

Mus. roy. Afr. centr., Tervuren (Belg.), Dépt. Géol. Min.,
Rapp. ann. 1977, 157/175 (1978).

PREMIERE ERUPTION HISTORIQUE DU NYIRAGONGO
ET MANIFESTATIONS ADVENTIVES SIMULTANÉES DU VOLCAN NYAMULAGIRA
(CHAÎNE DES VIRUNGA - KIVU - ZAIRE : DEC. 76 - JUIN 77)
par
Y. POTTIER (*)

ABSTRACT.

On January 10, 1977, a fissure eruption occurred in the Virunga area, affecting the Nyiragongo cone and its principal adventive cones (Baruta, Shaheru and Djoga). The lava lake disappeared, thus modifying the parameters which regulate the eruptive activity of the region.

The eruption is described as well as the different volcanic events affecting the Virunga region before, during and after the eruption.

SAMENVATTING.

Op 10 januari 1977 had een spleeteruptie plaats in de streek van de Virunga, op de Nyiragongo zelf en op zijn voornaamste adventiefkraters (Baruta, Shaheru en Djoga). Hierbij verdween het lavameer, zodanig dat enkele parameters die de eruptieve aktiviteit van de streek regelen, gewijzigd werden.

Het verloop van de eruptie wordt beschreven, alsook verscheidene vulkanische neveneffekten die de streek van de Virunga getroffen hebben vóór, gedurende en na de eruptie.

SOMMAIRE.

1. Cadre géographique.
2. Historique.
3. Activité pré-éruptive du Nyiragongo.
4. L'éruption fissurale du 10 janvier 1977.
5. Caractéristiques de l'éruption.
6. Les éruptions adventives du Nyamulagira.
7. Causes et modalités des éruptions.
8. Conclusions.
9. Références.

(*) Mission Géologique Française au Zaïre.

1. CADRE GEOGRAPHIQUE.

Située aux confins de l'Ouganda, du Rwanda et du Zaïre (*), la chaîne volcanique des Virunga dresse ses appareils majeurs transversalement à l'axe de la branche occidentale du Rift Africain (fig. 1). Le Nyamulagira et le Nyiragongo, les derniers en activités, se sont érigés au nord du lac Kivu, sur le seuil séparant ce dernier du lac Idi Amin (ex-Edouard). L'activité effusive qu'ils ont manifestée eux-mêmes et celle de leurs nombreux adventifs ont contribué à l'établissement d'un vaste domaine de coulées superposées et anastomosées, dénommé "plaine des laves", qui s'étend de Goma et Sake au sud, à Rutshuru au nord.

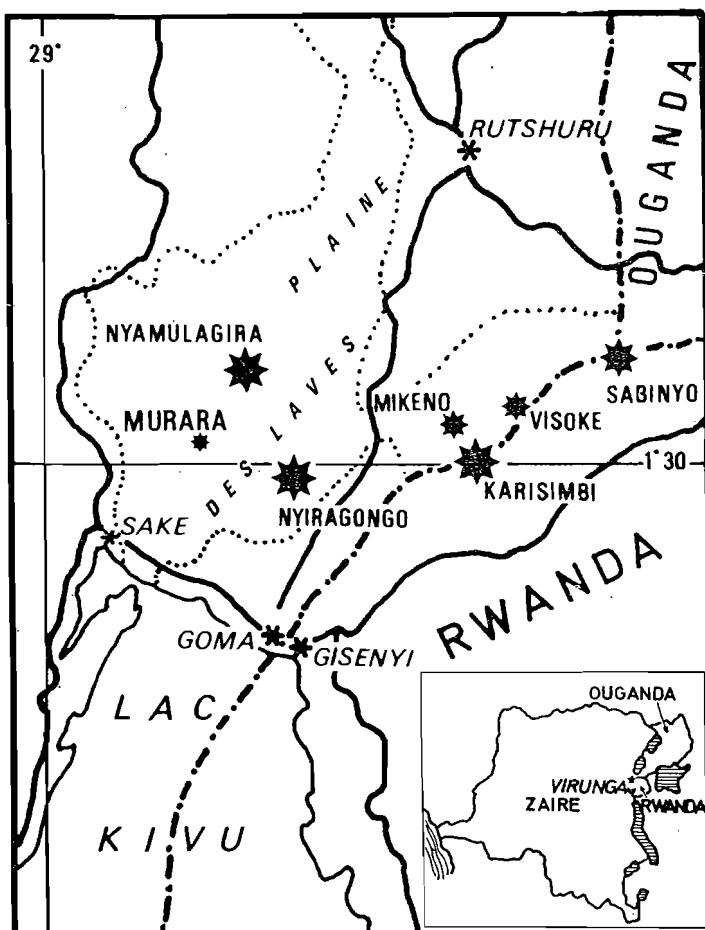


Fig. 1. - Localisation des appareils majeurs de la chaîne des Virunga et du Murara. En pointillé, les limites du Parc National des Virunga.

(*) Je voudrais remercier ici la Direction des Parcs Nationaux du Zaïre et très spécialement le Conservateur en chef et les guides du P.N. des Virunga pour les renseignements qu'ils nous ont fournis et leur précieuse collaboration lors des missions de terrain.

2. HISTORIQUE.

Observations et descriptions des événements éruptifs de la chaîne des Virunga n'apparaissent dans la littérature que vers la fin du XIXème siècle. Lorsque l'on considère les dimensions (1.500 à 3.500 m de hauteur) et les âges des appareils majeurs (les plus anciens sont pliocènes), le volume des matériaux émis, ainsi que le nombre des adventifs (plusieurs centaines), il apparaît à l'évidence que la connaissance historique que nous en avons intéressé une infime partie de la vie de ces volcans, et qui plus est, une phase apparemment décroissante de leur activité. Avec la disparition, en 1938, du lac de lave du Nyamulagira à la suite de l'ouverture de fractures radiales sur les flancs de l'appareil, coïncidant avec l'éruption du Tshambene (Verhoogen, 1939-1948; Gevers, 1940), prit fin une importante activité intracaldérale. Depuis, à l'exception de deux brèves éruptions fissurales internes en 1956 et 1957, seules quelques manifestations épisodiques se signalèrent sur les flancs de l'appareil. Il s'agissait, à chaque fois, de l'édification de cônes pyroclastiques de tailles restreintes, accompagnée de phénomènes effusifs relativement limités (Pouclet, 1976).

Le Nyiragongo, pour sa part, ne fut le siège, au cours de cette période historique, que de manifestations intra-cratérales. La principale d'entre elles consistait en un lac de lave permanent, animé de mouvements de convection presque perpétuels et dont le niveau, dans son "puits de feu" ouvrant sur des terrasses annulaires emboîtées, connaissait des pulsations dont le rythme et l'amplitude étaient variables. Lorsque celles-ci atteignaient leur paroxysme, la lave s'épanchait sur les terrasses et des phénomènes secondaires accompagnaient les débordements. La dernière de ces manifestations paroxysmales datait d'avril 1972 (Pouclet, 1973). A cette époque, la lave avait totalement envahi les terrasses; elle avait même atteint la paroi du cratère sur laquelle les traces de sa progression optimale étaient visibles jusqu'à une hauteur de quatre à cinq mètres. Cette incursion fut aussi brève que brutale; dans les vingt-quatre heures qui suivirent, le flot se retira, laissant sur les terrasses une nappe vitreuse, soufflée et vésiculée, dont l'épaisseur variait de quelques centimètres à quelques décimètres. Les mêmes pulsations du magma imprimaient à l'île et à la vire qui en est solidaire, des mouvements corollaires.

