pression n'était pas nécessairement très considérable, puisque la pression hydrostatique de la colonne de lave n'était inférieure que de peu à la pression maximum que le volcan ait jamais supporté.

On peut suggérer que la cause initiale des sur-pressions hydrodynamiques fut l'accroissement rapide du débit de lave qui devait résulter automatiquement du fait que le mécanisme régulateur de débit avait cessé, depuis quelques jours, de fonctionner (voir ci-dessus).

Les coulées

Les coulées qui se sont épanchées de 5 fissures présentent un caractère commun : leur extrême fluidité et leur faible épaisseur. Elles appartiennent très généralement au type de laves lisses, mais il ne s'agit pas à proprement parler de lave « pahoehoe ».

Une coulée-type a de 0 m 10 à 0 m 50 d'épaisseur. Elle est formée d'une partie inférieure très bulleuse (le diamètre moyen des vésicules augmentant rapidement de bas en haut) ayant parfois une surface cordée et une teinte brunâtre, et recouverte d'une pellicule très mince (1 cm) qui forme voûte au-dessus de la partie inférieure. Cette pellicule est peu résistante; elle s'effondre sous les pas, rendant la marche souvent pénible. Elle forme des plis magnifiques de très grande amplitude, sous la voûte desquels pendent des stalactites de lave. La surface de la pellicule est généralement mordorée; elle est ornée de dessins délicats formés par l'étirement de filaments de lave dans les tourbillons qui se forment à la surface (pl. XII, 1).

La pellicule superficielle se solidifie en tout premier lieu; les plis se forment, non par la pression du gaz, mais par suite de l'écoulement de la matière sous-jacente demeurée liquide. La formation de ces plis implique évidemment que la pellicule superficielle soit demeurée suffisamment plastique; s'il n'en est pas ainsi, les plis en s'accroissant finissent par se briser, la pellicule éclate littéralement et la surface de la coulée prend un aspect chaotique¹. Il est très remarquable que partout où il a été possible d'obtenir une indication sur ce point, il est apparu que les coulées à surface chaotique sont légèrement postérieures (de quelques minutes ?) aux coulées à surface lisse; les parties à surface chaotique se trouvent généralement en bordure (là où l'avancement est le plus lent et où la lave se refroidit par conséquent le plus), ou aux extrémités des coulées lisses; on en a vu se former soit en des points où la pente très faible retarde l'écoulement, soit au contraire à des ruptures de pentes où la lave sous-jacente subit une brusque accélération qui provoque la dislocation de la croûte.

Il arrive que la partie inférieure de la coulée manque complètement. On ne retrouve alors qu'une mince pellicule vitreuse, d'un centimètre ou même d'un demi-centimètre d'épaisseur (pl. XI, 1). La surface lisse de ces coulées pelliculaires est crevée de grosses bulles formées probablement par le dégagement de vapeur d'eau provenant du sol humide sur lequel la lave s'est répandue.

La vitesse d'écoulement de la lave était énorme; on a vu qu'elle se

1. La forme chaotique est acquise postérieurement à la solidification, comme en témoignent les nombreux fragments de moules d'arbres disloqués que l'on rencontre à la surface de ces coulées.

propageait au moins aussi vite que les fissures. Il n'est pas rare de trouver à deux et trois mètres du sol des projections de lave accrochées aux branches d'arbres, dont la présence, au milieu de la coulée, a provoqué de violents remous (pl. X, 2). La lave s'échappant de la fissure n° 3, a rencontré sur la pente un obstacle formé par des anciens cônes dont elle a remonté la pente pour retomber dans leur cratère. On a trouvé des restes carbonisés d'antilopes qui avaient été rattrapées par la lave.

Ces coulées de lave étaient « auto-explosives ». En beaucoup de points, elles se propulsaient littéralement en avant, formant ainsi de larges « gouttes » (de quelques centimètres carrés ou de quelques mètres carrés) entièrement séparées les unes des autres (pl. XI, 2) et qui donnent à la coulée un aspect que l'auteur ne se souvient avoir vu nulle part ailleurs.

Ces coulées ont détruit la forêt sur une large superficie. La base des arbres entourés et moulés par la lave se consume lentement; ils tombent alors sur la lave et brûlent. Le déplacement d'air chaud a parfois provoqué des « ouragans » locaux qui expliquent la présence d'arbres déracinés en bordure des coulées. Si la coulée est insuffisamment épaisse, elle se refroidit avant que les troncs n'aient achevé de se consumer. Ceux-ci gisent alors en grand nombre à sa surface.

Il n'est pas possible de préciser exactement la durée de l'épanchement de la lave par les fissures; il fut probablement très court (une demi-heure?). En effet, le Colonel HOIER a rapporté avoir entendu et vu une explosion se produire au Sud-Ouest du volcan une demi-heure environ après le début de l'ouverture des fissures; c'est à ce moment vraisemblablement que se produisirent en ce point les failles et les mouvements du sol qui seront décrits ultérieurement. Ces failles sont nettement postérieures aux coulées issues de la fissure n° 1 qui avaient complètement cessé au moment de leur formation. Il est possible toutefois que les coulées des fissures n°s 2, 3, 4 et 5 aient eu une durée plus considérable.

Il est fort remarquable qu'à l'exception de quelques bavures de lave signalées à la fissure n° 5, aucune des autres fissures ne portent trace d'avoir servi de chenal à la lave; seules les conditions géométriques l'impliquent de toute évidence. Aux points où la lave s'est échappée des fissures, on est tenté de dire avec Mr. WAYLAND, qui a visité les lieux, que la lave fut créée sur place. En réalité, les événements postérieurs à l'épanchement de la lave (élargissements des fissures, petites explosions, effondrements) ont détruit toutes traces de son passage. L'observation est intéressante, car elle indique la difficulté qu'on aurait, dans le cas où la fissure ne serait plus visible, à retrouver les feeders de la lave; on explique peut-être ainsi la difficulté extrême qu'on éprouve à retrouver les conduits d'alimentation de grands épanchements de lave des « plateaux ».

La superficie couverte par les laves issues des 5 fissures est de l'ordre de 25 millions de mètres carrés, ce qui correspond probablement à un débit

de lave de l'ordre de 5 à 10 millions de mètres cubes. Il est intéressant de noter que ce volume est notablement inférieur à celui de l'effondrement de la partie sud du cratère. Il n'y aurait donc aucune difficulté à admettre que la totalité de la lave épanchée par les fissures était primitivement contenue dans ce cratère, si on n'avait vu celui-ci se remplir, au cours des années précédentes, de coulées partiellement solidifiées. La présence d'un large volume de lave liquide dans la partie supérieure du volcan impliquerait par conséquent la fusion totale ou partielle des coulées qui s'y étaient accumulées. Il paraît plus raisonnable d'admettre, par conséquent, que la lave issue des fissures est en partie d'origine profonde.

Le nouveau volcan Tshambene

On a dit qu'une demi-heure environ après le début de l'ouverture des fissures, une explosion s'était produite en un point situé au Sud-Ouest du cratère, à Tshambene. C'est à ce moment vraisemblablement qu'entra en fonctionnement le nouveau volcan où se reporta presque immédiatement toute l'activité volcanique.

Sur les événements qui amenèrent la formation du nouveau volcan, nous avons peu de détails. Nos observations commencent le 28 février et à ce moment l'activité explosive des cônes et l'abondance des fumées sulfureuses interdisait l'accès de certains points. Il a fallu attendre plusieurs semaines pour se faire une idée précise de l'architecture du volcan adventif. Pour la facilité de l'exposé il paraît préférable d'en donner tout d'abord une description générale.

Le nouveau volcan est caractérisé par la dispersion des organes : lac de lave, source du torrent, cônes, etc. D'importants mouvements du sol et la surélévation de horsts entre compartiments effondrés ont conduit à une dissémination de l'activité, rendant difficile la tâche d'établir les rapports exacts qui existent entre l'activité des différentes parties. Sans entrer ici dans le détail de ces rapports, on peut résumer la situation de la façon suivante :

Une longue faille dirigée approximativement Nord-Sud et dont la lèvre orientale est surélevée par rapport à l'ancien niveau du sol, se prolonge presque sans interruption sur 500 m de longueur. Elle paraît former l'axe principal du nouveau volcan. Sur sa lèvre surélevée se trouvent, à 400 m de distance environ, deux cônes (n^{os} 2 et 3) (spatter cones, Schweisslecken Kegeln) d'une vingtaine de mètres de hauteur, dont les talus s'étalent jusque sur la lèvre inférieure de la faille et estompent la falaise. Au Nord du cône nord, la faille se divise en gradins et s'infléchit brusquement vers l'Est; au Sud du cône sud, cette même faille s'infléchit au contraire rapidement vers l'Ouest.

Entre les limites extrêmes constituées par ces deux inflexions, on trouve successivement du Sud au Nord, au pied de la falaise : une cuvette constituant « lac de lave », un cône complètement inactif fortement échancré vers le Sud et au cœur duquel s'enfonce, comme un « fjord », un bras du lac de lave; un cône (cône n^o 1), complexe formé de plusieurs cônes concentriques emboîtés (« nested cones »), encore légèrement actif le 18 novembre, et un deuxième cône beaucoup plus petit (n^o 2). Ces cônes, de même que le cône nord situé sur la lèvre surélevée de la faille (cône 2) ont été la source de larges coulées de lave qui se sont répandues sur toute la région à l'Ouest de la faille.

Le lac de lave constitue un bassin grossièrement elliptique pourvu au Nord d'un appendice, le « fjord », qui s'enfonce au cœur d'un cône éteint (pl. XVIII, 1). Il se niche dans l'angle formé par la falaise nord-sud, et une seconde falaise de direction approximativement Nord-Ouest Sud-Est, qui forme la paroi nord-est d'un bloc surélevé, horst véritable de 80 m de longueur dans sa plus grande dimension (« îlot »). Entre ce horst et la falaise nord-sud, il n'y a pas plus qu'une vingtaine de mètres au point le plus rapproché. Ce « détroit » au Sud du lac est barré par un petit cône de quelques mètres de hauteur, au pied du grand cône sud (cône 3).

La source de la lave se trouve dans l'angle obtus formé par la falaise occidentale du horst déjà mentionné et la falaise nord d'un deuxième horst (la « crête »), limité par deux falaises grossièrement parallèles et de direction approximative Nord-Est Sud-Ouest (pl. XIII, 1). Ce deuxième horst forme un parallépipède allongé dont la hauteur au-dessus de la plaine environnante augmente progressivement d'Ouest en Est, partant de 0 pour atteindre, à l'extrémité orientale, un maximum de 25 m environ (pl. XVI, 2).

La surface topographique ancienne ayant été conservée au voisinage immédiat de Tshambene, il est possible d'établir une surface de référence par rapport à laquelle on évalue les mouvements relatifs le long de la faille nord-sud et le déplacement vertical des horsts. On établit ainsi que le soulèvement du horst occidental (la « crête ») augmente progressivement d'Ouest en Est. Le bord sud de l'autre horst (« îlot ») paraît être demeuré à son niveau ancien, tandis que la partie nord a été soulevée de 30 m environ. Il en résulte que la surface de l'îlot est nettement inclinée vers le Sud, comme en témoigne du reste l'inclinaison des troncs d'arbres respectés par la lave (pl. V, 1).

La lèvres orientale de la falaise nord-sud a été soulevée; sa lèvres occidentale a été déprimée, tout au moins dans la cuvette du lac, où le rejet visible total de la faille atteint de ce fait 15 m environ. Il faut tenir compte que le plancher de la lèvres effondrée est recouvert maintenant de lave récente d'une épaisseur inconnue, ce qui rend difficile l'estimation du rejet total.

En plus des horsts déjà cités, il existe deux petites aires circulaires légèrement déprimées (Graben) (pl. VI, 1). Elles apparaissent nettement sur le croquis. Des blocs de laves anciennes entourés de lave fraîche paraissent indiquer l'amorce d'une troisième dépression grossièrement concentrique à la seconde.

Il est remarquable que la surface des deux horsts, l'« îlot » et la « crête », est couverte de lave fraîche du 28 janvier. Ces horsts étant limités de toutes parts par des falaises verticales, il est évident que leur soulèvement n'a pu se produire qu'après l'écoulement de la lave qui les recouvre. Cependant, en plusieurs endroits, cette lave pend en draperies sur les falaises elles-mêmes; le soulèvement a donc dû suivre de quelques instants le passage du flot de lave (pl. XIII, 1).

Le Colonel HOIER a rapporté avoir entendu se produire une explosion au Tshambene. On ne retrouve sur la lave fraîche aucun fragment explosif, sinon des bombes en bouse de vache de cônes formés ultérieurement. Ces explosions ont donc dû précéder l'invasion de la lave qui est elle-même antérieure aux mouvements du sol; ces explosions ne sont donc pas la cause directe de la production des horsts.

Les parois des horsts et des parties effondrées montrent en de nombreux endroits un réseau anastomosant de petits dykes de quelques centimètres formés d'une lave vitreuse non vésiculaire. Ces dykes s'arrêtent à 1 m au moins sous l'ancienne surface topographique. Leur réseau serré constitue véritablement le ciment d'une brèche dont les éléments seraient demeurés en place. Puisqu'ils sont recoupés par les failles, ils leur sont antérieurs. Ils indiquent une fracturation intense et une injection de lave à très faible profondeur, sous Tshambene, antérieurement, et probablement très peu avant l'éruption.

La présence de horsts surélevés de près de 25 m implique l'existence de poussées énergiques de bas en haut. Le réseau de petits dykes de techylite qui pénètrent intimement les laves anciennes indique que, préalablement à la formation des horsts, le sol était véritablement imbibé de lave fraîche, injectée sous pression.

Les coulées du 28 janvier sont venues partout oblitérer les traces superficielles de cette imprégnation, sauf en un point dans le voisinage des cônes nord, où le sol est profondément fissuré, et bien qu'aucune matière solide ne se soit épanchée par ces fissures, la végétation sur leurs bords et les arbres tombés en travers sont profondément calcinés. Le magma devait donc se trouver à très faible profondeur.

Certaines particularités du comportement du lac de lave de Tshambene ont conduit à soupçonner l'existence, presque à fleur du sol, de réservoirs souterrains que les mesures magnétiques ont partiellement mis en évidence. Ces réservoirs se rattachent sans doute directement au corps de l'injection liquide. On imagine volontiers que le toit de ce corps injecté devait se trouver à un niveau voisin de celui du lac de lave, c'est-à-dire à la côte 2260, approximativement.

C'est également, à quelques mètres près, l'altitude de la source du torrent (2254).

On explique ainsi ce fait curieux que le sommet des cônes 2, 3, 4, 5 et 6, dont la base se trouve à des altitudes variables, atteint avec une régularité remarquable le niveau uniforme de 2300 ± 3 m. La côte du sommet du cône 1, qui se trouve sur la lèvre descendue de la faille, augmentée du rejet de celle-ci, atteint également une altitude voisine de 2300 m. Les coulées qui se sont échappées des cônes 3, 4, 5 et 6, ont montré que ces cônes, pendant le stade explosif de leur évolution, sont remplis de lave jusqu'au niveau de leur gueulard; la hauteur d'un cône paraît fixée par la hauteur atteinte par la masse pâteuse dans sa cheminée centrale.

Tout semble donc s'être passé comme si la pression dans le réservoir principal ne permettait l'éjection de la lave que jusqu'à la cote 2300, sans plus. L'orifice 8, dont l'altitude est supérieure à 2300 m, n'a fourni qu'un volume insignifiant de matières liquides ou scoriacées. Le cône 7 (altitude du sommet 2315 m) constitue une exception.

On remarquera l'analogie entre notre hypothèse d'une injection superficielle latérale résultant dans la formation d'un nouveau volcan, d'un lac de lave, etc., et l'hypothèse qui veut que le Kilauea (1235 m) résulte d'une injection laccolithique latérale du Mauna Loa (4194 m). En fait, il existe une similarité frappante entre les relations de Kilauea et Mauna Loa et celles de Tshambene et Nyamuragira.

Tshambene est, à notre connaissance, le premier exemple observé de la formation, au cours d'une éruption latérale, d'un centre éruptif nouveau caractérisé par la présence d'un lac de lave.

On sait que STEARNS et CLARKE ont émis l'hypothèse que des massifs volcaniques géants, comme le Mauna Loa d'Hawaii, résultent de la superposition d'un grand nombre de volcans-boucliers de petites tailles, genre Kilauea, formés par le déplacement continu du centre d'activité. Tshambene semble illustrer cette hypothèse. On pourrait concevoir que Tshambene représente un centre éruptif nouveau, à caractère plus ou moins permanent, et qu'une accumulation de centres semblables autour du Nyamuragira conduise finalement à l'édification d'un volcan unique de dimensions colossales. L'éruption de 1938 est donc d'un intérêt particulier pour l'embryologie des volcans.

Narration

Les observations qui suivent sont reproduites directement du carnet de notes de l'auteur. Elles commencent le 28 février 1938, date à laquelle il arriva au volcan. Il y séjourna en permanence jusqu'au mois de septembre 1938, ne quittant le volcan que quelques jours à la fois, lorsque les nécessités du ravitaillement imposaient un retour à la station centrale de Rutshuru, à deux jours de marche du campement. Il était malheureusement inévitable que ces déplacements coïncident parfois avec des périodes particulièrement intéressantes de l'éruption.

Si l'on songe que l'observation devait porter simultanément sur des points distants de plusieurs centaines de mètres et où les fumées sulfureuses du volcan rendaient un séjour de plusieurs heures impossible, on comprendra qu'il n'ait pas toujours été possible de mettre en évidence, avec toute la netteté désirable, les relations qui pouvaient exister entre l'activité aux différents organes du volcan. Pour des observations de ce genre, le concours de deux observateurs paraît indispensable.

Pour l'intelligence de ce qui suit, le lecteur se référera aux cartes annexées où les cônes et les orifices sont désignés par des numéros. Ce numérotage s'est fait au fur et à mesure de la découverte ou dès la formation de ces organes; il n'est peut-être pas absolument logique du point de vue chronologique ou topographique.

1/III/1938.

... Regardant du sommet du cratère vers la plaine, l'attention se porte immédiatement vers un point situé au Sud-Ouest, à 3 km du sommet, et d'où s'échappe une épaisse fumée. Le nom indigène du lieu est Tshambene. On y remarque une série de cônes alignés approximativement Nord-Sud, et dont l'activité consiste en projections de matériaux incandescents et de flammes qui détonnent à une certaine hauteur au-dessus du gueulard. Le bruit des explosions est encore nettement perceptible à 3 km de distance, et la hauteur des projections estimée d'après la durée de chute libre (2 min 4/5) est d'environ 40 m. Dans un cratère central doit se trouver un lac de lave dont on aperçoit les fontaines éblouissantes. La coulée rouge de lave est visible en plein jour.

2/III.

Descendant vers Tshambene, on arrive bientôt au bord d'une coulée qui doit dater du 28 janvier et qui est large et ramifiée. Elle est sortie d'une fissure principale (fissure n° 1), encore ouverte, de profondeur inconnue et qui se divise rapidement en un grand nombre de petites fissures accessoires.

On arrive au cône nord (n° 2) en traversant un petit bois dont le sol est extrêmement fracturé. Des fissures larges en moyenne de 25 cm s'ouvrent en tous sens, et sur leurs bords l'herbe est entièrement noircie et calcinée, évidemment par des dégagements de gaz chaud. Des arbres renversés au bord de la coulée gisent en travers de ces fissures; ils ne sont pas consumés. On en conclut que la température de ces gaz n'était pas suffisante pour mettre le feu aux troncs d'arbres, ou que ce dégagement a été de très courte durée.

Le cône nord (n° 2) est formé en réalité de deux orifices accolés, le plus septentrional, de forme elliptique, étant beaucoup plus grand que l'orifice méridional. Des explosions fréquentes projettent des gerbes de fragments

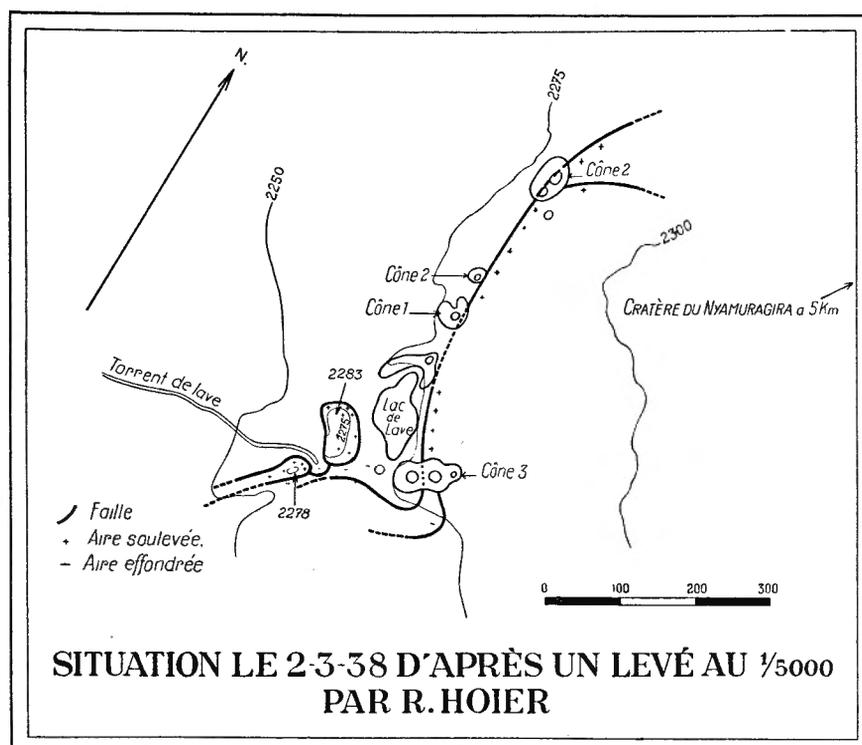


FIG. 4. — Carte de Tshambene, relevée le 2 mars 1938.

de lave rouge qui prennent, en se solidifiant, une texture scoriacée et retombent en roulant sur les pentes du cône. De violentes détonations font trembler longuement le sol. Les flammes ne sont pas visibles en plein jour. Par moment les projections cessent et font place à un torrent de vapeurs bleues. A un bruit incessant de marteau-pilon se superposent de longs sifflements.

La température dans le gueulard nord varie de 1000 °C (980°) à 1065 °C (1040°)¹, suivant le point de la paroi qu'on vise.

A une cinquantaine de mètres au Sud du cône, se trouve un orifice à fleur de sol, entouré d'abondants dépôts de soufre et d'où s'échappent des flammes détonantes et d'abondantes vapeurs (orifice nord n° 1).

Continuant vers le Sud, on arrive au bord oriental d'une dépression dans laquelle se trouve un lac de lave. La lave y entre par le Sud et se dirige vers le Nord. Le dégagement de gaz sur le pourtour du lac provoque une grande turbulence. L'odeur de SO₂ est nettement perceptible.

La lave met environ 45 secondes à traverser le lac. Dès son entrée, elle se couvre d'une pellicule due au refroidissement et qu'on ne saurait comparer mieux qu'à une peau d'éléphant, dont elle a la résistance et la flexibilité. La lave coule vers le Nord et sort du lac par un exutoire principal qui paraît se trouver sous la berge nord-est, en un point où règne une grande turbulence et où se produit un violent dégagement de gaz. La berge du lac en ce point est surélevée et constitue la moitié d'un cône dont l'autre moitié semble s'être effondrée dans le lac. La température de la lave en ce point est de 1065 °C (1040°).

Aucune flamme n'est visible pendant la journée. A première vue, le dégagement de gaz paraît insuffisant pour être à lui seul la cause de la circulation dans le lac; les gaz ne semblent du reste pas tant se dégager de la lave qu'être injectés latéralement par les parois du lac.

La coulée de lave prend sa source en un point qui doit se trouver au delà, c'est-à-dire à l'Ouest de la falaise qui forme le bord occidental de la cuvette du lac. A cause de la fumée, ce point n'est pas accessible.

Au Sud du lac, et dans la dépression même, se trouvent deux petits cônes de quelques mètres de hauteur et qui paraissent inactifs. Un cône plus grand (cône n° 3) situé au sommet de la falaise, les surplombe directement. Ce cône 3 est très actif. De grandes détonations, accompagnées de projections incandescentes, se produisent de 6 en 6 secondes; elles sont séparées par de petites explosions sans projection, à un rythme deux fois plus rapide. Les explosions donnent naissance à des bouffées de gaz qui se condensent à quelques mètres au-dessus du gueulard, formant parfois de magnifiques anneaux. Le cône lui-même résulte visiblement de l'agglutination de projections incandescentes qui, en retombant, se soudent les unes aux autres pour former une cheminée centrale autour de laquelle viennent s'accumuler des projections plus petites et de nature scoriacée.

Entre le lac et le cône nord se trouvent encore 2 cônes inactifs (cône 1 et cône 2' de la numérotation définitive), qui émettent des fumées dont la couleur blanche (vapeur d'eau ?) contraste avec la couleur bleue des fumées des cônes actifs et du lac.

1. Pour chaque mesure de température, on indique la valeur corrigée en adoptant pour le coefficient d'absorption de la lave la valeur 0,73, et, entre parenthèses, la valeur lue directement au pyromètre (voir p. 131).

4/III.

Deux jours après, la situation ne paraissait pas avoir beaucoup changé. Le gueulard nord du cône 2 s'est élargi; du cône 3 et du petit orifice satellite dans la paroi ouest de ce cône (cône 3') s'échappent des gaz d'aspect sirupeux, épais, qui brûlent par explosions successives toutes les 6 ou 10 secondes. Ces explosions sont suivies de projections de matériaux incandescents. La combustion donne naissance à des bouffées épaisses qui paraissent brunes en lumière transparente, blanc-bleuâtre en lumière réfléchie.

Au pied oriental du cône 3 se produit en permanence un intense dégagement, constitué principalement de vapeur d'eau, qui s'échappe en sifflant, comme la soupape d'une locomotive. Cette vapeur paraît beaucoup plus abondante que les jours précédents¹.

La falaise à l'Ouest du lac forme un « îlot ». C'est un bloc de laves anciennes surélevé de tous côtés (horst). Passant au Sud de cet « îlot », on arrive sur une crête de direction est-ouest, qui constitue également un bloc surélevé, beaucoup plus long que large, et dont la partie la plus élevée, qui se trouve à l'Est, s'abaisse en pente douce vers l'Ouest. A sa pointe, le sommet du bloc s'élève à 25 m au-dessus du niveau environnant, mais à 100 m plus à l'Ouest, le rejet n'est plus que de 2 ou 3 m, et on l'escalade facilement. Au pied de sa face nord coule un torrent de lave, dont la source se trouve à la base de la paroi occidentale de l'« îlot » (pl. XIII, 2).

De la crête, on surplombe donc le torrent. Sa source paraît située à un niveau légèrement inférieur à celui du lac. La lave sort du sol comme d'une source, sans émission de vapeur ou manifestations explosives. Le torrent a 8 m de large, il est encombré de scories qui flottent; sa vitesse qui est de plusieurs mètres à la seconde, varie suivant la pente. Le torrent coule presque sans bruit. Un abondant dégagement de vapeurs sulfureuses se produit en un point du torrent où la pente paraît particulièrement forte. Malheureusement le vent souffle vers le Sud et rabat sur l'observateur des fumées insupportables. La situation devient intenable.

Le sens de la circulation dans le lac n'a pas changé. Il se produit périodiquement en différents points du pourtour du lac et surtout au Nord, de violentes « fontaines ». Ces « fontaines » consistent en un violent bouillonnement de la lave qui jaillit à 1 ou 2 m de hauteur. Des gouttelettes incandescentes s'en détachent, qui sont projetées à plusieurs mètres de distance.

Après avoir tenté vainement d'aller à la rencontre de la coulée de lave en partant de Sake, nous remontons au volcan quelques jours plus tard.

10/III.

Le soir, la coulée de la lave qui serpente sur plusieurs kilomètres dans la plaine, paraît plus lourdement chargée de fragments de croûte. L'activité du cône nord (cône 2) a augmenté. Sur l'emplacement des dégagements de

1. Ébauche du cône 4, voir p. 42.

vapeur, observés le 4 mars au pied nord-est du cône 3, et à environ 100 m de celui-ci, s'est formé un nouveau cône (cône 4). Il est moins grand que le cône 3, mais, se trouvant à quelques mètres plus haut sur la pente, l'altitude de son gueulard est approximativement égale à celle du gueulard du cône 3. Il est remarquable que le gueulard du cône 2 (cône nord) atteigne exactement la même altitude (2302 m) qui sera aussi celle qu'atteindra plus tard le cône 6, formé en mai.

Le cône 3 a cessé de projeter des matériaux incandescents. Au cône 4, les explosions se succèdent toujours à des intervalles de 3 à 6 secondes. Elles se produisent en plusieurs phases : on voit d'abord les gaz arriver lentement à l'orifice du gueulard, puis l'explosion se produit et la masse gazeuse est projetée violemment en l'air, à 15 ou 20 m de hauteur. Les vapeurs se condensent alors et s'épaississent, le mouvement ralentit et le nuage s'épanouit en flocons ou en anneaux.

12/III.

On observe plus nettement ce mécanisme à la tombée du jour, grâce aux flammes qui prennent naissance à chaque explosion et se déroulent en belles volutes. Au cône nord (cône 2) les projections sont rares. Elles ont complètement cessé au cône 3.

Le cône 4, au contraire, est très actif. Les projections atteignent 100 m de hauteur. En raison du vent, elles retombent généralement vers le Nord. Il n'y a aucun synchronisme entre les explosions aux cônes 3 et 4.

La température du gueulard du cône 2, mesurée du camp (distance approximative 1500 m) est de 960 °C (940°), celle du cône 4, de 980 °C (960°). Ces mesures, comparées avec celles du 2 mars, indiquent que l'absorption atmosphérique est faible.

La lave incandescente est visible en de nombreux points de la plaine.

Pendant la nuit, une petite coulée de lave visqueuse sort au pied sud du cône 4.

13/III.

Le lendemain matin, elle est arrêtée, mais encore partiellement rouge. La lave se solidifie en « pahoehoe » merveilleux.

Au cône 2, un des gueulards paraît inactif; il n'en sort que des légères bouffées de fumées. A l'autre gueulard, des flammes sont encore visibles la nuit (pl. XXIV, 2).

14/III.

L'activité du lac ne paraît pas avoir changé. Son niveau a baissé de 1 m environ. Sa forme est assez étrange, car son extrémité nord forme un « fjord » qui s'enfonce jusqu'au cœur du cône, complètement inactif et largement échancré. Sauf dans le fjord, la lave du lac est contenue derrière des digues

formées par des coulées de lave qui ont débordé du lac lui-même. Pour le surplus, le lac est endigué, au Nord par le cône éteint, à l'Est par la falaise nord-sud, au Sud par le petit cône logé dans le « détroit » entre la falaise nord-sud et l' « îlot », et au Sud-Ouest par l'îlot lui-même. Au Nord-Ouest, la lave n'est retenue que par la digue de moins d'un mètre de hauteur, formée par les débordements de lave.

La lave circule toujours dans le même sens. Elle paraît sortir du lac par des exutoires situés sous la berge en quelques points répartis le long de la berge nord-est et nord-ouest, et aussi par le fond du fjord. Les gaz se dégagent uniquement aux exutoires apparents. Au point où la lave entre dans le lac, le dégagement gazeux est très faible.

Température mesurée au gueulard nord du cône 2 : 1000 °C (980°).
Température à la source même du torrent : 1040 °C (1020°). La vitesse de la lave dans le torrent varie suivant la pente de 2 à 10 m./sec.

Vers le soir du 14 mars, l'activité du cône 4 paraît augmenter. Les projections se suivent de 3 en 3 secondes et le temps de chute libre dépasse 5 secondes; elles se succèdent comme les billes d'un jongleur de cirque. L'éclat des projections n'est pas sensiblement inférieur à celui du gueulard.

15/III.

Pendant la nuit du 14 au 15 et pendant toute la journée du 15, de violents claquements se font entendre à intervalles irréguliers, venant en apparence des cônes sud (cônes 3 et 4). Le gueulard nord du cône nord (cône 2) s'est fortement évasé. Une moyenne de 3 mesures de température donne 1065 °C (1040°) avec un écart de 20° entre les valeurs extrêmes, ce qui n'est pas satisfaisant. La température du second gueulard du cône est beaucoup moins élevée; elle ne dépasse pas 1010 °C (990°).

Un petit orifice, qui se trouve à 50 m au Sud du cône nord sur la lèvre élevée de la falaise, est un simple trou de 1 m de diamètre d'où s'échappent alternativement des torrents de fumée bleue et des bouffées explosives. Le fond du trou est incandescent, et l'œil n'y distingue aucun contour.

