

Académie royale
des
Sciences coloniales

CLASSE
DES SCIENCES TECHNIQUES

Mémoires in-8°. Nouvelle série.
Tome IX, fasc. 2.

Koninklijke Academie
voor
Koloniale Wetenschappen

KLASSE
DER TECHNISCHE WETENSCHAPPEN

Verhandelingen in-8°. Nieuwe reeks.
Boek IX, aflev. 2.

Les syénites métasomatiques du massif de Kirumba

Contribution à la lithogenèse des volcans du Kivu
(Congo belge)

PAR

Marcel-E. DENAEYER

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES
MEMBRE DE L'ACADEMIE ROYALE DES SCIENCES COLONIALES



Rue de Livourne, 80A,
BRUXELLES 5

Livornostraat, 80A,
BRUSSEL 5

1959

PRIX :
PRIJS: F 350

Les syénites métasomatiques du massif de Kirumba

**Contribution à la lithogenèse des volcans du Kivu
(Congo belge)**

PAR

Marcel-E. DENAEYER

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES
MEMBRE DE L'ACADEMIE ROYALE DES SCIENCES COLONIALES

Mémoire présenté à la séance du 28 juin 1957.

Les syénites métasomatiques du massif de Kirumba

SHORT ABSTRACT

Having studied in great detail the feldspathoidal syenitic rocks of the Kirumba mountains (Kivu, Belgian Congo), the author concludes that these rocks may proceed from sodic metasomatism and desilication of surrounding precambrian micaschists. Nieuwenkamp's "persedimentary" theory might be referred to to account for the presence of sodium involved in the metasomatic process.

The potassium liberated by the process may be incorporated in basaltic magmas previously desilicated by carbonate rocks from the Basement. Such an hypothesis provides a simple and satisfactory explanation for the so much debated origin of the ultrabasic potassic and sodico-potassic lavas of the Virunga volcanoes.

RÉSUMÉ

Le massif syénitique de Kirumba est situé en bordure du fossé tectonique du Kivu. Sa superficie est d'environ 25 km². Son étude a été entreprise dans le cadre de recherches sur la lithogenèse des roches alcalines de l'Afrique centrale. Il est formé en majeure partie de syénites à néphéline, cancrinite et sodalite, plus ou moins riches en barylites et en minéraux calciques et de terres rares ou radio-actifs caractéristiques. Ces syénites passent locale-

ment à des roches à aegyrine comprenant la lujaurite et des pegmatites d'ordosite et de melteigite. A la bordure nord du massif se développent des syénites micacées sans feldspathoïdes formant la transition avec les schistes métamorphiques du groupe de l'Urundi qui encadrent les syénites feldspathoïdiques. Ces schistes renferment des bancs de quartzites fénitisés et d'itabirites.

L'auteur consacre la plus grande partie du Mémoire à l'étude pétrographique et chimique approfondie de toutes ces roches, complétée par l'examen comparatif des autres syénites néphéliniques du Kivu et de l'Urundi. 42 analyses chimiques, dont 34 nouvelles, sont publiées.

L'interprétation des faits observés conduit l'auteur aux conclusions et hypothèses suivantes :

1. — Les syénites feldspathoïdiques de Kirumba résultent de la métasomatose sodique et de la désilicatation des micaschistes urundiens, avec élimination partielle de leur potasse. Les réactions métasomatiques complexes dont ils sont le siège et les paragenèses qui prennent naissance sont interprétées en tenant compte des expériences de synthèse et en faisant appel à l'hypothèse du sodium persédimentaire (W. NIEUWENKAMP) ainsi qu'à l'intervention d'une carbonatite d'origine hydrothermale dérivée du socle sédimentaire.

La succession des réactions, en accord avec les faits observés, se résume comme suit, en ce qui concerne les coupholites :

(1) Microclinisation de la muscovite avec séparation d'alumine.

(2) Perthitisation et albitisation du microcline en présence de soude, *avec élimination partielle du potassium*.

(3) Désilicatation de l'albite (ou de la muscovite avec départ de potassium) en présence de carbonate calcique et production de néphéline, de cancrinite et de sodalite.

Les barylites suivent une voie indépendante. Ils se forment successivement par les réactions suivantes :

(4) Biotitisation (en lépidomélane) de la muscovite par réaction avec le fer des itabirites.

(5) Albitisation du lépidomélane avec *élimination de potasse* et de fer.

(6) Désilicatation et formation d'aegyrite et de grenat mélanite à partir des produits de (5) en présence de carbonate calcique.

2. — L'extrême fraîcheur des syénites de Kirumba, l'absence de déformations mécaniques et de rétrométamorphose, jointes à l'absence ou à la faible métamictisation de la plupart de leurs minéraux radioactifs suggèrent un âge de formation relativement récent de ces roches.

3. — Il est très vraisemblable que des complexes syénito-carbonatitiques existent sous les champs de laves des Virunga. La potasse éliminée par les réactions (2) et (5) a pu, dès lors, s'incorporer à des magmas basaltiques eux-mêmes différenciés en laves ultrabasiques par désilication carbonatitaire. Ainsi s'expliquerait d'une façon satisfaisante le caractère potassique ou sodo-potassique dominant des laves des Virunga.

Des travertins ont été déposés par les solutions résiduelles chlorurées sodiques et bicarbonatées calciques circulant dans les failles.

S. DEUTSCH et G. POULAERT exposent en Annexe les résultats de leur étude préliminaire de la radioactivité de quelques roches des massifs de Kirumba et de la Lueshe, à l'aide des émulsions pour recherches nucléaires. Des pyrochlores étudiés par spectrométrie γ , sont dix fois plus riches en uranium qu'en thorium.

CHAPITRE I

PROLOGUE

Dans le compte rendu préliminaire de ma mission volcanologique de 1956 dans la région des Virunga (M.-E. DENAEYER, 1957), j'ai insisté à plusieurs reprises sur l'intérêt de l'étude du massif de Kirumba et des autres affleurements de syénites feldspathoïdiques du Kivu, notamment au point de vue de leurs relations possibles avec les caractères spéciaux des laves alcalines basiques des Virunga.

On sait que de telles syénites et autres roches qui leur sont apparentées (ijolites, urtites, jacupirangites, etc.) entourent souvent des noyaux calcaires ou dolomitiques que l'on désigne sous le nom de carbonatites et auxquels on attribue généralement une origine magmatique ou hydrothermale. Il y en a un bel exemple dans la vallée de la Lueshe, entre Kikuku et Kilima.

Les trois termes : laves alcalines — roches syénitiques à ijolitiques — carbonatites, semblent former un tout interdépendant, de telle sorte que le problème de la composition particulière, alcaline basique et potassique, des laves des Virunga doit être lié à l'étude des deux autres termes de la triade.

C'est dans l'espoir de contribuer à une solution de ce problème que je me suis attaché en premier lieu à l'étude du massif de Kirumba, le plus étendu de tous les affleurements similaires signalés jusqu'à présent au Kivu (*fig. 1*).

L'intérêt théorique de la question se double d'ailleurs

du fait que les syénites et les carbonatites associées sont souvent des réservoirs de niobo-tantalates, de terres rares, d'uranium, de phosphates, de baryum, de strontium et autres ingrédients qui excitent fortement les activités minières.

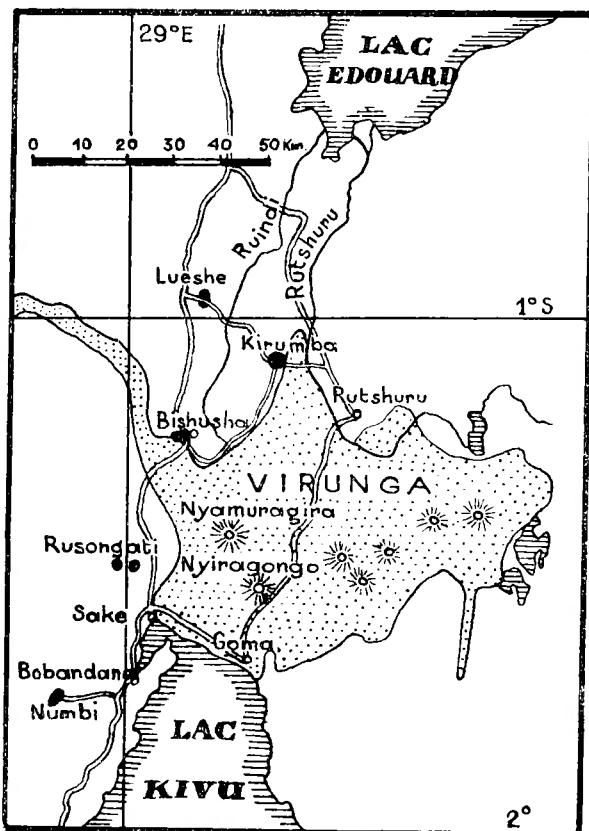


FIG. 1. — Affleurements des syénites néphéliniques du Kivu (taches noires).

Ainsi s'explique l'abondante littérature consacrée ces dernières années aux complexes syénito-carbonatitiques et à leur interprétation géologique. Parmi les articles de revue de caractère général les plus récents, je me borne-rai à citer ceux de J. LOMBARD (1955), W. T. PECORA (1956) et W. CAMPBELL SMITH (1956). Ce dernier con-cerne spécialement les carbonatites africaines.

Le problème des laves à la fois pauvres en silice et riches en alcalis a depuis longtemps mis à l'épreuve la sagacité et l'imagination des pétrographes. Mais les laves leucitiques spécialement riches en potasse, comme celles des Virunga, les ont désarmés.

R. A. DALY, l'inventeur de la théorie de la genèse des roches feldspathoïdiques sodiques par assimilation de roches carbonatées en réaction avec un magma subalcalin, avouait en 1933 (p. 542) que

“ the reason why leucite was there developed or why potash should be enriched so greatly in some leucite type remain obscure ”

et, assez récemment encore, en 1952, T. F. W. BARTH (p. 216) écrivait que

“ the origin of the potassic rocks, whether deep-seated or extrusive, is still an unsolved problem. ”

Quand A. LACROIX et F. DELHAYE révélèrent, en 1927, l'existence du massif de syénites feldspathoïdiques de Kirumba, ils ne manquèrent pas d'observer qu'

« il est intéressant de voir ce centre de roches éruptives anciennes à soude généralement prédominante se trouver sur le bord de la grande dépression du Kivu où des volcans, en partie actifs, ont fourni et fournissent encore des laves à la fois néphéliniques et leucitiques ».