Les manifestations gazeuses, elles-mêmes permanentes, connaissaient au cours des temps des variations dans leur répartition dans le cratère, dans leur mode d'expression et dans leur intensité.

3. ACTIVITE PRE-ERUPTIVE DU NYIRAGONGO.

De la dernière activité paroxysmale évoquée ci-dessus, et après quelques retouches de détail, résulte l'agencement des structures internes du volcan telles que je les trouvai en décembre 1975 lors de mes premières observations dans le cratère.

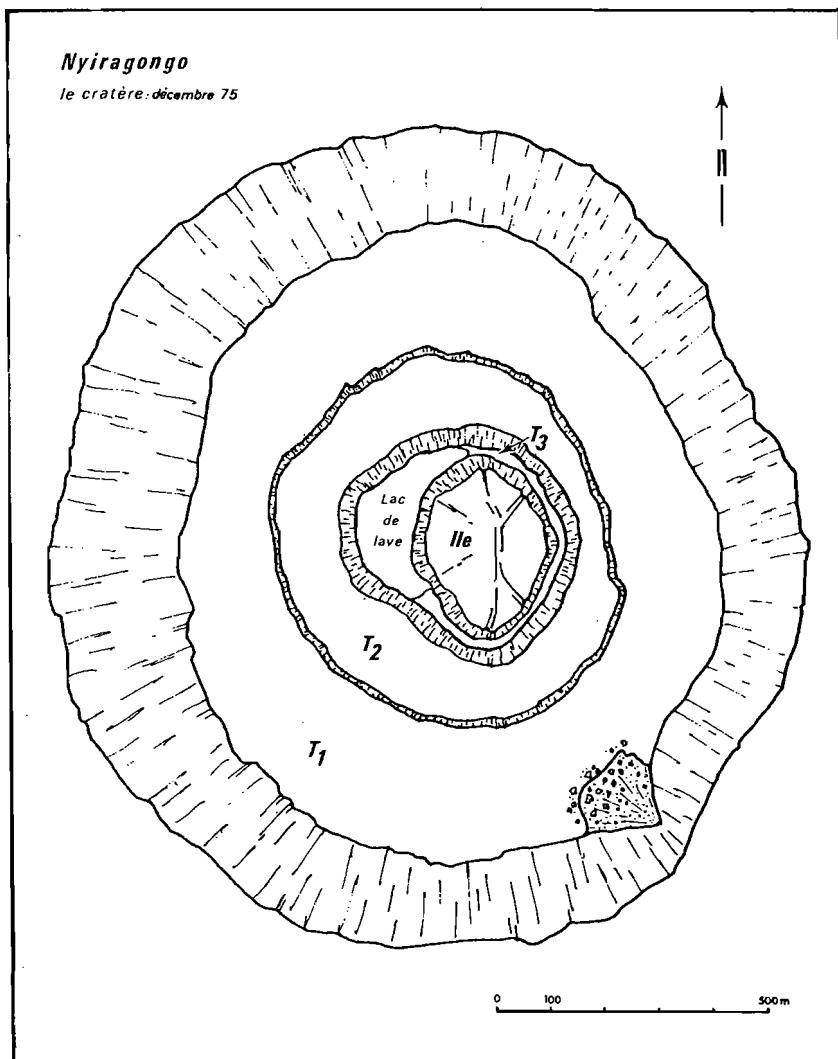


Fig. 2. - Nyiragongo : Le cratère, décembre 1975 (explications dans le texte).

On distingue alors (fig. n°2) :

- la lèvre du cratère, arête presque circulaire d'un diamètre de 1.100 à 1.200 m, qui culmine à 3.470 m;
- une première terrasse, T₁, annulaire, d'une largeur moyenne de 200 m, qui se développe au pied d'une paroi sub-verticale de 180 m. Les fractures concentriques ceinturant la terrasse et constituant une sorte de "rimaye" entre celle-ci et la paroi sont, par endroits, masquées par des éboulis issus de l'empilement de coulées et de pyroclastites constituant le volcan. Le plus important d'entre eux, le "grand éboulis" se situe au sud-est (N. 130). Le diamètre intérieur de cette plate-forme est d'environ 650 m;

- trois à quatre mètres sous cette première terrasse, la seconde, T2, également annulaire, large de 100 à 150 m; au centre de cette dernière, s'ouvre "le puits de feu", d'un diamètre d'environ 450 m, comprenant trois parties :
 - s'étendant du nord au sud, en forme de croissant à convexité tournée vers l'ouest : le lac de lave;
 - à l'est, longeant la paroi du "puits", une vire large de quelques mètres seulement, témoin d'une ancienne troisième terrasse (T 3);
 - entre celle-ci et le lac, une masse sub-circulaire de laves empilées constituant "l'île" et dont la partie supérieure domine T 3 et le lac, respectivement d'une dizaine et d'une vingtaine de mètres.

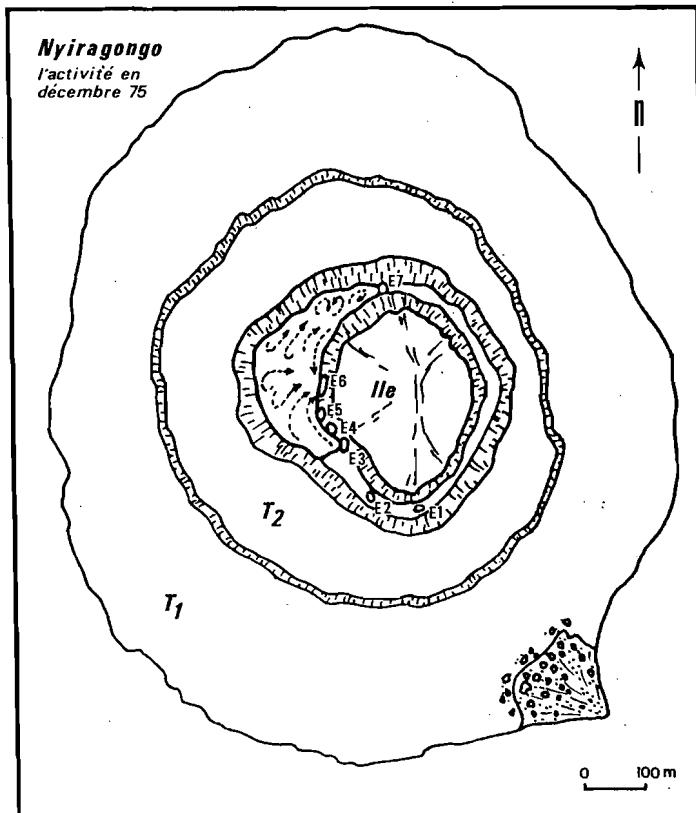


Fig. 3. - Nyiragongo : L'activité en décembre 1975 (explications dans le texte).

L'activité, à cette époque, revêt trois formes (fig. n°3) :

- un dégagement gazeux;
- un bouillonnement intense de la lave au niveau du lac permanent;
- quelques projections.

Le dégagement gazeux :

Il est localisé en sept points, dont deux (E1 et E2) sont situés sur T3, face au "grand éboulis", les cinq autres (E3 à E7) étant répartis à la périphérie du lac.

Autour des événements E1 et E2, se sont constitués des "hornitos" de 4 à 5 m de haut dont les orifices exhalent des vapeurs sulfurées au rythme d'une "bouffée" environ toutes les deux secondes.

L'activité fumerollienne se manifeste au niveau de la paroi séparant les deux terrasses et à la faveur de divers accidents concentriques de T2. Là, les sublimés - soufre essentiellement - dessinent de vagues polygones.

Le lac de lave :

Celui-ci est animé de puissants courants qui engendrent vagues et fontaines. Dans la partie sud, la lave sourd de la périphérie du lac pour venir s'engouffrer au niveau de l'événement E6 dans une sorte de creuset agité d'une violente tempête.