La température lue au pyromètre (1020 °C) est probablement correcte à 10° près. La profondeur de cet orifice ne doit pas être considérable, car une pierre qu'on y jette rebondit en moins de 1 seconde, avec un bruit sec très différent du bruit mat caractéristique d'un corps lancé dans la lave liquide.

Le soir, on observe que des projections incandescentes, suivies de courtes flammes, sortent d'un orifice à la base même du cône 3. Elles sont sans influence sur l'intensité des phénomènes au cône 4. De longs sifflements et des claquements se font encore entendre toute la nuit.

Les flammes sont rares au cône nord. Le lac paraît agité.

16/III.

Le lendemain, le gueulard du cône 4 paraît s'être élargi. L'activité n'a pas diminué, mais les flammes explosives en double volute ont fait place

à des flammes beaucoup plus continues, plus courtes et plus régulières, et qui correspondent à des dégagements torrentueux de gaz qui durent 30 secondes ou 1 minute.

17/III.

Le gueulard nord du cône 2 s'est encore agrandi. La température a considérablement baissé; elle est de 1020 °C au gueulard nord et de moins de 900 °C au gueulard sud. Les projections ont cessé presque complètement; on n'observe plus que des fumées qui montent dans le gueulard, s'arrêtent, repartent, s'échappent d'un mouvement saccadé, très caractéristique, et avec un bruit sourd.

La température de l'orifice nord n° 1 a aussi diminué; elle n'est plus que de 980 °C.

Au lac, l'activité est inchangée. La lave y entre par un chenal souterrain, elle en sort par 3 exutoires principaux qui sont des points d'agitations et de dégagement de gaz, le gaz paraissant toujours sortir à contresens de la lave.

L'orifice qui s'est foré dans le flanc est du cône 3 a formé par agglutination de projections pâteuses, un petit cône satellite (3'') dont le gueulard a 1 m de diamètre. L'abondance des projections a diminué; il s'en échappe avec un bruit de locomotive un torrent de gaz d'aspect sirupeux, incolore. De violentes détonations se produisent encore à plusieurs reprises pendant la journée.

Les coulées dans la plaine ne sont guère visibles que la nuit. Le torrent de lave coule sur une distance de 1500 m, puis se divise en branches nombreuses qui s'étalent et noircissent rapidement. Le dessin de ces bras de la rivière (delta) se modifie de jour en jour. Aujourd'hui, on observe 4 coulées principales qui affectent grossièrement l'allure d'une croix gammée.

Des flammes sont de nouveau visibles au cône nord. Elles ont la couleur jaune d'un citron pas très mûr. La température du gueulard, mesurée du camp, à 1500 m du cône est de 1000 °C (980°). Cette mesure confirme celle faite dans la matinée du même jour (1020 °C); l'influence sur la mesure de température de l'absorption atmosphérique des rayons rouges est donc faible. Les mesures faites le soir du 11 mars ont déjà indiqué que la différence entre les températures mesurées à 50 m ou à 1500 m sont du même ordre que les différences entre mesures successives à 50 m de distance.

Les projections du cône 4 se font invariablement vers l'Est, sous un angle de 70° environ.

Après les pluies quotidiennes, on observe une précipitation rapide des incrustations de sels solubles dans les pores de la lave du 28 janvier. Les sels qu'on recueille maintenant ne représentent donc que le produit de dizaines de précipitations et de solutions successives, et non les produits directs de sublimation des gaz dégagés par la lave.

Les observations furent interrompues du 18 au 30 mars par les nécessités du ravitaillement, un déplacement à la recherche d'un appareil cinématographique, et une ascension du volcan Nyiragongo. L'intensité et l'éclat des nuages au-dessus du Nyiragongo, le soir, indiquait la présence de lave vive dans son cratère. D'autre part, des éboulements, dont la cicatrice était bien visible, s'étaient produits récemment sur le flanc nord-ouest de la montagne. La possibilité d'une éruption du Nyiragongo ne paraissant pas exclue, il fut décidé d'en faire l'ascension. Malheureusement, des conditions météorologiques peu favorables ne permirent de faire aucune observation précise à ce volcan.

30 / III.

Le 30 mars, date du retour au camp sur le Nyamuragira, l'activité paraissait avoir beaucoup diminué. Le cône nord était complètement éteint, et les projections avaient cessé au cône 4 et au cône satellite 3''. Des flammes s'en échappaient encore. L'éclat du torrent de lave avait augmenté et les coulées incandescentes couvraient une large superficie dans la plaine. Dans l'ensemble, le débit de gaz paraissait avoir légèrement diminué.

31 / III.

Le débit de lave au torrent est inchangé, mais le torrent s'est légèrement encaissé entre ses rives (pl. XIV, 1). A la source, la lave sort sous une petite voûte où la température est de 1085 °C (1060°). La température de la lave elle-même, à la sortie, est de 1050 °C (1030°). Sa vitesse n'a pas varié.

Le niveau de la lave dans le lac a encore baissé de près de 1 m. La lave sort du lac principalement par un exutoire situé à l'extrémité nord du « fjord ». L'écoulement est irrégulier. Il se produit des embâcles causées par la croûte qui s'accumule et se plisse. Puis brusquement, elle se déchire et disparaît latéralement sous la berge. L'écoulement reprend alors pendant quelques secondes ou une minute.

Une visite de nuit permet d'observer les points où se produit actuellement une combustion de gaz. Outre les cônes 4, 3' et 3'', on observe de courtes flammes sortant d'un petit cône à la tête du lac, au point où la lave y entre, et en différents points du pourtour nord du lac. Il n'y a pas de flammes au milieu du lac; elles se produisent uniquement là où la lave paraît sortir sous les berges. Ces flammes sont courtes, irrégulières, mais énergiques et en forme de dard, à la façon de flammes de chalumeau; elles ont une couleur légèrement plus verdâtre que les flammes des cônes. La différence de couleur peut être due uniquement à l'effet optique causé par l'éclat de la lave incandescente. Les flammes ne s'observent que là où se produit un dégagement de gaz, aux exutoires de la lave sous les berges.

Le dégagement de gaz et l'apparition de flammes est un phénomène extrêmement irrégulier qui contraste avec la permanence de la localisation des points où ce dégagement se produit. Un point de dégagement peut

demeurer inactif pendant plusieurs minutes; puis le dégagement de gaz reprend avec violence, agitant violemment la lave, en arrachant des gouttes incandescentes qui sont projetées à quelques mètres (fontaines) et déchirant la croûte qui est alors entraînée, et qui disparaît sous la berge. On n'observe pas de réfusio n directe de la croûte par les flammes.

Il n'y a aucun synchronisme entre l'activité des différents exutoires; ils peuvent s'arrêter de fonctionner tous à la fois, ou être actifs tous à la fois. Le débit de lave à l'entrée dans le lac paraît irrégulier, mais il n'est pas possible de mettre ces variations de débit en rapport avec des changements dans l'activité des exutoires.

4/IV.

La température de la lave à l'entrée dans le lac, à 9 h du matin, est voisine de 1040 °C (1020°), à 10 h 25, elle est de 1065 °C (1040°) ou 1075 °C (1050°); aux fontaines, la température est de 1060 à 1075 °C. Ces variations sont dues principalement à l'état d'agitation de la lave, à la possibilité de formation d'une croûte, etc.

Du fait que l'activité des exutoires varie d'un instant à l'autre, la vitesse du courant de lave qui se dirige vers chacun de ces exutoires varie aussi considérablement, de 0 à 2 ou 3 m/sec. Ces différences de vitesse entre filets voisins provoquent de grandes déchirures longitudinales dans la croûte qui se forme par refroidissement sur la lave. En raison de la pression qui s'exerce à l'amont et qui est due à l'apport constant de lave dans le lac, la croûte se plisse, principalement pendant les périodes où les exutoires sont arrêtés. La flexibilité de la croûte est remarquable; elle peut former des plis isoclinaux profonds; elle a cependant une résistance suffisante pour supporter le choc de lourdes pierres lancées de plusieurs mètres de hauteur.

La formation des plis et des grandes fractures cisailantes est un spectacle remarquable qui change d'instant en instant suivant l'activité des exutoires. La croûte de la lave est un matériau idéal pour des expériences tectoniques.

Il arrive parfois que les gaz, au lieu de se dégager à travers la lave, choisissent plutôt de se dégager par la paroi externe de la digue qui contient le lac. Il en résulte dans ce cas une agitation beaucoup moindre et un débit plus constant de l'exutoire.

Il semble que le débit de lave à la source du torrent varie aussi d'instant en instant. Une augmentation du débit a généralement pour effet de détacher des fragments de scorie qui se forment sur les bords de la rivière, à proximité immédiate de la source. Comme il n'existe pas de points d'où on puisse observer simultanément le lac et la source, il n'est pas possible de mettre en évidence une relation possible, quoique improbable, entre le débit de lave à la source et l'activité du lac.

5/IV.

Les mêmes phénomènes se reproduisent les jours suivants. Le 5 mai,

on observe, vers 10 h 30, une fontaine jaillissante qui se forme au milieu du lac et se déplace à la vitesse du courant vers un des exutoires à la berge. Parfois des fragments de la paroi du lac s'effondrent et sont engloutis dans la lave liquide; ces engloutissements provoquent des bouillonnements et de petites fontaines qui durent quelques secondes. Ces bouillonnements sont probablement causés par le dégagement des gaz (principalement de l'air) occlus dans les pores et les vésicules de lave froide. Cet air, chauffé au contact de la lave incandescente, se dilate et se dégage tumultueusement. Il est possible aussi que l'absorption de masses froides provoque un dégazage de la lave chaude.

La vitesse de la lave dans le torrent, mesurée de cinq en cinq minutes, pendant une période de deux heures, reste étonnamment constante. Cette vitesse est mesurée par chronométrage entre deux repères. Sur un parcours de 50 m où la pente moyenne ne dépasse pas 1 degré, elle est de 2 m/sec.

Températures observées : Lave à la source du torrent, 1030-1050 °C (990-1030°); lave à l'entrée du lac, 1010 °C (990°); fontaine du lac, 1030 °C (1010°), gueulard cône 4, 1050 °C (1030°).

Entre le 8 et le 14, un topographe, M. J. ELISSEN, a mesuré la déclinaison en différents points autour de Tshambene. A 350 m à l'Ouest, elle est de 5° 40' Ouest; à 1500 m à l'Est de Tshambene, elle est de 13° 35' Ouest. Au Sud-Est du cratère du Nyamuragira, on mesure 3° 10' Ouest, tandis qu'au Nord-Ouest du cratère, on obtient 1° 12' Est.

Entre le 7 et 14 avril, l'aspect du Tshambene ne se modifie pas sensiblement. Un dégagement de vapeur, à l'aspect identique à celui qui préluda à la naissance du cône 4, apparaît à 50 m au Nord-Est du cône 4, faisant présager la naissance prochaine d'un nouveau cône en ce point. Les cônes s'éteignent tous, sauf le cône 4 qui continue à vomir des flammes explosives. Le niveau du lac baisse de quelques dizaines de centimètres. Son activité ne paraît pas avoir subi de changements considérables.

Le 15 avril, la vitesse et le débit du torrent ne paraissent pas modifiés. A 9 h 30, la source était encombrée sur une dizaine de mètres d'une croûte qui, quelques instants après, se détachait sur les bords et était emportée par le courant. La source reprit alors son aspect usuel.

15/IV.

Il est impossible d'estimer la vitesse de circulation de la lave dans le lac, parce que la vitesse varie d'un point à un autre et d'un instant à l'autre. Pour le surplus, la vitesse de déplacement de la croûte n'est pas nécessairement égale à celle de la lave sous-jacente. Il arrive fréquemment que cette croûte s'accumule en embacles près d'un exutoire de lave; le courant paraît alors complètement arrêté et de grands plis se forment dans la croûte. Il n'est pas certain cependant que la lave ne circule pas encore sous cette croûte. Au bout d'un certain temps, la croûte se déchire; elle est entraînée et disparaît sous la berge.

La baisse de niveau du lac a découvert en un point de la berge occidentale du « fjord » une petite plate-forme sur laquelle viennent déferler les vagues des « tempêtes », lorsqu'un dégagement de gaz particulièrement violent provoque une grande agitation de la lave. Vers le fond du fjord, le mouvement de lave est constant et calme, les gaz se dégagent maintenant par un orifice situé dans la paroi à 1 m environ au-dessus du niveau de la surface de la lave.

16/IV.

On observe souvent des dégagements intenses de gaz en un point de la berge orientale du « fjord », bien qu'aucun courant apparent de lave ne se dirige vers ce point, mais il est possible cependant qu'un courant invisible se produise encore sous la croûte immobile. De ce fait, cette croûte est soumise à une pression d'amont vers l'aval, qui la déforme et la plisse. Les gaz s'accumulent au sommet des anticlinaux ainsi formés et s'échappent alors, horizontalement, à l'extrémité des plis.

Le soir, on constate à nouveau que les flammes sont très rares au milieu du lac. Parfois, il se produit des fontaines qui se déplacent vers la berge à la vitesse du courant. Des flammes ne sont guère visibles qu'aux exutoires apparents de la lave, là où les gaz se dégagent en grande abondance et aussi, d'une façon intermittente, à l'orifice de gaz situé dans la paroi au-dessus de l'exutoire au fond du « fjord ». Il ne paraît pas y avoir proportionnalité entre le débit de lave par un exutoire donné et le débit de gaz de cet exutoire. La permanence de la position de ces exutoires est remarquable.

Au torrent de lave, où le dégagement de gaz est faible, les flammes sont rares. Elles sont inexistantes à la source; on en observe parfois de très faibles et de très courtes sur les bords du torrent.

A une centaine de mètres en aval de la source, le torrent se rétrécit considérablement et sa pente augmente. La vitesse y est considérablement plus grande, et la lave se précipite en une véritable chute. Au pied de la chute, elle passe sous un pont de lave de 3 m de large, et dont l'origine est obscure. Il est possible qu'une embacle se soit produite, provoquant un débordement de lave qui, en se refroidissant, ait formé une voûte sous laquelle la lave s'est remise à couler après la débacle. Sous cette voûte, et en raison probablement de la turbulence considérable qui se produit au pied de la chute, on observe un dégagement de gaz intense et de longues flammes jaunes; la température en ce point est de 1105 °C (1080°) à 1125 °C (1100°).

Cette mesure du 16 avril n'a jamais été reproduite dans la suivante : les températures mesurées ultérieurement étaient de 20 degrés inférieurs.

En aval de ce point, la lave coule dans un chenal étroit et profond. Elle passe ensuite sous un second pont, puis elle entre dans un long tunnel. En amont du pont n° 1, où la rivière est large et le courant relativement

lent, la lave se recouvre de fragments de croûte solide, analogue à des glaçons charriés par une rivière. En aval du pont, ces « glaçons » ont complètement disparu; ils ont probablement sombré dans la lave à la faveur de la turbulence qui y règne.

Il est important de noter que le dégagement de gaz se produit exclusivement aux points où un changement de pente ou un rétrécissement du lit de la rivière de lave provoquent une grande turbulence. La question se pose alors de savoir si le dégagement de gaz dans le lac serait un effet du mouvement de circulation plutôt que sa cause. Du point de vue du mécanisme de la circulation dans le lac, cette remarque peut avoir une certaine importance.

17/IV.

Le dégagement de vapeur au pied du cône 4 augmente d'intensité. La vapeur s'échappe sous pression, avec un léger sifflement. Le lendemain matin ce dégagement de vapeur a cessé. Il a fait place à un petit cône de 4 à 5 m de hauteur d'où s'échappent un torrent gazeux incolore ou bleuâtre et des projections incandescentes qui atteignent 75 m de hauteur et plus. A des intervalles de calme complet de 10 secondes, succèdent des explosions accompagnées de claquements qui projettent de véritables nappes liquides. Des dégagements de vapeur se produisent encore à une dizaine de mètres au Nord-Est du nouveau cône (cône 5).

La naissance du cône 5 n'a pas modifié l'activité du cône 4. Cette activité consiste en l'émission saccadée de bouffées de gaz et de flammes.

La température au gueulard est de 1040 °C (1020°). Au lac, peu de changements notables; certains des exutoires des jours précédents sont moins actifs, d'autres, au contraire, le sont plus. Dans l'ensemble, on en compte 8. La source du torrent est encombrée de scories et la vitesse de la lave a légèrement diminué.

Le soir, on observe encore des projections violentes, mais peu fournies, venant du cône 5; elles sont accompagnées de courtes flammes qui disparaissent complètement pendant les périodes de silence.

19/IV.

Le 19, la violence des projections a diminué et le cône n'a pas sensiblement grandi. Il est entouré d'un nuage de vapeur qui s'échappe de ses parois, laissant un enduit jaune à la base et un enduit blanc près du gueulard. Cette vapeur s'élève paresseusement, mais à l'aplomb du gueulard elle est happée par le torrent de gaz qui s'échappe et disparaît rapidement en raison de la surchauffe à laquelle elle est soumise. Aucun signe d'incandescence n'est visible dans le gueulard lui-même et les projections incandescentes, qui ne sont plus pâteuses, prennent en se solidifiant une texture scoriacée.

Le niveau du lac paraît avoir baissé encore de quelques centimètres; il en résulte sur les berges une série de marches formées par des fragments

de croûte étagés et demeurés accrochés en surplomb aux anciens niveaux de la lave. Les divers exutoires fonctionnent avec les mêmes alternances d'activité et de calme apparent. Des fontaines se produisent parfois en un point de la berge est, et se déplacent le long de la berge à la vitesse ou à une vitesse moindre que celle du courant.

Une conséquence des chutes successives du niveau de la lave dans le lac a été de découvrir, sur près de deux mètres, la paroi même du lac. On n'y voit aucune trace d' « exutoires » vrais; les points par où la lave paraît sortir sous la berge correspondent donc probablement à des points où la lave s'enfonce verticalement le long des parois, et ce qui paraît être un mouvement latéral est peut-être en réalité un mouvement de haut en bas, sous une berge légèrement surplombante. S'il en est ainsi, on comprend mal les raisons pour lesquelles le dégagement de gaz et la descente de la lave s'effectuent toujours aux mêmes points (exutoires apparents).

Le torrent est inchangé. Sa vitesse a légèrement diminué (le temps d'écoulement entre repères distants de 75 m environ a passé de 27 à 30 secondes). On note un petit débordement en rive gauche (pl. XIV. 2).

Températures mesurées à ce jour :

A la source de la lave, 1065 °C (1040°), 1085 °C (1060°);

A l'entrée de la lave dans le lac, 1085 °C (1060°);

Fontaine au coin nord-est du lac, 1083 °C (1058°);

Fontaine à la berge est du « fjord », 1070 °C (1045°).

Pendant toute la journée, les projections du cône 5 demeurent faibles.

20/IV.

Vers 7 h 30, le vacarme augmente considérablement. Les vapeurs blanches ont disparu au pied même du cône 5; elles se font de plus en plus denses en un point situé à une dizaine de mètres au Nord-Est.

8 h 15. Le gueulard est maintenant rempli à déborder d'une masse pâteuse au rouge sombre, déchiquetée par les gaz qui s'échappent avec violence. Pendant des périodes de silence, le cône entier se gonfle sous la pression des gaz et des morceaux de scorie refroidie se détachent et roulent sur la pente. La face interne de ces blocs qui se détachent est au rouge sombre. La pâte qui remplit le gueulard se gonfle, puis redescend légèrement pendant les périodes de calme.

La violence de l'émission gazeuse augmente d'instant en instant, tandis que les parois du cône paraissent s'affaiblir. Les gaz se dégagent et forment dans la paroi du gueulard une pente verticale par laquelle la masse pâteuse qui remplit l'orifice, commence à baver (9 h 30). Cette petite coulée de lave est extrêmement visqueuse; même sur la pente du cône, qui est d'au moins 20°, elle avance à peine. Elle coule indifféremment pendant les périodes de dégagement gazeux et les périodes de silence, et en refroidissant elle prend des formes contournées caractéristiques du type « pahoehoe ».

Arrivée au pied du cône, la coulée qui s'est séparée en deux branches

avance de quelques mètres à l'heure. Dans l'intervalle des explosions gazeuses, on n'entend que le crissement de la croûte qui, sous la pression de la lave elle-même, éclate et laisse s'échapper un petit filet qui vient se solidifier à son tour. Les projections de la lave pâteuse n'ont pas cessé, elles viennent s'abattre dans un rayon de 20 m et mettent le feu à un arbre renversé qui se trouvait au pied du cône.

La température de la lave, dans la fente du gueulard par laquelle elle suinte, est de 1065 °C (1040°) environ (moyenne de deux mesures).

Au lac de lave, la situation est inchangée.

10 h 15. Les projections ont augmenté de violence; elles se transforment en véritables nappes. Les émissions de gaz durent de 30 secondes à 1 minute; elles sont séparées par des intervalles de silence de 5 à 10 secondes.

10 h 25. Une nouvelle petite coulée se forme à mi-hauteur du cône, elle atteint une longueur de 4 à 5 m, puis s'arrête.

10 h 35. La fente s'est refermée et un vrai gueulard se forme, sur les bords duquel les projections pâteuses viennent s'accumuler, et qui s'élève rapidement. La lave pâteuse qui s'abat sur les bords et qui demeure pâteuse pendant quelques instants, s'écoule indifféremment vers l'intérieur ou l'extérieur et retombe en filaments dans le gueulard, à contresens du courant gazeux qui les fait longuement danser.

Le soleil ayant disparu derrière des nuages, les flammes jaunes deviennent bien visibles. La durée totale de « vol » des projections lancées verticalement atteint 5 secondes, entre le moment où elles quittent le gueulard et le moment où elles retombent au sol. On en déduit, par la formule,

$$t = \frac{2c \sin}{g}$$

que leur vitesse initiale est de l'ordre de 25 m/sec.

Les mêmes phénomènes continuent pendant toute la journée du 20 avril; dans l'après-midi, de nouvelles petites coulées sortent encore du cône et s'écoulent à quelques mètres.

Le 21 avril, l'activité paraît avoir légèrement diminué. Le dégagement de gaz se produit par coups de pistons successifs de 2 en 2 secondes. Le niveau du lac a encore légèrement baissé; le courant de lave à l'entrée a ralenti, ainsi que celui de la lave dans le torrent. La température à la source est de 1065 °C (1040°). L'activité aux autres cônes n'a pas changé et le gueulard du cône 4 demeure incandescent (température : 1040 °C (1020°)).

Les projections de lave pâteuse au cône 5 ont fait place maintenant à des projections de fragments scoriacés de 5 à 10 cm. de diamètre, approximativement.

On remarque ce soir-là, dans la plaine, une grande coulée très étalée. Il paraît aussi y avoir une coulée latérale branchée sur le torrent un peu en aval du pont n° 1. Le torrent a apparemment débordé de ses berges en plusieurs points.

22 /IV.

Le bruit au cône 5 s'atténue et la violence des projections a fortement diminué.

Le niveau du lac a de nouveau sensiblement baissé. Il peut y avoir une relation entre cette baisse et les crues du torrent observées le soir du 21. Les étapes de la chute du niveau s'enregistrent dans les parois du lac par une série de petites « terrasses » superposées, qui leur donnent un profil en dents de scie (pl. XX, 1).

Un éboulement s'est produit à l'Est, au pied de la falaise, dont le talus vient plonger maintenant directement dans le lac.

Il arrive parfois que des fontaines se forment au milieu du lac; elles paraissent résulter de l'enfoncement de la croûte sous la pression de la lave qui entre sans arrêt. Le mécanisme de la formation des fontaines est le suivant : lorsqu'un « exutoire » apparent est demeuré inactif pendant quelque temps, le courant s'arrête et la pression d'amont plisse violemment la croûte. Les plis s'accroissent rapidement et les charriages tendent à se produire. On observe alors un mouvement d'engrenage; la croûte de la branche amont du pli entraîne et enfonce la croûte de la branche aval, qui est ainsi rappelée en arrière. Une fissure se produit vers l'aval et un fragment de croûte, redressé sur sa tranche, est littéralement entraîné et s'enfonce dans la lave sous l'effet de la pression d'amont.

Dès l'engloutissement, un violent dégagement de gaz se produit suivant l'axe même du pli, correspondant donc exactement à la trace de la tranche du fragment de croûte englouti. Une fontaine se produit ainsi, qui devient un point d'aspiration véritable pour la croûte recouvrant la surface voisine dans un rayon de plusieurs mètres. Un courant rapide paraît se former vers la fontaine, qui se déplace lentement et diminue progressivement d'intensité, s'éteignant parfois avant même d'avoir atteint une berge du lac.

Le dégagement de gaz qui provoque les fontaines consécutives à l'engloutissement d'un fragment de croûte, est accompagné de flammes parfois bien visibles. On en conclut que ces fontaines ne sont pas causées uniquement par l'expansion et le dégagement des gaz (principalement l'air) occlus dans les pores et les vésicules de la croûte et qui ne sont pas combustibles.

Au torrent, un débordement s'est produit vers le Nord, à hauteur du pont n° 1. La masse s'est étalée et refroidie, mais les fissures sont encore incandescentes. Une pluie violente survient et le dégagement de vapeur, au contact de la lave encore chaude, est tel que toute observation devient impossible. De l'eau s'introduit dans la résistance réglable du pyromètre optique, rendant l'appareil provisoirement inutilisable. Le brouillard dure toute la journée.

Pendant la nuit, le bruit augmente, mais les nuages ne permettent pas d'en découvrir l'origine.

23/IV.

L'origine en devient apparente le lendemain matin. Un nouveau cône (n° 6) s'est formé à l'emplacement des dégagements de vapeurs à 25 m au Nord-Est du cône 5. Cône 6, cône 5, cône 4 et cône 3 avec ses deux satellites sont ainsi parfaitement alignés.

8 h. 15. Le cône 6 est extraordinairement violent. Des projections ininterrompues retombent en cascade de 75 ou de 100 m de hauteur. Une grande échancrure dans la paroi est du gueulard permet l'échappement d'une coulée qui s'étale lentement vers l'Est, donc à contresens de la pente générale du terrain, ce qui n'est évidemment possible que parce que le gueulard du cône est déjà surélevé de plusieurs mètres par rapport au terrain environnant. Le cône 5 est arrêté, mais le cône 4 demeure inchangé; son activité consiste en l'émission régulière de bouffées explosives de gaz combustibles.

Une autre coulée est sortie pendant la nuit à l'Ouest du cône 6; elle coule sur une distance de 150 m au Nord des cônes 5 et 4, en direction du lac. Elle avance très lentement, venant mouler les obstacles qu'elle rencontre et notamment les arbres renversés qui se consomment lentement, ne laissant qu'une empreinte en creux. Le front de cette coulée avance en projetant des appendices sur lesquels il se forme rapidement une croûte qui demeure longtemps élastique; en appuyant avec un bâton, on la voit se déformer, puis reprendre sa forme originale dès que la pression du bâton diminue. Ces appendices, en se figeant, donnent naissance aux « toes »¹ caractéristiques de la lave « pahoehoe ».

De nouveaux débordements se sont produits pendant la nuit au torrent, à la hauteur du pont n° 1, qui se compose maintenant de deux arches superposées. Les coulées récentes tranchent par leur couleur noire sur les coulées plus anciennes (28 janvier ?) qui sont maintenant ternies et jaunies par les vapeurs qui se dégagent du torrent aux cascades et aux chutes.

Les berges du torrent sont de plus en plus encaissées, ce qui s'explique par les débordements fréquents, chaque coulée venant rehausser les berges et rétrécir le lit du torrent.

Le torrent est très rapide (temps d'écoulement entre deux repères sur la berge : 24 secondes). Vers 10 h 15, il s'encombre lentement de scorie à la source, mais un afflux soudain de lave provoque une débâcle. Quelques bulles de gaz viennent crever à la surface de la lave, à intervalles réguliers.

Au lac, aucun changement notable; son niveau paraît avoir légèrement monté.

Vers 11 h, le cône 6 est toujours aussi violent. La lave coule vers l'Est. L'échancrure dans les parois du gueulard s'est refermée, mais un petit bassin de 2 m de diamètre s'est formé à sa base. La lave y est fortement agitée et en déborde lentement; les projections viennent s'abattre sur la

1. = « doigt de pied ».

coulée déjà solidifiée. Cette coulée, qui se dirige d'abord vers l'Est, puis tourne vers le Sud, est maintenant épaisse de 0 m 50 ou de 1 m tout au plus; comme toutes les coulées sorties de cônes, elle prend l'aspect « pahoehoe ». Elle paraît visqueuse, moins cependant que les petites coulées sorties du cône 5. Cette viscosité élevée est d'autant plus remarquable que la température de la lave mesurée au cône 5, n'est pas inférieure à celle de la lave du lac ou du torrent. Le brassage par le gaz, d'autre part, est si violent qu'on n'imagine pas que la lave puisse être moins riche en gaz que celle du torrent où ne se produit aucun dégagement gazeux. Enfin, il faut remarquer que la lave s'échappe des cônes à une altitude voisine de 2300 m, tandis que la source du torrent se trouve à 2255 m, soit 45 m plus bas; il semblerait que pour expliquer cette différence de niveau, il faille invoquer une teneur en gaz plus élevée à l'orifice le plus élevé. La viscosité de la lave ne donne aucune indication de ce genre.

Vers 15 h, les projections au cône 6 ont diminué; le bassin d'où s'écoulait la lave s'est fermé en un petit gueulard satellite (6'). Des flammes sont bien visibles grâce à la pluie; la lave coule encore vers l'Est et le Sud.

Le soir, l'activité est devenue plus régulière; les explosions se suivent à intervalles plus rapprochés. Des lucurs reparaissent au cône 2 (cône nord) qui était éteint depuis longtemps.

24/IV.

Le bruit du cône 6 est encore intense, mais les projections sont maigres; les « coups de piston » se succèdent rapidement. On en compte 18 à la minute en moyenne. On retrouve des cheveux de Pelé assez nombreux au Nord du cône.

Le niveau du lac a baissé encore. Toute la berge du « fjord » est absolument inactive pendant une longue période, de 9 h 10 à 11 h, bien qu'un léger courant se produise encore vers le fond du fjord. On a l'impression que toute la partie nord du lac est moins profonde que le restant, et que si le niveau baisse encore, on verra émerger une plate-forme.

Des fontaines se produisent parfois au milieu du lac et se déplacent vers la berge. On peut résumer leurs caractéristiques de la façon suivante :

- 1° Elles ne sont pas indispensables à l'écoulement de la lave;
- 2° Lorsqu'elles se forment, elles sont un point d'attraction pour la croûte superficielle de la lave environnante;
- 3° Elles dégagent des gaz combustibles;
- 4° Elles durent généralement quelques dizaines de secondes ou quelques minutes; elles se déplacent dans le lac à la vitesse du courant;
- 5° Elles paraissent résulter de l'engloutissement d'un fragment de croûte.

Le torrent est de plus en plus rapide; il a de nouveau débordé pendant la nuit.

Les flammes du cône 6 deviennent bien visibles la nuit; elles diminuent au cône 4, tandis que les lueurs augmentent au cône 2; le petit orifice satellite de 6 paraît plus actif que 6 lui-même.

25/IV.

Le cône 6 s'arrête bientôt et l'activité de 6' devient prépondérante; une nouvelle petite coulée se produit vers le Nord et le Nord-Ouest.

Le niveau du lac n'a pas sensiblement baissé, et le torrent paraît ralenti; des débordements se produisent encore pendant la journée. Les flammes deviennent de plus en plus intenses au cône 6 et à son orifice satellite 6'; elles diminuent rapidement au cône 4 et les lueurs augmentent encore au cône 2. Le cône 6 émet encore des projections peu fournies, mais violentes. Un débordement du torrent se produit encore vers 19 h 30; au pont, au pied de la première chute, règne une turbulence extraordinaire.

26/IV.

Malgré les deux débordements qui se sont produits au torrent dans la journée du 25, le niveau du lac, le matin du 26 avril, n'a pas sensiblement baissé. Des fontaines se produisent à nouveau au fond du « fjord ». Dans la journée, les projections cessent entièrement au cône 6, puis, vers 20 h elles reprennent avec violence. Des projections peu fournies apparaissent de nouveau au cône 2; il semblerait que le niveau de la colonne de lave soit remonté à ce cône, contrastant avec la chute du niveau de la colonne de lave dans le lac.

27/IV.

Un brouillard épais gêne les observations. Il est malheureusement nécessaire de lever le camp pour des raisons d'approvisionnement.

La période du 16 au 27 avril a été remarquable à plusieurs égards; elle s'est caractérisée par la formation à bref intervalle de 2 cônes, une reprise d'activité à un cône éteint, des débordements fréquents du torrent, et une chute du niveau de la lave dans le lac. Cette chute de niveau est étonnante, car elle paraît indiquer une diminution d'activité, ou une chute de la pression hydrostatique de la lave qui contraste avec l'apparente augmentation de pression indiquée par la naissance des cônes, la formation de coulées 45 m au-dessus du niveau de la source du torrent et le renouveau d'activité qui se produit au cône nord.