En écrivant ces lignes, ils faisaient aussi une discrète allusion à l'influence de la tectonique radiale et des fossés d'effondrement sur les processus magmatiques.

Quant à S. J. SHAND, partisan de la théorie de R. A. DALY, à des variantes près, nous le voyons prendre position quand il écrit (1949, pp. 337 et 339) :

“ The lake Kivu region is a critical one for the hypothesis that limestone plays a part in the generation of leucitic lavas ”

et que

“ ... the Rutshuru foyaïte (¹) and the melilite bearing lavas, puts

(¹) Rutshuru étant situé de l'autre côté du fossé tectonique, l'auteur a préféré,

the case for deep-seated limestone in the basement rocks of... the Lake Kivu region in a stronger position than any hypothesis that depends upon hypothetical emanations. ”

Les « émanations hypothétiques » auxquelles SHAND fait allusion sont celles qui ont été invoquées en 1937 (p. 248) par A. HOLMES et H. F. HARWOOD pour édifier une théorie de la genèse des diverses laves des Virunga et du sud-ouest de l'Uganda, dans la croyance que « there is little or no limestone or dolomite to be assimilate ». Cette théorie mettait en jeu des réactions compliquées impliquant des périclites à augite et biotite, des roches sialiques et un magma X assimilé à une néphélinite mélilitique.

Cette théorie n'a plus qu'un intérêt rétrospectif depuis que des formations calcaires ou dolomitiques et leurs dérivés métamorphiques et que des carbonatites ont été découvertes au Kivu et en Uganda. M.-E. DE-NAEYER et H. HART ont énuméré dans un Mémoire antérieur (1954, pp. 147 à 168), avec bibliographie à l'appui, les principaux gisements de roches carbonatées et silicatées calciques du Kivu. Il faut y ajouter le marbre de la Lueshe, décrit par P. DE BÉTHUNE en 1952 et récemment reconnu comme carbonatite par cet auteur et A. MEYER (1956).

Par ailleurs, A. HOLMES a revisé sa position en 1950, en admettant l'hypothèse de réactions entre des carbonatites magmatiques et les roches sialiques avec perte éventuelle de la majeure partie du CO₂ libéré.

Bien qu'il y ait une tendance à considérer les complexes de roches alcalines, — en rapport visible ou induit avec des carbonatites —, comme des « fénites », c'est-à-dire des produits de réactions métasomatiques entre les roches préexistantes et des roches carbonatées mises en place suivant un mode intrusif, la majorité des pétro-

comme plus correcte, la désignation « massif de Kirumba », tirée du nom d'un ancien village indigène qui dominait le massif en question.

graphes, — par conviction ou par accoutumance —, restent attachés aux croyances magmatistes et continuent à parler de « roches éruptives » et d'« *igneous complex* », en dépit d'évidences aveuglantes.

Il se fait précisément que les relations entre les schistes de l'Urundi et les syénites du massif de Kirumba constituent une de ces « évidences aveuglantes ». Les réactions au cours desquelles les schistes se transforment en syénites avec l'intervention d'une carbonatite et d'un apport de soude, libèrent suffisamment de potasse et de CO₂ pour satisfaire aux postulats de la genèse des laves des Virunga.

Collaborations et remerciements.

L'étude développée ici a été présentée primitivement à l'Académie sous le titre moins compréhensif de : « Premiers résultats de l'étude des syénites feldspathoïdiques du massif de Kirumba ; leur origine métasomatique et leur radioactivité ». Elle est avant tout un des fruits de l'intérêt bienveillant accordé à mes recherches par Monsieur le Ministre des Colonies BUISSERET, mes collègues du Comité de Direction de la Commission de Géologie de son Département, le Conseil d'Administration et le Comité de Gestion de la Section des Sciences du Centre scientifique et médical de l'Université de Bruxelles en Afrique centrale (CEMUBAC).

Ce dernier a également assuré l'exécution des analyses chimiques indispensables. Ces analyses ont été effectuées dans le Laboratoire de Minéralogie de l'Université de Bruxelles sous la direction de M^{me} D. LEDENT, assistante, par Melle J. HEIRWEGH.

M. Fl. SCHELLINCK, chef des travaux, a bien voulu se charger du calcul des paramètres et de la composition virtuelle des roches analysées.

M^{me} S. DEUTSCH et Melle G. POULAERT, attachées à l'Institut interuniversitaire des Sciences nucléaires,

ont donné leur concours pour l'étude préliminaire de la radioactivité de mes matériaux.

M. J. JEDWAB s'est chargé de l'analyse spectrale d'un pyrochlore et la Société PHILIPS a mis gracieusement à notre disposition un appareil « Norelco » pour l'analyse par fluorescence aux rayons X de ce minéral.

A M^{me} DISERANT, photographe attachée à la Faculté des Sciences, et à quelques-uns de mes élèves sont dues les microphotographies qui ornent ce Mémoire.

M. G. DE SMET, technicien du Laboratoire de Minéalogie, a exécuté la taille des préparations microscopiques.

Mes remerciements s'adressent à tous et à chacun.

Au cours de mon travail j'avais devant les yeux l'image de feu mon maître Alfred LACROIX. Elle a soutenu et inspiré mes efforts.

Je dois de précieux avis à ma savante amie M^{me} E. JÉRÉMINE, maître de recherches du C. N. R. S. au Muséum d'Histoire naturelle de Paris et j'ai eu des échanges de vues intéressants avec mes collègues W. L. DE KEYSER et V. MATHOT, de l'Université de Bruxelles.

Je serais ingrat, si je ne m'acquittais pas aussi de l'agréable devoir de reconnaître l'aide et l'hospitalité que m'ont accordées pendant mes recherches au Kivu, mes amis Adrien et Alyette de MUNCK, de Buheno, Inès BRIBOSIA qui participa à mes courses dans le massif de Kirumba, le prince et la princesse Michel SAPIEHA et M. et M^{me} Maurice de SAN qui m'accueillirent dans la région de la Bigogo, le baron et la baronne HERRY, dans la région de Rusongati et Jean-Claude BECU, dans la région de Numbi où Louis et Catherine TORMOZ se chargèrent de la récolte d'échantillons.

Enfin, le grand chef NDEZE, de Rutshuru, veilla à ce que le sous-chef KUMAKUMA procurât et prît la tête du personnel noir nécessaire pour pénétrer dans le massif de Kirumba.

CHAPITRE II

LE MASSIF DE KIRUMBA (fig. 2)

1. — Orographie.

Le massif de Kirumba appartient au territoire de Rutshuru. Il peut être compris comme la partie des monts Kisale qui forme la bordure occidentale du fossé tectonique du Kivu, entre le mont Kiroso (2221 m) au nord, et les monts du Tongo, au sud. Il est à peu près limité, à l'ouest, par la route qui, venant de Bishusha, assure la communication entre le Tongo et la région de Kilima. La rivière Lunga suit en partie cette route vers la cote 1500.

Tout le massif est incliné vers l'ouest. Il comprend plusieurs sommets alignés sensiblement sud-nord : le Kashia (2206 m), le Kahanga (2224 m), le Kakate (2100 m) et le Lukamba (environ 1900 m), tous situés sur la « crête de Kirumba » (1850 m). Celle-ci est limitée à l'ouest par la cote 1750.

Kirumba, situé à l'extrême nord de cette crête, est l'emplacement d'un ancien village dont il ne reste plus aucun vestige et par où passe l'ancienne piste de Rutshuru à Kilima. Il est séparé des hauteurs de Ruan-guba (1814 m) par un col. C'est par ce col que passe le tracé de la nouvelle route en construction qui, tenant au km 52 de la route du Tongo, au lieu dit Bambu, doit assurer la communication directe de l'arrière-pays des monts Kisale avec Rutshuru, en franchissant