Dans la partie nord, plus calme, de lents courants de convection sont mis en évidence par le mouvement de la mince pellicule de refroidissement, grise, figée, qui se déchire selon des fentes à tracé "stylolithique". Parfois, quelques fontaines viennent crever cet épiderme. Un mouvement général entraîne la lave vers E7 et un contre-courant longeant l'île en ramène une partie vers E6.

Projections :

L'engorgement des événements E1, E2 et le souffle puissant de E3, E4 et E5 donnent naissance soit à des petites bombes en "bouses", soit à des lapillis et des cendres qui se répandent sur T2 - cendres et lapillis sont surtout concentrés au SW de la terrasse. Ceci semble témoigner d'une certaine constance des vents au cours de la période active du Nyiragongo; en effet, dans la paroi du cratère, c'est également dans le secteur SW que les éléments clastiques se sont accumulés préférentiellement.

En juin 1976, après que divers observateurs eurent signalé, depuis le début de l'année, des variations peu importantes du niveau du lac, l'activité gazeuse s'intensifie. Cependant, la surface du lac se situe environ 80 m sous la deuxième terrasse, traduisant une baisse de pression au niveau de la chambre magmatique.

L'activité fumerollienne s'est renforcée au niveau de la paroi séparant T1 et T2, dressant un mur gazeux opaque entre les deux terrasses. Il en est de même tout autour du puits de feu.

L'activité du lac est à peu près semblable à celle de décembre 1975. Marées et tempêtes se succèdent, amorçant dans la lave des flux et reflux qui migrent du sud vers le nord. Dans la partie septentrionale du lac, un îlot a fait son apparition. Son existence sera de courte durée. Un mois plus tard il aura disparu.

Au cours du mois d'août 1976, le lac a amorcé un mouvement ascendant; vers la fin du mois, son niveau se stabilisera environ deux mètres sous T2 (fig. n°4). Il semble qu'au cours des trois mois suivants, peu de fluctuations l'aient affecté. C'est seulement le 20 novembre que sera noté le premier débordement. La lave se répand alors à l'ouest, sur T2 (fig. n°5a). Jusqu'aux premiers jours de

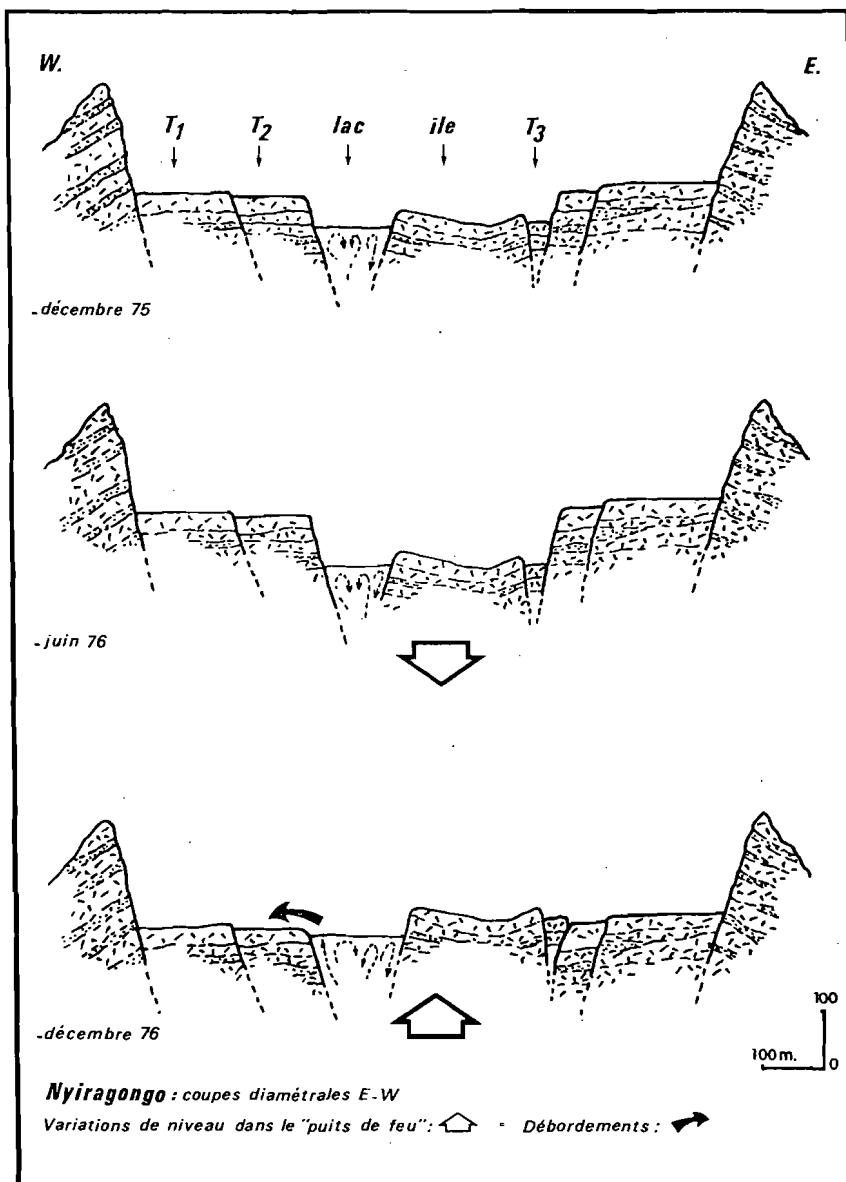


Fig. 4. - Nyiragongo : Variations de niveau dans le puits de feu : décembre 1975 à décembre 1976 (explications dans le texte).

décembre, des débordements épisodiques se produiront sur cette terrasse. Parallèlement, et ceci à partir du 24 novembre, huit événements situés sur T3, commencent à ériger des spatter-cones. Leur engorgement épisodique entraîne le vomissement de paquets de lave qui participent à l'édification des cônelets. Aux cornes sud et nord du lac, des projections conduisent à l'édification de demi-spatter-cones.

Dans la nuit du 5 au 6 décembre, le lac déborde à nouveau, et cette fois largement, puisque la nappe de lave fraîche recouvre une partie de T1 (fig. n°5b). Ces épanchements se sont réalisés en deux temps, au moins. Un premier dé-