Les observations reprennent le 11 mai, au retour d'un voyage de quelques jours au Nord du lac Kivu. Des changements importants se sont produits dans l'intervalle : un nouveau cône (n° 7) est né à 100 m au Nord-Est du cône 6 qui est maintenant presque totalement éteint. Il n'y a pas de projections au cône 7. Un abondant dégagement de fumée, accompagné de flammes, se produit dans le bois à l'Est du cône 2 (cône nord). L'éclat du lac a diminué et la rivière de lave n'est plus visible, le soir, qu'en deux points près de la source.

12/V.

Le cône 7 est considérablement plus volumineux que les cônes 3, 4, 5 ou 6, du même alignement. Sa section est elliptique, le grand axe de l'ellipse étant perpendiculaire à cet alignement. La forme elliptique du cône 7, analogue à celle du cône 2, paraît due à l'accolement de deux orifices dont un seul, l'orifice sud, demeure visible. La partie nord du cône est constituée d'une accumulation de scorie, d'une quinzaine de mètres de hauteur.

Une coulée de lave est sortie au pied de la partie nord du cône et s'est épanchée vers l'Ouest-Sud-Ouest en direction du lac de lave. Arrivée au bord de la falaise orientale du lac, elle a dégringolé et est venue s'arrêter à la berge même. Contrairement à toutes les coulées sorties de cônes, cette coulée du cône 7 est d'allure chaotique. Elle mesure 50 m de large et vient déborder et recouvrir par places la coulée parallèle de lave « pahoehoe » sortie du cône 6. En même temps, une coulée du type « pahoehoe » est sortie de la partie sud du cône 7 et s'est mise à couler vers le Sud, recouvrant partiellement la coulée est du cône 6.

Ni la lave, ni les projections du cône 7 ne sont riches en phénocristaux. La cristallisation du magma ne paraît pas plus avancée que lors de la formation des premiers cônes de la série. Parmi les matériaux de projection, on remarque une prédominance de scories, quelques larges bombes en « bouse de vache » et aussi de longs filaments de lave, qui se nouent littéralement et se figent en forme de rubans et de nœuds.

Les scories du cône 7 présentent une particularité remarquable : elles sont riches en petites inclusions anguleuses de quartz. Cette richesse est telle qu'on peut difficilement longer le cône sans en rencontrer plusieurs, et cette abondance des inclusions contraste avec leur rareté, ou leur absence, aux autres cônes. Ces inclusions, qui ont rarement plus de quelques centimètres dans leur plus grande dimension, sont parfois inaltérées; parfois le quartz est partiellement transformé en un verre incolore très vésiculaire d'indice 1,48-1,49. Plus généralement, le quartz est entouré d'une fine couronne verte de pyroxène.

A l'Est du cône 2, un nouvel orifice de gaz s'est formé. En ce point, la grande faille nord-sud s'incurve vers l'Est et se sépare en deux branches ayant chacune un rejet de 2 ou 3 mètres.

L'orifice est logé sur une plate-forme au pied du premier escarpement; il a un diamètre de plusieurs mètres et constitue un puits cylindrique d'axe légèrement incliné. Le puits s'enfonce ainsi obliquement vers l'Ouest. A quelques mètres à l'Ouest de cet orifice principal (« orifice nord ») se trouve un orifice beaucoup plus petit et beaucoup plus accessible, qui n'est apparemment qu'une autre bouche du même conduit principal. De ces deux orifices dont les parois sont incandescentes, sortent de grandes flammes d'allure explosive. On distingue très bien dans les parois du grand orifice des alternances de laves anciennes et de tuffs non consolidés. Le voisinage de l'orifice dans un rayon de quelques mètres est couvert de

fines cendres provenant évidemment de ces tuffs non consolidés, et de petits fragments de laves anciennes.

La température des parois de l'orifice nord n° 2 est de 1010 °C (990°).

Aux environs, dans le bois, on observe d'abondants dégagements de vapeur et quelques dépôts de soufre.

Rappelons que le sol dans le bois est intensément fissuré et que sur les lèvres des fissures la végétation a été carbonisée (voir p. 39).

Des changements importants se sont produits au lac qui s'est séparé en deux bassins. Le bassin sud continue à s'alimenter par le feeder du lac, mais le bassin nord se trouve maintenant à un niveau beaucoup plus bas. La lave qui sort par la berge nord du bassin sud s'engage dans une gorge et descend vers le bassin nord, mais disparaît avant d'atteindre ce bassin. On observe quelques fontaines, assez rares, aux berges est et ouest.

Le bassin nord, qui est plus grand que le bassin sud, s'alimente maintenant *par le Nord*. La lave y entre par l'exutoire au fond du fjord; la circulation est donc inversée. La lave qui entre dans le lac s'accumule sur elle-même, enfonçant la croûte, mais cet enfoncement ne produit pas de fontaines. Comme le niveau du bassin ne monte pas en dépit de l'apport constant venant du Nord, on en conclut que la lave s'enfonce au milieu même du lac sans agitation ni turbulence; le dégagement de gaz est faible et on n'observe pas de fontaines. Il s'agit donc d'un mécanisme nouveau entièrement différent de celui qui assurait primitivement l'évacuation de la lave dans le lac.

Le torrent de lave est maintenant presque entièrement souterrain. A 30 m à l'aval de la source, une ouverture dans la voûte du tunnel permet de voir la lave qui coule et dont le débit paraît moindre. Il existe également des ouvertures dans la voûte en amont de l'ancien pont, et en aval de celui-ci.

Le mécanisme de la formation du tunnel paraît avoir consisté en une série de débordements répétés. A chaque débordement, la lave qui se fige sur les bords du torrent rétrécit de plus en plus son lit, jusqu'à ce que les berges opposées viennent à se toucher. La voûte du tunnel ne constitue donc pas une « croûte » sous laquelle la lave aurait continué à couler; elle est formée de l'empilement de coulées qui se sont répandues vers la droite et la gauche, à partir de l'axe même de la rivière. Le niveau de la lave dans la rivière est demeuré à la même côte, tandis que la voûte du tunnel, qui se trouve à plusieurs mètres au-dessus de la rivière, marque le niveau maximum atteint au cours des crues. A chaque crue, des coulées ont débordé latéralement et sont encore bien visibles, l'orientation des surfaces cordées indiquant clairement que l'étalement de ces coulées se faisait perpendiculairement à la direction d'écoulement de la rivière elle-même.

Le soir, on n'observe de flammes qu'au cône 7. Les flammes de l'orifice nord ne sont pas visibles du camp à cause des arbres de la forêt qui l'entoure. Leur présence cependant ne fait pas de doute, car on observe que les nuages

de fumée qui s'échappent de l'orifice s'éclairent à intervalles réguliers d'environ une seconde.

Des incendies de forêt éclairent la plaine à grande distance, indiquant que la lave avance maintenant en direction de Shove.

13/V.

La lave chaotique qui est sortie du « jumeau » nord du cône 7 et la lave « pahoehoe » qui est sortie du « jumeau » sud sont partiellement recouvertes de matériaux de projections du cône lui-même; la coulée est du cône 6, disparaît presque entièrement sous ces matériaux. Les projections ont atteint un rayon de 100 m environ autour du cône 7.

Température du gueulard du cône 7 : 1050 °C (1030°).

À l'orifice nord n° 2, la situation n'a pas changé. Le dégagement des gaz qui explosent en s'enflammant, provoque des éboulements de la paroi interne de l'orifice; les cendres non cimentées qui en forment la partie supérieure, dégringolent en filets noirs qui tranchent sur l'éclat incandescent des parois profondes.

Température des parois au point le plus chaud :

Grand orifice 1020 à 1030 °C (1000 à 1010°);

Petit orifice 990 à 1010 °C (970 à 990°).

Au bassin nord, le silence et l'absence presque totale de fumées forme un contraste étonnant avec l'aspect de cette partie du lac, il y a deux semaines à peine. La lave entre toujours dans le lac par un feeder qui prolonge souterrainement le fjord au creux du cône éteint et qui servait probablement d'exutoire au lac. La température sous la voûte du feeder est de 1085 °C (1060°). La lave entre dans le bassin à une vitesse de quelques mètres à la minute. Des fontaines se manifestent encore — quoique très rarement — en des points rapprochés de l'entrée et qui fonctionnaient jadis comme exutoires du lac.

Des fontaines se produisent aussi parfois au milieu du bassin et parfois aussi là où une lente vague de lave vient déferler paresseusement sur la berge sud. Il arrive aussi que des fragments de croûte soient submergés et engloutis par le mécanisme d'engrenage décrit précédemment, mais sans provoquer de fontaines. D'une façon générale, la lave a un aspect plus visqueux que précédemment, bien que sa température à l'entrée n'ait pas diminué. Elle paraît beaucoup moins riche en gaz ou, plus exactement, le dégagement de gaz paraît avoir diminué.

Le bord sud du bassin paraît avoir reculé vers le Nord.

Le torrent est encombré de scories; il n'est pas possible de mesurer la température.

Un déclinatoire a été installé depuis la veille pour noter des changements éventuels de la déclinaison magnétique. Les mesures se font, quand le brouillard le permet, en visant un signal géodésique situé à une douzaine de kilomètres.

14/V.

Grâce au vent favorable, il est possible de monter sur le « jumeau » nord du cône 7. La température y est telle qu'il est difficile de s'y tenir. On jouit cependant d'une belle vue plongeante dans le gueulard du jumeau sud, et il est possible de mesurer la température à un niveau relativement profond. On lit ainsi 1065 °C (1040°) au lieu de 1055 °C (1030°) la veille.

Les explosions qui se produisent aux deux orifices nord ont un synchronisme remarquable, indiquant qu'il s'agit de deux bouches d'un même conduit.

Dans les intervalles des explosions, on observe une phase de succion très courte, pendant laquelle les fumées sont aspirées et redescendent légèrement dans le gueulard. L'allure saccadée du dégagement paraît être causée en partie par l'irrégularité de la combustion et en partie aussi, par le fait que l'apport de gaz est lui-même intermittent.

Le niveau des deux bassins a baissé simultanément quelque peu. La lave entre dans le bassin sud par le feeder habituel, mais en sort d'une façon continue par la berge est. Des fontaines très violentes se manifestent parfois en un point de la berge ouest où elles n'avaient jamais été observées auparavant. Il y a donc création de nouveaux points de dégagement de gaz qui paraissent être sans rapport avec l'évacuation de la lave qui se fait par la berge opposée.

Le bord sud du bassin nord s'est retranché maintenant derrière un petit parapet. Des fontaines se manifestent en quelques points de la berge d'une façon plus fréquente que les jours précédents. Elles se produisent parfois aussi à l'entrée du « fjord » et en se déplaçant, elles entraînent à leur suite le courant venant du « fjord » vers le bassin.

Les fontaines qui se produisent au milieu du bassin sont toujours un point de convergence du courant.

La vitesse du courant dans le torrent paraît avoir légèrement augmenté. En se mettant au bord d'une ouverture du tunnel, on peut mesurer successivement la température de la lave en amont et en aval de l'ouverture. En amont, elle est de 1085 °C (1060°); en aval, elle tombe rapidement à 1010 °C (990°).

L'orifice nord s'est agrandi vers le Sud par suite de l'éboulement d'une partie de sa paroi. Les blocs éboulés sont entassés dans le fond comme des morceaux de charbon à demi consumés sur le feu. Les flammes sont concentrées à l'extrémité nord de l'orifice, où une couche de lave surplombante, qui surmonte des tuffis non cimentés, forme une sorte de voûte. On entend un crépitement ininterrompu de poussière qui se détache des parois et dégringole dans le trou; il faut plusieurs minutes pour qu'elle devienne incandescente. La température au point le plus chaud est de 1025 °C (1005°).

Le petit orifice annexe fera une excellente prise de gaz, quand les tubes seront arrivés. Les explosions aux deux orifices sont parfaitement synchroniques; on en compte 29 en trente-cinq secondes.

Le bassin nord ne paraît pas modifié; la vitesse de la lave dans le chenal d'entrée est plus faible; la température sous la voûte d'entrée est de 1040 °C (1020°). Les fontaines sont redevenues plus nombreuses et plus intenses.

Le bassin sud montre des changements intéressants. On voit très bien que la berge est de ce bassin est surplombante, c'est-à-dire que le bassin se prolonge souterrainement vers l'Est sur une distance inconnue. De la berge même pend une draperie de lave qui masque partiellement ce bassin souterrain. Le niveau de la lave dans le bassin souterrain paraît être légèrement inférieur à celui du bassin principal. Dans ce bassin souterrain, la lave circule *du Nord au Sud*. La lave semble donc effectuer un véritable circuit : elle entre dans le bassin sud en se dirigeant vers le Nord; elle tourne vers l'Est et s'écoule vers le bassin souterrain, d'où elle retourne vers le Sud. Des fontaines se produisent cependant encore à la berge ouest du bassin.

La vitesse du courant dans le bassin est variable; parfois le débit diminue et le niveau monte dans le bassin. Vers 11 h 10, un phénomène intéressant se produit : l'écoulement cesse complètement vers l'Est et le niveau de la lave monte très rapidement. Les fontaines cessent. L'orifice de sortie est maintenant complètement noyé et la lave monte toujours. Brusquement une dépression se forme au Nord, dans laquelle se déverse beaucoup de lave, mais il n'y a pas de fontaine à proprement parler. Ce tourbillon s'arrête bientôt et la montée continue, totalisant 1 m en quelques minutes. La lave est prête à déborder vers le Nord. Un écoulement momentané se produit vers l'Est avec une grande violence, puis s'arrête et le niveau monte encore. Le niveau dans le bassin nord a monté aussi et il déborde vers le Sud. Ce débordement cesse bientôt, et il règne un calme absolu (11 h 30). De violentes fontaines se produisent brusquement à la berge nord du bassin sud et le débit de lave reprend vers le Nord. Il règne une agitation intense. Vers 11 h 50, le débit reprend aussi vers l'Est, mais le débit reste plus grand vers le Nord. De grandes fontaines se produisent vers 12 h 10 à la berge ouest. Le niveau baisse encore de 50 cm.

L'activité du cône 7 paraît moins intense.

16/V.

Depuis quelques jours, la montagne est enveloppée, le matin, d'un brouillard qui ne se lève que tard.

L'orifice nord s'est encore agrandi depuis la veille. Il a maintenant la forme d'un entonnoir, ayant 10 à 12 m de diamètre à sa partie supérieure, et 3 m de diamètre au fond. La violence des explosions répétées détache des fragments des parois qui dégringolent en crépitant. Le trou s'agrandit ainsi par un processus qui est partiellement du « gas erosion ».

Le niveau du bassin nord a baissé de 50 cm et celui du bassin sud de 1 m 50 au moins. Le bassin sud est fortement rétréci et raccourci, et son

prolongement souterrain est presque invisible; on n'y distingue qu'une voûte incandescente et le sens du courant y est incertain. Des fontaines accompagnées des phénomènes habituels d'engloutissement de la croûte se produisent quasi en permanence en un point du bord nord du bassin, qui n'a guère plus de 5 m de diamètre. La lave coule directement et assez rapidement vers ce point.

Le bassin nord est peu actif comparativement au bassin sud. La température de la lave à l'entrée est de 1045 °C (1025°). Des phénomènes d'engloutissement de la croûte et des fontaines se produisent un peu partout, mais avec une intensité qui n'est plus comparable à celle de l'ancien lac. Ces fontaines se produisent parfois au milieu du lac, de préférence le long des grandes déchirures de cisaillement qui se produisent dans la croûte. Ces fontaines peuvent surgir sans qu'il y ait engloutissement préalable d'un fragment de croûte; d'autre part des engloutissements se produisent fréquemment sans provoquer de fontaines.

La vitesse de la lave dans le chenal d'amenée est approximativement de 15 m/min.

L'aspect du torrent de lave est inchangé. La température de la lave sous la voûte qui surplombe la source est de 1065 °C (1040°). Une seconde lecture donne 1075 °C (1050°). Sa vitesse à la source est de 4 m/sec approximativement.

A la deuxième ouverture du tunnel, au pied de l'ancienne chute, la lave paraît jaillir, comme si elle sortait sous pression d'une conduite trop étroite. Elle coule sur quelques mètres à ciel ouvert, au fond d'une tranchée, puis se divise en deux branches qui rentrent en tunnel toutes les deux. Certaines coulées qui ont débordé du torrent lors de la formation du tunnel sont encore chaudes.

Dans le courant de la journée, une nouvelle hausse de niveau se produit au bassin sud. Le lendemain, on trouve en effet de nouvelles traces de débordement vers le Nord.

17/V.

En se tenant à l'Est de l'orifice nord n° 2 (ce qui est extrêmement désagréable à cause des fumées) on peut voir que l'axe du trou a un pendage marqué vers l'Ouest. En se plaçant dans l'axe du trou, il est possible de mesurer la température à une profondeur plus grande; on trouve ainsi successivement 1075 °C (1050°), 1085 °C (1060°), 1055 °C (1035°), dont la moyenne (1071 °C) est sensiblement supérieure à la température mesurée plus près de la surface. La température s'élève donc au fur et à mesure qu'on s'enfonce dans l'orifice. D'autre part, comme il paraît probable que la combustion de gaz ne se produit qu'à proximité immédiate de la surface, au contact de l'air, on est porté à conclure que les gaz sont eux-mêmes à haute température et que la chaleur dégagée par leur combustion est, soit perdue dans l'atmosphère, soit insuffisante pour compenser les pertes par rayonnement de la partie supérieure des parois de l'orifice.

Le mécanisme d'érosion des parois continue toujours.

Le bassin nord paraît inchangé. Vitesse de la lave entre repères distants de 8 m environ, dans le chenal d'amenée : 36", contre 35" le 16 et 34" le 15 mai. Le bassin sud a encore rétréci. Le niveau dans la journée du 16 a de nouveau atteint le seuil vers le Nord, qui est considérablement élargi. Le déversoir vers l'Est n'est plus visible à cause du rétrécissement en tous sens du bassin, qui est très agité. Le courant se porte cependant principalement vers l'Est, alors que le 16 mai, il se portait au Nord. Des périodes de calme surviennent pendant lesquelles la lave se dirige vers la berge ouest. Des fontaines se produisent et le courant se partage en deux, puis revient exclusivement à l'Est. Le diamètre du bassin est de 4 à 5 m.

On remarque que la vitesse du courant varie très considérablement à l'entrée dans le bassin. Cette vitesse augmente de 100 % quand il y a des fontaines actives ou quand il se produit un engloutissement; elle diminue quand le lac est calme, mais cette diminution ne paraît pas causée par une hausse du niveau. Il semble que la vitesse du courant à l'entrée dépende de l'activité à la sortie. Ce phénomène n'était pas visible antérieurement parce que le lac était trop grand, et les diverses fontaines intermittentes se composaient mutuellement de façon à maintenir une circulation constante; si on admet que la lave circule en circuit fermé, les répercussions de l'activité des fontaines sur la vitesse à l'entrée sont d'autant plus rapides, que le circuit est plus court, c'est-à-dire que le bassin est plus petit.

Le bassin nord est très calme. Vers 10 h, une fontaine se produit au centre et se déplace vers le Sud. Elle s'éteint et est immédiatement remplacée par une autre fontaine qui naît au même point que la première, et se déplace dans le même sens. Le phénomène se reproduit vers 10 h 30. On observe des engloutissements fréquents, suivis de fontaines qui amorcent un courant relativement régulier vers un point de la berge sud-ouest. Des fontaines se produisent aussi à intervalle régulier sur tout le pourtour du bassin, et notamment le long des berges du chenal d'amenée, tout près de la source.

Il y a un grand contraste entre l'activité des deux bassins. La lave paraît plus chaude à l'entrée du bassin nord qu'au bassin sud, où elle est déjà recouverte de croûte quand elle débouche du feeder. La lave du bassin nord paraît plus visqueuse et les fontaines y sont plus rares. Cette lave serait plus pauvre en gaz, ce qui expliquerait que des phénomènes d'engloutissement puissent se produire sans provoquer de fontaines, contrairement à ce qui s'observait généralement dans le lac.

Températures mesurées au gueulard du cône 7 : 1065 °C (1040°), 1045 °C (1025°), 1055 °C (1035°).

18/V.

Le bassin sud n'a pas changé beaucoup. Ses berges largement éclaboussées de fragments scoriacés, témoignent de l'activité des fontaines. Le courant se porte principalement au Nord, parfois aussi et violemment vers

l'Est et plus rarement vers l'Ouest. On peut voir, en se plaçant sur la berge est (qui est surplombante) que le feeder d'amenée a au moins 15 m de longueur. Il est donc évident qu'il n'y a pas circulation en circuit fermé dans le bassin même; ce bassin ne représente qu'un organe du système circulatoire dont les conduites ont une extension souterraine considérable.

On observe dans ce bassin des périodes de calme, d'une durée de 30 à 50 secondes, pendant lesquelles il se produit de légères fluctuations de niveau (10 à 20 cm) et des périodes d'une durée analogue d'écoulement rapide par fontaines. La vitesse de la lave dans le feeder d'amenée varie du simple au triple (4 à 14 secondes, entre repères). La température de la lave, à quelques mètres en amont du bassin, est de 1045 °C (1025°).

La berge est du bassin sud est relativement chaude au toucher, ce qui s'explique par la présence d'un bassin souterrain de lave. Elle est recouverte en grande partie de blocs éboulés de la falaise qui la domine. Des fragments de la berge se détachent parfois et tombent dans le bassin. Du fait qu'ils émergent parfois partiellement, on déduit que la profondeur du bassin près de la berge, n'est pas supérieure à la plus grande dimension du bloc effondré (environ 1 m 50). Un bloc tombé obstrue ainsi une moitié du bassin. Il indique :

- 1° Que la profondeur du bassin est faible;
- 2° Que la lave du bassin est incapable de refondre rapidement des matières étrangères.

L'éboulement du bloc n'a pas provoqué de fontaines dans le lac.

Le bassin nord est inchangé; son niveau paraît constant et les fontaines y sont rares. Les fragments de scorie disparaissent horizontalement sous la berge sur tout le pourtour, mais principalement au Sud-Ouest. La vitesse du courant dans le chenal d'amenée a légèrement diminué. La température de la lave sous la voûte d'entrée est voisine de 1065 °C (1040°).

Les orifices nord sont inchangés.

19/V.

Le bassin sud a encore rétréci pendant la nuit. La largeur du feeder, au point où il débouche dans le bassin, est très faible, car il est obstrué en grande partie par des scories qui sont venues s'accumuler autour du « récif » formé la veille par l'éboulement d'une partie de la berge est. Le courant est entièrement court-circuité vers un point de la berge ouest situé près de l'entrée de la lave, et où se produisent des fontaines intenses. Sous la berge est, il existe encore un orifice d'où sortent des flammes et une épaisse fumée, qui proviennent vraisemblablement du bassin souterrain.

On observe de nouveau que la vitesse de la lave, dans le canal d'alimentation du bassin sud, ne dépend pas seulement du niveau de la lave dans le bassin.

Le niveau du bassin nord a fortement baissé, et la lave y descend maintenant par un chenal en forte pente. Il en résulte que sa vitesse a beaucoup

augmenté (14 secondes contre 40 secondes, le 18 mai). Il se confirme bien ainsi que la lave qui *entre* dans un bassin n'est pas simplement une lave animée d'un mouvement ascensionnel correspondant au mouvement de descente apparent à l'extrémité opposée du bassin. La théorie de la circulation de PERRET paraît sérieusement en défaut sur ce point.

On n'observe aucune fontaine au bassin nord, où la circulation paraît cependant être active, puisqu'en dépit de l'apport constant de lave, son niveau n'a pas monté.

Les notes suivantes servent à indiquer le caractère erratique des manifestations de l'activité au bassin sud.

19/V.

10 h. — Effondrement d'une partie surplombante de la berge sud-ouest. Il en résulte un élargissement du bassin et du chenal d'amenée de la lave. Un grand remous provoque la dislocation de la croûte qui recouvrait la surface du bassin. Le bloc de lave effondré de la paroi sombre rapidement, mais il ne se produit pas de fontaine. Le calme renaît, puis une fontaine se met à jaillir quelques minutes plus tard, à cette même place.

10 h 10. — Tentative de rétablir la circulation un instant interrompue, vers le Nord et l'Est du bassin. Le courant est généralement court-circuité, près de son entrée dans le bassin, par des fontaines à la berge ouest.

Au bassin nord, on n'observe toujours pas de fontaines. Cependant, puisque le niveau ne monte pas en dépit d'un apport constant, il est évident que la lave doit en sortir par un exutoire caché. On peut donc établir le contraste suivant entre le comportement des deux bassins :

Bassin nord : circulation, absence de fontaines;

Bassin sud : la circulation paraît dépendre essentiellement de l'existence de fontaines. La vitesse de la lave dans le chenal d'amenée est en relation avec l'activité de ces fontaines.

10 h 55. — Température de la lave à l'entrée dans le bassin nord : 1050 °C (1030°).

Température de la lave à une fontaine du bassin sud : 1065 °C (1040°).

Le bassin sud affecte une forme étrange (fig. 5).

11 h 10. — Dans le bassin sud règne une activité énorme. Le niveau monte de 30 cm en deux ou trois minutes, puis des fontaines se produisent simultanément aux points 1 et 2 (fig. 5), provoquant une chute de 30 cm en vingt-cinq secondes. Dès que les fontaines sont arrêtées, la vitesse dans le chenal d'amenée tombe. Le niveau remonte alors en deux ou trois minutes.

Le bassin nord est absolument calme.

Température de la lave dans le feeder du bassin sud, mesurée à une période de grande vitesse d'écoulement : 1065 °C (1040°).

11 h 50. — Le débit se fait principalement vers l'Est. Dans l'ensemble, le niveau paraît baisser du fait que chaque « vidange » est plus importante que le remplissage qui la précède.

Pluie.

12 h 30. — Dernier exercice (remplissage + vidange) soldé par un déficit de près de 50 cm. Un courant relativement constant s'établit vers le Nord-Est du bassin.

13 h. — L'activité cyclique reprend brièvement. Au cours d'une période de remplissage, on observe que le débit du feeder s'arrête, bien que le niveau dans le bassin soit de 30 cm inférieur à ce qu'il était précédemment. Dans le bassin nord, on n'observe pas de fontaines. Une grande vague de lave venant du Nord déferle sur une vague précédente et l'enfonce sous son poids. Pas de fontaine.

13 h 20 à 16 h. — Peu de changements. Courant régulier vers le Nord et le Nord-Est du bassin sud, parfois accéléré par des fontaines principalement au Nord et à l'Est, parfois à l'Ouest. A deux ou trois reprises, on

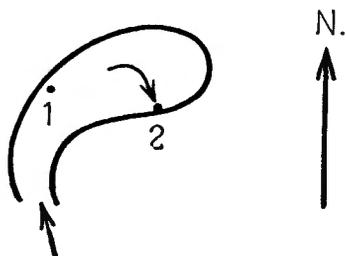


FIG. 5. — Forme du cratère Nord.

observe un arrêt complet de la circulation, d'une durée de plusieurs minutes, qui affecte aussi le courant dans le feeder. La remise en marche se produit de différentes façons : ou bien le courant se remet à couler en amont dans le feeder, vient déferler dans le bassin et enfonce à la façon d'un rouleau compresseur la croûte qui recouvre la lave. Arrivé à la moitié du bassin, l'engloutissement provoque une fontaine, et la circulation reprend ; ou bien, il se produit une chute de niveau dans le bassin, sans fontaines apparentes. La croûte qui restait accrochée au bord se détache et tombe, et des fontaines se produisent ensuite.

A plusieurs reprises, le niveau remonte au niveau maximum de la journée, puis des fontaines violentes se produisent et le lac se vide en quinze ou vingt secondes. Amplitude maximum des variations de niveau : 1 mètre.

16 h 40. — Température de la lave à l'entrée du bassin nord : 1040 °C (1020°). On observe très bien ici l'influence du coefficient d'absorption de la lave sur la mesure des températures : si on mesure la température de

la lave, on lit 1020 °C; si on mesure la température en un point de la voûte du conduit souterrain d'où sort la lave et où règnent les conditions d'un corps noir, on obtient 1040 °C. La différence 1040-1020 °C correspond à la valeur 0,73 du coefficient d'absorption mesurée ultérieurement au laboratoire (voir p. 131).

Température de la lave dans le bassin sud, pendant une période de calme : 1020 à 1050 °C (1000 à 1030°). Difficile à mesurer exactement, parce qu'une croûte noire se forme presque immédiatement.

Au bassin nord, il paraît se produire une baisse très lente et très régulière du niveau. Quelques fontaines fugitives vers 17 h.

L'alimentation du bassin sud se fait toujours par un feeder assez long et en pente douce. Les variations de débit s'expliqueraient par des variations de niveau d'un réservoir d'alimentation souterrain, qui ne seraient pas absolument synchroniques des variations de niveau du bassin sud lui-même.

Le cône 6 est presque éteint.

20/V.

Le niveau du bassin nord a baissé pendant la nuit; la chute de niveau totale, depuis huit jours, est de l'ordre de 2 mètres.

Le bassin sud paraît complètement arrêté. Son niveau est inférieur de 50 cm au niveau maximum de la veille. Sa surface a l'aspect d'une dalle unie traversée par une fissure Nord-Est Sud-Ouest. Des effondrements se sont produits à la berge est, révélant des fissures incandescentes. La lave est encore visible en amont, dans le feeder.

Des craquements se font entendre venant de la berge est, accompagnés de bruits de fontaines et de dégagements de fumée par les fissures. Le bassin souterrain observé le 15 avril manifeste encore son activité. De la crevasse dans la dalle sortent périodiquement des vapeurs bleues qui émettent des sifflements aigus comparables à ceux d'un moteur tournant à 1500 t/min et dont le diapason augmente, préluant à des fontaines dans le chenal amont, maintenant arrêté.

11 h. — De la lave, venant d'amont, a débordé au-dessus du barrage de lave immobile refroidie dans le chenal et s'est étalé sur la dalle, dans le bassin. Des craquements se font entendre de toute part.

Au torrent de lave, la situation a peu changé. A l'ouverture n° 1 on mesure une température de 1055-1065 °C (1030-1040°). A l'ouverture n° 2 il semble, soit que le niveau de la lave ait baissé par suite d'un approfondissement du chenal dû à l'érosion, soit que le débit ait diminué. On n'observe plus d'écoulement en « conduite forcée » au point où la lave débouche dans le chenal à ciel ouvert, qui forme l'ouverture n° 2.

Le deuxième tunnel qui s'embranchait à l'aval de l'ouverture n° 2 est maintenant fermé.

Température de la lave dans l'ouverture n° 2 : 1045 à 1050 °C (1025 à 1030°).

A l'orifice nord, la situation n'a pas changé. De grandes flammes jaunes viennent s'enflammer à la surface. L'activité du cône 7 est très intense, mais le cône 6 ne montre plus de flammes; il consiste en un puits cylindrique, profond de 3 m, au fond duquel s'ouvre une ouverture formant conduit horizontal, dirigé vers l'Ouest et d'où s'échappent des vapeurs, mais pas de flammes. Le fond du puits est encore incandescent.

21/V.

Récolte de gaz au petit orifice accessoire du grand orifice nord, où la situation est favorable.

Le bassin sud est de nouveau actif, mais calme. Au bassin nord, une embâcle dans le chenal d'aménée l'a barré et un petit lac s'est formé en amont du barrage. De ce petit lac, la lave s'écoule maintenant souterrainement vers le bassin, qui est à deux ou trois mètres plus bas. Ce bassin est presque totalement inactif.

Le soir, l'éclat du torrent n'a pas diminué, en dépit de la diminution d'activité aux bassins.

22/V.

Violent tremblement de terre d'une durée de plusieurs secondes, vers 6 h. 15.

Le bassin sud est rentré en activité sur toute sa superficie. Des fontaines violentes se manifestent sur tout le pourtour et au centre; la température à une fontaine est de 1080 °C (1055°).

Le bassin nord est inactif et paraît presque mort; on ne voit de lave liquide que dans le petit lac formé derrière un barrage dans le chenal d'aménée et où se produisent parfois quelques fontaines. La température sous la voûte d'où sort la lave, est de 1050 °C (1030°). Le bassin même est recouvert de grandes dalles d'où sortent, en sifflant, des vapeurs bleues. Ces vapeurs attaquent immédiatement la lave en la décolorant.



FIG. 6. — Aspect présenté par le débit de lave à l'ouverture n° 2, les 16, 20 et 22 mai 1938.

Le dégagement de vapeur à l'ouverture n° 1 du torrent de lave gêne la visibilité (vapeur résurgente due aux pluies abondantes?). A l'ouverture n° 2, la vitesse du courant n'a pas diminué, mais s'il n'y a pas eu érosion et approfondissement du chenal, le débit de lave doit avoir diminué.