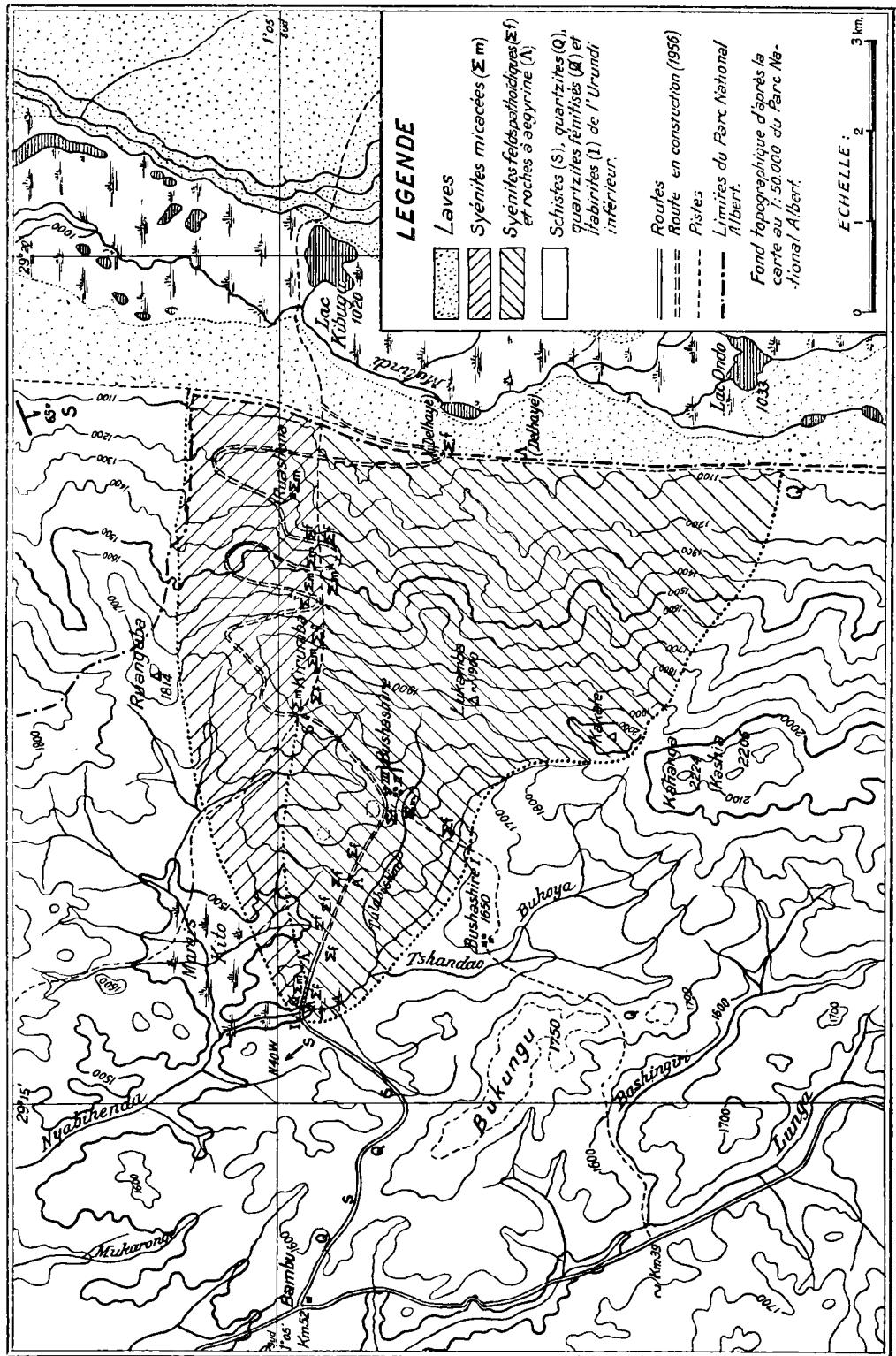


FIG. 2. — Massif de Kirumba.

la plaine de lave à travers l'étranglement du Parc national Albert (*fig. 1*).

La crête de Kirumba forme le sommet de l'escarpement de faille qui descend en gradins abrupts jusqu'au niveau de la plaine de lave, vers la cote 1100 environ. A son pied court la Mulindi, affluent de la Rutshuru, parmi les marécages et les lacs dont les principaux sont le lac Ondo (1033 m) au sud, et le lac Kibuga (1020m) au nord.

Vers le nord ouest, le massif montagneux s'abaisse à l'altitude de 1500 m. Il est drainé dans cette direction par les affluents de la Tshandao-Nyabihenda. Cette rivière traverse le marais Kito.

2. — Géologie.

Quand on aborde le massif de Kirumba par l'ouest, en venant de la route du Tongo à Kilima, on traverse d'abord les schistes et quartzites de l'Urundi inférieur dont la direction, mesurée au sud du marais Kito, est d'environ N. 40° O. Puis on pénètre dans les syénites de Kirumba.

Ces syénites se développent sur une superficie d'environ 20 à 25 km² en formant une sorte de triangle équilatéral. Leurs limites approximatives, au contact des schistes et quartzites, sont déterminées par quatre points.

L'escarpement de faille qui interrompt brutalement l'affleurement des syénites, à l'est, a été longé en contrebas par F. DELHAYE au cours de sa mission de 1922. D'après les carnets de route de notre regretté confrère (¹), on peut placer le passage des schistes (²) aux syénites de Kirumba à environ 1.500 m au nord du parallèle du lac

(¹) J'ai été aimablement autorisé à consulter ces carnets par le Laboratoire de Géologie de l'Institut polytechnique du Hainaut qui en est le dépositaire.

(²) Clivage schisteux N. 60° E, incl. 65° S, à Mutundwe.

Kibuga. Elles débutent par des syénites micacées aux-
quelles succèdent, vers le sud, des syénites à sodalite
bleue et des lujaurites, jusqu'à environ 1.000 m au sud
du parallèle du lac Ondo. En ce point apparaissent des
quartzites gris bleu et des poudingues quartzeux. Les
syénites se développent donc sur une longueur d'environ
7 km du côté de la plaine de lave sous laquelle elles se
prolongent sans aucun doute.

Les syénites ont été traversées plus tard, d'ouest en
est, d'abord par U. DROPSY, en 1927, puis par J. DE LA
VALLÉE POUSSIN, au cours de la mission du Comité
national du Kivu (1939) mais sans avoir fourni de nou-
veaux renseignements sur les contacts.

En 1956, en venant de l'ouest, j'ai relevé deux nou-
veaux passages des schistes et quartzites aux syénites,
au demeurant assez imprécis, étant donné le manque
de continuité des affleurements.

Le premier se place à l'extrême sud de la branche
ouest du marais Kito, un peu à l'ouest du point où la
rivière Tshandao y pénètre. Les échantillons ont été
prélevés le long de la plateforme de la route en construc-
tion sans que j'aie pu noter leurs relations mutuelles.
J'y ai observé, succédant aux schistes urundiens *in*
situ (direction N. 40° O.), des itabirites, des quartzites
fénitisés (à pyroxènes et amphiboles sodiques), des
syénites micacées, des syénites feldspathoïdiques et des
roches à aegyrine. Le deuxième point se situe sur une
piste qui joint le Km 39 de la route du Tongo au village
Bushashire, à hauteur de la rivière Tulasbishia, à la
cote 1600.

A partir de ces deux points, mes itinéraires suivant le
tracé de la route projetée et suivant les pistes indigènes
n'ont montré que des syénites feldspathoïdiques jusqu'à
la crête de Kirumba. Mais à partir de ce dernier point,
vers l'est, en suivant l'ancienne piste de Rutshuru,
on relève sur des rochers en place, tantôt des syénites

feldspathoïdiques, tantôt des syénites micacées. Il semble donc que l'on puisse faire passer entre ces deux sortes de roches une limite provisoire dirigée sensiblement est-ouest, entre Ruashona et l'extrémité sud du marais Kito.

De nouvelles explorations devront compléter ces indications encore très sommaires (¹).

Néanmoins, l'étude pétrographique et chimique des nombreux échantillons prélevés amplifie dans une très large mesure les premières descriptions et analyses publiées par LACROIX et DELHAYE (1927) sur la base des 8 échantillons provenant des missions DELHAYE et DROPSY, conservés au Muséum national d'Histoire naturelle, à Paris. Cette étude conduit, comme nous le verrons, à des conclusions d'une très grande portée.

(¹) Une nouvelle mission effectuée au cours de l'été de 1958 m'a permis, grâce aux tranchées de la nouvelle route et à la colonisation de ses abords, de recueillir une foule de données complémentaires (*Note ajoutée pendant l'impression*).

CHAPITRE III

ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE ET CHIMIQUE DES ROCHES DU MASSIF DE KIRUMBA

Divisions de ces roches.

Trois types de *roches métamorphiques* se rencontrent aux abords du massif de syénite. Ce sont par ordre d'importance :

- a) des muscovitoschistes,
- b) des quartzites,
- c) des itabirites.

Les muscovitoschistes et les itabirites étudiés ne sont pas modifiés, mais les quartzites portent déjà les marques de la fénitisation.

Les *syénites* qui font l'objet principal de cette étude se classent en quatre catégories :

A) Syénites micacées, qui se subdivisent en :

- 1. syénites à muscovite,
- 2. syénites à deux micas,
- 3. syénites à biotite;

B) Syénites feldspathoïdiques, qui se subdivisent en :

- 1. syénites néphéliniques à sodalite et cancrinite,
- 2. syénites à sodalite et cancrinite (sans néphéline),

3. syénite à sodalite ou cancrinite (sans néphéline) ;

C) Syénite barkévicitique ;

D) Roches à aegyrine, qui se subdivisent en :

1. syénites néphéliniques à aegyrine,
2. lujaurite à cancrinite,
3. ordosite,
4. melteigite.

Les échantillons mis en œuvre dans ce Mémoire sont conservés au Laboratoire de minéralogie et le lithologie de l'Université de Bruxelles. Ils sont affectés de deux séries de sigles et de numéros (numéros de récolte et numéros d'entrée dans le catalogue de la Collection lithologique). Ces deux indications sont inscrites en tête des descriptions et des analyses chimiques. J'ai pu utiliser, en outre, les lames minces et les analyses des roches de DELHAYE et de DROPSY, conservées au Laboratoire de Minéralogie du Muséum national d'Histoire naturelle, à Paris, avec l'aimable autorisation de mes amis, le Professeur J. ORCEL, Directeur de ce Laboratoire, et Mme le Dr E. JÉRÉMIE, attachée à la collection pétrographique. Les sigles et numéros du Muséum sont également inscrits en tête des articles visés ci-dessus.

Les analyses chimiques sont groupées et discutées à la fin de chacune des parties principales de ce chapitre.

Les minéraux des roches de Kirumba.

1. — *Coupholites*. Ils comprennent le microcline, la micropertite de microcline et d'albite, l'albite, la néphéline, la sodalite, la cancrinite et la muscovite. Les plagioclases calco-sodiques sont complètement absents. Les zéolites secondaires sont négligeables.

2. — *Barylites.* Les micas noirs sont représentés par le lépidomélane et des biotites ordinaires ; les pyroxènes, par l'acmite, l'aegyryne, l'augite aegyryrinique, le diopside et l'augite ; les amphiboles, par la barckévicite, l'hastingsite et l'imérinite ; les grenats, par la mélanite ; les minérais, par la magnétite, l'ilménite, l'hématite et la pyrite.

3. — *Minéraux accessoires.* Ce sont : le sphène, le zircon, la fluorite, la calcite, l'apatite, l'idocrase (ou vésuvianite) et la tourmaline.

4. — *Minéraux rares.* Vu leurs dimensions très réduites et leur rareté relative dans les lames minces, la détermination de ces minéraux par les moyens optiques offre souvent de grosses difficultés. D'autre part, leur dissémination dans les syénites et le volume trop réduit des échantillons ne permettaient pas de les extraire et de les concentrer. Les noms qui suivent sont donc donnés sous réserve et avec des degrés variables de probabilité.

Les oxydes comprennent l'euxénite et le pyrochlore. Les silicates sont : la thorite, la cérite, l'allanite, la chevkinite et des minéraux du groupe de la lavénite.