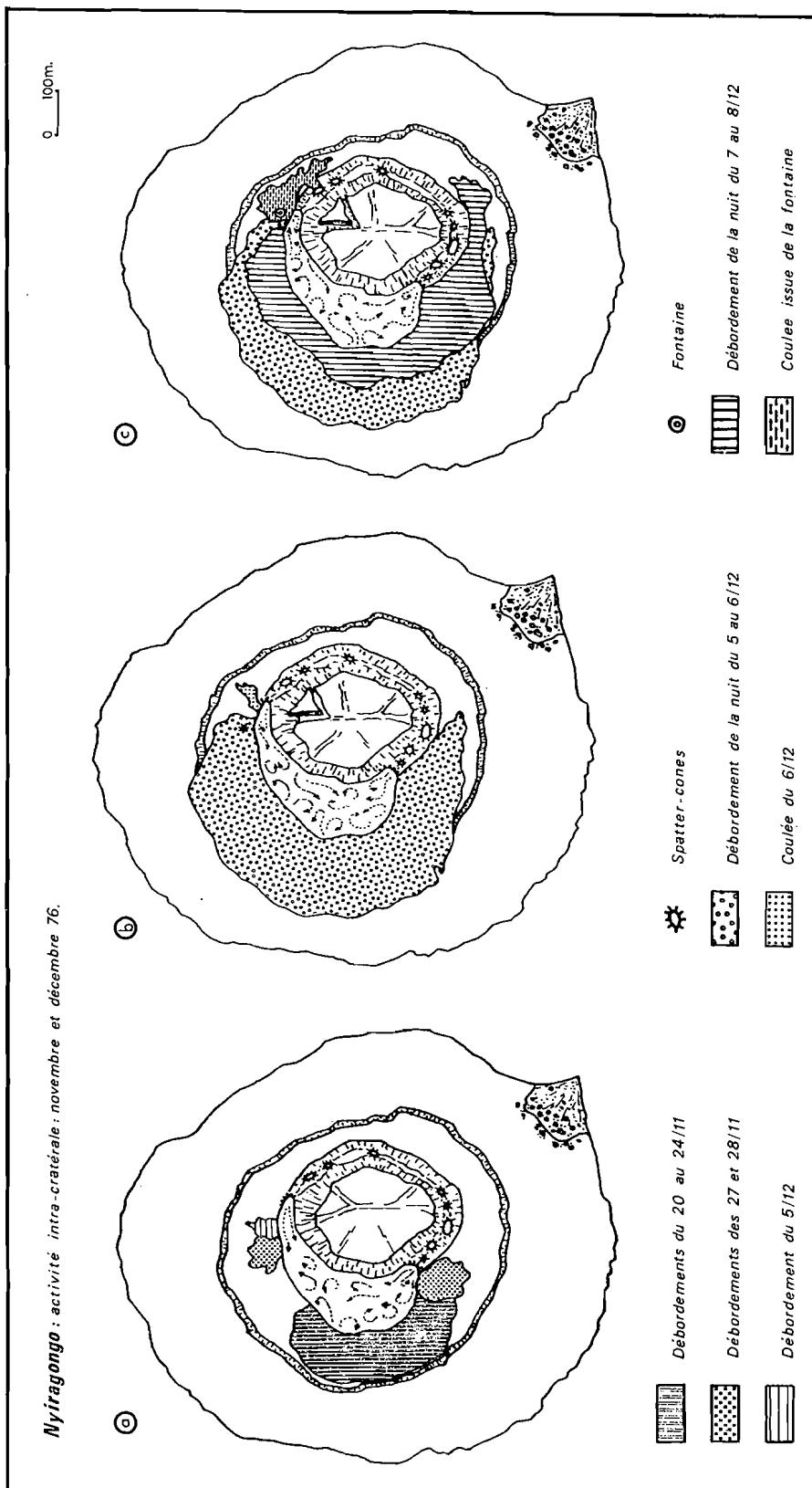


Fig. 5. - *Myiragongo* : L'activité intra-cratérale : novembre et décembre 1976.

bordement, dû à une montée assez importante du niveau du lac s'est étendu à toute la périphérie du lac et a poussé le flot de lave jusque sur T1; une seconde pulsation du lac, d'amplitude plus faible a produit des débordements plus localisés, à l'ouest et au sud. Un spatter-cone s'est édifié sur cette coulée, dans la partie nord. Son activité sera éphémère, elle durera la journée seulement. Le demi spatter-cone de la corne nord du lac présente une activité clastique accrue, et alimente une petite coulée. Au cours de la journée du 6 décembre, les projections y sont presque ininterrompues et les gerbes de lave atteignent 5 à 6 mètres de haut. Les flux de lave feront progresser la coulée de près de 80 m dans la journée. L'évent le plus voisin, à l'ouest, s'engorge par intermittence. Il en résulte de sourdes déflagrations, ou, plus rarement, l'expulsion violente de gerbes incandescentes atteignant une dizaine de mètres.

Le 7 décembre (fig. n°5c), une fontaine de lave apparaît, implantée sur la coulée issue de la corne nord du lac, coulée dont la surface a triplé pendant la nuit. La fontaine a érigé une margelle comparable à celle d'un puits. Au milieu de celle-ci, des gerbes de lave sont projetées en permanence à deux ou trois mètres de haut. La lave retombant sur les bords du puits concoure à son édification (2 à 3 mètres dans la matinée). Une échancrure ménagée sur le bord sud de la margelle déverse un flot continu de lave. Celle-ci se répand au NE et au SE, sur la coulée de la veille; dans la journée et la nuit suivante, elle en débordera les limites. Parallèlement, l'évent voisin a accru son activité et, outre les projections qui sont plus fréquentes, des flots de lave sont éruptifs épisodiquement, amorçant une nouvelle coulée.

Le 8 au matin (fig. n°5c), cette coulée et celle issue de la fontaine ont réalisé leur jonction et ont progressé vers le sud, en couvrant T2 sur presque toute sa largeur. Au cours de la nuit, de nouveaux débordements intéressant toute la périphérie du lac se sont produits. D'extension radiale plus limitée que les nappes de la nuit du 5 au 6, l'épanchement qui en résulte a toutefois progressé plus avant vers l'est. Seule une portion restreinte de T2, à l'abri de l'île, reste alors vierge de ces épanchements. La fontaine, dont la margelle s'est encore accrue au cours de la nuit (6 à 8 m au total), a cependant ralenti son activité : quelques projections et panaches fumerolliens subsistent seulement.

L'ensemble des mouvements et de l'activité dont le puits de feu est le siège depuis six mois a ébranlé la structure de l'île. Celle-ci est de plus en plus fracturée. Un panneau, au nord-est, a complètement basculé au cours des derniers jours.

Une pause sensible se marque dans l'activité jusqu'à la fin de l'année. Cependant, au cours des premiers jours de janvier, les débordements reprennent et atteignent alors leur extension maximale - les limites seront discernées ultérieurement lors d'une visite au cratère le 15 janvier (cf. fig. n°7).

Il faut noter qu'en aucun cas, ces débordements n'ont eu l'ampleur de ceux d'avril 1972. Par ailleurs, ils témoignaient du bon fonctionnement de la "soupape naturelle" que représentait le lac, et du rôle d'exutoire des terrasses

pour la chambre magmatique. La structure "stratifiée" de ces terrasses attestait de ce processus depuis des millénaires.

4. L'ERUPTION FISSURALE DU 10 JANVIER 1977.

A n'en pas douter, un événement extérieur, fortuit, est venu dérègler ce mécanisme, le 10 janvier 1977, à 10 h 01' du matin (heure locale = GMT + 2) lorsqu'un ensemble de fractures s'ouvre simultanément et brutalement, au nord et au sud du Nyiragongo. Ces failles N-S affectent le Baruta au nord, le Shaheru et le Djoga au sud (fig. n°6). Leur ouverture est accompagnée de l'expulsion d'un nuage gris sombre, mêlé de jets incandescents à la base, succédant instantanément à une forte explosion à répliques - celle-ci sera localisée ultérieurement sur la fracture du Shaheru. Le nuage, en forme de champignon, montant à plus de 1.000 m au-dessus du volcan, est déformé sous la poussée des vents atmosphériques en direction du sud et du sud-ouest. La ville de Goma est plongée dans une semi-obscurité déclenchant une panique dans la majorité de la population qui fuit vers le Rwanda. Une fine poussière grise se dépose au cours de la matinée, dans un secteur délimité par le volcan lui-même et les villes de Goma et Sake.

La fracturation est longue, au total, de 12 km. L'activité éruptive s'y manifeste en divers points :

1. Au flanc nord du Baruta, deux fractures parallèles ont émis une lave (*) "pahoehoe" qui a constitué une coulée unique longue de 5 km, s'orientant vers l'est.
2. A l'ensellement, Nyiragongo-Baruta, une petite coulée s'est dirigée à l'ouest.
3. Depuis le pied nord du Shaheru, jusqu'en son cratère, une fracture a permis l'émission d'une courte coulée vers l'est, et l'épandage d'une nappe de lave épaisse de 1 à 2 mètres sur toute la surface du cratère. La fissure est ici jalonnée par trois bouches d'explosion d'un diamètre de 20 à 30 mètres et d'une profondeur semblable.