A l'ouverture n° 3, quelques dizaines de mètres en aval, la lave coule à une vitesse plus grande. La température est de 1050 °C (1030°). Alors que la lave, à l'ouverture n° 2, est couverte de fragments de croûte qui flottent comme des glaçons, elle en est complètement dépourvue à l'orifice n° 3, où elle a une belle surface éclatante. Entre les ouvertures 2 et 3, il y a une chute de niveau assez forte, et l'agitation qui en résulte permet probablement aux fragments denses de scorie de sombrer.

23-29 /V.

Les observations s'interrompent du 23 au 29 avril. Une première tentative de récolte des gaz a montré l'insuffisance du matériel qui doit être complété.

29 /V.

Le soir du 29, la situation ne paraît pas s'être considérablement modifiée. Du cône 7, toujours actif, s'échappent de grandes flammes en volutes. Une faible lueur indique la position du cône 6. L'éclat des bassins est fortement atténué et le bassin sud seul paraît actif. Les ouvertures dans la voûte du tunnel de lave sont le siège d'un intense dégagement de vapeur colorée par le reflet de la lave. L'orifice nord paraît aussi plus actif que les jours précédents.

30 /V.

La déclinaison magnétique reste invariable, dans les limites de sensibilité de l'appareil (un demi-degré). Le bassin sud est de nouveau en pleine activité. Son niveau a baissé, et il s'est élargi. Les fragments de croûte qui formaient barrage dans le chenal d'amenée, sont demeurés en place, formant pont. On observe des fontaines sur tout le pourtour du bassin, puis des périodes d'arrêt total qui durent plusieurs minutes.

Le chenal d'alimentation du bassin nord est devenu invisible. Le bassin forme maintenant une cuve circulaire de 20 à 25 m de diamètre, endiguée derrière de petits murs de lave et occupant le fond de la cuvette de l'ancien lac. Ensemble, le bassin nord et le bassin sud n'occupent pas plus de 25 à 30 % de la superficie totale du lac.

A 8 h 30, le bassin nord paraît complètement éteint, sauf qu'il s'en dégage à travers des fissures de la croûte une épaisse fumée bleue. Vers 9 h un engloutissement se produit et des fontaines jaillissent au bord sud-est; le niveau baisse, mais le bassin se remplit rapidement par apport de lave venant du Nord-Ouest. Une croûte se reforme immédiatement. Bientôt un violent dégagement de fumée se produit au Sud-Est, faisant palpiter la croûte qui se déforme sans se briser. On entend un bruit de lave qui s'écoule, le niveau baisse à nouveau. L'écoulement se fait donc entièrement sous la croûte. Une réalimentation, accompagnée de fontaines, se produit à nouveau au Nord-Ouest. Les fontaines sont plus abondantes que précédemment.

Le bassin nord s'est formé par des étapes qu'il convient peut-être de résumer brièvement ici :

1° Séparation du lac en deux parties, partie nord alimentée par le Nord.

2° Chute de niveau de plusieurs mètres, le chenal d'amenée situé au fond du « fjord » demeurant à son ancien niveau.

Il en résulte que la lave dégringole dans le bassin par un chenal en forte pente. Le bassin est calme et l'évacuation de la lave s'effectue vraisemblablement par le fond, puisqu'aucun courant n'est visible.

3° Le chenal d'amenée s'obstrue, un barrage se forme derrière lequel s'accumule un petit lac, où se produisent des fontaines. Il est probable que le chenal n'est pas complètement obstrué et que la lave s'écoule encore souterrainement vers le bassin.

4° Le chenal d'amenée s'arrête complètement; le bassin se réalimente par un feeder invisible situé sous la berge nord-ouest; la lave s'évacue périodiquement sous la berge sud-est.

Le torrent de lave paraît s'être ralenti. Température à l'ouverture n° 1 : 1045 à 1050 °C (1020 à 1025°).

L'orifice nord et son petit satellite n'ont pas changé. Température au fond du grand orifice (vue plongeante de la berge est 1050 °C (1030°).

Le soir, on observe très bien au bassin sud le jeu des flammes qui sont fort abondantes. Les gaz soulèvent la croûte de la lave et des flammes s'échappent à travers les fissures, comme des trous d'un bec de gaz. Ces flammes ont l'aspect de dards d'un chalumeau; elles s'échappent sous pression en sifflant; elles ne fondent jamais la croûte, qui se déchire par des actions purement mécaniques.

Le cône 7 est toujours très actif. Le grand orifice nord projette parfois des matériaux incandescents qui sont probablement de petits fragments arrachés aux parois.

31/V.

Le bassin sud est extrêmement actif. Fontaines nombreuses et violentes. Une phase de remplissage dure environ six minutes, une phase de vidange, de une à deux minutes. Le diamètre du bassin est de 10 m, l'amplitude des variations de niveau de 50 cm. Un cycle complet (remplissage + vidange) intéresse donc un volume de près de 40 m³ de lave. Il arrive parfois qu'une phase de remplissage soit interrompue par des fontaines avant que le niveau maximum n'ait été atteint. La formation d'une fontaine n'implique donc pas que la lave ait atteint un certain niveau; elle a toujours pour effet, dans le bassin sud, de provoquer une vidange.

A partir de 10 h 30, le cycle se ralentit. Les vidanges s'espacent (10 h 30, 11 h, 11 h 50), puis l'activité reprend. La température aux fontaines paraît très élevée : 1075-1095 °C (1050-1070°). La température de la lave à l'entrée est difficile à mesurer parce qu'elle se recouvre trop rapidement de scorie.

Une nouvelle voûte s'est formée sur le chenal d'aménée qui est complètement invisible. Le niveau moyen du bassin paraît avoir baissé.

Au bassin nord, le cycle est beaucoup plus lent (vidanges à 9 h 20, 10 h 15, 10 h 55, 11 h 30). Le mécanisme est essentiellement le même que précédemment. Une vague de lave visqueuse (température 1020 à 1030 °C), venant du Nord, envahit le bassin très lentement. Parfois la croûte se soulève et il s'en échappe des gaz. Quand le bassin est plein, la lave qui continue d'avancer provoque le naufrage d'un fragment de croûte qui déclenche un naufrage général. Il est possible que la croûte, plus dense, ne flotte que par un effet de tension superficielle que le moindre accident suffit à vaincre. Le niveau tombe alors de quelques dizaines de centimètres; il se produit peu de fontaines. La vidange est très rapide comparativement à la durée des périodes de remplissage.

Il semble qu'au bassin nord, le dégagement total de gaz soit aussi grand durant les périodes de remplissage que pendant les courtes périodes de vidange.

Par certains aspects on est tenté de rechercher une analogie entre le fonctionnement des bassins de lave et celui d'un geyser.

Le réservoir souterrain de lave sous la berge est du bassin sud existe toujours.

Les petits cônes accessoires au bout sud du lac, et le cône terminal nord du lac, dégagent de la vapeur d'eau en grande abondance. Ces vapeurs blanches contrastent avec les vapeurs bleues émises par la lave elle-même.

Deux orages violents, pendant la journée et la nuit. La pluviosité sur le volcan est considérable en cette saison.

1/VI.

Consacré la journée à une nouvelle récolte de gaz à l'orifice nord, et visité les bassins vers 10 h 15. Le bassin sud est inchangé; son activité consiste toujours en périodes de remplissage, suivies de vidanges. La vidange peut se produire entièrement sous la croûte, qui pend alors comme une couverture retenue sur les bords. Une déchirure se produit ensuite au Sud, et la lave pénètre dans le bassin en enfonçant petit à petit la croûte sous son poids.

Le bassin nord paraît avoir baissé de niveau. Le poids de la lave entrant du Nord, fait basculer et sombrer les fragments de croûte qu'elle recouvre; ces engloutissements de croûte provoquent peu de fontaines. La lave avance lentement vers le Sud et remplit ainsi le bassin. L'activité a un caractère moins régulier et moins nettement périodique que la veille.

2/VI.

Une altération assez prononcée de la lave, d'origine solfatarienne, se produit entre les cônes 7 et 6. La lave se décolore et se recouvre d'un enduit blanc de chlorure d'ammonium.

Le bassin nord n'a pas changé; ses digues paraissent s'être surélevées légèrement. La surface du bassin, contenu derrière ces digues, est à 1 m environ au-dessus du fond de la dépression. Le bassin est très calme. Vers 9 h 20, une vague de lave, entrant du Nord, provoque un enfoncement de la croûte sur toute la surface; pendant vingt minutes, la lave coule sans arrêt du Nord au Sud, remplissant le bassin. Puis calme absolu. Aucune variation de niveau visible; on n'entend que le bruit caractéristique des gaz sous pression, qui s'échappent en différents endroits. Des flammes très minces en dards, et des fumées bleues ténues, s'échappent des fissures dans la croûte qu'elles ne parviennent pas à fondre.

Le bassin sud est très actif; la situation est redevenue approximativement celle du 17 mai. Le feeder est de nouveau visible dans le tunnel d'amont qui prolonge souterrainement le bassin vers le Sud.

Le courant se porte principalement vers la berge est du bassin. La température des blocs éboulés, qui recouvrent la berge est, a fortement augmenté : en un point de cette berge, où il était possible de s'asseoir, le moindre contact du doigt provoque maintenant une brûlure.

Des fontaines se produisent parfois en un point de la berge ouest, où elles se produisaient fréquemment avant la période d'arrêt du bassin, le 20 mai. Des fontaines au centre du bassin provoquent une chute de niveau, au même titre que les fontaines sur les bords. Un engloutissement de la croûte, sous la pression de la lave entrant dans le lac, pour autant qu'il ne provoque pas de fontaine, n'affecte pas le niveau de la lave.

La vitesse du courant dans le feeder est extrêmement variable et, de nouveau, paraît totalement indépendante du niveau de la lave dans le bassin. Le tableau ci-contre indique la mesure dans laquelle cette vitesse varie (exprimée en secondes entre deux repères, distants approximativement de 3 m 50).

Cette vitesse est directement en rapport avec l'activité des fontaines. Celles-ci se produisent à 9 h 28, 9 h 38, 9 h 46, 9 h 52, 10 h 03, c'est-à-dire à des intervalles de 8 minutes en moyenne. Ces fontaines sont toujours accompagnées d'un phénomène de vidange.

Parmi les fumées qui s'échappent des différents organes, on peut distinguer plusieurs types :

1^o Fumées blanches, légères, parfois légèrement brunes en transparence, formées principalement de vapeur d'eau, probablement en grande partie d'origine météorique;

2^o Fumées provenant des flammes aux bassins de lave. Elles sont fines, ténues, bleu intense;

3^o Fumées provenant des cônes et orifices incandescents. Elles sont épaisses, brunes en transparence et bleues en réflexion. Dans le gueulard même des cônes, où règne une température voisine de 1000 °C, elles ont déjà une certaine consistance. Par condensation de vapeur d'eau au-dessus du gueulard, elles s'épaississent rapidement.

Heures	Vitesse exprim. en sec.	Observations	Heures	Vitesse exprim. en sec.	Observations
9 h 27		(arrêt du courant)	9 h 40	4 $\frac{1}{5}$	
9 h 28	10	début d'une fontaine		5	
	10			6 $\frac{4}{5}$	
	12		9 h 41	6 $\frac{1}{5}$	
	9		9 h 42	9 $\frac{1}{5}$	
	5		9 h 43	6	
	6		9 h 44	11	
	4			10 $\frac{2}{5}$	
	3 $\frac{4}{5}$		9 h 45		(arrêt du courant)
	5			21	
	7		9 h 46	19	(fontaine)
9 h 31	8			5	
	7			4 $\frac{1}{5}$	
	7			2 $\frac{2}{5}$	
	11		9 h 47 15 s.	2 $\frac{1}{5}$	
	16			4	
	14			5	
	13			5 $\frac{2}{5}$	
	18 $\frac{4}{5}$			7 $\frac{2}{5}$	
	17		9 h 49	8	
	16			9	
9 h 35	21			6 $\frac{2}{5}$	
	21 $\frac{3}{5}$			8	
	20			9	
	23		9 h 51	15 $\frac{1}{5}$	
9 h 38		(arrêt du courant)		11	
9 h 38 30 s.	7	(fontaine à l'Ouest de l'entrée)	9 h 52	10	(fontaine)
	4			15	
	3 $\frac{2}{5}$		9 h 52	6	(fontaine)
	3 $\frac{2}{5}$		10 h 03		(fontaine)

Il ne paraît pas que les fumées bleues, qui s'élèvent directement des bassins de lave, contiennent beaucoup d'eau. Par contre, les vapeurs qui s'échappent des pourtours des bassins, ou des petits cônes accessoires aux extrémités du lac, en contiennent beaucoup. L'intense dégagement de vapeur, qui se produit depuis quelques semaines à l'ouverture n° 1 du tunnel de lave, est très riche en vapeur d'eau; cette vapeur d'eau est probablement d'origine météorique; les fumées qui se dégagent à l'ouverture n° 3 du tunnel, en un point où le courant est rapide, et la pente forte, sont plutôt du type 3.

Pluies abondantes de 13 h à 17 h 30. Le soir, le bassin sud s'éclaire à intervalles de dix minutes environ; le bassin nord, au contraire, paraît inactif.

3/VI.

Le 3, les situations respectives aux deux bassins se sont inversées. Les fontaines sont devenues rares au bassin sud; par contre, elles sont très

fréquentes au bassin nord. Malheureusement, la pluie et un brouillard persistant, rendent les observations difficiles.

Sur les berges du bassin nord, des accumulations de petits fragments scoriacés indiquent que l'activité des fontaines a beaucoup augmenté pendant la nuit. On en observe du reste sur tout le pourtour, et particulièrement aux berges sud-est et sud du bassin.

Vers 10 h 45, un engloutissement de larges fragments de croûte se produit au Sud. La croûte se décolle sur tout le pourtour du bassin et navigue vers le Sud. En route, elle est attaquée de tous côtés; des fragments se détachent et sombrent. Un courant intense, régulier, traverse le bassin sur toute sa largeur, se dirigeant du Nord-Est vers le Sud-Ouest; une croûte se forme rapidement. La période qui suit (10 h 45 à 11 h 45) est caractérisée par des mouvements de cette croûte. Elle gonfle, des gaz s'en échappent en brûlant à travers des fissures ou sur les bords, et la croûte retombe pour se regonfler à nouveau et assez brusquement. L'élasticité de cette croûte lui permet de prendre une flèche sensible.

Les gaz de combustions sont bleus et restent bleus, mais les gaz qui se dégagent aux fontaines s'épaississent rapidement par condensation de la vapeur d'eau qu'ils contiennent. Cette condensation peut être due, en partie, à une action physique externe (poussière?) et à l'état hygrométrique de l'air; on a cependant l'impression que la *combustion* à proprement parler des gaz ne dégage pas de vapeur d'eau, toute la vapeur présente dans les fumées s'échappant directement du magma. En d'autres termes, la vapeur d'eau contenue dans les gaz ne serait pas un produit de combustion superficielle.

L'aspect du bassin sud s'est modifié depuis la veille. Le petit torrent d'alimentation s'est rétréci, et sa vitesse est plus constante. Il ne se produit pas de fontaines, et le niveau est plus constant. Le courant se porte lentement vers l'Est et le Nord-Est.

Au fond du tunnel qui prolonge le bassin au Sud et dans lequel coule le feeder, on observe un bassin où s'alimente le feeder. On observe des variations rapides du niveau de ce bassin, ce qui explique les variations de débit dans le feeder, et notamment le fait que ce débit ne paraît pas en rapport avec le niveau de la lave dans le bassin. Les variations de niveau du bassin sud et du bassin d'alimentation ne sont pas synchrones. On observe notamment une baisse rapide du bassin feeder sans variations concomitantes du bassin sud, ce qui provoque un arrêt du courant dans le feeder; on observe aussi l'inverse, qui provoque au contraire une accélération du courant.

Les deux facteurs qui influent sur la vitesse du courant dans le feeder sont donc :

- a) L'activité des fontaines dans le bassin sud;
- b) Le niveau de la lave dans le bassin d'alimentation.

L'impression se confirme ainsi que la circulation dans les bassins — et probablement aussi dans l'ancien lac — résulte d'un mécanisme hydrodynamique très complexe, dont la partie à ciel ouvert n'est qu'un élément.

Le brouillard ne se lève pas de toute la journée.

4/VI.

De nouveau, la visibilité est très limitée en raison de la pluie et du brouillard.

La situation à l'orifice nord n'a pas changé. On remarque que les débris des tubes en verre, destinés à recueillir les gaz, tombés en travers de l'orifice, se couvrent immédiatement d'un enduit blanc soluble dans l'eau qui se forme directement par condensation à partir de la phase gazeuse.

A l'ouverture n° 1 du tunnel, où coule le torrent de lave, les mesures sont difficiles en raison de l'abondant dégagement de vapeur.

Températures mesurées : en amont de l'ouverture, 1050 °C (1030°); en aval, 1020 °C (1000°). A l'ouverture n° 2, le débit de lave paraît avoir diminué; il s'agit plus probablement d'un approfondissement du lit du torrent par un phénomène d'érosion, car aux autres ouvertures le débit paraît inchangé. A l'ouverture n° 4, 100 m en aval de l'ouverture n° 3, la vitesse du courant est particulièrement grande; elle est difficile à mesurer exactement, mais elle dépasse certainement 10 m/sec. Les ouvertures 3 et 4, où la lave coule rapidement, sont le siège d'un dégagement de fumée bleue; l'ouverture n° 2 ne dégage ni fumée ni vapeur, tandis que de l'ouverture n° 1 s'échappe un énorme volume de vapeur. Le fait que l'augmentation du dégagement gazeux à l'ouverture n° 1 coïncide avec une augmentation notable de la pluviosité, porte à croire que la plus grande partie de cette vapeur est d'origine extra-magmatique.

Le bassin nord n'a pas changé; les fontaines ont peut-être encore augmenté d'intensité, comme en témoigne l'accumulation de fragments de scorie (« spatter ») sur les berges. Grâce au temps couvert et sombre, on observe très bien les flammes qui se dégagent en longs dards. Ces flammes n'ont pas l'aspect en volute caractéristique des flammes explosives de cônes et orifices; elles s'échappent souvent horizontalement aux extrémités des plis formés dans la croûte. En s'échappant horizontalement, elles lèchent longuement la croûte, sans jamais la fondre.

Le bassin sud est dans la même situation que la veille; le courant est court-circuité tout près de l'entrée, sous la berge est. Le bassin d'alimentation en amont n'est plus visible.

5/VI.

La déclinaison magnétique, au camp, demeure constante dans les limites de sensibilité de l'appareil (+ 1/2 degré).

Nouvelle récolte de gaz.

Le temps s'est amélioré.

Le niveau du bassin sud a légèrement baissé. Le torrent d'alimentation n'est plus visible. De violentes fontaines prennent naissance à la berge ouest et se déplacent le long de cette berge vers le Nord.

Le bassin nord est très actif. On observe de nouveau de grandes phases d'engloutissement de la croûte, dont certains fragments disparaissent sous la berge sud-ouest. Le bassin se remplit par un apport de lave venant du Nord-Est.

6/VI.

Temps meilleur, pas de pluie.

Achévé la récolte des gaz à l'orifice nord.

Le bassin sud s'est fortement rétréci; il ne mesure plus que $2 \times 1 \text{ m}^2$, la plus grande partie de sa surface étant recouverte d'une croûte épaisse qui reste obstinément accrochée aux bords, malgré les chutes de niveau rapides et de grande amplitude (0 m 50 à 1 m). La durée d'un cycle est de dix minutes environ.

Le bassin nord est très actif; les intervalles des périodes d'engloutissement sont irréguliers, mais courts. Par instants, on observe très bien un courant régulier du Nord-Est vers le Sud-Ouest.

7/VI.

Le volume total des fumées émises a fortement diminué, coïncidant avec l'absence de pluies importantes pendant les deux journées précédentes.

Au bassin nord, l'évacuation des fragments de croûte non engloutis se fait maintenant vers l'Ouest; le bassin se remplit, par apport, sur la plus grande partie de son pourtour (Nord, Est, Sud, au total 230 degrés environ). Le bassin est très actif: on assiste à deux renouvellements complets de la croûte en dix minutes. L'amplitude des variations de niveau est difficile à préciser; à cause de l'allure irrégulière de la croûte.

Le bassin sud est de nouveau complètement arrêté, comme le 20 mai. Une épaisse vapeur blanche se dégage à la berge est et au petit cône terminal au Sud du lac; un peu de fumée bleue s'échappe des fissures incandescentes de la croûte qui recouvre le bassin maintenant immobile.

La violence des explosions du cône 7 paraît avoir diminué. En revanche, on observe à 50 m au Nord-Nord-Est du cône 7, exactement dans l'alignement 3-4-5-6-7, un jet de vapeur assez intense.

Les conditions météorologiques ne justifient pas l'apparition de ce dégagement, les dégagements de vapeur qui suivent généralement les pluies ayant complètement cessé dans le voisinage. Ce dégagement de vapeur au Nord-Nord-Est du cône 7 se fait en un endroit en pente assez forte où on n'attendrait pas une accumulation d'eau d'origine météorique; de plus, ce dégagement est accompagné d'une odeur prononcée d' H^2S , et la lave est généralement décolorée au voisinage. Il n'y a pas de doute qu'on se trouve en présence d'un symptôme de la naissance prochaine d'un nouveau cône.

Le torrent de lave est inchangé. Température à l'ouverture n° 3 : 1060 à 1075 °C (1035 à 1050°); à l'ouverture n° 4 : 1085 à 1095 °C (1060 à 1070°). Les hautes températures ne sont donc pas caractéristiques des fontaines du lac, elles sont caractéristiques des endroits où règne une grande turbulence.

Il est remarquable, en effet, qu'aux ouvertures 3 et 4, le courant est beaucoup plus rapide qu'aux ouvertures 1 et 2, où la température ne dépasse généralement pas 1060 °C.

Récolte des sels solubles formés récemment au pied du cône 4. L'absence de dégagement de vapeur en ce point porte à croire que les sels se sont précipités à partir d'eaux de pluie qui ont ruisselé le long du cône.

Le soir, un éclat incertain, au bassin sud, paraît indiquer qu'il a dû rentrer en activité. Le lendemain, 8 juin, le dégagement de vapeur près du cône 7 a fortement augmenté en volume et consistance; la vapeur paraît épaisse et légèrement jaunâtre.

Les observations s'interrompent de nouveau du 8 au 23 juin.

23/VI.

De grands changements se sont produits à Tshambene entre le 8 et le 23. Le cône, dont on prévoyait la naissance au Nord-Nord-Est du cône 7, a avorté. A sa place, une explosion a ouvert un orifice (n° 8) d'une dizaine de mètres de diamètre, semblable à l'orifice nord et d'où s'échappent de grandes gerbes de flammes. La chaleur au voisinage est intense. La quantité de matériaux projetée (laves anciennes arrachées aux parois et fragments scoriacés) a été insuffisante pour édifier un monticule autour de l'orifice, qui s'ouvre à même le sol.

L'orifice nord et le cône 7 ont cessé de fonctionner. Il s'en échappe encore des bouffées de vapeur, mais on n'observe plus l'incandescence des parois. Le petit orifice satellite de l'orifice nord demeure encore légèrement incandescent.

Des changements notables se sont produits aux bassins. Le bassin nord s'est déplacé quelque peu vers le Sud; il a encore une quinzaine de mètres de diamètre. Il est endigué derrière un petit mur circulaire, et son niveau a légèrement monté. Une grande fontaine, en activité permanente au Nord-Ouest, s'est creusé une petite niche dans la paroi; mais l'activité de cette fontaine ne paraît intéresser qu'une faible portion de la surface du bassin dans son voisinage immédiat, où on n'observe qu'un léger courant. Le reste du bassin est recouvert d'une croûte immobile. A 10 h 40, une agitation intense se produit vers l'Est; la croûte est rapidement engloutie, le niveau tombe et le bassin se remplit par apport de lave de la berge sud. Le sens de la circulation dans le bassin s'est donc de nouveau inversé. Immédiatement après, l'activité reprend à la fontaine nord-ouest.

Sur la berge sud-ouest, un petit monticule, d'un mètre de hauteur, s'est formé, d'où s'échappent des flammes courtes et de la fumée.

Le bassin sud s'est enterré au cœur d'un petit cône. Puis, la moitié sud

de l'édifice s'est effondrée et la surface du bassin sous-jacent a réapparu. Le bassin s'alimente par le même feeder et s'évacue sous la moitié nord du cône qui est demeuré en place. En coupe, le bassin présente l'aspect de la figure 7.

De la pente extérieure nord du cône, qui est recouverte d'un enduit blanc, s'échappe un abondant dégagement de vapeur.

Le débit du torrent de lave est inchangé.

En ce qui concerne le renversement du sens de la circulation dans le bassin nord, on remarque qu'une première inversion de ce sens a coïncidé avec la naissance de l'orifice nord; la seconde inversion correspond à l'arrêt de l'activité de cet orifice, distant de 350 m environ. Cette double coïncidence paraît indiquer que la partie nord du lac de lave serait en relation

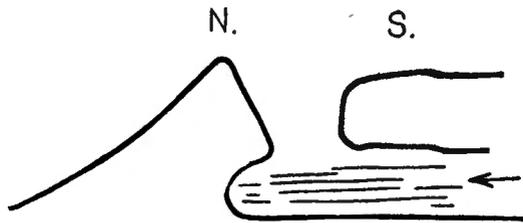


FIG. 7. — Coupe représentant l'aspect du bassin sud tel qu'il se présentait le 23 juin 1938.

avec l'alignement des cônes le long de la fissure nord-sud (cône 1, cône 2', cône 2, orifice nord), tandis que l'activité, dans la partie sud du lac, serait en relation avec le second alignement de cônes (cônes 3, 4, 5, 6, 7 et orifice 8) Est-il possible que ces cônes jouent un rôle dans le mécanisme de la circulation dans le lac?

Il est à noter cependant que l'activité de la moitié sud du lac et du bassin sud qui lui a succédé, n'a pas paru subir de modification du fait des naissances des cônes 4, 5, 6 et 7.

Le soir, on n'observe de lueurs qu'aux ouvertures du tunnel de lave, à l'orifice 8, et par intermittence aux bassins. Il y a dans la plaine au Sud-Ouest du volcan de nombreux feux de brousse, allumés par la lave.

24/VI.

La chaleur dégagée par la combustion des gaz à l'orifice 8 est tellement intense, qu'il est difficile de s'approcher suffisamment pour mesurer la température; une lecture faite en visant le bord supérieur de l'orifice donne 1110 °C (1080°). C'est la température la plus élevée mesurée jusqu'à présent.

En différents points, dans un rayon de 50 m autour de l'orifice, on observe que de petits dégagements de vapeur altèrent la lave sur une épaisseur

de quelques centimètres et déposent du soufre. La température de ces petits solfatares varie de 85 à 94 °C.

A 9 h 10, le bassin nord est en plein « engloutissement ». Des plaques de croûte se redressent sur la tranche et s'enfoncent verticalement, et sur leur trace jaillissent de violentes fontaines de 1 à 2 m de hauteur. Le niveau est tombé d'un mètre. Le bassin se remplit par le Sud, et une croûte se reforme; de 9 h 10 à 11 h 05, le niveau monte très lentement. Une fontaine fonctionne au Nord-Ouest, au même point que la veille. Cette fontaine (fontaine du second genre, par opposition aux fontaines du premier genre, qui sont celles qu'on observe généralement), consiste en un dégagement rythmique de gaz qui entraîne de petits fragments de scorie incandescente. Le bruit est celui d'un moteur à piston, fonctionnant au rythme de 1 à 2 explosions par seconde.

Le bassin sud n'a pas changé. La lave entre du Sud et disparaît sur la partie nord du cône qui forme voûte au-dessus du bassin. Un dégagement pulsatoire de gaz se produit obliquement sous la voûte, projetant des fragments de scorie vers la berge sud. La température de la lave, sous la voûte, est comprise entre 1065 °C (1040°) et 1085 °C (1060°). Le courant dans le bassin est très saccadé, et la surface du bassin est soumise à un mouvement de balancement causé par le reflux de lave à chaque pulsation du dégagement gazeux. La surface du bassin ne dépasse pas 15 m². Une vidange se produit, sans raison apparente et sans interrompre le dégagement de gaz; elle est suivie d'un remplissage très rapide.

Le cône qui s'est formé sur le bassin sud et qui s'est partiellement effondré ensuite, est formé jusqu'à son sommet d'un empilement de petites coulées de lave. Le niveau de la lave, dans le bassin sud, est donc remonté momentanément jusqu'à l'altitude du sommet de ce cône, c'est-à-dire jusqu'à 2 m environ sous le niveau des berges de l'ancien lac.

Le spectacle est plus intéressant le soir, parce que les flammes apparaissent mieux. On en voit notamment qui s'échappent de diverses petites fissures, une vingtaine de mètres en amont (au Nord-Est) de l'orifice 8. L'orifice 8 projette parfois de petits fragments incandescents. La répartition des scories projetées autour de cet orifice indique que les explosions se sont produites obliquement, le jet étant dirigé vers le Nord-Ouest. Il est probable que l'orifice est incliné, comme l'orifice nord. Le bassin nord est très actif. La fontaine au Nord-Ouest prend un caractère permanent. Des fontaines se forment à la berge est et migrent en travers du bassin jusqu'à la berge nord-ouest. Pas de courant visible; des engloutissements partiels et un engloutissement total de la croûte se produisent sur place, sans grands déplacements.

Le petit monticule qui s'est formé sur la berge sud-ouest du bassin nord, et qui mesure 1 m de hauteur, porte une série de fissures incandescentes qui se rejoignent à l'apex à la façon des aires ambulatoires d'un oursin. De ces fissures s'échappent de petites flammes sifflantes, continues, sans

caractère explosif. Des flammes irrégulières jaillissent aussi des pentes externes de la digue qui entoure le bassin.

Toute la partie interne du cône qui forme voûte au-dessus du bassin sud constitue un four d'où s'échappent de grandes flammes. Ces flammes entourent et lèchent en permanence des draperies de lave solidifiée qui pendent à la voûte, sans parvenir à les fondre ou même à les rendre pâteuses.

25 /VI.

Le bassin nord, qui s'était rétréci considérablement entre le 8 et le 23, en même temps qu'il se déplaçait légèrement, a de nouveau grandi et son diamètre est voisin de 20 mètres. Il y règne une grande agitation, mais l'activité est irrégulière. Des fontaines, parfois très violentes, s'observent à l'Est, au Nord-Ouest et au Sud-Ouest, au pied même du petit monticule d'où s'échappent les flammes décrites précédemment (« oursin »). Un phénomène nouveau se présente : les fontaines paraissent débiter de la lave, c'est-à-dire qu'on voit parfois, au voisinage de la fontaine, des petites bavures venir déferler sur la croûte. Il s'agit probablement de lave émulsionnée par les gaz qui s'échappent à la fontaine.

Les variations de niveau consécutives aux phases d'engloutissement sont faibles; le niveau baisse légèrement, préalablement à l'engloutissement qui s'effectue sans raison apparente (10 h 15 et 11 h 10), puis le niveau remonte en quelques minutes. Le courant principal (amenée de la lave, évacuations des débris de croûte non engloutis) se fait du Sud-Est vers le Nord-Ouest. Les fontaines (fontaines du 2^e genre) ne sont le siège d'aucun courant.

Pour la facilité du lecteur, il est peut-être utile de résumer ici les différences essentielles qui nous font parler maintenant de fontaines du 2^e genre, par opposition à celles du 1^{er} genre, qui sont celles décrites jusqu'à présent (voir tableau page suivante).

Le dégagement de vapeur, à l'ouverture n° 1 du torrent, a complètement cessé dans le courant de juin, coïncidant avec la saison sèche; il n'y a donc pas de doute que la plus grande partie de ce dégagement était dû à des causes météoriques (eaux résurgentes). La vue dans le tunnel est magnifique; le torrent est visible loin en aval et, en amont, jusqu'à sa source. Même largeur et même vitesse que précédemment. Température à la source : 1050 °C (1030°).

A l'ouverture n° 2, la lave n'est presque plus visible, elle s'est recouverte d'une croûte épaisse solidement ancrée aux deux berges. Cette plaque est traversée de petites fissures longitudinales, d'où sortent des rangées de petites flammes sifflantes très courtes.

A l'ouverture n° 4, la température est notablement supérieure à celle mesurée à l'ouverture n° 1; on y lit 1090 à 1085 °C (1065 à 1060°); la vitesse du torrent y est considérablement plus grande que partout ailleurs.