La plupart de ces minéraux sont radioactifs. Leur présence a été confirmée par la mesure de l'activité α sur sections dressées ou sur lames minces, par la méthode des émulsions pour recherches nucléaires, par M^{me} S. DEUTSCH (voir Annexe).

Les caractères des minéraux décrits ci-après se limitent à ceux qui leurs sont propres dans les roches de Kirumba. Leurs formules chimiques (simplifiées) et leurs systèmes cristallins sont rappelés entre les parenthèses. Ils apparaissent à peu près tous dans les microphotographies des planches hors texte.

1. COUPHOLITES.

a) *Les feldspaths.*

Le *microcline* ($KAlSi_3O_8$, triclinique) se présente en cristaux généralement allongés suivant [100] ou aplatis suivant (010); les macles quadrillées sont nettes ou floues, mais fréquemment la macle polysynthétique de l'albite existe seule. Elle peut même être absente et on serait alors tenté d'attribuer ces cristaux sans macles polysynthétiques à l'orthose, aux angles d'extinction près.

Sous le nom de *micropertites* nous entendons tous les degrés d'albitisation du microcline. Il s'agit donc de micropertites secondaires et non, de démixion. Ces dernières sont rares. L'albite s'associe au microcline tantôt en veinules, tantôt en plages diffuses qui tendent à se substituer plus ou moins entièrement au minéral hôte. Celui-ci finit par ne plus subsister qu'à l'état de résidu ou d'inclusions. Il en résulte alors une sorte d'antiperthite. L'albitisation peut aussi commencer en bordure des cristaux de microcline.

L'*albite* ($Na Al Si_3 O_8$, triclinique) en cristaux allongés résultant de sa substitution au microcline (albite I) montre généralement la macle polysynthétique de l'albite, tantôt nette, tantôt à éléments très petits, très fins et comme hachés. La macle de l'albite peut aussi faire défaut. La macle de la péricline ne s'observe que rarement.

En opposition avec cette albite de substitution, il y a lieu de distinguer une génération d'albite (albite II) en cristaux granoblastiques, limpides, rarement maclés ou bien à macles de l'albite très larges. Cette sorte d'albite, souvent associée à la cancrinite, garnit les vides entre les feldspaths allongés, mais elle est surtout régulièrement associée à des agrégats de barylites.

Les deux sortes de cristaux sont toujours d'albite pure. Le signe optique (+) et les extinctions ont été vérifiés un grand nombre de fois.

Le microcline, les microperthites et l'albite I présentent assez souvent la macle de Carlsbad, bien visible sur la tranche des échantillons à feldspaths orientés et aplatis ; la macle de Baveno est moins fréquente. Normalement, ces feldspaths sont riches en inclusions et agrégats de calcite et de muscovite ou en inclusions de fluorite.

b) *Les feldspathoïdes.*

La *néphéline* (Na Al Si O_4 , hexagonale) est xénomorphe, généralement riche en inclusions d'albite, de sodalite, de cancrinite, d'apatite et d'aegyrite. Cette dernière, sous forme de fines aiguilles, est régulièrement alignée suivant le clivage (1010) de la néphéline. Quand la néphéline se développe au sein du microcline, elle est auréolée d'albite non maclée qui forme une zone de transition entre les deux minéraux. On observe exceptionnellement, dans la néphéline, des veinules d'indice légèrement différent qu'on peut attribuer à de la *kalsilite* de démixion (K Al Si O_4 , hexagonale trapézoédrique).

La *sodalite* ($3 \text{ Na Al Si O}_4 \cdot \text{Na Cl}$, cubique) d'un beau bleu foncé ou bien incolore, est toujours xénomorphe. Elle remplit les vides entre les feldspaths et, très souvent, se glisse entre ceux-ci, sous forme de films interfaciaux. Elle est généralement riche en inclusions d'albite et de cancrinite. Cette dernière s'y développe aussi en arabesques constituant la structure dactylotype, analogue à celle du quartz des myrmékites.

La *cancrinite* ($3 \text{ Na Al Si O}_4 \cdot \text{Ca CO}_3 \cdot (\text{OH})^2$, hexagonale) correspond en majeure partie à la variété *losite* à biréfringence faible (0,010 à 0,012) et probablement riche en sulfate de chaux hydraté. Sauf dans le cas de

la structure dactylotype citée ci-dessus, — et qu'elle peut aussi, mais rarement, réaliser en association avec l'albite, — la cancrinite et la losite se présentent en grains subidiomorphes très purs, mais non exempts d'inclusions de sodalite, de néphéline et d'albite.

c) *La muscovite et le quartz.*

La *muscovite* ($K_2 Al_4 (Si_6 Al_2 O_{20}) (OH)_4$, monoclinique) se présente, soit sous forme microcristalline dans les schistes et dans les syénites micacées, soit recristallisée plus ou moins largement dans ces dernières. Sous la première forme, elle cible de ses minuscules paillettes les cristaux de feldspaths ou bien s'y accumule en flocons et nuages aux contours indécis. Il s'agit, en l'occurrence, d'une muscovite résiduelle et en aucune façon d'une séricitisation rétrométamorphique du feldspath.

Le *quartz* ($Si O_2$, rhomboédrique trapézoédrique) est totalement absent des syénites ; il n'existe qu'en granules minuscules dans les schistes, mais il est le constituant principal des quartzites et des itabirites.

2. BARYLITES.

a) *Les biotites.*

La biotite la plus fréquente est un *lépidomélane* très riche en fer (sidérophyllite ou annite, $K_2 Fe Al_6 (Si_6 Al_2 O_{20}) (OH)_4$, monoclinique) très fortement polychroïque en brun et pratiquement opaque en lames minces suivant le plan de clivage. Les autres biotites sont polychroïques dans les tons verts et bruns habituels, ou bien sont incolores, avec $2V$ presque nul, et correspondent, alors, à la *phlogopite*. Presque toutes englobent des inclusions à auréoles polychroïques de zircon, de sphène et d'autres minéraux radioactifs.

b) *Les pyroxènes.*

Les plus fréquents sont l'*acmite* jaune verdâtre et l'*aegyryne* vert d'herbe en lame mince ($\text{Na Fe Si}_2\text{O}_6$, monocliniques). Ils se développent en grands cristaux dans certaines lujaurites et dans l'ordosite et, partout ailleurs, ils sont plutôt aciculaires, notamment en inclusions dans la néphéline. La plupart des cristaux d'acmite ou d'aegyryne sont criblés de mélanite ou bien entourés d'une couronne réactionnelle de ce grenat.

L'augite aegyrinique n'a guère été observée que dans les quartzites fénitisés. Elle se distingue de l'aegyryne par son grand angle d'extinction.

Le *diopside* ($\text{Ca} (\text{Mg, Fe}) \text{Si}_2\text{O}_6$, monoclinique) existe parfois au cœur de certains cristaux d'aegyryne.

L'augite (diopside alumineux, monoclinique) a été observée, d'autre part, au cœur de quelques cristaux de barckévicite (voir ci-après).

c) *Les amphiboles.*

Elles sont rares dans les roches du massif de Kirumba. Elles appartiennent toutes aux variétés sodiques.

La *barckévicite* (hornblende alumineuse sodique, monoclinique) n'a été reconnue que dans une seule syénite à sodalite où elle est associée à la biotite. Elle est polychroïque dans le brun rougeâtre foncé et le brun pâle. Angle d'extinction maximum $n_g : c = 21^\circ$, $2V(-)$ inférieur à 15° , biréfringence maxima : 0,012 à 0,014. Sur les bords, les cristaux de barckévicite passent à l'*hastingsite*, de composition voisine, mais polychroïque dans le vert bleuâtre suivant l'allongement et le vert plus pâle transversalement. Il y a lieu de remarquer que les axes de l'ellipsoïde d'absorption de l'hastingsite coïncident avec les axes cristallographiques et non avec

les axes de l'ellipsoïde des indices. L'allongement est négatif et l'angle d'extinction maximum de 16 à 19°. Ce minéral est presque uniaxe négatif et sa biréfringence atteint 0,021.

L'*imérinite*, découverte à Madagascar par A. LA-CROIX (1922, p. 538), est également une amphibole sodique que je n'ai rencontrée que dans les quartzites fénitisés, associée à l'aegyrine et à l'augite aegyrinique. Les cristaux sont zonaires et polychroïques, avec *a* vert jaunâtre pâle, *b* bleu grisâtre à incolore, *c* bleu verdâtre. Ici aussi, l'ellipsoïde d'absorption est différent de l'ellipsoïde optique : l'allongement est positif et l'angle d'extinction maxima atteint 42°, mais la dispersion est très forte et les extinctions anormales, dans les gris fumée. La biréfringence est faible et variable suivant les zones. L'angle des axes optiques semble moyen ($2V \sim 40^\circ$?) et le signe est négatif. Enfin, il faut signaler de très nombreuses inclusions suivant les clivages (110).

d) *Les grenats.*

Le seul grenat reconnu est la *mélanite* (andradite titanifère, $\text{Ca}_3 \text{Fe}_2 \text{Si}_3 \text{O}_{12}$, cubique) qui pourrait contenir des molécules de *grossulaire* ($\text{Ca}_3 \text{Al}_2 \text{Si}_3\text{O}_{12}$). Il se présente, soit en petits cristaux arrondis en inclusions dans l'acmite, soit en couronnes réactionnelles autour de ce minéral. Ce dernier est souvent complément transformé en grenat qui forme alors des plages isolées xénomorphes. Aucune biréfringence anormale n'a été observée. Sa couleur est brune à jaune verdâtre en lame mince et son indice de réfraction supérieur à 1,88.

e) *Les minérais.*

La *magnétite* (Fe_3O_4 , cubique) en grains opaques, est le plus souvent associée à l'ilménite, au lépidomélane et au grenat.

L'ilménite (FeTiO_3 , rhomboédrique) se présente dans les mêmes conditions que la magnétite, dont elle se distingue souvent par une mince couronne de leucoxène.

L'hématite (Fe_2O_3 , rhomboédrique) est le constituant principal des itabirites, en lamelles finement divisées, rouges par transparence.

La *pyrite* (FeS_2 , cubique) n'est plus guère représentée, aux affleurements, que par ses pseudomorphoses en limonite, dans les muscovitoschistes. Elle n'existe que très rarement dans les syénites, en cristaux minuscules à formes nettes.