La matière expulsée (lave ancienne), en grande partie pulvérisée et amalgamée au nuage, ne se retrouve qu'en de rares blocs disséminés sur la lave fraîche.

4. Au sud du Shaheru, une fracture longue de 6 km n'est active qu'en quelques portions localisées entre le pied du Shaheru et le flanc sud du Djoga. Le flot de lave qui en est issu se répartit en deux coulées. L'une se dirige au S-E, vers le Rwanda, après avoir anéanti et enseveli le camp des guides du Parc National des Virunga à Kibati; l'autre s'oriente vers le sud, en direction de Goma. Celle-ci emprunte l'itinéraire de la route Rutshuru - Goma, facilitée en cela par la présence d'aventifs antérieurs qui déterminent un "couloir" naturel. La lave est ainsi canalisée jusqu'à la localité de Monigi où elle s'arrête. La partie distale de la coulée est à moins d'un kilomètre de la ville de Goma. Ces coulées ont respecté les zones les plus hautes de la topographie (cônes anciens)

(*) Le terme de "lave" est employé de façon très générale afin de ne pas préjuger des résultats des analyses en cours. Celles-ci donneront lieu à publication d'ordre plus purement pétrographique.

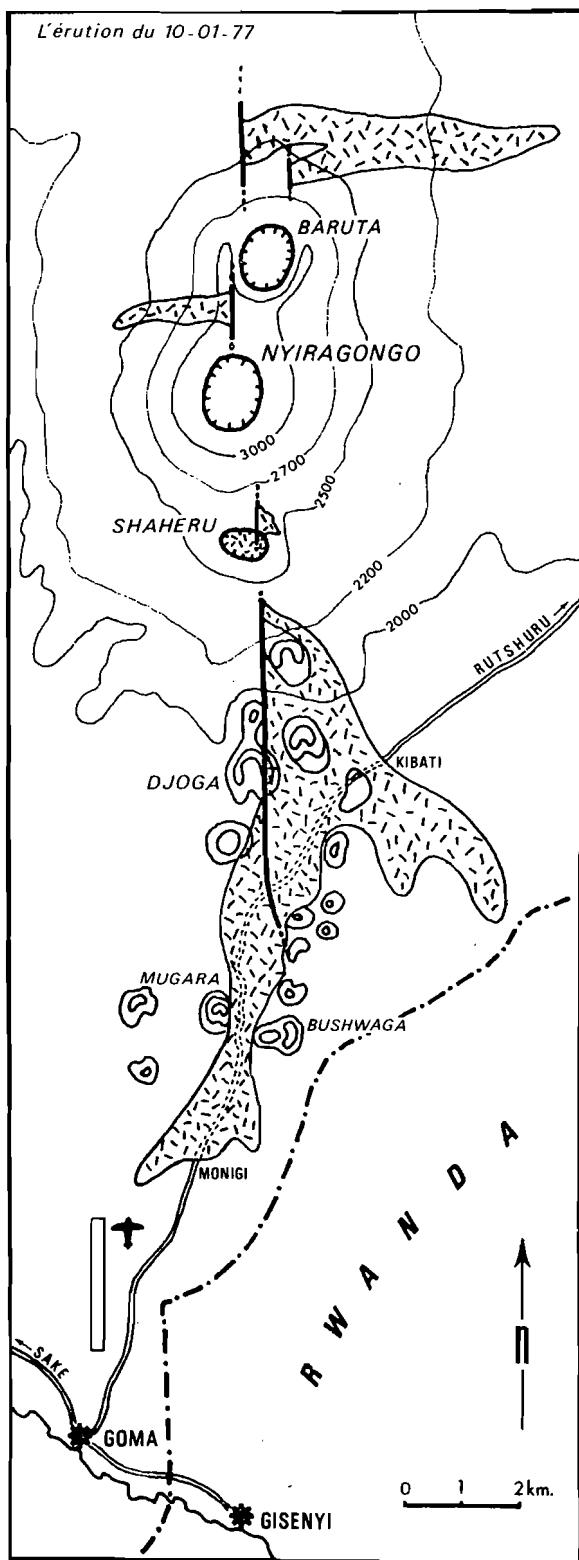


Fig. 6. - Carte de l'éruption du Nyiragongo, 10 janvier 1977.

et des secteurs "à l'ombre" de ces proéminences déterminant ainsi des îlots épargnés.

L'activité effusive s'achève 7 heures après l'ouverture des fissures. Les fractures d'émission, des fentes de rétraction et des événements éparpillés dans les coulées poursuivent une activité fumerollienne. Notée le soir et le lendemain de l'éruption, l'absence de rougeoiement observé d'habitude sur les nuages, au-dessus du cratère, laisse à penser que le lac a disparu, ou pour le moins s'est retiré à grande profondeur dans le puits de feu. Notre visite au cratère, le 15 janvier, nous fait découvrir une toute autre vérité. Non seulement le lac a disparu mais, avec lui, ont été entraînés l'île, l'ensemble de T2 et une grande partie de T1, dont seuls, un lambeau nord et une demi-couronne sud restent accrochés à la paroi (fig. n°7). Le reste du cratère n'est plus qu'un vaste puits de 1.200 m de diamètre (plus grande dimension) pour une profondeur estimée à 800 m. Le fond, en entonnoir peu accusé, est comblé par des éboulis. Une faille N-S, trace de la grande fracturation, tranche, de part en part, la demi-couronne sud. Des fumerolles s'en échappent.

Le 16 janvier, à 15 h (heure locale), une très forte éruption de gaz part du fond du cratère du Nyiragongo et s'élève en "pin parasol" jusqu'à 1.000 m au-dessus de l'appareil. Ni projection, ni poussière ne sont à noter. A 15 h 50', de fortes secousses, sensibles à la lèvre du cratère, précèdent l'effondrement de la demi-couronne sud, reste de T1. Le fond lui-même s'affaisse jusqu'à une profondeur de 1.000 m (par rapport à la lèvre supérieure), modelé en un entonnoir net. L'effondrement arrête la sortie des gaz, tandis qu'au SW, au pied du Nyiragongo, s'élève simultanément, un mur vertical de fumées rousses, selon une direction nord-est. Des blocs de substratum, recouverts de lave émise le 10, isolés et basculés, entre les lèvres de la faille, au pied du Djoga attestent d'un rejet de la fracturation initiale lors de cette seconde éruption. Aucune lave, toutefois, ne semble avoir jailli ce jour-là.

Les parois du cratère, très instables, poursuivent leur dégradation en donnant naissance à de nombreuses avalanches pierreuses qui comblent progressivement l'entonnoir - profondeur de 750 m mesurée en août 1977 - et renforcent le bouchon d'éboulis. Des fumerolles parviennent toutefois à s'élever encore. Au niveau des fractures, la communication avec des sources de chaleur est encore manifeste; après chaque pluie, la vaporisation de l'eau météorique pouvait encore s'observer sept mois après l'éruption.

5. CARACTERISTIQUES DE L'ERUPTION.

Cette éruption se caractérise essentiellement par sa soudaineté et la brièveté des phénomènes qu'elle a engendrés. La description des faits, la morphologie des coulées et les données métriques, mesurées ou déduites, en attestent. Ceci est particulièrement remarquable au Shaheru et au niveau des coulées méridionales.