	FONTAINE 1 ^{er} GENRE	FONTAINE 2 ^m e GENRE
Se produit :	au bord, au milieu, se déplace.	uniquement au bord, immobile.
Dure :	quelques secondes ou quelques minutes.	des dizaines de minutes ou des heures.
Projetée :	des gerbes de lave liquide.	des fragments de lave scoriacée.
Hauteur :	moins de 1 m en général toujours verticale.	plusieurs mètres (15 ou 20) généralement oblique.
Rapport ¹ lave/gaz :	très grand.	très petit.
Caractère rythmique :	aucun, phénomène continu mais de courte durée.	rythme très bien marqué souvent une explosion par seconde.
Résulte souvent de :	l'engloutissement d'un fragment de croûte.	—
Est le siège de :	une attraction centripète du courant.	attraction centripète, parfois tendance centrifuge (émulsion de la lave qui « bave » vers l'extérieur).
Flammes :	pas visibles.	grandes flammes irrégulières.
Epoque {	de mars à juin	très fréquent.
Localisation {	de juin à septembre	peu fréquent.
Localisation {	bassin N.	rare
Localisation {	bassin S.	fréquent.
		fréquent.

1. Ce rapport concerne la quantité de lave projetée à la fontaine et la quantité de gaz qui s'en échappe.

Une série de mesures faites à des fontaines, sous la voûte du cône-bassin sud, donne une moyenne de 1075 °C (1052°). Ecart extrême des mesures : 20 °C.

26 / VI.

Entamé les mesures de l'inclinaison magnétique au voisinage des différents organes.

A l'orifice 8, un léger surplomb du côté sud forme une voûte sous laquelle on mesure une température de 1095 °C (1068°).

Le bassin nord est dans un état stationnaire. Des engloutissements se produisent à 9 h 15, 10 h, 10 h 50, etc. Chaque engloutissement est suivi d'une chute de niveau, puis d'une remontée rapide, et le niveau demeure constant pendant 40 ou 45 minutes, tandis qu'une fontaine du 2^e genre fonctionne sans interruption à la berge est.

27 / VI.

L'activité au bassin nord est plus régulière, et les phases d'engloutissement sont plus fréquentes; le courant se porte maintenant de l'Est vers

l'Ouest. On remarque que le courant provoque des déchirures par tension dans la croûte, ce qui indique que la vitesse de déplacement de la croûte n'est pas toujours celle de la lave sous-jacente.

Au bassin sud, le niveau de la lave a monté, obstruant les orifices par lesquels les gaz s'échappaient sous la voûte; les gaz sont forcés maintenant de s'échapper par la paroi externe du cône. Ils sortent en bouffées par des cheminées étroites et profondes, qui débouchent dans la partie supérieure de la pente nord du cône, près du raccord de ces pentes aux berges de l'ancien lac. La température dans une de ces cheminées paraît excessivement élevée : 1145 à 1160 °C (1115 à 1130°).

Les caisses contenant le spectrographe arrivent au camp. La journée est consacrée au montage de l'appareil.

28 / VI.

Procédé à l'installation du spectrographe près de l'orifice 8. Vers 14 h, pendant une période de calme, le niveau du bassin nord paraît avoir baissé par rapport au niveau de la veille. Une fontaine du 2^e genre, au Nord-Ouest, fonctionne un petit temps, puis est relayée par deux autres fontaines situées respectivement au Nord-Est et l'Ouest.

L' « oursin » fonctionne toujours de la même façon.

29 / VI.

La température à l'orifice 8 paraît avoir baissé; on lit 1065 °C (1040°) là où on lisait 1095 °C (1068°) le 26 mai.

Au bassin nord, la durée du cycle est d'une heure environ. Au début du cycle, seule la fontaine n° 1 (fig. 8) fonctionne; l' « oursin » est arrêté également. De la lave pénètre dans le bassin par tout le pourtour sud, y compris sous l' « oursin ». Puis la fontaine perd de son intensité et les fontaines 2 et 3 la relaient (10 h 30). Leur activité augmente. La lave s'émulsionne à leur voisinage et vient s'étaler tout autour sur la croûte, qui recouvre la plus grande partie du bassin. Les projections de scorie aux fontaines deviennent de plus en plus abondantes; le dégagement explosif des gaz communique à la lave un mouvement d'oscillation. A 11 h, l' « oursin » se remet en marche. La lave s'étale toujours autour de la fontaine 3, provoquant le naufrage de petits fragments de croûte et donnant naissance ainsi à des fontaines du 1^{er} genre, dont le nombre augmente rapidement. A 11 h 12, le phénomène se déclenche : toute la croûte disparaît; à 11 h 15, le bassin commence à se remplir par apport du Sud, et à 11 h 17, toutes les fontaines et l' « oursin » s'arrêtent. Le niveau monte rapidement, soulevant d'un mouvement d'ensemble la croûte qui s'est formée. De petites langues de lave viennent déborder parfois sur cette croûte. A 11 h 25, le bassin est rempli à plein bord, prêt à déborder. Une violente fontaine du 2^e genre prend naissance en 3, le niveau retombe rapidement de quelques centimètres et l'activité se stabilise, une nouvelle fontaine s'étant déclenchée en 2; on en est revenu à la situation de 10 h 30.

Au bassin sud, dont le diamètre est de 5 m environ, on observe un cycle de 6 minutes dans l'activité des fontaines qui se produisent généralement à la berge est, et parfois à la berge ouest. Le niveau a baissé et les flammes s'échappent de nouveau sous la voûte du cône. On observe ainsi une relation apparente entre la durée d'un cycle et le diamètre du bassin.

Bassin sud : 4 à 6 m, période 6 minutes;

Bassin nord : 15 à 20 m, période 55 à 60 minutes.

Pendant les observations spectroscopiques à l'orifice 8, le soir, on observe à plusieurs reprises de vives lueurs au bassin nord, notamment à 6 h 45 et à 7 h 20. Le cycle semble s'être raccourci.

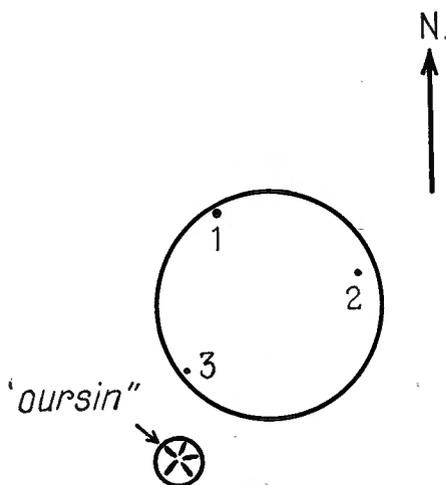


FIG. 8. — Disposition des fontaines au bassin nord le 29 juin 1938.

Les flammes qui s'échappent obliquement de l'orifice 8 sont violettes au centre et jaune citron aux bords. Des flammes jaillissent également en synchronisme parfait de diverses petites fissures, à une vingtaine de mètres de l'orifice principal. On accumule sur ces fissures des blocs de lave fraîche pour observer si la température de ces flammes est suffisante pour la refondre.

30/VI.

Déplacé le camp jusqu'en un point situé à 500 m au Nord de l'orifice 8, pour faciliter le travail de nuit au spectrographe.

Vers 15 h 30, seule la fontaine du 2^e genre au point 1 du bassin nord est en activité. L'« oursin » est également actif. A 16 h, un effondrement se produit sur tout le pourtour et l'engloutissement de la croûte provoque le jaillissement des fontaines du 1^{er} genre, même aux points où la lave pénètre dans le bassin. Le niveau remonte rapidement de près de 1 m;

toutes les fontaines s'arrêtent, mais l' « oursin » demeure très actif. A 16 h 10, le niveau maximum paraît atteint. A 16 h 30, le calme le plus complet règne toujours, sauf à l' « oursin ».

Dans le bassin sud, le courant se porte principalement vers la berge ouest.

Le caractère divaguant du courant dans les bassins est remarquable.

1/VII.

L'activité ne paraît s'être modifiée en aucune façon. Au bassin nord, on observe les phases habituelles du phénomène cyclique, et l'allure intermittente des fontaines du 2^e genre en différents points de la berge.

Les fragments de lave empilés sur les petites ouvertures d'où s'échappent des flammes, au voisinage de l'orifice 8, n'ont pas fondu. Ils sont incandescents, mais à peine pâteux.

Travail au spectrographe, principalement.

2/VII.

Les phases d'engloutissement de la croûte, accompagnés de chutes rapides du niveau de l'ordre de 1 m, se produisent au bassin nord à 9 h 50, 10 h 40, 11 h, etc. La vidange dure de 1 à 2 minutes, le remplissage de

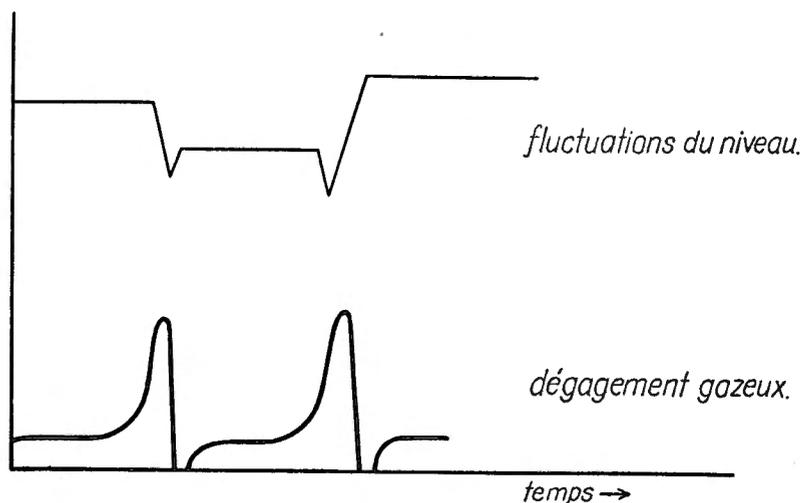


FIG. 9. — Bassin Nord. Diagramme des fluctuations du niveau comparé à la courbe du dégagement gazeux. Observations du 2 juillet 1938.

4 à 5 minutes. Le dégagement de gaz qui se produit pendant les périodes de vidange, et qui ne dure que quelques minutes, n'est probablement pas supérieur au dégagement de gaz aux fontaines du 2^e genre, qui demeurent actives pendant les longs intervalles entre vidanges successives (fig. 9); le

dégagement de gaz à lui seul n'explique donc pas le phénomène de vidange, ou du moins il n'explique pas son caractère brusque et rapide. En effet, si le dégagement de gaz provoquait une chute du niveau de la lave, on s'attendrait à ce que cette chute se produise d'une façon lente et régulière, commençant au moment où, le remplissage fini, les fontaines du 2^e genre se remettent en activité.

Au niveau sud, il est difficile d'apprécier les variations de niveau à cause des énormes ampoules de gaz qui se forment parfois et qui soulèvent la croûte, sans que le niveau de la lave elle-même ne soit nécessairement affecté.

Les plaques spectrographiques obtenues le 1^{er} et le 2 juillet, montrent notamment trois bandes très ténues vers 4400 Å, qui n'avaient pas été observées précédemment, et qui n'ont plus été enregistrées dans la suite. L'intensité des flammes à l'orifice 8 paraît être en diminution.

3/VII.

Le bassin nord est toujours très actif et l'intervalle entre phases successives d'engloutissement et de vidange est moins régulier (9 h, 9 h 20, 10 h, etc.). Au bassin sud, le courant se porte principalement vers un point de la berge ouest. Il n'existe toujours pas de relation apparente entre l'activité de deux bassins.

Le dégagement de vapeur au petit cône terminal au Sud de la cuvette du lac a cessé. Ce fait est probablement en rapport avec une diminution notable de la pluviosité. Il arrive en effet, vers cette époque, que des journées entières se passent sans pluie, ce qui n'avait jamais été observé précédemment.

On ramène le camp à son ancien emplacement à 2500 m.

4/VII.

L'activité au bassin nord devient monotone; l'intervalle des cycles est encore irrégulier (30 à 60 minutes); le diamètre du bassin est de 15 m. Le mécanisme de l'activité paraît être toujours le même: la croûte se gonfle et se brise; de la lave suinte dans les fissures, des fragments de croûtes sont engloutis, déclenchant des fontaines du 1^{er} genre, et la croûte, ou ce qui en reste, est entraînée par un mouvement irrégulier et en zig-zag vers la berge ouest, sous laquelle elle disparaît.

Le bassin sud est exactement semblable à ce qu'il était la veille. La lave ne sort plus vers le Nord, mais vers l'Ouest.

5/VII.

Au bassin sud, il y a renversement du sens de circulation, la lave s'écoule maintenant vers l'ancien chenal d'amenée, d'où se dégagent d'abondantes vapeurs. Le courant est lent. Vers 10 h 40, des fontaines souterraines, reconnaissables à leur bruit, se forment dans le chenal; le niveau baisse

rapidement dans le bassin et la croûte qui recouvrait sa surface se détache. Une fontaine se forme à la berge ouest et le courant se partage entre cette fontaine et l'ancien chenal d'amenée. Au bout de trente secondes, la fontaine s'arrête.

L'activité du bassin nord est invariable. Aux phases d'engloutissement de 9 h 15 et de 10 h 20, succèdent de courtes périodes pendant lesquelles la lave coule d'une façon ininterrompue de la berge est à la berge ouest. La vidange de 10 h 20 se produit en deux étapes; elle succède à une période de calme pendant laquelle le bassin est complètement inactif; seul l'« oursin » dégage des gaz en abondance. Puis la croûte se rompt à l'Ouest et un petit fragment est englouti; le restant de la croûte se détache et se déplace d'un seul bloc vers l'Ouest; elle disparaît partiellement vers la berge et s'arrête brusquement, tandis que la lave entrant de l'Est, vient la recouvrir et l'enfoncer sous son poids.

La température au point le plus chaud de l'orifice 8 est de 1065 °C (1040°)

Pour la première fois depuis le début de l'éruption, l'approche de la pleine lune ne s'accompagne d'aucun symptôme d'un renouveau d'activité (cône 4 en mars, cône 5 le 17 avril, cône 7 vers le 10 mai, orifice 8 vers le 10 juin).

Les journées du 6 et du 7 sont consacrées à une étude du cratère du Nyamuragira, en compagnie de M. WAYLAND, Directeur du Service Géologique de l'Uganda.

8/VII.

Le bassin nord est extrêmement actif; sa période plus courte est généralement voisine de 30', mais vers 12 h et de nouveau entre 17 et 18 h, elle tombe à 10' environ. Les fontaines du 1^{er} et du 2^e genre sont extrêmement violentes. Le niveau a légèrement baissé et on observe, pendant les intervalles de calme de l'« oursin », que de longues flammes paresseuses s'échappent de la berge même du bassin. Le courant est extrêmement vagabond, se dirigeant de l'Est, du Sud ou du Nord, vers le point d'évacuation qui demeure généralement à l'Ouest. Les variations de niveau sont de l'ordre de 1 m. Pendant toute la période qui sépare deux vidanges, le niveau reste constant malgré l'activité des fontaines de 2^e genre.

Le sens normal de circulation s'est rétabli au bassin sud, qui offre un aspect très différent de celui du bassin nord: le courant y est beaucoup plus régulier; les phénomènes de vidange sont moins nets et moins amples et ne modifient que peu l'aspect du bassin. A certains moments, on pourrait croire que le bassin n'est qu'une ouverture dans la voûte d'un chenal souterrain de lave; le dégagement de gaz y est cependant beaucoup plus intense et plus régulier qu'aux ouvertures du torrent de lave dans la plaine.

Ce bassin forme un terme intermédiaire dans la série dont les deux extrêmes sont représentés, d'une part par le torrent de lave et, d'autre part, par les orifices de gaz, et qu'on peut schématiser comme suit:

Torrent de lave > bassin sud > bassin nord > cônes > orifices.

Dans cette série, les organes sont inscrits dans l'ordre croissant du rapport des quantités de gaz aux quantités de lave qui interviennent dans l'activité de l'organe. Ce rapport au torrent est très faible, parce que le débit de lave est énorme (de l'ordre de plusieurs dizaines de tonnes à la seconde), tandis que le débit de gaz est faible; aux orifices tels que l'orifice 8, au contraire, ce rapport devient infini, le volume de lave épanchée ou éjectée demeurant insignifiant par rapport au volume de gaz déchargé.

L'ordre des rapports croissants gaz/lave est aussi celui des écoulements décroissants, en ce sens que le courant, qui est rapide et absolument continu dans le torrent, est lent et ininterrompu au bassin sud; au bassin nord, il est nettement discontinu et ne s'observe qu'à intervalles réguliers (cycle); aux cônes, la circulation n'existe que pendant un nombre limité d'heures (émission de petites coulées de lave aux cônes 4, 5, 6, 7; aux orifices, il n'y a pas de circulation du tout.

Au torrent de lave, le 8 juillet, la vitesse et la largeur du courant demeurèrent les mêmes. La croûte à l'ouverture 2 a disparu. Températures mesurées : à l'ouverture n° 1, 1050 °C (1030°); à l'ouverture n° 4, 1075 °C (1050°).

9/VII.

La période du bassin nord a légèrement augmenté, elle est maintenant de 35 minutes en moyenne.

Pendant toute la durée d'une période de calme, on observe une flamme longue de plusieurs mètres, qui s'échappe horizontalement sous la berge du bassin au rythme d'une explosion à la seconde. Puis brusquement, la croûte s'enfonce au point où se dégageait la flamme, un remous général se produit, la croûte se déplace vers le Sud-Ouest, des fontaines du 1^{er} genre prennent naissance, le niveau tombe et les gaz se dégagent en abondance mais sans agitation, de la surface entière du bassin. Le niveau remonte, une fontaine du 2^e genre s'établit du Nord et la flamme horizontale ne reparait plus.

Au bassin sud, on observe le même courant continu et les mêmes flammes qui viennent brûler sur la voûte du cône qui recouvre la moitié nord du bassin. Des fontaines se mettent parfois à jaillir dans le chenal d'amenée même; elles se déplacent avec le courant et arrivent ainsi jusqu'au bassin. Ces fontaines semblent indiquer par leur migration que la présence d'un conduit d'amenée de gaz sous pression n'est pas essentiel à leur existence.

10/VII.

Statu quo.

21/VII.

Un orifice analogue à l'orifice 8 s'est formé entre le 8 et le 31 de ce mois, à 600 m à l'Est de celui-ci, à l'altitude 2380 m. Ce nouvel orifice (n° 9) n'est pas dans l'alignement 3-4-5-6-7-8; par contre, il est situé à proximité du point où la seconde grande fissure, ouverte le 28 janvier 1938, se perd dans le champ de lave fraîche.

L'activité de cet orifice consiste en l'émission intermittente de bouffées de gaz qui s'enflamment explosivement à la cadence d'une explosion toutes les deux secondes environ.

A l'orifice 8, le dégagement de vapeurs et d'épaisses fumées n'a plus le caractère saccadé qu'on lui connaissait; il est devenu plus régulier en même temps que l'activité a diminué.

La durée du cycle au bassin nord varie de 35 à 45 minutes. Après une période de vidange, un courant constant Sud-Nord s'établit pendant 15 minutes environ, tandis que le point d'où la lave paraît provenir se déplace lentement dans le sens des aiguilles d'une montre le long de la berge est. Il est possible qu'un léger courant se forme sous la croûte pendant les périodes d'inactivité du bassin et se déplace sans affecter la croûte elle-même.

On observe encore que le dégagement le plus intense de gaz se produit après la chute de niveau qui caractérise les vidanges; il n'en est donc pas la cause. Le volume de gaz qui s'échappe alors ne paraît pas, du reste, supérieur au volume émis par les fontaines du 2^e genre, qui fonctionnent dans l'intervalle des vidanges.

L'« oursin », c'est-à-dire le petit monticule très fissuré situé sur la berge sud-ouest du bassin nord, demeure actif, mais son activité est irrégulière. Elle consiste en l'émission de gaz qui brûlent en flammes courtes et sifflantes.

Le bassin sud est le siège d'une agitation violente causée par le dégagement explosif des gaz sous les berges nord et ouest. A chaque explosion, la lave est rejetée en une vague qui provoque une oscillation rythmée de la surface du bassin. Des fissures se sont ouvertes sur le pourtour extérieur du cône qui s'est édifié, puis partiellement effondré, sur l'emplacement du bassin sud (voir p. 77). De ces fissures s'échappent des gaz chauds et parfois des petits fragments de scorie incandescente.

A cause de l'agitation qui règne aux points de dégagement des gaz à la berge du bassin, il est difficile d'y mesurer exactement la température. Une série de mesures faites de cinq en cinq minutes pendant une heure, ne montre pas de variation systématique; la température lue oscille entre 1070 et 1095 °C (1045 et 1070°).

Le débit du torrent de lave paraît inchangé.

L'orifice 9 est légèrement plus petit que l'orifice 8. On n'y trouve pas de scorie ou cendres fraîches. Le volume des matériaux projetés par les explosions qui ont ouvert l'orifice est très faible.

Des bouffées explosives, accompagnées parfois d'une pluie de cendres très fines, se produisent en moyenne toutes les deux secondes. Chaque explosion est suivie d'une phase très courte de succion pendant laquelle les fumées sont aspirées vers l'orifice. Le dégagement consiste : 1^o en gaz qui brûlent et se condensent quelques mètres au-dessus de l'orifice et 2^o en fumées épaisses, mais peu volumineuses, qui sont visibles dans le gueulard même et ne consistent par conséquent pas en vapeur d'eau.

23/VII.

Le bassin sud a légèrement rétréci et la violence du dégagement gazeux a fortement augmenté; les projections atteignent la berge opposée, où il est difficile de se tenir. La température aux points d'agitation maximum est voisine de 1085 °C (1055-1060°).

Les cycles du bassin nord sont plus longs (9 h 27 à 10 h 42; 10 h 42 à 11 h 35). Deux fontaines (du 2^e genre) sont en activité permanente. Vers le milieu du cycle, il se produit un engloutissement partiel de la croûte sur un tiers de la surface du bassin au voisinage des fontaines, et un courant continu nord-sud s'établit pendant quelques minutes. Cette phase intermédiaire peut être la cause de l'allongement du cycle.

Le tableau suivant donne le détail des mesures de température faites au bassin nord pendant la durée d'un cycle.

Chaque mesure est répétée deux fois en « montant » et en « descendant », c'est-à-dire en augmentant d'abord l'éclat du filament du pyromètre pour l'amener à égaler celui de la lave, puis en procédant de façon inverse. Cette méthode permet de déterminer la sensibilité de l'œil et d'évaluer le degré d'imprécision des mesures qui en résulte; elle élimine aussi les erreurs dues à l'asymétrie de la courbe d'échauffement du filament ou du milli-ampèremètre.

PHÉNOMÈNES	HEURES	FONTAINE NORD		FONTAINE NORD-EST	
		Température en °C		Température en °C	
Fin du cycle.	9 h 25	—	—	—	1085
Début du cycle	9 h 30	1083	1090	1083	1085
	9 h 40	—	—	1085	1080
Arrêt apparent de la circulation	9 h 50	—	—	1090	1080
Dégagement de gaz augmente, puis diminue . .	10 h 00	—	—	1090	1083
	10 h 05	1075	1080	—	—
Engloutissement partiel. .	10 h 07	—	—	1083	1085
	10 h 10	1075	1080	1085	1075
	10 h 15	1090	1075	—	—
	10 h 20	—	—	1075	1075
	10 h 22	—	—	—	1080
	10 h 25	—	1083	—	1078
	10 h 30	—	—	1075	1082
	10 h 35	—	1080	—	1085
	10 h 40	—	—	—	1083
Début de la « vidange » . .	10 h 42	—	—	—	—
Lave entrant dans le lac, sous la berge est.	10 h 43	—	—	1065	—
Remplissage achevé, nouvelle fontaine à l'ouest . .	10 h 45	—	1075	1085	—
Début du cycle suivant. . .	10 h 50	—	1085	1085	—

On remarquera que la température demeure sensiblement constante pendant toute la durée du cycle.

Il semble que l'émission de gaz aux différents organes du volcan a tendance à augmenter depuis quelque temps. L'éruption devient de plus en plus « gazeuse ».

24/VII.

La journée du 24 n'apporte aucun changement essentiel. La surface active, c'est-à-dire la surface découverte du bassin nord, a diminué légèrement, mais la période du cycle demeure voisine de 55 ou 60 minutes. Une seule fontaine, située à la berge nord, fonctionne pendant les intervalles des vidanges. Chaque vidange est suivie d'une période de quinze minutes, pendant laquelle un courant continu traverse le bassin du Sud au Nord.

Le dégagement de gaz au monticule de la berge sud-ouest (« oursin ») a pris un caractère saccadé. Le bruit est celui d'une machine à vapeur fonctionnant au rythme d'un coup de piston à la seconde.

Les fontaines du 2^e genre au bassin sud sont très violentes. Le dégagement de gaz paraît être indépendant de la superficie découverte du bassin.

A l'ouverture n° 1 du tunnel, où coule le torrent de lave, le courant paraît avoir légèrement ralenti. La température de la lave, mesurée en amont de l'ouverture, est de 1069 °C (1046°), cette valeur étant la moyenne de quatre mesures dont l'écart maximum est de 7°. Sous l'ouverture même du tunnel, là où par suite de l'absence de voûte le refroidissement est le plus grand, la lave est recouverte d'une carapace sous laquelle elle coule. La carapace se forme, semble-t-il, de la façon suivante : de petits fragments de croûte charriés par la lave, viennent s'agglomérer sur les rives comme des morceaux de bois flottés sur une rivière. Ils adhèrent aux rives et forment un commencement de barrage sur lequel la lave vient parfois déferler, agrandissant ainsi le barrage qui croît constamment. Ancré sur les deux rives, il forme une plaque sous laquelle l'écoulement de la lave continue. Ce mécanisme n'est pas identique à celui de la formation du tunnel lui-même qui résulte, comme on l'a vu, de crues et de débordements répétés de la rivière (voir p. 57).

L'apparente indépendance du débit et de la température de la lave dans le torrent de l'activité, aux bassins et aux orifices, semble constituer un fait remarquable.

On remarque que si l'activité de l'orifice 8 a beaucoup diminué depuis l'ouverture de l'orifice 9, elle n'a cependant pas complètement cessé; des flammes y sont encore visibles la nuit. Jusqu'à présent, la formation d'un orifice ou d'un cône nouveau dans l'alignement 3-4-5-6-7-8 avait provoqué automatiquement l'extinction du cône immédiatement précédent dans la série. On confirme ainsi le fait que l'orifice 9 n'appartient pas au même système que l'orifice 8. Il marque peut-être le début d'un alignement nouveau, en rapport avec la fissure n° 2 formée le 28 janvier 1938.

25/VII.

Le bassin sud est inchangé. La violence des fontaines, situées principalement à la berge ouest, est toujours grande; la température y est de 1085 °C (1060°). La température de la lave au point le plus au Nord du bassin, sous la voûte du cône, est de 1075 °C (1050°) — moyenne de 5 mesures, dont l'écart maximum est de 5 °C.

Au bassin nord, qui a encore rétréci, une vidange se produit à 9 h 25, d'une façon inattendue et sans signes préalables : le niveau baisse d'une façon régulière en l'absence de fontaines du 1^{er} genre et la croûte se détache sur les bords et est entraînée lentement sous la berge. Le bruit des gaz qui se dégagent à l' « oursin » diminue légèrement, tandis qu'une fontaine du 2^e genre, qui fonctionne sans interruption au Nord, ne ralentit pas son activité. La chute de niveau a été marquée dans ce cas-ci par une diminution du débit gazeux. La vidange suivante, à 10 h 05, est marquée, au contraire, par une série d'engloutissements partiels de la croûte, accompagnés des violentes fontaines du 1^{er} genre.

Des mesures magnétiques, dont le détail est donné ailleurs, paraissent indiquer qu'il n'existe pas de réservoir souterrain de lave sous l' « îlot ».

26/VII.

La violence des fontaines du bassin sud augmente encore; certains points de la rive ne sont plus accessibles en raison de l'abondance des projections. L'agitation dans le bassin est telle, qu'il est difficile de mesurer correctement la température qui doit être voisine de 1075 °C (1050°). Vers 11 h 15, le bassin s'agrandit tout à coup par l'effondrement d'une partie de la berge, ce qui provoque de gigantesques fontaines du 1^{er} genre et une chute rapide du niveau qui revient en peu de temps à sa position primitive. Le bassin paraît soumis à des fluctuations assez rapides de niveau, correspondant à des variations de l'intensité des fontaines, mais il n'est pas possible de déterminer si c'est l'augmentation de l'activité des fontaines qui provoque la baisse du niveau, ou l'inverse. En raison de l'agitation qui règne, il est difficile d'apprécier exactement l'importance de ces fluctuations de niveau.

Les projections des fontaines consistent en petits fragments de diamètre généralement inférieur à 3 cm, d'une lave vitreuse très vésiculaire, portant quelques petits cristaux de bytownite (indice du verre : 1.595).

Au bassin nord, il est clair que la chute de niveau périodique peut se produire sans qu'il y ait d'engloutissement de la croûte, ou de fontaines du 1^{er} genre. Une vidange vers 10 h 45 est suivie d'un remplissage qui dépasse sensiblement le niveau préexistant. La lave déborde de toute part et envahit à nouveau le terrain perdu par suite des rétrécissements successifs du bassin, observés les jours précédents.

Des mesures magnétiques indiquent la probabilité de l'existence d'un réservoir souterrain de lave sous la falaise est du lac, à l'Est du bassin sud. Ce fait concorde avec les observations qui ont été faites de l'existence d'un

prolongement du bassin sous la berge est du bassin, des températures anormalement élevées des fragments éboulés de la falaise et du dégagement de gaz et de vapeur qui se produit en différents points de la berge est, et au pied de la falaise.

Le soir, l'éclat du volcan paraît avoir augmenté par rapport aux jours précédents. Des flammes sont encore bien visibles à l'orifice 8; à l'orifice 9, elles s'échappent toujours au rythme d'une explosion par deux secondes.

27/VII.

Le bassin sud est toujours violent; sa surface apparente a rétréci et ne dépasse guère 5 m². Les variations de niveau périodiques sont mieux marquées et ont une période de 1 ½ à 3 minutes. Les variations de niveau sont de l'ordre de 50 cm à 1 m. Les projections sont particulièrement intenses pendant la période étaie; la température mesurée est alors de 1082 °C (1057°).

Aux périodes basses très courtes, la température paraît légèrement plus élevée : 1090 °C (1065°); le bassin est alors le siège d'une très grande agitation qui imprime à la lave un mouvement rapide d'oscillation d'un bout à l'autre du bassin. L'intensité des projections diminue quand le niveau tombe, mais le volume de gaz dégagé paraît constant.

Au bassin nord, on observe un phénomène nouveau : l'engloutissement d'une moitié de la croûte, la production de fontaines et l'établissement d'un courant qui évacue la croûte restante vers le Nord, sans qu'il y ait de chute de niveau ou de modifications dans l'activité de la fontaine permanente de la berge nord. Il est donc clair que, si les chutes de niveau (« vidanges ») sont souvent accompagnées de phénomène d'engloutissement de la croûte et de la formation de fontaines du 1^{er} genre, ces mêmes chutes de niveau peuvent se produire en l'absence de ces phénomènes (observation du 25 juillet) et réciproquement, que ces phénomènes peuvent se produire sans provoquer de chute de niveau (observation du 27 juillet).

Ces deux événements (vidange et engloutissement) n'ont donc pas de relation causale.

Dans l'ensemble, la permanence des emplacements des fontaines du 2^e genre et des points de dégagements de gaz (« oursin ») ne paraît pas compatible avec l'hypothèse que les gaz se dégagent de la lave des bassins mêmes. La plus grande difficulté demeure le caractère soudain et rapide de chutes de niveau et du remplissage subséquent.

L'aspect du torrent de lave demeure absolument inchangé. La température de la lave à l'ouverture n° 4 est de 1083 °C (1058°) — moyenne de 5 mesures, dont l'écart maximum est de 5 °C.

On observe pour la première fois un léger dégagement de vapeur, provenant de plusieurs petites fissures situées sur la pente, entre le camp et le volcan, vers 2450 m. Les fissures datent du 28 janvier; le dégagement

de vapeur peut avoir été causé par les pluies de la veille et du matin même. On ne perçoit aucune odeur ou aucune trace de début d'altération solfatarienne.

28/VII.

La période du bassin sud est voisine de 2 minutes; son diamètre ne dépasse pas 3 m et l'amplitude de variation de niveau est relativement peu marquée par rapport au « balancement » de la lave qui oscille perpétuellement, et se précipite alternativement du Sud au Nord et du Nord au Sud. Chaque fois que la vague atteint l'extrémité nord, un violent dégagement de gaz se produit, qui refoule la lave vers le Sud. Il y a en réalité résonance entre la période du dégagement gazeux et la période propre du bassin, due à ses dimensions; si le bassin était plus grand, il faudrait plus longtemps à la vague pour effectuer un aller-retour, et le dégagement de gaz se produirait avant que la vague principale ne fut revenue. Une vague nouvelle prendrait naissance, qui ne serait pas en phase avec la précédente, dont l'amplitude diminuerait aussitôt. Le rythme de 30 explosions à la minute correspond exactement au temps (2 secondes) que prend la vague pour effectuer son trajet.