3. MINÉRAUX ACCESSOIRES.

Le *sphène* (ou titanite, CaTiSiO_5 , monoclinique) en cristaux fusiformes et en grains, est presque toujours associé aux minéraux, à la mélanite et au lépidomélane dans lequel il s'entoure de halos polychroïques intenses. Il existe aussi en cristaux dentelliformes.

Le *zircon* (ZrSiO_4 , quadratique) est également associé aux minéraux précédents d'une façon constante. Il existe aussi en inclusions dans les feldspaths. Il se présente en grains ou en petits cristaux normalement allongés suivant l'axe quaternaire et, très exceptionnellement, en aiguilles allongées suivant une arête de la pyramide. En ce cas, les extinctions se font suivant les diagonales des cristaux.

La *fluorite* (CaF_2 , cubique) est très répandue dans tous les minéraux des syénites feldspathoïdiques, en cristaux irréguliers, incolores ou violacés en lames minces. En association avec les minéraux radioactifs, elle est inégalement colorée en violet intense et souvent criblée d'inclusions gazeuses tubulaires parallèles et très fines. Elle existe aussi en association avec la calcite.

La *calcite* (CaCO_3 , rhomboédrique) est également abondante en inclusions et grains irréguliers ou arrondis, dans la muscovite et les feldspaths des syénites. Dans ces derniers, elle prend parfois le facies d'une micropegmatite.

L'*apatite* ($9 \text{ Ca O} \cdot 3 \text{P}_2 \text{O}_5 \cdot \text{Ca} (\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})_2$, hexagonale) n'est que très modérément représentée par de petites aiguilles dans les roches de Kirumba, généralement pauvres en acide phosphorique. Je n'ai trouvé qu'une seule plage de quelque importance dans un filon d'ordosite et de jolis cristaux automorphes dans la syénite à barckévicite.

L'*idocrase* ou vésuvianite ($\text{Ca}_{10}(\text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{OH})_2\text{Al}_4\text{Si}_9\text{O}_{34}(\text{OH})_2$, quadratique) est abondamment disséminée en jolis petits cristaux prismatiques raccourcis dans quelques syénites à losite et sodalite. Leur biréfringence est d'environ 0,004. Ils sont uniaxes négatifs ; cependant quelques cristaux présentent des anomalies optiques : ceux-ci sont biaxes négatifs avec $2V$ voisin de 30° et le plan des axes optiques perpendiculaire à (110).

La *tourmaline* ($\text{H}_4\text{NaFe}_3\text{Al}_6\text{B}_3\text{Si}_6\text{O}_{31}$, rhomboédrique hémimorphe) n'a été observée que dans les muscovito-schistes, en prismes minuscules, et, exceptionnellement, en prismes d'une dimension notable dans une syénite à deux micas. Elle est polychroïque dans le vert foncé et le brun (schorlite).

4. MINÉRAUX RARES.

On peut rapprocher de l'*euxénite* ($(\text{Y}, \text{Ca}, \text{Ce}, \text{U}, \text{Th})(\text{Cb}, \text{Ta}, \text{Ti})_2\text{O}_6$, orthorhombique) ou d'un des minéraux de son groupe ou bien de la *fergusonite* ($\text{Y}(\text{Cb}, \text{Ta})\text{O}_4 \pm \text{Er}, \text{Ce}, \text{U}$, quadratique), quelques rares cristaux prismatiques allongés, à relief voisin de 2, de couleur brun clair en lames minces et complètement isotropisés.

Ils développent de larges halos polychroïques dans la biotite. La fluorite qui leur est associée est d'un violet très intense.

De minuscules octaèdres bruns, isotropes, de *pyrochlore* ($\text{NaCa}(\text{Cb},\text{Ta})_2\text{O}_6\text{F}$, cubique) d'indice très supérieur à 2, peuvent être, soit associés à (?) l'euxénite, soit groupés en essaims, dans les micas. Dans la biotite, ils s'entourent d'auréoles polychroïques.

La *thorite* (ThSiO_4 , quadratique) est assez fréquente en petits cristaux brunâtres à gris, à relief voisin de 1,8, faiblement biréfringents (environ 0,010 à 0,015), à clivages (110) nets et extinctions diagonales sur les sections voisines de (001). Uniaxe positif. Ce minéral n'est que rarement isotropisé. Sa teinte claire permet peut-être de le rapprocher de *mackintoshite* [$3 \text{ ThO}_2 \cdot 3 \text{ SiO}_2 \cdot \text{UO}_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (?)].

La *cérite* ($(\text{Ce,Y,Pr,Ca})_4\text{Si}_3\text{O}_{12} \cdot \text{H}_2\text{O}$?, orthorhomboïque) existe très probablement en petits cristaux sans formes ni clivages nets. Ils sont grisâtres ou faiblement polychroïques : incolore et rougeâtre. Leur relief est élevé, voisin de 1,8, leur biréfringence faible : 0,002 à 0,015. Biaxes positifs avec $2V$ variable de 0 à 25° environ. Allongement positif et extinction droite. Auréoles polychroïques dans la biotite.

On pourrait attribuer à la *chevkinite* (ou tscheffkinité) ($(\text{Fe,Ca})(\text{Ce,La,Al})_2(\text{Si,Ti})_3\text{O}_{10}$ (?) monoclinique) ou, à défaut, à l'*allanite* (orthite) ($\text{Ca,Ce,La}_2(\text{Al, Fe}^{\text{m}}, \text{Fe}^{\text{n}})_3(\text{OH})\text{Si}_3\text{O}_{12}$), monoclinique, un minéral brun ou brun rouge faiblement polychroïque, sans clivage, assez fréquent dans les syénites de Kirumba. Il présente parfois un allongement net se terminant par un pointement. Cet allongement est positif et l'extinction est droite et parfois oblique. L'absorption maximum a lieu suivant l'allongement (n_g) ; elle est minimum (parfois incolore)

perpendiculairement (n_p). Le relief est voisin de 2 et la biréfringence variable de 0,010 à 0,020. Biaxe négatif, 2V variable de 30 à 40° et, dans un cas, très grand. La chevkinite forme parfois de petites agglomérations très denses de cristaux associées à de la fluorite violette et à du sphène.

Enfin, on peut rapporter, soit à la *wöhlerite* ($\text{NaCa}_2(\text{Zr,Cb})\text{FSi}_2\text{O}_8$, monoclinique) soit à la *lavénite* ($(\text{Ca,Na})(\text{Zr,Cb,Fe,Ti,Mn})\text{FSiO}_4$ (?) monoclinique), ou à ces deux minéraux, de minuscules cristaux incolores à jaunâtres, très faiblement polychroïques ou jaune d'or à brun, biaxes négatifs, assez fréquents dans les syénites, en inclusions dans les feldspaths et la fluorite. Leur relief est inférieur à 1,8. Leur biréfringence varie de 0,020 à 0,030. Les angles d'extinction, mesurés par rapport à un clivage rare et très fin, ont été de 5 et de 28°. Dans d'autres cas, ils atteignaient 40°. L'angle 2V est moyen à grand, mais petit dans les cristaux jaune d'or.

Les éléments d'information sont trop peu nombreux pour permettre une détermination exacte des espèces en présence.

Les associations paragénétiques.

Les minéraux qui viennent d'être passés en revue ne sont nullement distribués d'une manière quelconque dans les syénites de Kirumba.

Cela découle déjà d'une manière évidente de ce qui précède et l'examen de l'ensemble de la collection ne fait que confirmer cette impression.

Il semble que les coupolites, d'une part, les barylites de l'autre, aient subi deux évolutions parallèles et simultanées, mais distinctes. L'homogénéisation équigranulaire des deux catégories de minéraux n'est que rarement atteinte et, cependant, d'autre part, une distribution orientée en lits est tout aussi rare. Les baryli-

tes tendent plutôt à s'agglomérer en « nids » ou, tout au moins, à faire figure de « résidus » dans les copholites largement dominants.

A chaque catégorie sont associés des minéraux accessoires ou rares, suivant leur composition, leur affinité pétrographique ou chimique. De telle sorte qu'il est possible de proposer les deux groupements paragénétiques suivants que nous essaierons d'interpréter dans le prochain chapitre par des équations de transformation.

1. — *Associations copholitiques*: Elles comprennent la muscovite, le microcline, les microperthites, l'albite I, la néphéline, la sodalite et la cancrinite. A ces minéraux s'associent la calcite, la fluorite pâle, l'apatite, l'ido-crase, la tourmaline, une partie du zircon et, enfin, la wöhlérite (et) (ou) la lavénite.

2. — *Associations barylitiques*: Elles comprennent les biotites, les minérais, les pyroxènes sodiques, (la barcké-vicite dans un seul cas), la mélanite, le zircon, le sphène et la fluorite violette. A ces minéraux s'associent l'euxénite (?), le pyrochlore, la thorite, la cérite, l'allanite et la chevkinite. Il est remarquable que ces minéraux soient régulièrement associés à de l'albite II. Ses cristaux limpides forment en quelque sorte la trame ou la toile de fond sur laquelle les barylites se détachent vigoureusement en raison de leur relief toujours élevé et de leur couleur.

Section I. — Les roches métamorphiques ambiantes.

A. MUSCOVITOSCHISTES.

Dn 56.195 - C.5262 (analyse n° 1) : entre les km 4 et 5 de la nouvelle route, extrémité nord du marais de la Tchandao.

Dn 56.165 - C. 5231 (analyse n° 2) : flanc ouest de la crête de Kirumba.

Les *muscovitoschistes* sont bien développés et alternent avec des bancs de quartzite, entre Bambu et le Km 5 de la route en construction.

L'échantillon 56.195 analysé ici a été prélevé dans une série de bancs dont la direction est N.40°O. Il s'agit d'un schiste gris clair compact dont le litage est très espacé. Il est criblé de cavités de 2 à 3 mm dues à la dissolution de cubes de pyrite qui n'ont laissé qu'un résidu de limonite brune (*Pl. I, 1*).