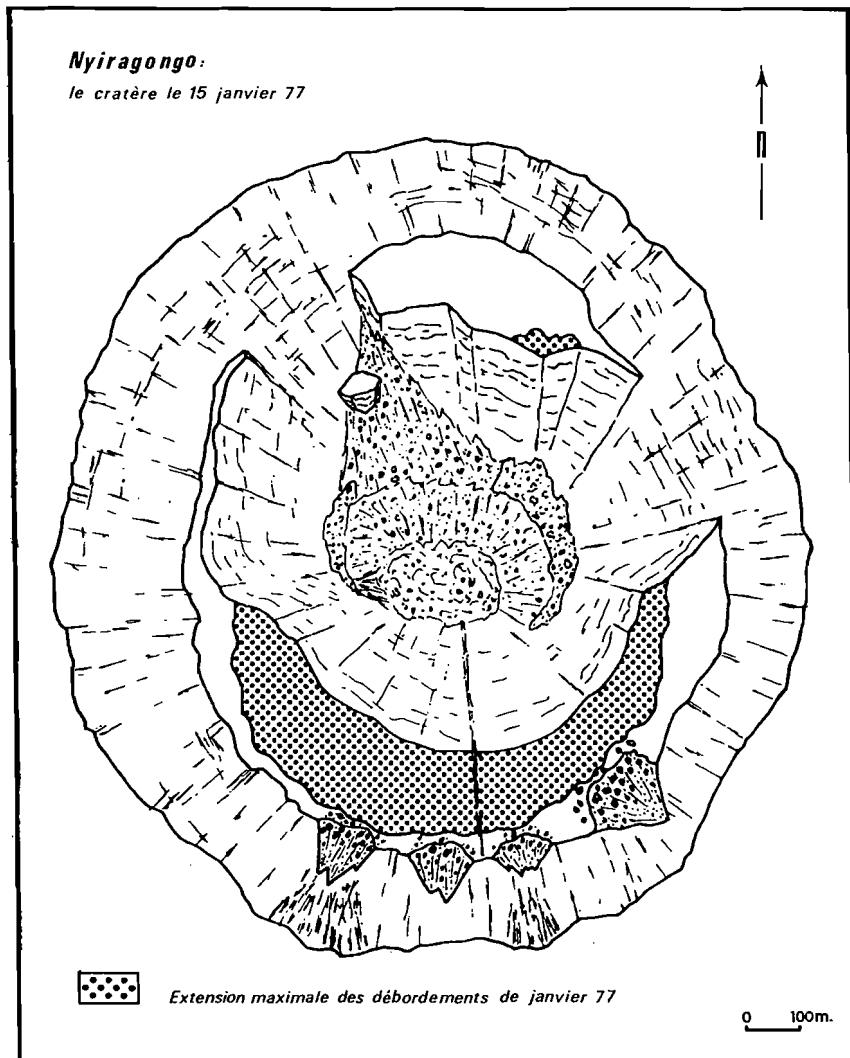


Fig. 7. - Le cratère du Nyiragongo, le 15 janvier 1977.

Au Shaheru, la simultanéité et l'instantanéité des phénomènes sont particulièrement mis en évidence : les explosions et le nuage ont été perçus les premiers, alors que l'absence de lave sur les parois des cratères d'explosion et les quelques blocs de lave ancienne, disséminés sur la coulée témoigneraient d'une légère antériorité de l'émission lavique. Celle-ci a été brutale et soudaine : la fracture est béante; ses lèvres sont tapissées d'une mince couche dermolithique à figures de flux exprimant l'expulsion vive du jus magmatique; des lambeaux "drapés" de lave sont accrochés et disséminés jusqu'à plus de vingt mètres de haut, dans les branches des arbres voisins de la faille (dans un rayon de 50 m).

L'extension des coulées méridionales (longueur maximale 9 km) et le laps de temps relativement réduit (une heure environ) mis par la lave pour atteindre Monigi ne donnent qu'une idée sommaire de la rapidité du phénomène. Il faut

en fait distinguer quatre phases dans le processus de mise en place des coulées :

- a - l'ouverture des fractures avec expulsion brutale, imprimant à la lave une vitesse initiale très élevée mais sans signification réelle, puisqu'assimilable à un jaillissement instantané.
- b - l'écoulement sur les pentes initiales dont la vitesse peut être évaluée à 15 ou 20 km/h. L'argument semblant décisif pour cette estimation est le fait qu'aucune victime, notamment parmi les enfants, ne fut à déplorer au camp des guides du P.N.V. de Kibati. En effet, en dévalant à cette vitesse, la lave aurait mis 6 min pour atteindre le camp, temps juste acceptable - compte tenu du fait que les guides n'ont réagi qu'en voyant le flot de lave sur les pentes, un peu après avoir observé le nuage primordial - pour permettre à des enfants, souvent en bas-âge, fuyant seuls, de parcourir les 500 ou 1000 m nécessaires pour atteindre des zones non submergées par le flot incandescent. Imaginer des vitesses supérieures serait incompatible avec cette réalité.
- c - la progression sur le plateau précédent l'étranglement réalisé par les adventifs Bushwaga et Mugara et l'épandage jusqu'aux abords de la collectivité de Monigi, atteints vers 11 h. Dans cette phase, la vitesse peut être estimée à 6 ou 7 km/h.
- d - l'ultime étalement de la coulée, dans le village de Monigi, qui s'est réalisé au rythme de quelques mètres par heure, le front s'immobilisant définitivement dans le courant de l'après-midi.

La différence de vitesse des diverses phases évoquées ci-dessus se traduit aussi dans la morphologie des coulées. Ainsi, sur les pentes initiales, la lave est peu épaisse, parfois centimétrique, d'aspect dermolithique avec des figures de flux exprimant un écoulement fluide et rapide. Les arbres résistant au flot ont été enrobés d'une "gaine" vitreuse se dressant sur les troncs jusqu'à un ou deux mètres de haut. Sur les portions plus plates et dans la zone frontale de la coulée, la lave, en blocs hérisse et bousculés, traduit bien le ralentissement de la progression. Celui-ci s'explique aussi par l'accumulation des blocs dont l'épaisseur peut atteindre plusieurs mètres (2 à 3 au front, plus en certains endroits).

L'extension globale des épanchements est estimée à $22 \pm 2 \text{ km}^2$; pour une épaisseur moyenne de 1 m sur l'ensemble des coulées, on peut considérer un volume de matériel lavique émis de l'ordre de 22.10^6 m^3 .

Par ailleurs, pour évaluer le volume de lave disparue au niveau du Nyiragongo, après le retrait du lac, il faut poser d'abord quelques données :

1. La surface du lac, au cours du mois de décembre est de 43.200 m^2 ;
2. Si on admet que les fractures se sont ouvertes à une cote moyenne de 2200 m, la colonne soutirée a une hauteur de 1100 m;
3. Les relations entre variations de niveau et surface du lac dans les années passées ont montré que la "colonne" de lave pouvait être assimilée à un cône ou

une pyramide renversée; de celles-ci on peut déduire un volume de lave englouti d'environ 16.10^6 m^3 .

6. LES ERUPTIONS ADVENTIVES DU NYAMULAGIRA.

La fin de l'année 1976 et le premier semestre 1977 verront, par ailleurs, se développer une activité importante dans le champ volcanique du Nyamulagira. En effet, sur le flanc SW de ce dernier, vont s'ouvrir, de décembre 1976 à mars 1977, une série de fractures sur lesquelles s'installeront divers cônes pyroclastiques.