Au bassin nord, on observe des phénomènes d'engloutissement et de vidange à 10 h 15, 10 h 40, 10 h 55, 11 h 30, 11 h 55. La période est donc en moyenne de 25 minutes; d'autre part, le diamètre apparent du bassin est réduit de 8 ou 10 m. On obtient entre ce diamètre et la période du bassin la relation suivante :

Diamètre	2 à 3 m	4 à 5 m	8 à 10 m	15 à 20 m
Période	2 min	6 min	25 min	55 min

La période croît donc plus vite qu'en proportion du rayon, mais moins vite qu'en proportion de la surface.

La fontaine permanente au Nord du bassin, dont l'activité augmente proportionnellement au fur et à mesure du rétrécissement du bassin, imprime à la lave un mouvement de balancement analogue, mais beaucoup plus faible que celui observé au bassin sud. Le dégagement de gaz au petit monticule de la berge sud-ouest a de curieux arrêts de quelques secondes, qui ne coïncident pas avec des phases de vidange au bassin.

Le dégagement de vapeur aux fissures, vers 2450 m, a beaucoup augmenté, ce qui s'explique par la recrudescence de la pluviosité depuis quelques jours. Il est clair cependant que de tels dégagements ne se produisaient pas à la fin de la saison des pluies et que, par conséquent, la température dans les fissures a dû augmenter depuis lors.

29/VII.

L'activité à l'orifice 8 diminue régulièrement, la température mesurée au même point de la paroi que précédemment, n'est plus que de 990 °C (970°).

Le bassin sud est inchangé; la période paraît légèrement plus longue

(3 minutes). Le dégagement gazeux est aussi abondant à niveau bas qu'à niveau plein, mais les projections ne se produisent qu'à niveau plein. On a l'impression que les gaz débouchent de la paroi en un point qui est mis à découvert quand le niveau tombe, et qui est noyé dès que le niveau remonte.

A cause du mouvement rapide de la lave dans le bassin, il ne se forme qu'une pellicule de croûte d'épaisseur insignifiante.

Les fissures du pourtour extérieur nord du cône-bassin se sont agrandies, principalement aux points où la pente du cône se raccorde à la berge de l'ancien lac.

Le bassin nord a encore fortement rétréci. Il a maintenant une forme allongée et mesure approximativement $4 \times 2 \text{ m}^2$. La fontaine permanente, qui était nichée dans une petite grotte de la berge nord, s'est creusé par voie mécanique une petite cheminée à travers le surplomb de la berge. La formation de cette cheminée n'est pas due à une fusion causée par les flammes, qui prennent naissance à la fontaine; en effet, les petits morceaux arrachés aux parois de la cheminée, au fur et à mesure qu'elle s'élargit, ne sont ni incandescents ni même pâteux.

Le comportement du bassin nord est irrégulier, comme en témoigne le détail des observations ci-dessous :

10 h 50 Début des observations.

10 h 55 Le niveau de la lave monte, le bassin paraît prêt à déborder.

11 h 03 Une pression dirigée du Sud vers le Nord (amont vers aval), provoque des plis dans la croûte, des cassures et finalement l'enfoncement d'un fragment.

Une fontaine se produit, à laquelle succède une rapide chute de niveau. Le niveau remonte rapidement.

11 h 20 Chute de niveau sans cause apparente. Un courant permanent s'établit dans le sens Sud-Nord.

11 h 25 Un fragment de la cheminée surplombant la fontaine s'effondre dans le bassin, provoquant une fontaine du 1^{er} genre et une chute de niveau. Le niveau remonte.

11 h 34 Nouvelle chute de niveau sans raison apparente; le niveau remonte aussitôt.

11 h 42 Chute de niveau sans affecter la croûte, qui reste accrochée sur les bords et pend sur le bassin comme un drap mal tendu.

11 h 46 Le niveau remonte, la croûte se détache et est entraînée sous la berge nord.

11 h 48 Nouvelle chute de niveau, suivie d'une hausse rapide (11 h 49-50).

11 h 55 Chute de niveau, provoquant un départ partiel de la croûte qui est entraînée vers la berge nord.

Le dégagement de gaz aux fontaines du 2^e genre des bassins nord et sud, se poursuit toujours au rythme d'une bouffée par 2 secondes. Au petit

monticule de la berge sud-ouest du bassin nord, le dégagement est plus continu, ou le rythme des explosions plus rapide. Le dégagement est coupé par des intervalles de silence total.

30/VII.

Depuis plusieurs jours, il a été procédé, en différents endroits, à des mesures relatives de l'intensité de la composante verticale du champ magnétique ou, plus exactement, de l'inclinaison magnétique. On observe des variations de plusieurs degrés entre points distants de quelques dizaines de mètres. Ces variations se traduisent en degrés par le déplacement d'une aiguille aimantée mobile autour d'un axe horizontal. La valeur de l'angle, mesurée au camp à l'altitude 2520 m, sert de base « régionale ». Dans la matinée du 30, cette valeur de base tombe brusquement de 3 degrés. Cette chute influence également toutes les stations au voisinage du volcan, où les mesures, les jours précédents, avaient été particulièrement constantes.

Le bassin nord s'est arrêté complètement; il s'est recouvert d'une croûte épaisse, et la lave liquide n'est plus visible. La cheminée au-dessus de la grotte s'est transformée en un petit cône qui fume abondamment par bouffées successives. Le dégagement de gaz au monticule (« oursin ») a complètement cessé.

Le niveau a baissé dans le bassin sud. On n'observe plus de variations périodiques de niveau, et le mouvement oscillant des « vagues » a presque complètement cessé. Les gaz continuent à se dégager en grande abondance, mais ils s'échappent principalement des fissures agrandies de la pente nord du cône-bassin. Leur dégagement a le même caractère rythmé (1 explosion par 2 secondes en moyenne) et s'accompagne de projections de petits fragments incandescents. Il semble que des conditions purement mécaniques (hauteur au niveau de lave dans le bassin, position des orifices à gaz) puissent conditionner tout le comportement du bassin. L'abondance et la vigueur des projections, pendant les jours précédents, ne sont probablement pas dues à ce que la lave était particulièrement explosive; il s'agit plutôt d'une « explosivité » causée purement par les circonstances mécaniques du dégagement gazeux.

Le torrent de lave paraît inchangé. La croûte formant couverture sur la lave, dans l'ouverture n° 1 du tunnel, a complètement disparu.

31/VII.

Le niveau de la lave a remonté dans le bassin sud, et le comportement est absolument identique à celui du 25 ou 26 juillet. La « projectivité » semble liée principalement à la hauteur de la lave dans le bassin.

La période du cycle est mal définie; il paraît y avoir un cycle plus long de variations de niveau (période 10 minutes?) qui se superpose au cycle ordinaire (période 3 à 4 minutes).

Les fissures extérieures se sont agrandies; elles sont le siège des dégagements de gaz combustibles en synchronisme parfait. Il n'est pas possible

d'établir si ce dégagement est également synchronique de celui dans le bassin même. Les projections par ces fissures atteignent parfois 5 à 6 m de hauteur.

Le cône-bassin nord a grandi. On note 55 explosions à la minute. Chaque explosion correspond à la succession 1) flammes, 2) bouffée de fumée, 3) gerbe incandescente. Les projections suivent manifestement l'explosion.

A intervalles réguliers, les projections cessent complètement, et les explosions font place à un dégagement continu d'un torrent de gaz qui brûle en un long dard vertical très intense, de 3 à 4 m de hauteur, qui diminue graduellement en 3 à 5 minutes et revient à sa forme explosive intermittente primitive. Les projections reprennent alors. Le phénomène s'observe notamment à 15 h, 15 h 20, 15 h 42, 16 h (?), 16 h 18. La période est donc de 20 minutes environ.

Ce phénomène paraît extrêmement remarquable parce qu'il correspond, incontestablement, aux périodes de vidange du bassin sur lequel s'est édifié le cône. On en conclut donc que la possibilité de refroidissement de la lave à la surface, la formation d'une croûte ou d'une nappe froide dense à la surface du bassin, et le déséquilibre qui peut en résulter ne sont en aucune façon les facteurs déterminants du phénomène.

1/VIII.

Un brouillard épais réduit la visibilité. Le bassin sud paraît inchangé. Les projections qui s'échappent d'une fissure sur la pente extérieure nord, ont formé par leur accumulation un petit cône.

Au cône-bassin nord, on observe des phases de gaz pur (sans projections) espacées de 30 minutes. Vers le milieu de la phase à projections, le rythme des explosions s'altère brusquement, puis se rétablit. A la 29^e minute, les projections augmentent d'intensité et de volume, puis cessent tout à coup, tandis que fuse une flamme en dard de 2 m de hauteur, accompagnée d'un bruit intense et continu de dégagement gazeux sous pression. Au bout de 2 minutes, la flamme commence à décroître, puis le dégagement de gaz devient alternatif (4^e minute), tandis que les projections reprennent vers la 5^e minute, très faibles d'abord, puis de plus en plus intenses. Il ne paraît pas que le dégagement de gaz pendant cette phase sans explosion, d'une durée de 5 minutes, soit supérieur au dégagement total pendant la période explosive d'une durée de 30 minutes.

On note que les petits phénocristaux de plagioclase sont beaucoup plus abondants dans les projections du bassin sud, qu'ils ne l'étaient dans les projections des cônes 3, 4, 5, 6 ou 7. Ces phénocristaux toutefois sont abondants dans la lave épanchée le 28 janvier, et dans la lave qui constitue les berges de l'ancien lac.

Il paraît désirable de tenter une estimation du rapport du poids de gaz au poids de lave déchargés par le volcan. Le débit de lave est difficile à évaluer, la profondeur du torrent n'étant pas directement mesurable. On verra plus loin que l'estimation des surfaces couvertes par la lave dans le

courant de 1938 donne, pour le débit moyen durant cette année, un chiffre de l'ordre de $9 \text{ m}^3/\text{sec}$; ce débit a décliné régulièrement d'une valeur initiale de 15 ou $20 \text{ m}^3/\text{sec}$ à une valeur finale (en décembre), qui était de l'ordre de 4 à $5 \text{ m}^3/\text{sec}$. Nous adopterons, pour la période à laquelle ces mesures du débit gazeux ont été faites, un débit moyen de $9 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Le débit en gaz est plus difficile à évaluer. Les sources principales de gaz sont : *a*) les orifices et cônes; *b*) les deux bassins; *c*) le torrent, près de sa source.

Généralement, un cône ou orifice est actif à la fois; il se produit cependant des périodes pendant lesquelles deux de ces organes fonctionnent simultanément. Le débit de chacun de ces organes devra être étudié en détail.

2/VIII.

Le temps détestable gêne considérablement les observations. Le bassin sud est presque complètement fermé. De minuscules ouvertures dans la croûte qui s'est formée, permettent encore d'apercevoir la lave liquide qui est animée d'un mouvement d'oscillation rapide.

Le petit cône formé sur la fissure, sur la pente extérieure nord du bassin, a légèrement grandi; il mesure 1 m de hauteur environ.

3/VIII.

Le bassin sud est revenu à un stade d'activité normale. Il a 2 m 50 de diamètre. La lave coule régulièrement du Sud au Nord, mais chaque dégagement explosif de gaz à la berge nord provoque un reflux et une vague. On n'observe pas d'oscillations de niveau autres que celles dues à ces vagues.

On y mesure les températures suivantes :

Lave à l'entrée du bassin : $1080 \text{ }^\circ\text{C}$ (1055°). Ecart maximum sur 5 mesures : $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Lave à la sortie, sous la voûte nord : $1083 \text{ }^\circ\text{C}$ (1058°). Ecart maximum sur 4 mesures : $12 \text{ }^\circ\text{C}$;

Partie supérieure paroi interne du cône formant voûte au-dessus du bassin : $1095 \text{ }^\circ\text{C}$ (1070°). Ecart maximum sur 7 mesures : $15 \text{ }^\circ\text{C}$.

Petit cône adventif extérieur : $1070 \text{ }^\circ\text{C}$ (1045°). Ecart maximum sur 7 mesures : $15 \text{ }^\circ\text{C}$.

Les projections au petit cône-bassin nord sont moins abondantes et moins violentes que les jours précédents. Le gueulard s'est légèrement déplacé et s'ouvre maintenant dans le flanc nord du cône. On entend par instants un bruit analogue à celui d'un clapotis de lave sous le cône. Ce bruit cesse complètement pendant les phases de dégagement gazeux sans projections, qui ont pris un caractère plus intermittent. L'intervalle de ces phases est de 15 à 20 minutes.

On entend un léger crépitement analogue à celui de la lave visqueuse avançant et écrasant sous elle des scories. Ce bruit paraît provenir de l'emplacement du bassin nord, mais le temps couvert rabat les fumées

sulfureuses vers le sol, et il est impossible de s'approcher suffisamment du bassin pour discerner l'origine exacte de ce bruit.

Des claquements violents, accompagnés de légères secousses, se font entendre parfois, à quelques jours d'intervalle, au pied du cône 3, dans la petite région déprimée au Sud du lac. La fréquence de ces secousses paraît augmenter.

A l'orifice 9, on peut estimer le débit en gaz de la façon suivante :

Il se produit 67 explosions en 2 minutes en moyenne. Chaque explosion a une durée moyenne de $3/5$ à $4/5$ de seconde; elle est suivie d'une phase d'arrêt de $1/5$ à $2/5$ de seconde et d'une phase de succion d'une durée identique.

La section de l'orifice est inférieure à 50 m^2 . La vitesse du jet gazeux, qui résulte d'une explosion, est de 12 à 15 m/sec. Une explosion donne donc un débit de gaz de $50 \times 15 \times \frac{4}{5} = 600 \text{ m}^3$. Le débit moyen (compte non tenu du débit négatif des périodes de succion) est donc égal au maximum

$$\text{à } \frac{600 \times 67}{2 \times 60} = 330 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

Comparant, dans des conditions météorologiques semblables, le débit de l'orifice 9 à celui des autres organes, on arrive au résultat suivant :

Orifice 9 une unité.

Orifice 8 (dégagement paresseux de vapeur aux cônes éteints) une unité (probablement pour la plus grande part d'origine météorique).

Bassin sud et bassin nord une unité.

Ouvertures 1, 2, 3, 4 du torrent de lave . une unité.

soit au total 4 unités, ce qui correspond à un débit total de $330 \times 4 = 1320 \text{ m}^3/\text{sec}$. Prenant pour la densité de ces gaz une valeur moyenne à $1200 \text{ }^\circ\text{C}$ et 1 atmosphère de $0,18 \text{ kg/m}^3$, on obtient ainsi pour poids de gaz dégagé : $1320 \times 0,18 = 237,6 \text{ kg/sec}$ ¹. Le débit de lave a été estimé à $9 \text{ m}^3/\text{sec}$, soit 23.000 kg ; le rapport gaz-lave est donc de : $\frac{237,6}{23.000} = 1,05 \%$.

Compte n'est pas tenu du fait qu'une partie notable du volume des gaz, qui se dégagent aux orifices, est composé d'oxygène et d'azote empruntés à l'air, et de vapeur d'eau d'origine météorique. Ce chiffre de $1,05 \%$ est donc probablement trop élevé, et il semble raisonnable de dire que le débit de gaz magmatiques est inférieur à 1% en poids². Si on fait abstraction

1. La densité d'une lave vitreuse non vésiculaire de 1938 est de 2705. DALY (*Igneous Rocks and the Depths of the Earth*, p. 48) indique que la diminution moyenne de densité d'un verre de composition analogue entre 20 et 1200°C est de $5,7 \%$. La densité de la lave à $1200 \text{ }^\circ\text{C}$, serait donc voisine de 2,55.

2. Rappelons que la combustion de 22,4 litres d'hydrogène exige 11,2 litres d'oxygène, à la pression et à la température normales; si l'oxygène est d'origine atmosphérique, le volume des gaz brûlés est de l'ordre de 3 fois celui du gaz combustible d'origine magmatique.

du dégagement des cônes éteints, qui est presque certainement pour la plus grande part d'origine météorique, on arrive à un rapport gaz-lave de l'ordre de 0,7 % seulement. C'est, jusqu'à plus ample informé, le meilleur chiffre à adopter.

4/VIII.

Le niveau du bassin sud a baissé de près de 1 m. L'activité paraît avoir diminué au petit cône adventif extérieur, où les projections ont cessé.

Au cône-bassin nord, les projections ont complètement cessé. Le gueulard s'est agrandi et une petite coulée s'est déversée vers le Nord. Par instants, le débit de gaz s'arrête complètement, puis reprend quelques minutes plus tard; les phases de « gaz pur » sans projections paraissent avoir cessé.

La largeur et la vitesse du courant dans le torrent de lave demeurent constants; son niveau paraît avoir légèrement baissé, ce qui peut correspondre soit à une diminution du débit, soit à un approfondissement de son lit.

5/VIII.

Le niveau du bassin sud a remonté, mais la lave est presque entièrement couverte d'une croûte épaisse, ancrée aux bords. La situation est approximativement revenue à celle du 2 août. Dans le courant de la matinée, le mouvement d'agitation de la lave provoque la rupture de la croûte qui s'effondre, et la surface apparente du bassin s'agrandit. En même temps, une partie de la voûte du cône qui surplombe la partie nord du bassin s'effondre. L'agitation augmente et l'activité redevient projective.

Le cône-bassin nord paraît calme. On n'observe plus de projections ni de nouvelles coulées. Vers 11 h, quelques bouffées de gaz plus intenses accompagnées de flammes continues en dard, rappellent les phases de gaz pur, mais le phénomène ne dure que quelques secondes.

6/VIII. Statu quo.

7/VIII.

La surface apparente du bassin sud est réduite à 1 m² environ. De nombreux orifices se sont ouverts dans les parois externes du cône qui surplombe la moitié nord du bassin.

La lave dans le bassin est soumise au balancement habituel, les vagues se succèdent de 2 en 2 secondes. A l'oscillation de la surface qui en résulte, se superpose une variation de niveau d'une période de 11 minutes environ (fig. 10). Chaque période est marquée par le fait que la croûte se détache et est emportée par le courant sud-nord.

La relation approximative établie plus haut (voir p. 92) entre la période et la surface d'un bassin, indique que la période actuelle du bassin sud correspondrait à un bassin ayant une superficie beaucoup plus grande que 1 m². De fait, l'abondant dégagement parfois explosif de gaz magmatiques,

par les différentes fissures et orifices ouverts dans les parois du cône, indiquent une extension considérable (de l'ordre de plusieurs dizaines de mètres carrés) du bassin sous le cône.

Le cône-bassin nord est tranquille. Il est percé maintenant de deux ouvertures, d'où s'échappent des gaz dont le débit irrégulier augmente soudainement, pour revenir à une valeur plus faible quelques minutes plus tard.

A l'orifice 8, au fur et à mesure que l'intensité des flammes diminue, le débit de « fumée » devient de plus en plus abondant. Par « fumée », on

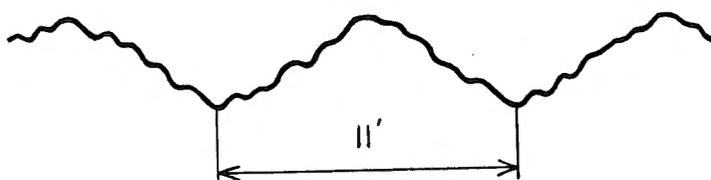


FIG. 10. — Bassin sud. Oscillation de la surface et variations du niveau de la lave s'accomplissant en périodes de 11 minutes environ.

entend cette partie du dégagement qui, dans l'orifice même, possède déjà la consistance blanche d'un nuage. Du fait de la température élevée qui règne à l'orifice, il n'est pas probable qu'il s'agisse entièrement de vapeur d'eau; ce dégagement forme peut-être une fumée véritable, c'est-à-dire une suspension de particules solides de dimensions moléculaires dans un courant gazeux.

8/VIII.

Le bassin sud s'est agrandi; il a maintenant la forme d'une ellipse dont le grand axe, dirigé Nord-Sud, mesure 4 m et le petit axe 2 m. Pendant toute la matinée, des fragments de lave ne cessent de se détacher de la voûte surplombante et de tomber dans le bassin, sans provoquer de fontaines; ces fragments paraissent formés de projections agglutinées et demeurées pâteuses par suite de la chaleur reverbérée par la lave et dégagée par la combustion des gaz.

A l'oscillation de la surface de la lave, provoquée par le dégagement explosif des gaz, se superpose encore une oscillation générale plus lente, dont la période est de 11 à 13 minutes. Plus tard (11 h 30), la période tombe à 3 minutes. Elle est difficile à préciser en raison même du balancement perpétuel de la surface. Le courant sud-nord se maintient d'une façon absolument constante à travers le bassin.

Les variations cycliques de niveau pourraient s'expliquer simplement par des variations de vitesse d'écoulement de la lave, à la sortie du bassin.

Données numériques relatives au bassin sud :

Superficie découverte : environ 25 m²;

Vitesse du courant : la lave traverse le bassin en 30 ou 40 secondes (moyenne 35 sec) correspondant à une vitesse de 0,11 m/sec;

Amplitude des oscillations :

courte période (2 sec), environ 20 cm;

longue période (11 sec), environ 50 cm.

Nombre d'explosions à la minute : 32;

Surface des orifices de gaz dans la paroi externe du cône : environ 2 m²;

Vitesse du dégagement gazeux à ces orifices : 15 m/sec.

Le débit total de gaz est de l'ordre de, mais probablement inférieur à, 50 m³/sec, correspondant à un poids de 9 kg/sec. Le débit de lave serait, en admettant que le courant ne circule que dans la partie découverte du bassin, et en admettant pour le bassin une profondeur minimum de 2 m, de $2 \times 2 \times 0,11$ m³/sec, soit 0,44 m³/sec, correspondant à un poids de 1 t/sec. Le rapport gaz/lave est donc de $\frac{9}{1000} = 0,90$ %. En fait, la largeur vraie du bassin est probablement de l'ordre de 5 à 6 m, et le rapport gaz/lave ne doit pas être sensiblement supérieur à 0,3 %.

L'apex du cône-bassin nord est perforé d'une masse de petites ouvertures qui en font une écumoire semblable, sous certains rapports, à l'ancien « oursin ».

La lave, aux ouvertures 1 et 2 du torrent, est presque entièrement recouverte d'une croûte immobile ancrée sur les bords.

9/VIII.

Le bassin sud s'est légèrement allongé. Les oscillations causées par les explosions, rendent illusoire toute tentative d'établir la période ou l'amplitude des variations de niveau moyen. Vers 11 h, le niveau moyen étant tombé particulièrement fort, la vitesse du courant à travers le bassin augmente et atteint 0,30 cm/sec.

Vers 19 h 15, pendant des observations spectrographiques à l'orifice 8, un éclat anormalement intense des nuages, au-dessus de la cuvette du lac, indique que le bassin nord s'est probablement ouvert à nouveau.

10/VIII.

Le bassin sud s'est encore quelque peu agrandi. Le courant y est régulier, l'amplitude des oscillations a nettement diminué et les projections ont cessé.

Le cône-bassin nord s'est partiellement effondré, découvrant un bassin elliptique allongé dans le sens Nord-Sud et mesurant 6 à 8 m dans sa plus grande longueur, 4 à 5 m dans sa plus grande largeur. Un courant de lave, entrant du Sud-Est, traverse le bassin en 30 ou 40 secondes, se dirigeant vers 2 fontaines situées au Nord et au Nord-Ouest, et où le dégagement

explosif de gaz, accompagné de projections, provoque un mouvement de balancement de la lave qui s'amortit dans le voisinage immédiat des fontaines. La croûte qui se forme sur la lave forme des plis splendides, qui peuvent être dus soit à l'entraînement de la croûte par la lave sous-jacente, soit à une pression dirigée d'amont vers l'aval et qui forcerait la lave vers les exutoires constitués par les fontaines.

Il semble y avoir des variations périodiques de niveau. Le niveau étant tombé de près de 1 m vers 11 h 12, le courant s'accélère et le bassin se remplit. Le courant s'arrête alors totalement et reprend quelques instants plus tard à la vitesse habituelle.

L'écoulement dans le torrent de lave paraît inchangé. Le dégagement de vapeur aux fissures situées vers 2450 m a complètement cessé, coïncidant avec l'absence de pluies depuis le 4 août.

11/VIII.

Un tremblement de terre, d'une intensité moyenne, se produit vers 5 h.

Le bassin nord a débordé pendant la nuit et une coulée de lave s'est étalée dans le fond de la cuvette de l'ancien lac. La fontaine nord-ouest a cessé de fonctionner et un petit cône s'est formé sur la berge, à l'aplomb de la fontaine nord.

Le bassin s'est légèrement rétréci. A 8 h 30, on observe un courant régulier de lave. A 9 h 02, des projections s'échappent sous la berge sud, c'est-à-dire du côté amont par rapport au courant; le niveau tombe brusquement, puis remonte et dépasse sa valeur primitive. Une croûte se forme, qui demeure pendant quelques instants stationnaire, mais palpitante. Le niveau baisse ensuite légèrement et une bavure de lave brassée par les gaz de la fontaine nord vient recouvrir partiellement la croûte qui s'enfonce. Cet engloutissement ne provoque pas de fontaines. Plus tard, le courant continu se rétablit dans le sens Sud-Nord habituel.

Un retour à Rutshuru pour approvisionnement et une ascension du Mikeno (16-17-18 août) interrompent les observations jusqu'au 23 août.

23/VIII.

L'aspect général du volcan paraît inchangé. L'orifice 8 est complètement éteint, tandis que l'orifice 9 demeure actif (29 explosions en 33 secondes). L'éclat de la lave du torrent est intense, tandis que les lueurs au-dessus du bassin sont faibles.

24/VIII.

Entre le 11 et le 23, le niveau du bassin sud a baissé de près de 1 m; il est le siège d'un courant régulier de lave qui disparaît sous la berge ouest. On observe quelques fluctuations de niveau irrégulières et apériodiques, qui se traduisent par de légères variations de vitesse du courant (la lave traverse le bassin en 25 à 35 secondes).

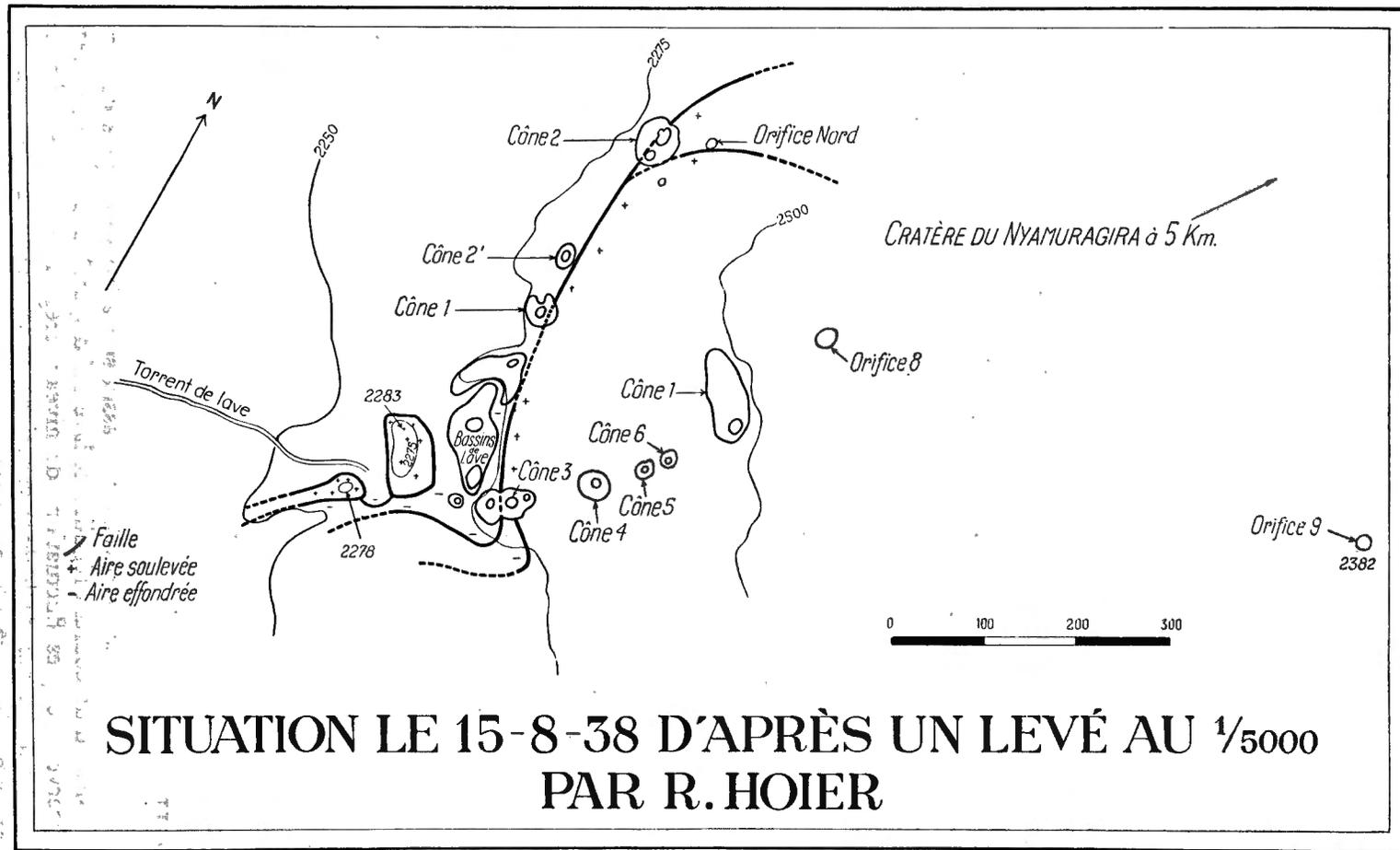


FIG. 11. — Carte de Tshambene, relevée le 15 août 1938.

Des stalactites blanches, longues de plusieurs centimètres, se sont formées en différents points de la berge est du lac; il s'en forme aussi dans le petit cône éteint et éventré au Sud du lac, où elles sont accompagnées de stalactites constituées de boules jaunes amorphes et plastiques, suspendues dans une véritable gaine de la même substance durcie.

Le petit cône-satellite, haut de 1 m, formé sur une fissure ouverte dans la pente extérieure nord du cône-bassin sud, est encore actif. A peu de distance, un autre petit orifice s'est ouvert obliquement dans la paroi même de l'ancien lac.

Le bassin nord paraît inactif; sa surface est recouverte d'une croûte épaisse, mais des gaz s'échappent par divers petits orifices incandescents. Ce dégagement de gaz est assez irrégulier, mais il augmente nettement d'intensité toutes les 8 ou 9 minutes. Ces maxima sont suivis de périodes de silence.

A 17 h, l'aspect du bassin nord était inchangé.

L'aspect du torrent de lave ne s'est pas modifié; dans la matinée, la lave coulait librement aux ouvertures 1 et 2, mais dans l'après-midi, une croûte se reforme par l'agglutination progressive des petits fragments plastiques charriés par la rivière, et ces fragments viennent d'abord s'accumuler les uns contre les autres contre la berge, étranglant ainsi progressivement la rivière et formant un barrage sous lequel la lave continue à s'écouler.

25/VIII.

Statu quo. La croûte qui s'était formée la veille sur la lave du torrent, à l'ouverture n° 1, a de nouveau disparu.

Les conditions s'étant stabilisées au volcan, de grandes modifications de la topographie ne paraissent pas à craindre. Le Colonel HOIER, Conservateur du Parc National Albert, entame en conséquence la carte au 1/5000^e.

26/VIII.

Statu quo. La lave du torrent se construit de nouveau une croûte. Les intervalles entre maxima successifs du dégagement gazeux au bassin nord, varient de 6 à 12 minutes.

27/VIII.

Pendant la nuit, tandis qu'on travaille au spectrographe, on observe vers 4 h 30 du matin des lueurs vives au-dessus du bassin nord, qui s'est probablement ouvert à nouveau.

Le bassin nord s'est ouvert sur l'emplacement réduit qu'il occupait le 10 août, et un léger courant le traverse dans le sens Sud-Nord. On observe à nouveau des phases d'engloutissement de la croûte, accompagnées d'une forte baisse de niveau et suivies immédiatement d'un violent dégagement gazeux qui s'élève sans turbulence de la surface entière du bassin. Il se produit peu de fontaines.

28/VIII.

Le soir à 20 h, et le lendemain à 4 h 30, on observe des lueurs particulièrement intenses au bassin nord.

Le bassin sud n'a pas changé. La température dans le petit orifice ouvert dans la paroi est du lac, à l'Est du bassin sud, est de 1070 °C (1045°).

Ce qui restait du cône formé sur le bassin nord le 30 juillet s'est effondré, et un large bassin elliptique a réapparu; une coulée en a débordé vers le Nord-Est.