En lame mince, le litage est également très peu marqué et la muscovite est à grain extrêmement fin et serré. Très accessoirement et par ordre de fréquence, on note la présence de très petits cristaux disséminés de tourmaline, de quartz, de zircon et, probablement, de pyrochlore. Les fantômes creux des cubes de pyrite sont auréolés d'un chevelu ferrugineux imprégnant la trame de muscovite. Celle-ci est constellée, en outre, de granules de limonite provenant de l'altération d'innombrables microcristaux de pyrite.

L'analyse n° 1 montre l'absence quasi totale de soude dans ce schiste.

Pour comparaison, j'ai fait analyser un petit bloc de muscovite grenue (56.165) trouvé au voisinage des syénites micacées, près de Kirumba, mais sans connexion avec celles-ci. Les cristaux de muscovite y sont formés de paquets de lamelles verdâtres. Ils ne présentent pas d'orientation privilégiée.

La composition chimique de cette *muscovite* presque pure (analyse n° 2) est extrêmement voisine de celle des *muscovitoschistes*. Il s'agit probablement d'une portion recristallisée de ceux-ci. En effet, le calcul d'une composition réelle de ces deux roches, à partir des données des analyses chimiques, donne les résultats suivants :

<i>Muscovitoschiste</i> 56.195		<i>Muscovitite</i> 56.165	
Muscovite	76.0 %	Muscovite	85.2 %
Magnétite	1,4	Magnétite	0,5
Hématite	3,2	Ilménite	0,8
Quartz	13,9	Quartz	7,1
Calcite	2,3	Calcite	2,9
Divers	4,0	Divers	2,7
	100.8		99.2

La muscovite se traduit, dans les compositions virtuelles, par des pourcentages élevés en orthose et corindon.

B. QUARTZITES.

Dn 56.191 - C. 5258 (analyse n° 3) : environs du Km 6 de la route en construction, à l'extrémité du marais de la Tchandao.

Le quartzite analysé ici est un *quartzite fénitisé, à pyroxènes et amphiboles sodiques*.

C'est une roche dure, compacte, de teinte gris verdâtre à bleuâtre, finement grenue, parcourue de veines d'un vert foncé de 2 à 3 mm de largeur, où se concentrent les barylites. (*Pl. I, 2*).

En lame mince, le quartz est le minéral dominant, en grandes plages (environ 1 mm) à contours irréguliers mais non dentelés, à extinctions onduleuses, cimentées par des grains trois fois plus petits et peu affectés de déformations mécaniques. Les grandes plages sont donc résiduelles d'un quartzite cataclasé, tandis que les petits grains de quartz de la trame représentent la partie recristallisée postérieurement à la phase de déformation.

Parmi ces petits grains, on note quelques cristaux de microcline et d'albite, cette dernière rarement maclée.

Brochant sur le tout, de nombreux cristaux et prismes

courts, isolés ou groupés, d'augite aegyrrinique, d'aegyrrine vert d'herbe très polychroïque et d'imérinite gris bleu confèrent à ce quartzite son cachet particulier et sa signification dans le complexe de Kirumba (*Pl. I, 3*). L'analyse n° 3 montre qu'il a reçu un apport de soude important.

Son imérinite est presque toujours criblée d'inclusions filiformes ou aciculaires suivant ses clivages (110). L'allongement de ces inclusions est négatif et leur extinction semble droite. Il s'agit peut-être de cristaux d'aegyrrine en groupements épitaxiques.

De rares cristaux de zircon ont été observés.

C. ITABIRITES.

Dn 56.194 - C. 5261 (analyse n° 4) : environs du Km 4 de la route en construction.

Il s'agit d'une itabirite d'aspect classique, à éclat gris métallique où l'hématite alterne grossièrement avec des lits et des yeux alignés de quartz. Celui-ci est très cataclastique, à structure en mortier et en plages engrenées. L'hématite est distribuée en traînées subparallèles et comprend des plages cristallines et une poussière de microcristaux opaques. Le litage actuel de la roche est manifestement d'origine, en partie, mécanique.

Des semis de paillettes d'hématite rouge transparente et quelques taches de limonite accompagnent l'hématite opaque.

Analyses chimiques des roches métamorphiques.

1. — Muscovitoschiste Dn 56.195 - C. 5262.
2. — Muscovitite Dn 56.165 - C. 5231.
3. — Quartzite à pyroxènes et
amphiboles sodiques Dn 56.191 - C. 5258.
4. — Itabirite Dn 56.194 - C. 5261.

Tableau 1. — Composition centésimale.

	1	2	3	4
Si O ₂	48.03	45.67	81.41	37.09
Al ₂ O ₃	27.70	30.90	4.97	1.70
Fe ₂ O ₃	6.24	4.41	1.13	58.75
Fe O	0.41	0.52	2.13	0.30
Mn O	tr.	tr.	0.18	tr.
Mg O	0.00	tr.	2.48	tr.
Ca O	1.28	1.58	3.20	1.11
Na ₂ O	tr.	0.14	3.39	0.00
K ₂ O	8.92	9.85	0.48	0.00
Ti O ₂	1.14	0.39	0.19	tr.
P ₂ O ₅	0.03	0.00	0.00	tr.
H ₂ O +	5.31	5.77	0.76	1.03
H ₂ O —	0.97	0.48	0.23	0.29
CO ₂	0.10	0.10	0.11	tr.
	100.13	99.81	100.66	100.27

Tableau 2. — Composition virtuelle.

	1	2	3	4
Quartz	11.34	3.90	53.10	34.68
Orthose	52.82	58.38	2.78	—
Albite	—	1.05	23.06	—
Anorthite	5.84	7.51	—	4.73
Corindon	15.91	17.24	—	—
Aegyrite	—	—	3.23	—
Na ₂ SiO ₃	—	—	0.49	—
Diopside	—	—	12.46	0.75
Hypersthène	—	—	3.95	—
Magnétite	—	0.46	—	0.23
Ilménite	0.91	0.76	0.46	—
Hématite	6.24	4.16	—	58.56
Rutile	0.64	—	—	—
Calcite	0.20	0.20	0.20	—

Tableau 3. — Paramètres C. I. P. W. — Lx.

<i>p.q.r.s.</i> [h.k.l.m.]	<i>Al:Alc</i>	<i>Al:Calc</i>	<i>Or:Ab</i>	<i>Σb</i>
1. — I'. 4'. '2. 1	2.86	2.30	∞	7.99
2. — I. 5. 2. 1	2.83	2.23	55.60	5.58
3. — II. 2'. 1. (4) 5 [1. 1. 2'. 3]	0.82	0.42	0.12	20.79
4. — III(IV). 1 (2). 0. 0 [5. 1.'3. 0]	—	—	—	59.54

Tableau 4. — Paramètres de Niggli.

	<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>ti</i>	<i>mg</i>	<i>k</i>	<i>o</i>	<i>c:fm</i>	<i>qz</i>
1. —	169	57,4	17,7	4,9	20	2,9	0,0	1,0	0,9	0,27	— 11
2. —	151,6	60,4	12,5	5,8	21,3	1,0	0,0	1,0	0,9	0,46	— 32
3. —	495,3	17,9	39,4	20,8	21,9	1,1	0,6	0,8	0,1	0,53	+ 401
4. —	80	2	95	3	0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,03	—

Section II. — Les syénites.

A. SYÉNITES MICACÉES.

Il a été indiqué, p. 18, que les syénites micacées se distribuent en trois catégories : 1) syénites à muscovite ; 2) à deux micas ; 3) à biotite.

Minéralogiquement et structuralement, ces roches présentent toute une gamme de caractères et de nuances qu'il me paraît intéressant de décrire. Il est parfois difficile de décider s'il faut les ranger — en termes classiques — parmi les roches métamorphiques (schistes feldspathisés) ou parmi les « éruptives ». Mais, en fait, cette difficulté n'est qu'apparente.

Chimiquement, les syénites micacées vont de roches acides à quartz virtuel jusqu'à des roches à déficit de silice et néphéline virtuelle.

Déjà, en 1927, LACROIX et DELHAYE, étudiant une syénite micacée de Kirumba, se demandaient

« s'il ne s'agit pas d'un stade d'évolution d'une roche éruptive en schiste cristallin et si, une telle transformation minéralogique et structurale n'a pas été précédée par une transformation chimique (perte de soude ?) ».

Et ils ajoutaient :

« La solution de ce problème demanderait une étude sur le terrain et la récolte d'échantillons plus nombreux ».

Ce souhait étant exaucé, force nous est de conclure aujourd'hui que c'est un processus diamétralement opposé à celui imaginé par nos prédecesseurs, que l'examen des faits impose.

LACROIX et DELHAYE s'étonnaient qu'une syénite micacée à déficit de silice (analyse n° 9) renfermât « 5 pour 100 d'alumine libre... ». L'hypothèse de la métasomatose sodique des muscovitoschites en syénites néphéliniques, avec des syénites micacées formant les termes de passage, explique au mieux cette particularité.

L'étude des syénites micacées est donc cruciale dans le cas qui nous occupe.

§ 1. Syénites à muscovite.

Elles ne contiennent pratiquement pas de biotite. La muscovite y est associée à du microcline plus ou moins albitisé ou à de l'albite pure.

Dn 56.192 - C. 5259 : extrémité nord du marais de la Tshandao, ~ km 6 de la route en construction.

Dn 56.163^e - C. 5227 : d'un stock de pierres amenées par les indigènes à Bushahire III.

Dn 56.166 - C. 5232 : (analyse n° 5) : crête de Kirumba, altitude ~ 1.800 m.

Dn 56.171 - C. 5237 : (analyse n° 6) : village Ruashona, altitude 1340 m, au flanc de l'escarpement.

Macroscopiquement, ces syénites sont des roches hololeucocrates grenues, à feldspaths clairs dominants et généralement aplatis suivant (010). Ils emprisonnent de la muscovite très finement cristallisée à reflets gris ou bleus (*Pl. II, 1*). La cohésion est très variable suivant les échantillons, mais les différences ne sont dues qu'à l'agencement des feldspaths. Certaines variétés franchement grenues sont parfois très friables (56.192) sans que, pour autant, le microscope y révèle la moindre trace d'altération, tandis que d'autres sont parfaitement cohérentes. La syénite la plus compacte (56.163^e) possède des feldspaths très allongés, à disposition radiaire, sans que, toutefois, cette structure soit comparable à la foyaïtique (*Pl. III, 1*). De celle-ci, on ne voit que des ébauches dans une syénite à feldspaths orientés suivant des plans parallèles (56.166) mais dont quelques individus, obliques par rapport aux autres, déterminent des mailles triangulaires garnies de micas.