La première de ces manifestations date du 23 décembre. Vers 12 h (heure locale), une fracture nord-est longue d'environ 1000 m s'ouvre dans la plaine des laves, à 8 km de la caldera. Dans sa partie septentrionale, trois points sont particulièrement explosifs et, à leur verticale, s'édifient trois cônelets, égueuleés vers l'ouest, hauts de 6 à 8 mètres. Ils émettront, dans le courant de la journée, des laves qui constitueront la coulée n°1 (fig. n°8). Dans la nuit, l'activité se déplace vers le SW de l'accident, et se concentre en deux points autour desquels se construit progressivement le cône de scories principal, nommé "Volcan MURARA" (appellation locale du lieu-dit) - coordonnées : 1°29 S - 29°10 E (fig. n°2).

Les lapillis, projetés en gerbes ininterrompues jusqu'à 400 ou 600 m de haut, se répandent jusque dans un rayon de 1 km. Les plus grosses particules clastiques se concentrent dans un rayon de 200 mètres pour constituer l'appareil principal qui, initialement présente une forme de croissant ouvert au SW (appareil A). Cette structure persistera jusqu'au 6 janvier, date à laquelle le cône a de 80 à 100 m de hauteur. Les pentes externes et internes sont respectivement, pour le flanc est, de 25° à 58°, pour le flanc ouest de 40° et 45°. Le volume des produits pyroclastiques accumulés dans l'aire de l'appareil est de l'ordre de 6 à $6.5.10^6 \text{ m}^3$.

Issue de l'égueulement, la lave "pahoehoe", débitée en larges plaques ou disloquée en blocs rugueux, se divise rapidement en deux coulées (2 et 2') qui s'orientent, l'une au sud-ouest, l'autre au sud. Dans la nuit du 2 janvier, une petite coulée (3) sera émise au pied SE de l'appareil. Le flot très rapide fusionne avec la coulée 2'. Quinze jours après le début de l'éruption, la distance "volcan-front de coulée" est de l'ordre de 3 km, représentant une progression moyenne de 200 m/jour. Les coulées, larges de 200 à 1000 m, épaisses en moyenne de 3 à 4 m (10 m près du cône), représentent un volume de matière lavique de l'ordre de 6.10^6 m^3 .

A partir du 6 janvier, l'activité explosive devient rythmée (toutes les 2 ou 4 secondes). Les clastites vont oblitérer l'égueulement SW et élaborer, désormais, un appareil fermé, tronconique (appareil B). Un petit lac de lave va s'installer dans le cratère. En même temps que bombes et lapillis continuent à ériger le cône, d'énormes "bulles" de laves éclatent au sommet de l'appareil, éjectant ainsi de grands lambeaux incandescents qui s'écrasent sur les flancs et

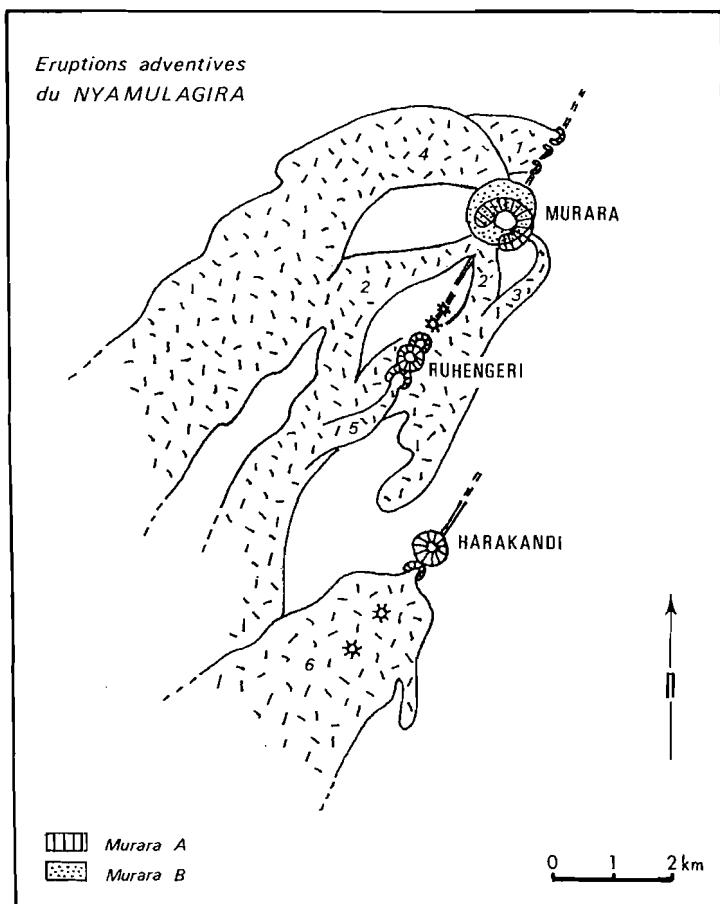


Fig. 8. - *Eruptions adventives du Nyamulagira : Schéma de localisation des centres éruptifs et chronologie des coulées.*

se soudent aux pyroclastites déjà en place. Parfois même, ce sont de réels débordements qui viennent s'étaler sur les versants, réalisant une sorte "d'armature" et consolidant ainsi le cône. D'autre part, la lave sourd d'un orifice situé au pied nord du cône et, après avoir flué vers l'ouest (coulée 4), elle s'oriente à nouveau vers le SW pour fusionner avec la coulée 2 précédente. Dans son cours supérieur, la coulée est de largeur restreinte (5 à 6 m), avec un itinéraire variable au cours des semaines. Parfois, le frot déborde le large lit de lave figée et embrase la forêt. Alors que l'orifice d'émission reste unique, des bouches secondaires s'ouvrent de temps à autre à quelque 200 ou 300 m en aval, laissant s'échapper de petites coulées secondaires qui se réunissent plus avant, en une nappe unique.

Les vitesses d'écoulement peuvent varier selon la distance du frot par rapport au point d'émission, mais aussi, pour un même point, la variation peut intervenir d'un jour à l'autre. Par exemple, le 28 janvier, la lave sourd du gueulard

nord, à une vitesse de 2 m/s. Aux bouches secondaires, elle n'est que de 20 à 30 m/min. A 500 m en aval de celles-ci, la progression est de 5 m/min. Le 18 janvier, à 150 m du point d'émission, la lave progresse de 10 m à la minute; le lendemain, au même point l'écoulement n'est plus que de 2 à 4 m/min.

L'activité effusive du Murara va se poursuivre ainsi durant trois mois. L'activité explosive, quant à elle, connaît quelques répliques plus tardives mais, le 1er juin, seules quelques manifestations fumerolliennes persistent. Le cône, haut alors de 150 m, étalé sur une base de 600 m de diamètre résulte de l'accumulation de 19.10^6 m^3 d'éjectas. Les coulées, dont le front s'est figé 5 à 6 km au SW de l'appareil, se sont ramifiées vers l'aval et représentent un volume de lave de l'ordre de 18.10^6 m^3 .

Dans le courant du mois de mars, l'activité s'est déplacée par deux fois. Le 21, tout d'abord, la même fracture nord-est, dans son prolongement vers le SW, manifeste une nouvelle activité en plusieurs points; les produits pyroclastiques engendrés permettent l'édification de cinq cônes : deux au nord-est de l'accident, de taille très réduite (4 à 5 m de haut) et trois au SW, coalescents, dont le plus important, appelé cône Ruhengeri, atteindra une hauteur de 15 mètres au bout de huit jours d'activité que connaîtra ce secteur. Le plus méridional d'entre eux, égaleulé vers le SW, émettra une petite coulée (5) qui s'épandra sur l'ancienne coulée 2' du Murara.