Ce bassin est le siège d'un courant continu Sud-Nord, qui le traverse en un temps variant de 55 à 80 secondes (vitesse : 0,18 à 0,12 m/sec). Le courant n'a généralement que 1 à 2 m de large, le restant de la surface du bassin ne participant pas d'une façon visible au mouvement. Au Nord, une fontaine du 2^e genre, en activité quasi-permanente, projette obliquement dans un rayon de quelques mètres, des petits fragments de lave incandescente.

On observe à nouveau les chutes périodiques du niveau, dont les intervalles sont très irréguliers (35 min, 15 min, 28 min); elles sont consécutives soit à une fontaine du 1^{er} genre se produisant à la berge sud-est, soit à un dégagement intense de vapeur s'échappant sous la berge sud, c'est-à-dire venant d'amont par rapport au sens normal de circulation de la lave. Les chutes sont de 0,50 à 1 m; elles sont suivies d'une remontée lente (3 à 4 min) du niveau. Pendant la chute, qui est brève, et la remontée, la fontaine au Nord diminue d'intensité ou s'arrête complètement. Au total, le dégagement de gaz paraît maximum pendant les périodes de remplissage. Les données numériques relatives aux deux bassins s'établissent comme suit :

Bassin nord :

Longueur 8 à 10 m; largeur 4 à 6 m; largeur du courant 2 m;

Profondeur du courant : au moins égale à l'amplitude des chutes de niveau, soit approximativement 1 m;

Vitesse de la lave : 0,18 à 0,12 m/sec;

Vitesse de remplissage du bassin : 3 à 4 min;

Débit du bassin :

a) en période normale, $2 \times 1 \text{ m}^2 \times 0,15 \text{ m/sec.} = 0,30 \text{ m}^3/\text{sec.}$;

b) consécutivement à une chute de niveau de 1 m,

$$\frac{36 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m}}{4 \times 60 \text{ sec}} = 0,15 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

Rythme du dégagement gazeux à la fontaine nord : 28 explosions en 30 secondes;

Débit approximatif de la fontaine nord : 10 m³/sec.;

Rapport gaz/lave pendant les intervalles des « vidanges » :

$$\frac{10 \text{ m}^3/\text{sec} \times 0,18 \text{ kg}/\text{m}^3}{0,3 \text{ m}^3/\text{sec} \times 2,550 \text{ kg}/\text{m}^3} = \frac{1,8 \text{ kg}}{765 \text{ kg}} = 0,2 \%$$

Bassin sud :

Largeur 6 m, longueur 5 m;

Vitesse du courant : 0,20 m/sec;

Débit de lave : $6 \times 1 \times 0,20 \text{ m}^3/\text{sec} = 1,20 \text{ m}^3/\text{sec}$;

Débit de gaz (évalué) : 100 m³/sec;

Rapport gaz/lave : $\frac{18 \text{ kg}}{3000} = 0,6 \%$;

Le débit de lave, c'est-à-dire la quantité de lave qui traverse le bassin par unité de temps, est probablement supérieure à 1,20 m³/sec, du fait que le bassin se prolonge souterrainement sous ses berges.

A l'ouverture n° 1 du torrent, la température de la lave, mesurée à 10 h 45, sous une minuscule déchirure de la croûte formée le 27 août, est de 1050 °C (1030°). Vers 11 h 10, la croûte se disloque brusquement et est entraînée, libérant complètement la surface de la lave, dont la température paraît beaucoup plus faible (1000 °C) en raison de la pellicule qui se forme immédiatement à sa surface non protégée.

Pendant la nuit du 28 au 29, les lueurs du bassin nord deviennent plus intermittentes.

29/VIII.

Tandis que le bassin sud présente le même aspect que la veille, le niveau de la lave dans le bassin nord a baissé de 50 cm. A cette baisse s'ajoute celle qui se produit périodiquement (9 h 15, 9 h 40, 10 h 30, 11 h) et dont l'amplitude atteint parfois près de 1 m. Ces chutes périodiques surviennent souvent à l'improviste et débutent par un violent dégagement de gaz provenant d'amont; elles présentent les caractères habituels (fontaines du 1^{er} genre, engloutissement de fragments de croûte, remplissage du bassin en quelques minutes, etc.). Un élément distingue l'activité de ce bassin de celle du bassin auquel il succède : c'est l'existence d'un courant continu traversant le bassin pendant toute la période qui sépare deux chutes de niveau successives. Dans le bassin nord, tel qu'il se présentait avant la formation du cône, les intervalles entre chutes de niveau étaient des périodes d'inactivité quasi-totale. Le phénomène de la circulation de la lave dans le bassin n'est donc pas lié essentiellement à celui des chutes périodiques du niveau.

Au torrent de lave, une croûte qui s'est formée dans la nuit du 28 au 29, disparaît en grande partie, brusquement, vers 10 h. La température de la lave, mesurée à travers une fissure de la croûte, préalablement à la débâcle, était de 1050 °C (1030°); après la débâcle, on lit 1068 °C (1043°).

La température à l'ouverture n° 4 (1093 °C) est toujours notablement supérieure à ce qu'elle est à l'ouverture n° 1; l'absence presque complète de flammes aux diverses ouvertures dans la voûte du tunnel, semble indiquer que ce réchauffage apparent de la lave doit être dû uniquement à sa turbulence qui empêche la formation, à sa surface, d'une pellicule protectrice froide.

30/VIII.

Bassin sud : statu quo.

Bassin nord : la fontaine du 2^e genre, qui fonctionnait d'une façon quasi permanente à la berge ouest du bassin, s'est arrêtée et l'échappement des gaz se fait maintenant par un orifice dans la pente externe de la petite digue qui entoure le bassin. Le courant sud-nord est devenu discontinu. Les vidanges débutent par un violent dégagement de gaz par la berge sud (côté amont) auquel succèdent de grandes fontaines du 1^{er} genre, l'engloutissement de la croûte et une chute de niveau de 1 m environ. Le bassin est alors le siège d'une émission de gaz qui s'élèvent sans violence, comme un brouillard sur un étang; puis ce dégagement cesse et le remplissage commence, qui dure 5 à 6 minutes en moyenne.

Une croûte s'est formée à nouveau, qui recouvre toute la surface de la lave dans l'ouverture n° 1 du tunnel. La température de la lave sous-jacente, vue à travers une mince fissure, est de 1050 °C (1030°).

31/VIII.

L'aspect du bassin nord ne s'est pas sensiblement modifié. Le dégagement de gaz à la berge nord se fait à nouveau par la face interne de la berge, et le niveau de la lave paraît avoir légèrement baissé. Il a monté au contraire au bassin sud et le petit orifice de gaz dans la berge est du lac projeté de petits fragments de scorie incandescente. Le volume des gaz qui s'échappent de diverses petites fissures de la berge est, paraît avoir augmenté.

1/IX.

Le niveau du bassin sud a encore monté de quelques centimètres, mais la superficie découverte du bassin a considérablement diminué. Un nouvel orifice s'est ouvert dans la paroi externe du cône effondré qui forme voûte au-dessus du bassin; l'orifice dans la paroi est du lac crache encore légèrement.

Le bassin nord s'est également rétréci, mais il a retrouvé l'aspect de ses premiers jours, à la différence près, que son niveau est maintenant de 50 cm inférieur à ce qu'il était alors. Un courant de lave circule du Sud au Nord, et la fontaine du 2^e genre de la berge nord est rentré en fonction. La température de la lave à cette fontaine est voisine de 1085 °C (1060°).

Le mouvement de la lave est interrompu périodiquement (9 h 40, 10 h 21 10 h 49, etc.) par des chutes rapides du niveau qui se produisent sans

avertissement préalable, et qu'accompagne un intense dégagement gazeux, notamment en deux points situés respectivement aux berges est et ouest du bassin.

La surface de la lave, à l'ouverture n° 1 du tunnel, est toujours recouverte d'une croûte qui se fissure et s'entr'ouvre parfois, mais se ressoude aussitôt.

2/IX.

Au fur et à mesure que s'agrandissent les orifices dans la paroi externe de la voûte du bassin sud, sa surface découverte diminue.

Le bassin nord n'a pas changé depuis la veille.

Détail des observations pendant une heure :

- 14 h 14 Chute brusque du niveau.
- 14 h 17 Silence total. Pas de fumée.
- 14 h 23 Le niveau remonte lentement, mais on n'observe pas de courant. Le bassin paraît s'alimenter par le fond.
- 14 h 27 Une vague de lave, entrant du Sud, vient rouler sur la croûte qui s'est formée, et traverse ainsi le lac.
Arrivée au Nord, son poids provoque l'enfoncement de la croûte, la production d'une fontaine du 1^{er} genre et le courant se rétablit sur toute la largeur du bassin. On observe que la vitesse du courant augmente en proportion de l'intensité de la fontaine. Puis elle s'arrête, le calme renaît et une fontaine du 2^e genre se met à fonctionner à la berge nord, à la cadence de 49 explosions à la minute. Un léger courant traverse lentement le bassin, se dirigeant vers cette fontaine.
- 14 h 40 Une violente agitation se produit vers l'amont (berge sud); elle est suivie d'une abondante émission de gaz, d'une durée de 1 minute, d'une chute de niveau et de l'arrêt de la fontaine nord. Le dégagement de gaz diminue graduellement, puis cesse, et le bassin se remplit en silence.
- 14 h 44 Une violente fontaine, accompagnée de projections, se met en marche brusquement à la berge sud; le niveau demeure constant. Elle s'arrête bientôt et, à
- 14 h 44 m 30 sec, la fontaine nord redevient active. Aucun courant n'est visible.
- 14 h 58 Un dégagement de gaz se produit au Sud. Il provoque une légère chute de niveau et la croûte, qui ne se rompt pas, se met bientôt en marche vers le Nord. Le niveau remonte aussitôt.
On observe que le dégagement gazeux à la berge sud est généralement plus blanc et plus dense que le dégagement de fumée bleue, caractéristique des fontaines et notamment de la fontaine nord.
- 15 h 01 La fontaine nord se met en marche, puis s'arrête.
- 15 h 03 Le niveau tombe légèrement.

- 15 h 05 m 30 sec. Violent dégagement de gaz en amont. La fontaine nord, un instant interrompue, reprend aussitôt.
- 15 h 11 Une invasion de lave, venant du Sud, chasse la croûte devant elle.
- 15 h 12 à 15 h 14. La surface entière du bassin est le siège d'un abondant dégagement très calme de vapeur qui cesse, tandis que le lac se remplit.
- 15 h 17 La fontaine nord se remet en marche.
- 15 h 32 Un violent dégagement de vapeur se produit au Sud, provoquant l'arrêt de la fontaine nord, mais le niveau ne baisse pas d'une façon sensible.
- 15 h 33 à 15 h 34. La croûte s'engloutit et le niveau tombe légèrement.

Les observations s'interrompent du 3 au 15 septembre, pour permettre une récolte de gaz aux solfatares du cratère du Nyamuragira et une visite du front de la coulée vers Sake, à 18 km de Tshambene. La lave, qui avance sur un front considérable, se solidifie sous forme de magnifique « pahoehoe » avec une croûte vitreuse épaisse et peu vésiculaire. On n'observe aucun dégagement de fumée qui ne puisse être rapporté à des incendies allumés par la lave ou à la combustion d'arbres tombés sur la coulée. La lave n'émet apparemment pas de gaz en se solidifiant.

La superficie couverte par la lave est à ce jour (11 septembre) de plus de 160 km²; l'épaisseur des coulées varie de 1 à 6 m et est en moyenne probablement supérieure à 3 m. Le débit total est donc de l'ordre de 180,10⁶ m³, ce qui conduit à un débit moyen de l'ordre de 10 m³/sec.

Ce débit paraît avoir diminué d'une façon assez régulière et presque imperceptible depuis le début de l'éruption; il est actuellement probablement encore de l'ordre de 9 m³/sec, chiffre qu'on a adopté au début du mois d'août pour le calcul du rapport gaz/lave.

15/IX.

La pleine lune du mois de septembre, comme celle du mois d'août, n'a pas été marquée par la formation d'un nouveau cône ou d'un nouvel orifice. L'activité de l'orifice 9 dépasse maintenant en durée celle des organes similaires formés jusqu'à présent.

L'éclat de la lave dans le bassin nord est intense le soir.

16/IX.

Par suite des pluies abondantes des jours précédents, et particulièrement du 15 septembre, Tshambene est enveloppé dans un nuage de vapeur qui disparaît vers 13 h.

Le bassin sud est le siège d'un courant assez rapide (0,30 m/sec environ) et continu. Les orifices dans la paroi externe de la voûte et dans la paroi est du lac se sont agrandis.

Le bassin nord est légèrement plus grand et son niveau a quelque peu baissé. Son comportement est régulier, avec des vidanges à intervalles

d'approximativement 20 minutes, comme en témoigne le détail des observations ci-dessous :

- 10 h 20 Calme, remplissage lent du bassin.
- 10 h 35 Bruit intense, début de formation d'une fontaine du 2^e genre, au Nord.
- 10 h 37 Une fontaine du 1^{er} genre prend naissance au Sud; elle traverse le bassin à la vitesse du courant et, à
- 10 h 39 atteint la berge nord. Le niveau tombe rapidement, et à
- 10 h 41 le courant s'établit à nouveau.
- 10 h 44 Une fontaine du 2^e genre entre en activité au Nord (dégagement moyen : 5 m³/sec?). Un courant sud-nord s'établit à la vitesse de 0,20 m/sec. Il demeure constant pendant 18 minutes environ.
- 11 h 02 m 30 sec. Il se produit une chute brusquée et un abondant dégagement gazeux, qui dure 45 sec, et est évalué à 200 m³/sec.
- 11 h 04 Une minute plus tard, le remplissage commence et le dégagement gazeux tombe à 0.
- 11 h 14 Le débit gazeux, qui était insignifiant, augmente au Sud et passe à 5 m³/sec. approximativement.
- 11 h 18 Une fontaine du 1^{er} genre se forme au Sud et le dégagement gazeux augmente brusquement (100 m³/sec?). Le niveau tombe brusquement, l'évacuation de la croûte se faisant *vers le Sud*. Un courant régulier s'établit dans le sens Nord-Sud et, à
- 11 h 21 le dégagement gazeux retombe rapidement à approximativement 10 m³/sec.
- 11 h 22 Baisse brusque et importante (1 m) du niveau. Fontaines du 1^{er} genre et engloutissement total de la croûte. Dégagement intense de gaz, évalué à 250 m³/sec.
- 11 h 24 Le courant se rétablit dans le sens Sud-Nord; une fontaine se forme au Nord.
- 11 h 28 Le bassin paraît rempli; la fontaine au Nord a un débit voisin de 10 m³/sec.
- 11 h 30 La fontaine nord s'arrête. Un faible dégagement de gaz se produit au Sud.
- 11 h 35 Une vague de lave envahit le bassin du Sud vers le Nord. Elle provoque l'enfoncement de la croûte et des fontaines.
- 11 h 40 Le niveau baisse un peu et le dégagement de gaz augmente, puis retombe à 0.
- 11 h 42 Le calme renaît.
- 11 h 48 Une fontaine se forme au Nord. Son activité augmente rapidement et provoque l'engloutissement d'une large portion de la croûte et, à
- 11 h 49 une légère baisse de niveau.
- 11 h 50 Calme total.

La période est donc en moyenne de 20 min (10 h 20-10 h 39, 10 h 39-11 h 02, 11 h 02-11 h 18, 11 h 18-11 h 40). Le bassin, qui est de forme grossièrement elliptique, a une superficie découverte de 100 m² environ. Le grand axe de l'ellipse, dirigé Sud-Nord, mesure 15 m. Le débit moyen de gaz, obtenu en évaluant le volume total dégagé en un temps donné, est de 25 m³/sec, approximativement. Le débit moyen de lave, en admettant un courant de 0,20 m/sec occupant la moitié de la largeur maximum du bassin (8 m) et ayant une profondeur de 1 m, serait de 0,8 m³/sec. Ce chiffre est du même ordre de grandeur que celui qu'on obtient en évaluant l'apport de lave consécutif à une vidange (surface du bassin : 100 m²; chute de niveau : 1 m; apport : 100 m³), et le divisant par le temps nécessaire au remplissage (2 à 3 minutes). Adoptant pour ce débit la valeur minimum de 0,5 m³/sec, on obtient pour le rapport gaz/lave la valeur

$$\frac{25 \text{ m}^3 \times 0,18 \text{ kg/m}^3}{0,5 \text{ m}^3 \times 2,550 \text{ kg/m}^3} = 0,35 \text{ \%}.$$

Il est peu probable qu'on fasse sur l'estimation du débit de gaz une erreur de plus de 100 %. Il semble donc qu'on puisse affirmer que le débit de gaz représente en un temps donné moins de 1 % du poids de la lave qui traverse le bassin.

On obtient pour le rapport gaz/lave, relatif à l'ensemble du volcan, les chiffres suivants :

A. Gaz (densité à 760 mm et 1200 °C, 0,18 kg/m³).

a) Orifice 9 : 39 explosions par minute. Durée d'une explosion : 2/5 seconde.

Section de l'orifice¹ : 100 m².

Débit pendant les périodes explosives :

$$100 \text{ m}^2 \times 15 \text{ m/sec} = 1500 \text{ m}^3/\text{sec}.$$

Débit moyen :

$$1500 \times \frac{2}{5} \times \frac{39}{60} = 390 \text{ m}^3/\text{sec}.$$

b) Bassin nord et bassin sud : 100 m³/sec.

c) Torrent à sa source : pour mémoire
(500 m³/sec).

Poids : 500 × 0,18 = 90 kg/sec.

B. Lave (débit minimum : 8 m³/sec).

Densité de la lave liquide à 1200 °C : 2,55.

Débit en poids : 20400 kg/sec.

$$\text{Rapport gaz/lave} \frac{90}{20.400} = 0,44 \text{ \%}.$$

1. Il semble en effet que l'orifice s'est légèrement élargi depuis l'évaluation faite en août. Le chiffre 100 m² est plutôt trop élevé que trop faible.

Ce chiffre est plus faible que celui obtenu au début d'août, parce qu'il néglige le poids des gaz qui s'échappent aux orifices et aux cônes éteints. Ces gaz, dont la température est faible (100 °C) sont constitués principalement de vapeur d'eau probablement d'origine météorique. En tenant compte de ce débit (orifice 8 + cône 7 + cône 4 = 250 m³/sec; densité à 100 °C et 760 mm : 0,6 kg/sec), on arrive à un rapport de $\frac{90+150}{20.400} = 1,2 \%$.

Rappelons que ce chiffre est probablement beaucoup trop élevé du fait que :

1° on a adopté un chiffre relativement faible pour le débit de lave (8 m³/sec) au lieu de 9 ou 10 m³;

2° une partie importante du dégagement est probablement constituée de vapeur résurgente (orifice 8, cône 7, cône 4).

3° une partie importante du dégagement est constituée de gaz empruntés à l'atmosphère (O² N², etc.).

Même en admettant une erreur du simple au double sur l'estimation des débits de gaz, il est encore permis de dire que le rapport du poids de gaz magmatiques au poids de la lave épanchée du volcan, est probablement considérablement inférieur à 1 %.

17/IX.

Un changement dans la direction du vent et un temps découvert améliorent la visibilité dans la cuvette du lac.

L'activité du bassin nord rappelle, en petit, celle de l'ancien lac. Un courant constant se dirige du Sud au Nord vers un point de la berge où se manifeste une active fontaine du 2^e genre. On n'observe pas de chutes importantes du niveau, mais la croûte, très flexible, est fréquemment engloutie, ce qui provoque une grande abondance de fontaines du 1^{er} genre.

Un orifice dans la paroi externe de la voûte du bassin sud permet de voir la lave qui s'écoule en dessous. Le bassin lui-même s'est légèrement rétréci. Le courant est toujours rapide (0,25 m/sec).

L'aspect du torrent de lave ne s'est pas modifié. Dans l'ouverture n° 1 du tunnel, la surface de la lave est entièrement couverte.

18/IX.

Au bassin nord, l'activité est irrégulière. L'intervalle entre chutes de niveau varie de 3 à 18 minutes. On observe très nettement les faits suivants :

1° il n'est pas nécessaire que le niveau remonte entre chutes successives, dont les amplitudes respectives s'additionnent;

2° le niveau ne remonte pas pendant le fonctionnement des fontaines du 2^e genre.

Pendant cette journée, les fontaines du 2^e genre se produisent indifféremment sur tout le pourtour du bassin; les fontaines du 1^{er} genre ont

toujours tendance à migrer vers le Nord. Certains englobissements se font au Nord, d'autres à l'Ouest, d'autres au Sud. Le remplissage se fait généralement par le fond. On observe cependant une fois un remplissage par apport de lave sous la berge ouest.

La température de la lave aux fontaines est en moyenne de 1085 °C (1060°). La lave entre calmement dans le bassin à une température superficielle de 1030 à 1050 °C (1010 à 1030°). Immédiatement après une chute de niveau, on mesure 1062 à 1068 °C.

La lave qui circule sous la voûte du bassin sud a une température constante, voisine de 1080 °C (1055°).

La croûte qui recouvrait la lave dans l'ouverture n° 1 du tunnel a de nouveau disparu.

19/IX.

Le bassin sud ne présente pas de modifications notables. Au bassin nord, la période est de 33 minutes en moyenne.

Détail des observations :

- 9 h 05 Fin d'une phase d'englobissement. Le niveau remonte. Le dégagement de gaz, modéré, croît légèrement. Pas de fontaine.
- 9 h 17 L'englobissement d'un fragment de lave provoque une fontaine du 1^{er} genre qui dure 60 secondes. Le niveau monte encore légèrement; la croûte se fond et un petit filet de lave, qui suinte par la fissure, vient baver sur la croûte. Le débit de gaz tombe à 0.
- 9 h 27 Une fontaine du 1^{er} genre prend naissance sans englobissement préalable au Nord. Elle se transforme en une fontaine du 2^e genre. Le niveau reste constant, puis à
- 9 h 27 brusquement, un soudain et violent dégagement de gaz se produit au Sud. La fontaine nord s'arrête et le niveau tombe en 15 secondes. Le dégagement de gaz dure 2 min 30 sec, puis à
- 9 h 40 tombe à 0 et il règne un silence complet. Le niveau remonte.
- 9 h 41 Nouveau dégagement de gaz abondant mais silencieux. Le niveau monte toujours.
- 9 h 43 Le niveau de 9 h 37 est atteint. Le silence règne.
- 9 h 45 Le niveau de 9 h 37 est dépassé. Le dégagement de gaz est toujours nul.
- 9 h 51 Un violent dégagement de gaz provoque la rupture de la croûte. Une fontaine se forme, mais le niveau reste constant. La croûte palpète, tandis qu'un peu de lave suinte par les fissures.
- 9 h 53 Le niveau tombe légèrement et la croûte se disloque.
- 9 h 56 Une violente fontaine prend naissance à l'Ouest. Un courant régulier s'établit vers ce point. Le niveau reste constant.

- 10 h 01 La croûte se détache entièrement sur le pourtour du bassin. Elle demeure immobile.
- 10 h 05 La fontaine ouest s'arrête; un violent dégagement de gaz se produit au Sud et le niveau tombe. La croûte est brusquement engloutie et des fontaines du 1^{er} genre prennent naissance, consécutivement à la chute. Un courant s'établit dans le sens Ouest-Est.
- 10 h 06 Silence. Le niveau remonte. Le dégagement de gaz est intense, mais silencieux.
- 10 h 09 Le dégagement de gaz tombe à 0. Le niveau monte encore.
- 10 h 10 Le dégagement de gaz reprend au Nord. Le niveau monte encore légèrement.
- 10 h 16 La fontaine nord est encore en activité. Une grande vague de lave, entrant lentement du Sud, vient déferler sur la croûte, l'enfonce et provoque la formation d'une fontaine du 1^{er} genre, qui se déplace vers le Nord, et à
- 10 h 17 rejoint la fontaine du 2^e genre. Un courant régulier s'établit dans le sens Sud-Nord et le niveau tombe légèrement.
- 10 h 19 La fontaine nord diminue d'intensité, puis s'arrête; le courant ralentit et le niveau remonte. Silence.
- 10 h 40 Le silence dure. Le niveau a monté très légèrement.
- 10 h 41 La croûte gonfle brusquement, se brise; une bouffée de gaz s'échappe et un filet de lave vient suinter dans les fissures.
- 10 h 42 Une fontaine se forme. La croûte est partiellement engloutie, un courant se dirige vers la fontaine et le niveau tombe légèrement.
- 10 h 44 Des gaz commencent à se dégager au Sud, le niveau tombe et des fontaines du 1^{er} genre prennent naissance. Un courant se déplace vers le Nord, entraînant d'énormes fragments de croûte qui disparaissent latéralement sous la berge nord, indiquant une extension considérable du bassin dans cette direction.
- 10 h 45 Le dégagement de gaz diminue*: la courant sud-nord se déplace à la vitesse de 0,20 m/sec; le niveau remonte.

La durée du cycle oscille donc de 28 à 30 minutes (9 h 05 à 9 h 37, 9 h 37 à 10 h 05, 10 h 05 à 10 h 44).

La température de la lave en amont de l'ouverture 1 du tunnel est de 1030 à 1040 °C (1010 à 1020°); en aval de cette ouverture, elle est de 1040 à 1050 °C (1020 à 1030 °). A l'ouverture 4, elle est de 1075 °C (1050°).

La surface de la lave dans le torrent baisse d'une façon régulière. On peut estimer qu'elle se trouve à près de 2 m sous le niveau qu'elle occupait au début de l'éruption. Ce fait peut être dû soit à l'érosion du fond du lit du torrent par la lave elle-même, soit à une diminution considérable du débit. Dans la seconde hypothèse, le débit du torrent, pendant les premières semaines de l'éruption, aurait été 2 à 3 fois supérieur à ce qu'il est actuelle-

ment. Comme il ne paraît pas que le volume des gaz magmatiques dégagés au volcan ait sensiblement diminué, on arriverait à la conclusion :

1^o que le rapport gaz /lave croît d'une façon continue depuis le début de l'éruption;

2^o que ce rapport est excessivement faible au début de l'éruption, puisqu'il n'atteint pas actuellement, en poids, 1 %.

20/IX.

Le bassin sud est entièrement fermé, mais on aperçoit encore la lave en mouvement par l'un des orifices ouverts dans la paroi extérieure nord de la voûte du bassin.

L'activité du bassin nord est essentiellement la même que la veille.

Détail des observations :

- 9 h 10 Une fontaine du 2^e genre est en action au Nord. Le niveau demeure constant.
- 9 h 25 La croûte s'agite; un dégagement de gaz se produit, qui dure une minute. La fontaine nord s'arrête, puis reprend.
- 9 h 28 Dégagement de gaz au Sud; le niveau tombe légèrement.
- 9 h 32 Une fontaine du 2^e genre, en synchronisme avec celle du Nord, entre en activité au Sud-Est. Le niveau tombe brusquement, mais remonte immédiatement.
- 9 h 34 Le niveau est supérieur à celui de 9 h 28. Pas de fontaines. Dégagement silencieux de gaz au Sud.
- 9 h 35 Le niveau monte encore, puis demeure constant. Une petite fontaine devient active au Sud-Est.
- 9 h 41 Violent dégagement de gaz au Sud. La fontaine sud-est est toujours active.
- 9 h 42 Son activité augmente; elle se sépare en deux petites fontaines synchroniques. Le niveau tombe, mais sans détacher la croûte qui tient aux bords.
- 9 h 44 La fontaine se déplace vers le Nord; elle est suivie d'un léger courant.
- 9 h 45 La fontaine s'arrête; le courant déferle légèrement sur la croûte, puis s'arrête. La fontaine reprend.
- 9 h 46 Le niveau n'a pas remonté depuis 9 h 42. La croûte oscille, puis à
- 9 h 47 une petite fontaine vient crever au Nord-Est. Elle s'arrête bientôt et une autre fontaine vient crever au Nord.
- 9 h 52 Tendence à l'établissement d'un courant vers la fontaine nord, mais la lave paraît être refoulée par chaque bouffée de gaz.
- 9 h 56 Le niveau tombe, la fontaine s'arrête, la croûte se détache et est entraînée sous la berge nord, mais elle s'arrête avant d'avoir complètement disparu.

- 9 h 57 Fontaine au Sud-Est; le niveau tombe encore (totalisant depuis 9 h 37, 1 m 50). Violent dégagement de gaz, mais pas de fontaine du 1^{er} genre.
- 9 h 59 Le niveau remonte. Le dégagement de gaz, qui est silencieux, tend rapidement vers l'Ouest. Un léger courant s'établit dans le sens Sud-Nord.
- 10 h 00 La fontaine reprend au Nord et accélère le courant qui se dirige vers ce point. Le niveau est constant.
- 10 h 04 Une brusque accélération provoque le départ de la croûte vers le Nord. Le niveau est constant.
- 10 h 07 La fontaine au Nord augmente d'intensité. Le courant s'accélère légèrement (0,10 m/sec).
- 10 h 11 Fontaine au Sud-Est. Courant arrêté.
- 10 h 14 Fontaine du 1^{er} genre au Sud-Est, se déplaçant vers le Nord. Le niveau tombe légèrement et les fontaines s'arrêtent; puis le niveau remonte.
- 10 h 17 Niveau constant. Le dégagement de gaz augmente.
- 10 h 20 Une partie de la croûte est entraînée sous la berge est; pas de chute de niveau.
- 10 h 21 Le restant de la croûte est violemment entraîné au Sud-Ouest, le niveau tombe et un courant s'établit qui converge de tous les sens vers le Sud-Ouest. Violent dégagement de gaz. Un morceau de croûte, qui est resté accroché au bord, tombe dans le bassin et provoque une fontaine du 1^{er} genre, qui dure 15 secondes. Le courant se rétablit dans le sens Sud-Nord.
- 10 h 22 Un deuxième morceau de croûte s'effondre et provoque une deuxième fontaine, qui accélère le courant vers le Nord.
- 10 h 24 Le niveau remonte, le dégagement de gaz continue, mais sans fontaines.
- 10 h 25 Silence complet. Le dégagement de gaz continue. Léger courant.
- 10 h 26 Petite fontaine au Nord; vitesse variable du courant. Des plis se forment dans la croûte. Le niveau reste constant.
- 10 h 30 Idem.
- 10 h 40 Idem.
- 10 h 44 Une fontaine prend naissance au Sud et dure 30 secondes. Le courant s'arrête et le niveau tombe légèrement, puis remonte.
- 10 h 48 De la lave entrant du Sud vient recouvrir la croûte.
- 10 h 50 Violent dégagement de gaz au Sud et le niveau tombe. La croûte est entraînée sous la berge sud, puis est brusquement refoulée vers le Nord. Le dégagement de gaz continue au Sud.
- 10 h 51 Le niveau remonte légèrement.
- 10 h 52 Silence complet.

- 10 h 57 Violent dégagement de gaz au Sud. Fontaine du 1^{er} genre. Le niveau tombe et un courant s'établit dans le sens Nord-Sud.
- 11 h 00 La fontaine du 1^{er} genre se déplace du Sud au Nord à travers le bassin. Elle constitue un remarquable point d'attraction du courant.
- 11 h 04 La fontaine atteint la berge nord et un courant régulier s'établit. Le niveau remonte et le dégagement de gaz diminue.
- 11 h 10 Une fontaine du 2^e genre redevient active au Nord.
Période : 9 h 32-9 h 56; 9 h 56-10 h 21; 10 h 21-10 h 50, soit 26 minutes en moyenne.

La comparaison des notes des jours précédents indique la diversité des manifestations secondaires, et l'étonnante régularité des manifestations essentielles : chutes de niveau à intervalle régulier. Le comportement du bassin nord actuel présente une différence notable par rapport à celui du premier bassin nord (juin-juillet-août) : les chutes de niveau sont précédées, accompagnées ou suivies d'un intense dégagement de gaz provenant de la berge amont (par rapport au sens dominant du courant). Précédemment ce dégagement, accompagné de fontaines, se produisait plus généralement du côté aval.

Le soir, on cherche en vain, aux différentes ouvertures du tunnel de lave, les flammes dont l'action thermique pourrait contribuer au réchauffage apparent qu'on observe vers l'aval. Les flammes qui s'élèvent de la lave sont rares, faibles et intermittentes.

Le bassin sud est toujours fermé; les gaz qui se dégagent aux orifices dans la voûte brûlent d'une façon continue, non explosive.

Au bassin nord, les fontaines du 2^e genre deviennent « traçantes » le soir, parce que les fragments minuscules de lave incandescente qu'elles projettent et qui ne sont pas visibles le jour, deviennent, au contraire, très apparents le soir et constituent un véritable feu d'artifice. La portée maximum des projections est de 10 à 20 mètres. Deux « vidanges » se produisent à 18 h 26 et 18 h 54, la première sans fontaines du 1^{er} genre.