Au microscope, les *feldspaths* sont des microperthites de microcline et d'albite. Le microcline présente tous les stades de l'albitisation jusqu'à sa disparition complète. C'est ainsi qu'au voisinage du contact avec les muscovitoschistes, au nord du marais de la Tshandao, une syénite friable (56.192) est encore riche en microcline à macles quadrillées. Elle est cependant envahie par des veinules et des plages irrégulières d'albite à macles floues, tandis qu'à Ruashona, le feldspath de la syénite (56.171) est de l'albite pure, à macles nettes, dépourvue de tout résidu de microcline. Dans les stades intermédiaires, le microcline visible est entièrement englobé par l'albite et il en résulte une sorte d'antiperthite (56.163^e et 56.166). Les quatre échantillons mentionnés en tête du paragraphe sont classés dans l'ordre d'albitisation croissante.

La *muscovite* des syénites est essentiellement microcristalline, à grains de l'ordre de 0,03 mm, comme celle

des muscovitoschistes. Mais ce grain s'accroît progressivement à mesure que l'on s'éloigne des contacts et que l'albitisation progresse. Dans la syénite albitique de Ruashona, la recristallisation de la muscovite est presque générale, sans être complète, et le grain y est de l'ordre du millimètre.

Il est peu douteux que les feldspaths de ces syénites résultent, 1^o de la microclinisation de la muscovite des muscovitoschistes et, 2^o de l'albitisation du microcline. Les deux processus peuvent être concomitants et le stade microcline est alors, en quelque sorte, « télescopé ».

La preuve de la microclinisation est fournie par les rapports mutuels des feldspaths et du mica. Les limites sont rarement tranchées. Le cas normal est celui de l'interpénétration des deux minéraux. La trame de muscovite se prolonge dans les feldspaths en traînées, en essaims de microcristaux à contours diffus et effilochés, en enclaves d'agrégats et en constellations d'inclusions monocristallines (*Pl. III, 2*). Réciproquement, de petits cristaux de feldspaths naissent au sein de la trame de muscovite, s'y développent et s'y substituent.

Tels sont les protagonistes du drame au cours duquel nous assistons à la feldspathisation et à la sodification des schistes précambriens.

Ces schistes sont pratiquement dépourvus de soude (analyse n° 1). Dans la syénite de la crête de Kirumba (56.166) où le microcline ne fait plus figure que de résidu dans l'albite (« antiperthite »), la quantité de potasse est cependant encore très supérieure, en poids, à celle de la soude (analyse n° 5) et le rapport moléculaire $K_2O : Na_2O = 1$, mais la potasse se trouve en majeure partie dans la muscovite. A mesure que la muscovite s'épuise et que la potasse est éliminée, ce rapport diminue et la soude devient largement prépondérante en poids. Dans la syénite albitique de Ruashona (56.171) $K_2O : Na_2O = 0,26$!

On mesurera tout le chemin parcouru en exprimant en minéraux réels, à partir des données des analyses chimiques, la composition des deux roches extrêmes de la série, dont la simplicité minéralogique se prête bien au calcul :

<i>Muscovitoschiste</i>		<i>Syénite albítique</i>	
Dn 56.195 (an. n° 1)		Dn 56.171 (an. n° 6)	
muscovite	76,0	muscovite	23,9
feldspath	0,0	albite	60,2
quartz	13,9	quartz	10,9
calcite	2,3	calcite	1,7
divers	8,6	divers	4,0
	100,8		100,7

Le quartz libre, mis en évidence par le calcul de la composition virtuelle n'a pas été observé au microscope dans les syénites. Le calcul de Niggli (qui est encore plus fictif parce qu'il traduit tous les éléments, quels qu'ils soient, en silicates) réduit cette marge excédentaire et donne même, dans presque tous les cas, des valeurs négatives du paramètre qz (analyse n°s 1, 2 et 5). Par contre, la *calcite* existe en inclusions dans les feldspaths (*Pl. IV, 1*). Elle est certainement beaucoup plus abondante que ne l'indique l'analyse n° 5 de la syénite de la crête de Kirumba. Elle y existe en plages irrégulières assez grandes ou en cristaux subautomorphes associés à de petits agrégats de muscovite recristallisée en paillettes d'environ 0,05 mm et d'albite II granulitique non maclée. Ces agrégats se logent dans les espaces libres entre les cristaux allongés d'albite I. La calcite existe aussi en inclusions dans la trame de muscovite microcristalline. Elle est naturellement difficile à y reconnaître en raison de la biréfringence élevée des deux minéraux, mais à l'acide chlorhydrique, il y a effervescence.

La physionomie des syénites ne serait pas complète si je ne mentionnais pas l'existence, dans certaines

d'entre elles, de menus cristaux d'*hématite* transparente auréolés d'un réseau de veinules d'oxyde de fer rouge qui se développe dans la trame de muscovite et dans les cassures des feldspaths. En général, le rôle de l'oxyde ferrique ne va pas au delà d'une pigmentation de la muscovite. Toutefois, dans la syénite de la crête de Kirumba, certaines paillettes imprégnées acquièrent le polychroïsme et la biréfringence de la *biotite* (*Pl. IV, 2*). Il semble donc que l'oxyde de fer et la muscovite aient réagi chimiquement. Un phénomène analogue se voit aussi au contact de cristaux de magnétite qui n'existent que très accessoirement dans les syénites à muscovite.

Parmi les autres minéraux accessoires de celles-ci, je signalerai encore l'existence de grains de *zircon* xénomorphes, en inclusions à orientation optique uniforme, dans les feldspaths de la syénite de Kirumba, ainsi que de rares cristaux très petits de *thorite* et, peut être, de *pyrochlore* (56.163^b).

§ 2. Syénites à deux micas.

Dn 56.163^b - C. 5256 (analyse n° 7) : d'un stock de pierres du village Bushashire III.

Dn 56.170 - C. 5236 : village Ruashona, altitude 1300 m.

Dn 56.168 - C. 5234 : idem.

Dn 56.167 - C. 5233 (analyse n° 8) : flanc de l'escarpement, au dessus du village Ruashona, altitude 1500 m.

Ces syénites sont des roches grenues à grain moyen, d'aspect leucocrate à mésocrate, dont les feldspaths, blancs ou rougeâtres n'ont guère de tendance à l'aplatissement ni à l'allongement. Les micas, en fines paillettes, forment une trame continue autour des feldspaths, parfois avec une certaine tendance à s'orienter ou bien

à se grouper en « nids ». Leur couleur varie du gris bleu au noir selon l'abondance de la biotite. (*Pl. II, 3*).

Dans un cas (56.163⁵) la roche est d'apparence cataclastique, avec des feldspaths en amandes, mais le microscope ne révèle aucune déformation mécanique des cristaux. (*Pl. II, 2*).

Les *feldspaths* perthitiques se comportent de la même façon que ceux des syénites à muscovite, et, ci-dessus encore, les roches sont énumérées en fonction de leur degré croissant d'albitisation : le microcline encore bien apparent dans les deux premières (56.135⁵ et 56.170) et à macles quadrillées rares dans la seconde, est presqu'en-tièrement albitisé dans (56.168). L'albite à macles très fines, plus ou moins floues, subsiste seule dans la dernière (56.167). A noter les macles de Carlsbad et de Baveno. A côté de l'albite I ci-dessus, on observe de l'albite II granulitique associée à la biotite dans (56.168).

La *muscovite* microcristalline domine dans toutes ces roches. Sa recristallisation n'y est généralement pas très poussée. Ses rapports avec les feldspaths sont semblables à ceux décrits précédemment.

La *biotite*, généralement vert brun foncé, très polychroïque et pratiquement opaque suivant les clivages, doit être rapportée à un lépidomélane très riche en fer. Dans un cas cependant (56.170) son polychroïsme est beaucoup plus faible avec n_g vert jaunâtre et n_p presque incolore. Il s'agit, dans ce cas, de biotite ordinaire magnésienne. Elle forme, soit de petits agrégats, soit de fines associations en « sandwich » avec un mica incolore, cristallin, en grandes lames, où elle se développe également en taches diffuses. Ce mica incolore n'est pas de la muscovite. L'angle des axes optiques est très petit : il s'agit plus probablement d'une phlogopite que d'une phengite très ferrifère.

Les manières d'être de la biotite, en relation avec la muscovite et les feldspaths, sont très variées. Elles peuvent se résumer comme suit :

1. — Paillettes formant des veinules au contact de la muscovite et du feldspath. On peut les interpréter comme le résultat de la biotitisation de la muscovite par l'oxyde de fer diffusant dans les espaces capillaires interfaciaux (56.163^s).
2. — Biotite naissante diffuse ou en traînées dans la muscovite microcristalline (56.163^s). (*Pl. IV, 3*).
3. — Inclusions de monocristaux minuscules dans la muscovite microcristalline et dans les feldspaths.
4. — Inclusions à orientation optique uniforme, dans l'albite. Ces inclusions sont en relation avec des lames déchiquetées de biotite de même orientation qu'englobent les plages feldspathiques (56.167).

Cette observation semble indiquer que le feldspath peut naître aussi au dépens de la biotite.

5. — Agrégats de petites lamelles dans la muscovite microcristalline et dans les feldspaths.
7. — Agrégats en « nids » de cristaux plus grands, associés à l'albite II granoblastique (56.170, 56.168).

La *calcite* existe en inclusions microscopiques dans les feldspaths.

Certains de ceux-ci renferment des myriades d'inclusions minuscules très réfringentes attribuables au *zircon* (56.163^s). Des cristaux plus volumineux de ce minéral s'observent aussi dans les plages de muscovite microcristalline de (56.163^s). Cette roche contient encore de jolis prismes tronçonnés de *tourmaline*, polychroïque dans le vert foncé et le brun (*Pl. IV, 3*).

Enfin, la *thorite* (mackintoshite ?) est présente dans les agrégats de biotite de (56.170).