Le 28 mars, enfin, s'ouvre une fracture dirigée Nord 40° Est, située environ 2000 m au sud du Murara. L'activité clastique, concentrée en un point, qui se manifestera jusqu'au début du mois de juin, contribue à l'élaboration d'un cône d'importance limitée : l'Harakandi (base : 200 m de diamètre; hauteur 45 m; volume des éjectas : $0,7.10^6 \text{ m}^3$). Les manifestations effusives, d'abord localisées au pied SW de l'appareil se répartissent ultérieurement en divers événements qui s'alignent sur plusieurs fractures Nord 40° Est, très voisines de la faille principale. Ces événements laissent sourdre une lave "pahoehoe" qui se débite en larges dalles. Celles-ci dérivent très lentement, portées par le flux actif sous-jacent. Les coulées (6), du fait de la pente très faible en direction du SW, s'étalent et auront une extension longitudinale limitée à 2 ou 3 km. Le volume émis est évalué à 7,5 ou 8.10^6 m^3 .

7. CAUSES ET MODALITES DES ERUPTIONS.

Une période particulièrement active de fusion partielle du manteau supérieur engendre une poussée sous-jacente du magma. Celle-ci peut paraître inaperçue si la ou les chambres magmatiques qui sont en relation avec la zone de fusion sont capables d'absorber le "trop plein" de liquide magmatique. Lorsque ces chambres sont remplies, le magma cherche une voie vers la surface lui permettant de s'épancher. A chaque fois que le phénomène se renouvelait dans le secteur des Virunga, le magma empruntait soit les cheminées des appareils centraux, soit les conduits ménagés au niveau des fractures radiales de ces appareils majeurs ou au

au niveau des failles génératrices du graben. Le choix de l'itinéraire de la lave, pour s'exprimer, dépendait avant tout de la résistance que lui présentait l'orifice de ces conduits. Au vu des données historiques, il semble que les fractures radiales du Nyamulagira aient été des zones particulièrement faibles puisque la majorité des éruptions connues y sont localisées. Le Nyiragongo, pour sa part, possédait, par l'intermédiaire de son lac, une soupape naturelle qui "absorbait" périodiquement la surpression qui se manifestait dans la chambre magmatique. Dans ce cas, la colonne de magma se trouvant dans la cheminée jouait le rôle de "bouchon". Jamais, depuis la découverte du volcan, la pression de celui-ci n'avait été supérieure au "seuil de rupture" des conduits adventifs. Même en 1972, à l'époque où la colonne de magma avait été la plus haute, jamais enregistrée. Les manifestations observées dans le cratère depuis le mois d'août 1976 attestaient d'une de ces phases de "dilatation" du magma.

Bien que les données séismologiques soient actuellement trop peu nombreuses et trop fragmentaires pour envisager un essai de corrélation entre volcanisme et séismicité dans le Kivu, quelques faits enregistrés peuvent étayer une première argumentation. En effet, depuis le mois de septembre 1976, des secousses sismiques furent ressenties par la population du Kivu, avec une fréquence et une intensité supérieures à la normale. Notamment en décembre, le 1er janvier et surtout le 6 janvier, où une forte secousse était ressentie à 20 h 30' (heure locale): magnitude 5,3 (*). Le 10 janvier, juste à l'instant du déclenchement de l'éruption, une série de chocs ont été enregistrés à Lwiro (*). La magnitude n'a pu être évaluée. A Goma, la population ressentit sept secousses dans la journée du 10, autant le lendemain, trois le 12, deux le 13, trois le 14 et une le 15. Le 16 janvier, nous en ressentions quatre sur le Nyiragongo lui-même, dont la plus intense et la plus longue (20" à 15 h 50') juste avant l'effondrement des restes de T1, évoqué précédemment. Cette séismicité se répartit sans doute en une majorité de chocs au volcan - ceux ressentis à Goma entre autres - et quelques chocs tectoniques.

Les éruptions adventives du Nyamulagira, alignées sur une famille d'accidents N 40°E et N 45°E se trouvent dans l'axe de la faille de Mbuzi - Ouest (Pouclet, 1976), accident majeur du rift, sensible, vraisemblablement, à l'activité sismique de la fin de l'année 1976 (4 chocs enregistrés le 23 à Lwiro).

Les fractures responsables de l'éruption du Nyiragongo sont, quant à elles, méridiennes et situées dans le prolongement des failles Kivu - Est au sud, et Kasali au nord, failles directionnelles du graben. Le séisme du 6 janvier a, très probablement, fait rejouer ce systèmes N-S. La fracture autrefois génératrice du Baruta, du Shaheru et du Djoga a vu ainsi son "seuil de rupture" notablement abaissé, suffisamment du moins pour que la pression de la colonne de lave, dans le cheminée du Nyiragongo, devienne subitement supérieure à ce seuil, lors d'une nouvelle et

(*) Communication personnelle du Citoyen ZANA, Chef du Centre de Géophysique de l'I.R.S. du Zaïre, Agence de Lwiro.

légère montée du lac. L'ouverture instantanée des fractures libéra brutalement la lave. Simultanément, une brusque chute de pression fut induite dans la chambre magmatique entraînant la résorption du lac et de la colonne de lave de la cheminée du volcan. Le vide, ainsi créé, précipitait l'effondrement des terrasses.

8. CONCLUSIONS.

Après six mois d'activité explosive et effusive, les éruptions de la chaîne des Virunga ont totalement cessé; cependant, le potentiel éruptif reste important. Jusqu'alors, les velléités éruptives se traduisaient, comme nous l'avons vu, par la mise en place d'adventifs pyroclastiques avec émissions laviques, quand la chambre magmatique du Nyamulagira cherchait à déverser son trop-plein, par une montée du lac de lave, accompagnée ou non de débordements lorsqu'il s'agissait du Nyiragongo. Aucune raison apparente ne semble devoir modifier actuellement le comportement du premier. Par contre, l'oblitération de la cheminée du second peut modifier son mode d'expression. Deux hypothèses semblent pouvoir être retenues lors de la prochaine poussée du magma :

- Le bouchon d'éboulis n'est pas ou peu colmaté; la cheminée de l'appareil central reste la voie la plus facile pour que le magma atteigne l'air libre : la lave réapparaît alors dans le cratère.
- Le bouchon d'éboulis est très solide; la pression qu'il exerce est supérieure au seuil de rupture des fractures situées dans la plaine : on assiste alors à des éruptions adventives, de type Nyamulagira.

Seul, un réseau de surveillance de ce champ volcanique - dont la mise en place devrait intervenir rapidement - permettra de déterminer à l'avenir les zones à tendance éruptive. Ceci est indispensable, car des éruptions, même limitées mais soudaines, dans le "champ" du Nyiragongo poseront plus de problèmes que dans celui du Nyamulagira, du seul fait qu'il s'agit de territoires à forte densité de population.

9. REFERENCES.

GEVERS, T.W. (1940) - The 1938-1939 eruption of Nyamulagira volcano in the Kivu district of the Belgian Congo. - Trans. Géol. Soc. Sth. Afr., XLIII, 101/127.

POUCLET, A. (1973) - Contribution à la connaissance du volcan Nyiragongo (Rift Ouest-africain). Les éruptions intra-cratérales de juillet 1971 à avril 1972. - Bull. Volcanol., 37 (1), 37/72.

POUCLET, A. (1976) - Volcanologie du Rift de l'Afrique centrale : Le Nyamulagira, dans les Virunga. Essai de magmatologie du Rift. - Thèse doct. es-sci., Paris-sud, 610 pp, 63 fig., 5 cart., 11 pl. h.t.

VERHOOGEN, J. (1939) - Les volcans Virunga et l'éruption du Nyamulagira de 1938 (note préliminaire). - Ann. Soc. géol. Belg., 62, 326/353.

VERHOOGEN, J. (1948) - Les éruptions 1938-1940 du volcan Nyamulagira. - Inst. Parcs Nat. Congo Belge, Explor. Parc Nat. Albert, fasc. 1.