21/IX.

Au bassin nord, vidanges à 9 h 19, 9 h 46, 10 h 15, etc. Ces vidanges débutent toujours par un violent et brusque dégagement de gaz au Sud-Est. Les variations d'intensité des fontaines du 2^e genre, ou pendant les périodes de niveau constant, n'affectent pas le niveau.

Le fait que de grands fragments de croûte peuvent être entraînés latéralement sous les berges, indique une extension souterraine considérable du bassin dans toutes les directions.

Le bassin sud est toujours fermé.

Les observations cessent le 21 septembre 1938, pour reprendre en février 1940, l'auteur ayant été rappelé en Europe dans l'intervalle. Les seuls renseignements que nous possédions sur l'activité du Tshambene pendant

cette période, sont dus au Conservateur du Parc National Albert. Ils sont contenus dans ses rapports mensuels dont nous extrayons les notes suivantes :

13 octobre 1938 :

La vitesse de la lave dans le torrent a diminué et la lave paraît plus épaisse. Dans l'ouverture n° 1 du tunnel, la lave est recouverte d'une croûte sur laquelle s'est formé un petit cône qui a 1 m de hauteur et 2 m de diamètre à sa base.

Le bassin sud est toujours fermé, mais les orifices dans la voûte demeurent ouverts et incandescents. Le bassin nord montre encore des variations de niveau de l'ordre de 1 m (9 h 07, 9 h 37, 9 h 51 ?). La direction dominante du courant demeure Sud-Nord.

L'orifice à 2382 m (orifice 9) demeure actif; les explosions ont diminué d'intensité, mais les lueurs, la nuit, sont très vives.

La pointe extrême de la coulée, près de Sake, a avancé de 500 m en 10 jours. A la fin du mois d'octobre, le front de la coulée se trouvait à 1100 m de la route Goma-Sake.

24 novembre :

L'orifice 9 est éteint; le bassin sud est toujours fermé, mais les petits orifices demeurent actifs. Le bassin nord a grandi, son niveau semble avoir baissé de 2 ou 3 mètres. Deux fontaines sont actives au Nord. On n'observe plus de variations de niveau.

Le torrent de lave ne montre aucun signe de ralentissement. La croûte et le petit cône, formés à l'ouverture n° 1 du tunnel, ont disparu.

Le front de la coulée a dépassé la route Goma-Sake; il se trouve à 200 m du lac Kivu.

Décembre 1938 :

La coulée de lave a atteint le lac Kivu à Mayutsa, le 6 décembre.

Un guide indigène envoyé au volcan n'a constaté aucun changement.

Un relevé exécuté au 1^{er} janvier 1939 donne, pour la surface couverte par la lave de Tshambene, un chiffre de l'ordre de 75 km². Le débit total pour 1938 est donc de l'ordre de 2.10⁸ m³, correspondant à un débit moyen de 8 à 9 m³/sec.

19 janvier 1939 :

Rien ne fait encore présager l'extinction du Tshambene. La lave coule dans le torrent à la même vitesse que précédemment. Le bassin nord s'est élargi, et son niveau est descendu d'une dizaine de mètres. Le cône sud (bassin sud) a disparu. Il semble qu'un nouvel orifice soit en voie de formation vers 2400 m, sur une des grandes fissures du Nyamuragira; on n'entend aucune explosion.

Le 28 janvier, le guide indigène signale une diminution de vitesse du torrent de lave, qui est confirmée par une visite le 7 février. A ce moment, la lave de l'ouverture n° 1 du tunnel était à nouveau recouverte d'une croûte.

Les dégagements de gaz signalés vers 2400 m n'ont pas un caractère explosif. Il s'agit probablement d'un simple dégagement de vapeur (consécutif à des pluies particulièrement violentes?).

Dans le courant du mois de janvier, la coulée entre Goma et Sake s'est fort étendue. Elle traverse près du lac la coulée de 1904 (Nahimbi). A Mayutsa, le gîte et le dispensaire, ainsi que le bureau, ont été incendiés.

Le 9 février, le courant de lave semblait plus lent que d'habitude et la lave plus épaisse. Cette diminution de débit peut être momentanée.

Mars 1939 :

Il y a peu de changements à Tshambene. Le torrent de lave semble avoir le même débit que précédemment. Le bassin nord, le seul qui demeure actif, paraît moins agité. Seuls les bords indiquent de l'activité et sa surface est entièrement durcie.

Près de Sake, toute la coulée de 1904 est envahie et recouverte par la lave. Le bord ouest de la coulée actuelle progresse en forme de pointe, pour fermer la petite baie au fond de laquelle se trouve Sake. La plus grande activité règne sur un front de 300 mètres.

Juin 1939 :

Le niveau du bassin nord a encore baissé d'un mètre ou deux. Le courant semble être aussi rapide qu'avant. Il n'y a aucune indication d'une diminution d'activité du volcan qui compte déjà un an et cinq mois d'existence.

Septembre 1939 :

A Tshambene tout reste inchangé. La coulée qui entre dans le lac au nord de Mayutsa a dévié vers l'Est, et la baie de Sake n'est pas en danger de fermeture. Il reste encore un passage libre de 100 m de large. La branche de la coulée qui a traversé celle de Nahimbi ne montrait aucun signe d'activité le jour de notre visite.

Octobre 1939 :

Le guide Buzikongwa rapporte que le débit du torrent diminue. Les ouvertures du tunnel ne donnent plus de lueurs, et la lave s'est enterrée sous un nouveau « plafond ». Le bassin nord ne montre que de faibles signes d'activité à de longs intervalles.

Novembre 1939 :

Le niveau au bassin nord baisse toujours.

Nos propres observations reprennent en février 1940. A ce moment le cratère du Nyamuragira était encore totalement inactif, à l'exception des solfatares dont l'activité paraissait inchangée. D'importants éboulements.

s'étaient produits dans le puits de la partie active dont le fond s'était légèrement relevé. D'abondants dégagements de vapeur en de nombreux points de l'ancienne plate-forme moyenne, avaient provoqué un débit d'altération de la lave des années récentes sur laquelle une végétation, principalement de fougère, commençait à se développer. Une fumée bleue ténue s'échappait du pied de l'îlot n° 2 et aussi du puits de la partie active.

A Tshambene, la situation s'est grandement modifiée depuis septembre 1938. Les deux bassins sont maintenant totalement inactifs. La lave dans le torrent s'est enterrée dans une seconde croûte et n'apparaît plus qu'en de rares points. Elle coule à 8 ou 10 mètres sous la croûte du premier tunnel, et on est induit à penser que cet approfondissement apparent de son lit résulte autant de l'érosion du fond que de la diminution du débit. Admettre que l'approfondissement apparent résulte entièrement d'une diminution du débit, reviendrait à admettre, pour la profondeur initiale du torrent, une valeur incompatible avec les estimations que l'on peut faire maintenant du débit total pendant les premiers mois de l'éruption.

La lave coule à une vitesse d'au moins 1 à 1,5 m/sec; il est impossible d'évaluer le débit, le torrent n'étant pas visible sur toute sa largeur. A l'orifice le plus rapproché de la source, la température est de 1095 °C (1070°). Les températures sont identiques à celles mesurées au cours de l'année 1938; il en résulte que *la température de la lave émise est restée constante pendant cette période de deux ans.*

La voûte et les parois du tunnel, au-dessus du second plafond qui s'est formé au cours des mois précédents, sont tapissées de longues stalactites, atteignant 50 ou 60 cm, et de stalagmites d'une substance blanche qui est probablement de la thénardite, mais qu'il est malheureusement impossible de recueillir. Le soufre paraît peu abondant.

Le seul organe du volcan qui demeure actif, à l'exception du torrent de lave, est l'orifice (n° 10) formé en janvier 1939, sous la 2^e fissure, vers 2480 m d'altitude. Les autres orifices sont devenus inactifs et leurs parois sont généralement rubéfiées; les parois de l'orifice 9 sont garnies de soufre. Toute la fissure n° 2, dont la terminaison aval se trouve au-dessus de l'orifice 9, est le siège d'un dégagement de vapeurs irritantes. A l'orifice 10 même, la fissure ne paraît ni élargie, ni modifiée. Sur une longueur de 50 m environ, il existe une série d'orifices d'où s'échappent des fumées bleues en bouffées ou en un torrent continu; le soir, des flammes jaunes sont bien visibles à trois de ces orifices dont les parois sont incandescentes. La consistance des fumées empêche d'en mesurer la température. Immédiatement en amont de l'orifice incandescent supérieur, la fissure est le siège d'un intense dégagement de vapeur.

Sur une dizaine de mètres au Nord et au Sud de la fissure, la lave (du 28 janvier 1938) est recouverte d'un enduit jaune brillant de soufre, visible de loin. Sous la croûte de la lave, on recueille une substance blanche hygroscopique qui n'a pas encore été analysée. Sur les parois de la fissure,

là où les gaz se dégagent, il ne paraît y avoir que peu de dépôts, sauf en un endroit naturellement inaccessible.

La consistance des fumées à la sortie même de l'orifice, là où la température est encore trop élevée pour permettre la condensation de la vapeur d'eau, est due probablement à des particules solides en suspension. Des tubes en verre, tendus au bout d'une perche, se recouvrent instantanément d'un enduit blanc rosâtre soluble, très analogue à celui qui a été recueilli précédemment à l'orifice 9 et qui consiste principalement en sulfate de calcium et de sodium.

En aval de l'orifice 10, au point de jonction des coulées issues de la 2^e et de la 1^{re} fissure (2400 m), l'ancienne aire de dépôts solfatarieus s'est considérablement élargie. On y recueille beaucoup de gypse qui imprègne la lave chaotique, et qui est accompagné parfois de soufre. La lave est généralement rubéfiée. La lave issue de la 2^e fissure, qui est particulièrement mince en ce point (1/2 cm) est entièrement jaunée. La fissure elle-même, dont la profondeur est considérable, est tapissée de soufre. A partir de l'endroit où elle cesse, il se développe vers l'aval un grand champ solfatarieus réparti en deux zones principales :

1^o une zone qui s'étend de l'extrémité de la fissure vers l'orifice 9;

2^o une zone qui s'étend de l'extrémité de la fissure en direction des cônes de la fissure 5, suivant deux alignements parallèles distants de quelques mètres et se prolongeant sur une centaine de mètres jusqu'à la pointe d'un petit bois.

Dans cette région, la lave du 28 janvier 1938 est généralement mince (20 à 30 cm). Elle recouvre des tuffs fins. Le tout est profondément altéré par l'action solfatarieus. La lave se transforme en une matière blanche friable, imprégnée de soufre et d'un peu de gypse.

L'aspect de l'ancien lac de lave, maintenant totalement inactif, s'est fortement modifié. Le cône terminal au Sud s'est effondré, découvrant un puits vertical d'une profondeur inconnue. Le sol, formé principalement de matériaux de projection du cône 3, est profondément altéré et imprégné de soufre. Toutes les berges avoisinantes du bassin sud se sont effondrées, ainsi que la plus grande partie de la berge ouest du lac, et il ne reste aucune trace du bassin sud lui-même. Les parois du lac sont verticales, légèrement surplombantes, et on y chercherait en vain une trace de l'ancien conduit d'alimentation du lac ou du bassin sud. Les eaux qui s'infiltrèrent dans la lave déposent partout où il existe des surplombs, des magnifiques stalactites d'une substance blanche (hydrothénardite?).

Cette impossibilité de retrouver les chenaux par lesquels on a vu, pendant plusieurs mois, la lave pénétrer dans le lac ou dans le bassin sud, interdit l'espoir de retrouver les chenaux d'évacuation. Leur absence apparente n'implique nullement qu'ils n'existaient pas, et ne constitue pas une preuve que la lave redescendait verticalement le long des berges.

Du bassin nord, il ne reste qu'un petit puits circulaire d'une trentaine

de mètres de diamètre, foré dans les laves stratifiées, et dont le fond est tapissé d'une lave noire brillante, peu altérée. Des coulées se sont épanchées vers le Sud, probablement après l'effondrement qui a fait disparaître les dernières traces du bassin sud. Bien qu'on ne puisse être entièrement affirmatif sur ce point, il semble que les laves stratifiées, dans lesquelles s'est foré le bassin, sont des laves anciennes, ce qui indiquerait que la profondeur du lac n'a dépassé à aucun moment une dizaine de mètres.

Là où des effondrements ont décapé les parois de l'ancien lac, en révélant la nature stratifiée des laves qui les constituent, on constate que la succession des coulées n'est pas identique à celle que l'on observe dans les falaises qui limitent à l'Est et à l'Ouest la cuvette du lac. On observe notamment, dans la paroi de l'« îlot » et dans la section mise à nu par la faille à l'Est du lac, l'existence d'un niveau épais de tuffs qu'on ne retrouve nulle part dans les parois du lac. Il ne semble donc pas que le lac se soit niché simplement dans un bloc effondré entre deux blocs soulevés. Il semblerait que l'absence des tuffs dans les parois du lac doive indiquer que l'« îlot » aurait été soulevé et charrié vers l'Ouest, arraché en quelque sorte à la falaise est. Dans ce cas, les coulées exposées dans les berges du lac formeraient une série inférieure à celle qui est exposée dans les parois de l'« îlot », et on expliquerait ainsi les différences observées. Il convient toutefois de noter que le niveau de tuffs, bien visibles dans la face ouest de l'« îlot », est presque invisible dans la face est de la « crête », ce deuxième horst, à quelques dizaines de mètres de là. Cette observation indique les difficultés qu'il y a à tirer des conclusions d'arguments lithologiques, lorsqu'il s'agit de formations aussi variables de nature, d'aspect ou d'épaisseur, que des laves ou des tuffs.

Enfin, il reste à signaler, parmi les changements intervenus à Tshambene, la formation d'abondants dépôts solubles au cône 2. La partie sud de ce dernier est entièrement imprégnée de gypse, et dans la grotte qui surplombe le gueulard de ce cône, on recueille diverses substances blanches pulvérulentes hygroscopiques qui s'altèrent ou qui refondent dans le tube pendant le transport.

De février à mai 1940, la situation ne s'est guère modifiée. A notre dernière visite, le 28 avril, on voyait encore la lave incandescente couler dans le torrent. L'orifice 10 était toujours actif et on y observait le soir de belles flammes jaunes. Ces flammes n'avaient pas le caractère explosif de celles observées en 1938 aux orifices et aux cônes. Le dégagement total de gaz à Tshambene paraissait être au moins égal à ce qu'il était précédemment, tendant à faire croire que le rapport gaz/lave avait considérablement augmenté. Il semble toutefois qu'une partie très considérable du dégagement gazeux consistait en vapeur d'eau d'origine météorique. Les pluies avaient du reste été particulièrement abondantes, pendant les mois de mars et d'avril.

Pendant toute la période décembre 1938-mai 1940, la lave s'est déversée exclusivement dans le lac Kivu, aux environs de Sake. En février 1940,

la coulée avait fermé la baie, formant ainsi un petit lac de quelques hectares. Les rives, en cet endroit, sont escarpées, et on atteint rapidement une profondeur de 50 à 100 mètres; il en résulte que l'avance du front de la coulée était extrêmement lente (600 m en un an environ). La largeur totale de la coulée était de plusieurs kilomètres.

Les données bathymétriques relatives à cette partie du lac sont insuffisantes pour permettre le calcul exact du débit de lave de 1939; des estimations très approchées donnent 70 à 80 millions de mètres cubes, correspondant à un débit moyen de 2 à 3 m³/sec. Le débit au début de 1940 était probablement de l'ordre de 1 à 2 m³/sec seulement.

Le spectacle de la lave pénétrant dans le lac est moins impressionnant qu'on ne pourrait le croire; on est même frappé de l'insignifiance des phénomènes explosifs ou du dégagement gazeux. La lave entre dans l'eau simultanément en plusieurs points; le débit en chaque point est donc faible. La lave est exclusivement du type « pahoehoe », et la progression se fait de la façon propre à ces coulées : la carapace déjà refroidie cède en un point; il se forme une protubérance de lave incandescente pâteuse; celle-ci gonfle d'abord, puis crève et s'étale progressivement. Elle finit par se raidir et se figer; parfois elle se détache complètement, formant un « coussin » (pillow-lava); mais la formation de ces coussins paraît plutôt exceptionnelle. L'avancement se fait soit sous l'eau, soit au-dessus du niveau de l'eau les protubérances ayant alors tendance à descendre et à rouler vers le fond.

Il semble que l'action de l'eau tende à former une croûte d'une grande résistance, qui oblige la lave à chercher une issue latérale (ce qui explique l'élargissement considérable de la coulée là où elle pénètre dans le lac) ou vers le haut (ce qui explique l'accumulation de la lave à plusieurs mètres au-dessus du niveau du lac).

On observe fréquemment des protubérances de lave incandescentes qui se mesurent à quelques dizaines de centimètres sous la surface du lac et qui ne provoquent qu'un dégagement de vapeur insignifiant. Ce phénomène difficilement croyable, a été observé à plusieurs reprises. Il s'explique peut-être par la condensation immédiate de la vapeur formée, et en partie aussi peut-être par le fait que la lave, qui n'est probablement pas saturée en eau lorsqu'elle pénètre dans le lac, commence par dissoudre une certaine partie de la vapeur à son contact. Pour vérifier cette hypothèse, il serait nécessaire de comparer la teneur en eau d'échantillons de lave solidifiée, sur terre et sous eau.

Des protubérances de dimensions plus considérables, pénétrant sous l'eau, provoquent parfois de violentes détonations accompagnées de projections solides. Au moment de notre visite à Sake (fin février 1940), les phénomènes explosifs étaient peu importants.

La température maximum de la lave, observée à Sake, était de 985 °C (965°). Le refroidissement, au cours du trajet de plus de 20 km entre Tshambene et le lac, n'est donc que d'une centaine de degrés.

L'avance de la lave provoque des tourbillons et des courants de grande intensité dans le lac. Il se forme généralement un courant froid vers le point d'entrée de la lave, et un courant chaud (40-45 °C) qui s'en écarte. Cette température est suffisante pour causer la mort des poissons, et de nombreux oiseaux (hérons, aigles-pêcheurs, etc.) survolent incessamment le front de la coulée. A 5 mètres d'un point où la lave avançait rapidement dans le lac, la température superficielle de l'eau était de 54 °C.

La baie de Sake, fermée par les coulées, offrait un spectacle étrange; malgré l'apport des deux torrents qui s'y déversent, l'eau avait une température variant de 40 °C (au fond de la baie) à 50 °C (près du front de la lave). Ce lac d'eau chaude était le siège d'un abondant dégagement de vapeur qui, suivant les conditions météorologiques, formait parfois un brouillard extrêmement gênant pour les riverains.

L'effet de l'avance de la lave dans le lac paraît être de diminuer l'alcalinité des eaux. DAMAS signale, en effet, des pH de l'ordre de 9 à 9,5. Nous avons fait les observations suivantes :

1° courant d'eau chaude s'écartant de la coulée, à 500 m du front de celle-ci : température 28 °C, pH 7,5 à 8.

2° eau légèrement turbide, dans une crique, partie inactive du front de la coulée. Lave recouverte d'un revêtement ocre. Température 41 °C, pH 7,5 à 8.

3° eau dans la baie de Sake, à 5 m d'un point d'avancement de la lave. Température 54 °C, pH 8 à 8,5.

Plusieurs personnes ont mentionné avoir observé de véritables raz de marée dans le lac, l'amplitude de ces marées dépassant, paraît-il, 1 mètre. Ce phénomène paraît être dû à de grands éboulements du front de la coulée. Ce front est, en effet, presque vertical; et sa hauteur, qui dépend de la profondeur du lac, peut atteindre 50 ou 60 mètres.

Dans le courant du mois d'avril 1940, l'avance de la lave vers le lac Kivu paraît avoir cessé, et les coulées ont progressé à nouveau vers l'Ouest, en direction de Kobe.

L'émission de la lave a entièrement cessé entre le 20 et le 30 juin 1940.

Résumé des événements principaux

- 28/1/1938. Début de l'éruption. Dans la matinée, le « secteur actif » du cratère du Nyamuragira s'effondre dans un puits circulaire de près de 200 m de profondeur. Vers 13 h, cinq grandes fissures s'ouvrent dans les flancs sud-est et sud-ouest de la montagne, se propageant vers le bas. Un torrent de lave s'en échappe. Une explosion prend place en un point situé au Sud-Ouest du cratère, vers 2300 m d'altitude. Un nouveau volcan entre en activité. Entre 13 et 15 h, la partie sud du cratère du Nyamuragira s'effondre.
Le nouveau volcan (Tshambene) consiste en un lac de lave, deux cônes (1 et 2') alignés au Nord du lac, et un torrent qui s'écoule à ciel ouvert dans la plaine.
- 28/I-12/II. Un troisième cône (cône 2) se forme dans l'alignement des deux premiers (1 et 2'). De larges coulées s'en échappent.
- 12/II-28/II. Un cône (3) et son satellite 3' entrent en activité au Sud du lac, marquant le départ d'un nouvel alignement. Les cônes 1 et 2' sont éteints.
- 4/III-10/III. Formation du cône 4, dans le nouvel alignement.
- 13/III. Coulée du cône 4.
- 14/III. Baisse du niveau du lac.
- 16/III. Formation du petit cône satellite 3''.
- 30/III. Les cônes 2 et 3 sont éteints.
- 17-18/IV. Naissance du cône 5; cône 4 arrêté.
- 19-20/IV. Coulées du cône 5.
- 22/IV. Nouvelle baisse du niveau du lac.
- 23/IV. Naissance du cône 6, cône 5 arrêté, coulées du cône 6. Début des débordements du torrent et formation du tunnel.
- 24/IV. Nouvelle baisse marquée du niveau du lac.
- 26/IV. Cône 2 redevient actif.
- 28/IV-10/V. Formation du cône 7 et de l'orifice nord. Division du lac en deux bassins, renversement du sens de la circulation dans le bassin nord. Formation du tunnel.
- 20/V. Arrêt du bassin sud, forte baisse du bassin nord.
- 21/V. Remise en marche du bassin sud, arrêt de l'alimentation du bassin nord.
- 22-29/V. Remise en activité du bassin nord.
- 7/VI. Premier symptôme de la formation de l'orifice 8, arrêt du bassin sud préluant à la formation d'un cône.

- 8-23 /VI. Formation de l'orifice 8, arrêt du cône 7, bassin sud transformé en cône, puis effondrement partiel de celui-ci; orifice nord arrêté, circulation à nouveau inversée dans le bassin nord.
- 25 /VI. Agrandissement du bassin nord. Début de l'activité cyclique.
- 29 /VI. Durée du cycle du bassin nord : 1 heure.
- 5 /VII. Renversement momentané du sens de la circulation dans le bassin sud.
- 11-21 /VII. Formation de l'orifice 9, en dehors de l'alignement 3-4-5-6-7-8 et à une altitude notablement plus élevée.
- 25 /VII. Rétrécissement du bassin nord.
- 26 /VII. Bassin nord très « explosif ».
- 30 /VII. Bassin nord arrêté, formation d'un cône.
- 2 /VIII. Fermeture du bassin sud.
- 3 /VIII. Retour du bassin sud à l'activité normale.
- 4 /VIII. Coulée au cône bassin nord.
- 10 /VIII. Effondrement du cône et réouverture du bassin nord.
- 10-24 /VIII. Baisse du niveau du bassin sud, arrêt apparent du bassin nord, arrêt de l'orifice 8.
- 27 /VIII. Remise en activité du bassin nord.
- 28 /VIII. Agrandissement et activité accrue du bassin nord.
- 1 /IX. Rétrécissement du bassin sud, baisse du niveau du bassin nord.
- 17 /IX. Baisse du niveau au bassin nord.
- 20 /IX. Fermeture du bassin sud.
- Novembre 1938. Extinction de l'orifice 9.
- Janvier 1939. Formation de l'orifice 10.
- Décembre 1939 ou janvier 1940. Arrêt du bassin nord.
- Entre le 20 et le 30 juin 1940. Fin de l'éruption.

Il paraît désirable de tenter d'établir, à l'aide des données qui précèdent, un diagramme des variations de l'intensité de l'action volcanique en fonction du temps. A première vue, si on interprète la naissance d'un cône ou d'un orifice comme une recrudescence d'activité, l'intensité de l'éruption a subi des variations considérables. On notera que des recrudescences se sont manifestées de 15 en 15 jours pendant les deux premiers mois de l'éruption (cône 2, cône 3, cône 4, cône 3'') et de 4 en 4 semaines pendant la période de mars à juillet (cônes 5, 6, 7, orifices nord 8 et 9). La naissance du cône 6 (23 avril) qui a suivi de quelques jours celle du cône 5 (17 avril) est anormale. Mais ces deux cônes sont anormalement petits et peuvent être considérés, du fait de leur proximité, comme faisant partie d'un seul et même édifice.

Si on remarque que la naissance d'un cône ou d'un orifice coïncida presque chaque fois avec une période de pleine lune, on est tenté d'établir une courbe montrant une recrudescence mensuelle d'activité.

Cependant, malgré son caractère spectaculaire (bruit, projections, flammes), la naissance d'un organe nouveau ne constitue pas à proprement parler un symptôme indiscutable d'une recrudescence d'activité.

Avec l'exception de l'orifice 9, tous les autres orifices ou cônes, en naissant, ont provoqué automatiquement l'extinction de l'organe immédiatement précédent du même alignement; l'orifice 9 lui-même s'est éteint avant la formation de l'orifice 10. Pendant que fonctionnait le cône 2, le cône 1 était arrêté; la naissance de 4 a marqué une sérieuse diminution de l'activité de 3, et ainsi de suite. Au point de vue du débit de gaz, seule la coexistence de deux organes appartenant à des alignements différents, marque un maximum d'intensité, et on ne trouve de tels maxima qu'à la fin février-début mars (coexistence de 2 et 3, puis 4), du début de mai au début de juin (coexistence du cône 7 et de l'orifice nord), et enfin du 15 juillet au 15 août (coexistence des orifices 8 et 9). La naissance presque simultanée et exceptionnelle des cônes 5 et 6 (fin avril) marque peut-être aussi un maximum de la courbe d'activité.

On pourrait songer à prendre aussi pour indice de l'intensité de l'action volcanique le niveau de la lave dans le lac. Du fait que le niveau a constamment baissé, d'une façon irrégulière, mais sans jamais remonter, on concluerait que l'activité n'a cessé de diminuer. Il est remarquable que la chute de niveau la plus rapide soit survenue dans le courant du mois de mai, c'est-à-dire précisément pendant une période d'activité maximum aux cônes. Les deux indices ne sont donc pas concordants, ce qui conduit à mettre en doute la valeur de chacun d'eux.

La présence d'un lac de lave ou de bassins de lave, caractérisés par un mouvement de circulation qui a été décrit en détail, constitue un trait essentiel de cette éruption. On pourrait, en conséquence, songer à mesurer l'intensité de cette éruption par l'intensité de la circulation dans le lac, c'est-à-dire en estimant le débit de lave traversant ce lac. Cette estimation n'est malheureusement pas possible, parce qu'on a indiqué à plusieurs reprises l'existence de prolongements latéraux souterrains des bassins : on a décrit aussi la façon dont, à la fin du mois de mai, on a pu craindre que le bassin nord ne s'arrêtât complètement, son chenal d'amenée s'étant desséché, et la façon dont la circulation reprit par des conduits souterrains désormais invisibles. On a insisté plusieurs fois sur les raisons de penser que la plus grande partie du mécanisme de la circulation échappe à l'observation. Les indications superficielles ne peuvent donc, à notre sens, servir de critère quantitatif d'intensité de l'action volcanique.

Reste enfin le dernier critère possible, qui est la quantité d'énergie émise. Il est impossible de chiffrer exactement cette énergie, mais il semble que dans le cas de l'éruption de Tshambene, où les phénomènes explosifs étaient relativement peu importants, toutes les pertes d'énergie par con-

vection, radiation, explosions, mouvements du sol, etc., deviennent négligeables par rapport à l'énergie calorifique dégagée par le refroidissement d'une masse énorme de lave. Un débit moyen de lave de $10 \text{ m}^3/\text{sec}$, qui se refroidit sans cristalliser de 1025 à $25 \text{ }^\circ\text{C}$, correspond, en admettant une chaleur spécifique moyenne de $0,3 \text{ cal/gr } 1 \text{ }^\circ\text{C}$, à une émission d'énergie de $2,5 \cdot 10^7 \times 0,3 \times 1000 \text{ }^\circ\text{C} = 7,5 \cdot 10^9 \text{ cal/sec}$.

A cette quantité énorme d'énergie, due au refroidissement, vient s'ajouter dans certains cas la chaleur latente de cristallisation, qui est de l'ordre de 100 cal/gr , mais dont il est difficile de tenir compte, la lave se refroidissant souvent sous forme vitreuse, non ou faiblement cristallisée. A titre de comparaison, la chaleur rayonnée par le lac de lave est, si on admet les coefficients de Daly de $0,25 \text{ cal/cm}^2/\text{sec}$, soit pour un lac ayant une superficie de 10^8 cm^2 de $0,25 \cdot 10^8 \text{ cal/sec}$. La chaleur rayonnée par le lac, au temps où il occupait sa superficie maximum, était donc négligeable par rapport à la chaleur dégagée par le refroidissement de la lave épanchée, calculée sur la base d'un débit moyen.

La courbe de la quantité d'énergie émise en fonction du temps est par conséquent identique, à peu de chose près, à celle des variations de débit du torrent de lave. A l'exception de la période 15 mars-15 avril, qui fut marquée par une série de crues rapides, le débit semble avoir diminué d'une façon remarquablement constante et presque insensible, amenant le débit, d'une valeur initiale de 15 à $20 \text{ m}^3/\text{sec}$ ou plus, à une valeur qui, en février 1940, ne devait guère dépasser 1 à $2 \text{ m}^3/\text{sec}$.

Il semble donc, pour autant qu'on puisse se baser sur les critères énoncés, que l'intensité de l'action volcanique ait décliné d'une façon à peu près constante durant toute la durée des observations.

Une période singulière va du 16 avril au 10 mai approximativement; elle a été marquée par la naissance de 3 cônes (5, 6, 7) et d'un orifice, à intervalles anormalement rapprochés, par une série de crues et de débordements du torrent de lave, qui ont conduit à la formation du tunnel par une chute rapide du niveau du lac, sa division en deux bassins et l'inversion du sens de circulation dans l'un d'eux.

L'activité des cônes et orifices à gaz a subi une série de recrudescences mensuelles auxquelles se superposent trois maxima (fin février, mois de mai, fin juillet-début août); elle a cessé complètement en novembre pour reprendre en janvier 1939. L'intensité apparente de la circulation dans le lac a été maximum pendant les deux premiers mois de l'éruption; elle a décliné ensuite pour passer par un minimum vers le 20 mai; elle est ensuite demeurée à peu près constante avec un nouveau minimum fin juillet-début d'août. A partir du 15 août, elle a diminué graduellement et semble être tombée à 0 vers le mois de décembre, pour autant qu'on puisse en juger par les rapports sommaires reçus depuis septembre.

Il y a peut-être lieu d'attirer ici l'attention sur une coïncidence, qui n'est du reste pas parfaite, entre les dates du début de l'éruption et du début

de la période singulière 16 avril-10 mai, avec des orages magnétiques particulièrement intenses (variations de H de plusieurs centaines de j), telles qu'elles ont été enregistrées à la station magnétique d'Elisabethville (Katanga). Des orages magnétiques moins intenses se sont produits le 8 février, le 6 mars, dans la nuit du 11 au 12 mai, le 15 juillet et encore postérieurement. Ces orages coïncident, à quelques jours près, avec la naissance des cônes 2, 4, 7, orifices nord, orifice 9. On n'observe pas d'orage en coïncidence avec la naissance de l'orifice 8. Il n'est pas possible de tirer de ces coïncidences, qui ne sont pas parfaites, des conclusions formelles, mais il n'y a pas de raison d'écarter à priori la possibilité que les causes d'un orage magnétique puissent être en même temps, et dans une certaine mesure, des causes de rupture d'équilibre d'un système aussi instable qu'un volcan actif.

Il est regrettable que les observations manquent presque complètement pour la période septembre 1938-février 1940. Un trait de cette période est cependant à retenir : l'évolution du phénomène se ralentit beaucoup, et les changements deviennent de plus en plus rares, et de plus en plus espacés. L'orifice 10, entré en activité au début de 1939, était encore actif en 1940; du début février à la fin avril 1940, il ne s'est produit aucun changement notable. Il semble que le volcan avait atteint, vers la fin 1938 un état de régime, caractérisé par un débit de lave de l'ordre de grandeur de l'apport au cratère pendant les années qui précédèrent cette éruption.

Cette constatation fait prévoir que l'arrêt total, à partir de juin 1940, n'est que momentané, et que l'activité reprendra à bref délai, probablement dans le cratère central.