La présence de biotite dans les syénites à deux micas se traduit par l'apparition des silicates ferromagnésiens virtuels (analyses n°s 7 et 8).

§ 3. Syénites à biotite.

Dropsy11 - Muséum Σ^{325} (analyse n° 9) : piste Kirumba-Ruashona, flanc de l'escarpement, altitude 1400 m.

Dn 56.164 - C. 5230 (analyse n° 10) : rochers du flanc ouest de la crête de Kirumba.

Dn 56.160 - C. 5219 : vallée supérieure de la Tulabishia, près du village de Bushashire II, altitude 1680 m.

Bien que caractérisées toutes trois par des micas du groupe de la biotite, ces trois roches présentent des caractères particuliers qui méritent d'être décrits séparément. Elles paraissent d'ailleurs constituer les termes de passage entre les syénites micacées et les syénites feldspathoïdiques.

La première (Σ^{325}) est une syénite grenue d'aspect mésocrate, à biotite entourant les feldspaths blancs. Ceux-ci consistent exclusivement en *albite* à macles extrêmement fines, riche en inclusions résiduelles de biotite et de mica blanc, mais très pauvre en inclusions de calcite.

La *biotite*, polychroïque dans le brun et le jaune brûnâtre clair, est une biotite ordinaire. Elle est associée à de la *phlogopite* incolore et à de l'*albite II* non maclée. Cette dernière est également très riche en inclusions résiduelles de biotite, avec séparation d'une poussière de granules opaques ou à relief élevé (ilménite, sphène ?) Ces trois minéraux forment des agrégats granoblastiques en mosaïque (Pl. V, 1). Les deux micas passent assez

fréquemment de l'un à l'autre dans un même cristal. Leur caractère magnésien est souligné par la quantité notable de magnésie de l'analyse chimique de la roche (analyse n° 9). Les inclusions de biotite dans l'albite sont souvent orientées de la même façon que la lamelle de biotite voisine. Certains agrégats montrent un fond microcristallin de mica incolore (muscovite ou phlogopite).

Les inclusions de *zircon* à auréoles polychroïques sont nombreuses dans la biotite. (*Pl. V, 1*). Le *pyrochlore* paraît, parfois, y être associé.

Contrastant avec la précédente, la syénite (56.164) est très hétérogène, à structure porphyroïde déterminée par des feldspaths blancs, parfois très allongés, maclés Carlsbad, entre lesquels la biotite noire forme des « nids » ou un remplissage rappelant la structure foyaïtique. La trame de la roche, entre les grands éléments, est constituée par les mêmes minéraux assemblés suivant le mode grenu (*Pl. V, 2*).

Au microscope, au faible grossissement, les feldspaths se présentent en groupements radiaires incomplets et désordonnés autour des nids de biotite ou de cristaux de sphène.

Le *microcline* y forme fréquemment de grands cristaux non perthitisés. Ses macles caractéristiques sont absentes ou extrêmement peu visibles, mais, dans quelques cas, elles apparaissent en plages méandriiformes d'un curieux aspect (*Pl. V, 3*). Tous les cristaux sont criblés d'inclusions microscopiques de *calcite* optiquement orientées par groupes. Ces inclusions y dessinent fréquemment, dans leur ensemble, des fantômes d'un minéral disparu. Ce minéral était, peut-être, de la calcite ou, peut-être, un mélange de calcite et de mica microcristallin. On observe, en effet, outre les inclusions de calcite, des inclusions de biotite ou des veinules de ce minéral plus ou moins reliées à ses agrégats en nids.

Enfin, des inclusions indéterminables en petits prismes à biréfringence moyenne accompagnent les précédentes.

Le feldspath dominant est toutefois l'*albite I* à macles abondantes et nettes, ou parfois confuses. Cette albite est généralement dépourvue d'inclusions.

L'albite II non maclée en est au contraire chargée, contrairement à la règle.

La *biotite* engagée dans les agrégats se présente en lames assez grandes et très déchiquetées qui englobent poecilitiquement l'*albite II*. Ces agrégats se prolongent d'ordinaire en traînées de cristaux plus petits, à orientation optique uniforme, dans ou entre les feldspaths allongés. De toute évidence, la biotite est antérieure à ces derniers et substituée par eux. Elle l'est également (comme en 56.167) par l'*albite II* dont les cristaux renferment des files d'inclusions en continuité d'orientation rigoureuse avec la biotite englobante (*Pl. V, 4*). Le polychroïsme de cette biotite, un peu moins intense que de coutume, permet de la rapprocher de la sidérophyllite plutôt que de l'annite.

Elle englobe encore de la *magnétite* en cristaux auto-ou subautomorphes.

Le *sphène* est associé aux deux minéraux précédents en cristaux assez gros ; rappelons que d'autres sont isolés au centre des feldspaths rayonnants.

Les minéraux accessoires, toujours associés à la biotite et entourés de halos polychroïques, sont le *zircon* et un minéral brun isotrope et très réfringent, en sections prismatiques allongées à bordure plus claire, qui pourrait être rapporté à une *euxénite* métamictte. De petits octaèdres bruns verdâtres, isotropes, qui l'accompagnent paraissent attribuables au *pyrochlore*. Enfin, j'ai noté quelques petits cristaux d'*apatite*.

La troisième roche de ce groupe (56.160) est une syénite blanche à grain fin et feldspaths allongés miroitants,

criblée de petits agrégats de barylites qui paraissent grossièrement orientés dans une direction privilégiée. Cette syénite est en relation de voisinage avec une syénite feldspathoïdique à gros éléments (56.160¹) et une microsyénite (56.159) qui seront décrites plus loin.

Son intérêt réside en ce que, dans ses agrégats de barylites, s'introduit le grenat mélancrite qui ne se développe d'ordinaire qu'en relation avec l'acmite. Il s'agit probablement d'une variation très locale des syénites feldspathoïdiques ou d'un filon. Elle doit à sa composition minéralogique d'être rattachée au groupe sous revue, en dépit de son éloignement de la zone d'affleurement des syénites micacées.

Cette roche renferme à la fois du *microcline* à macles quadrillées ou non maclé et de l'*albite* pure bien maclée. Les deux minéraux s'associent aussi en *micropertites* et en « *antiperthites* » qui représentent tous les degrés intermédiaires de l'albitisation. Ils ne renferment guère d'inclusions, sauf quelques semis de petits cristaux, les uns incolores ou légèrement jaunâtres, les autres jaune d'or à brun, attribuables aux minéraux du groupe de la *lavénite* et de la *wöhlérite*.

Les agrégats barylitiques sont formés de *lépidomélane* vert ou brun très polychroïque, à halos polychroïques, de *mélancrite* xénomorphe, de *mineraï* opaque et d'un peu d'*albite* II non maclée. Du *zircon*, de l'*apatite* et quelques rares cristaux d'*hématite* rouge sang s'y observent également.

Les analyses chimiques n°s 8 et 9 des deux premières roches sous revue montrent un déficit de silice assez important qui se traduit par la formation d'*olivine* et de *néphéline* virtuelles qui annoncent les syénites feldspathoïdiques. Le calcul de l'analyse n° 9 de la syénite Σ³²⁵, étudiée jadis par LACROIX et DELHAYE (1927) fournit en outre du corindon virtuel. Discutant cette composition, ces auteurs posaient

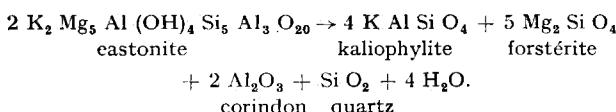
« le problème de savoir s'il s'agit bien là... d'une forme hétéromorphe de syénite néphélinique ».

« En effet, ajoutaient-ils, elle renferme 5 % d'alumine libre et aucune syénite néphélinique connue ne présente à la fois une pauvreté en chaux et une telle richesse en magnésie ».

Remarquons d'abord que dans cette roche, la phlogopite (confondue avec la muscovite par LACROIX et DELHAYE) fournit, avec la biotite, cette quantité remarquable de magnésie.

Si l'on calcule alors une biotite magnésienne en fonction des molécules fondamentales qui la composent, on trouvera la solution du problème, à condition toutefois de choisir un alumosilicate potassique de formule équivalente à celle de la néphéline, en vertu de la métasomatose sodique des syénites dont nous avons vu les manifestations et pour éviter aussi d'introduire de la silice dans l'équation, ce que rien d'ailleurs ne nous autorise à faire.

Pour simplifier, assimilons les micas magnésiens à l'eastonite. Il vient :



Il suffit de calculer une composition virtuelle de la roche en litige en fonction de ces molécules, pour trouver des valeurs approchées des pourcentages de ses minéraux réels. On remarquera que, de cette façon, la quantité d'albite augmente aux dépens de la néphéline virtuelle dont il n'existe pas trace dans la roche (voir p. suiv.).

Le cas est voisin de celui, classique, de la vaugnérite, étudié jadis par A. LACROIX (1917 et 1923), mais sans minéral symptomatique contradictoire. Il s'agit donc bien, ici, d'un cas d'*hétéromorphisme* d'une syénite néphélinique, dont la richesse en magnésie et en corindon virtuel ne nous étonnera plus.

*Quartz	2.01	Faisant la somme des minéraux virtuels marqués d'un astérisque, on obtient le pourcentage de mica magnésien. La composition réelle calculée devient alors :
Albite	47.16	Albite (+ anorthite) 50.22 %
Anorthite	3.06	Mica magnésien 42.83
*Kaliophylite	18.96	Minerais et apatite 6.80
*Corindon	4.90	
*Olivine	15.56	
Magnétite	4.18	
Ilménite	2.28	
Apatite	0.34	
*H ₂ O +	1.40	99.85

Le cas de la syénite (56.164) ne diffère que de peu du précédent. L'apparition d'aegyrite virtuelle non exprimée ne fait que traduire une sodification plus avancée. Par contre, la biotite ne pose plus le problème de la magnésie dont le pourcentage est nul ; c'est, ici, un lépidomélane et, *mutatis mutandis*, il suffira de remplacer la magnésie par le fer dans l'équation de transformation.

Parallèlement à leur étude pétrographique, les analyses chimiques des syénites micacées nous montrent la feldspathisation progressive des muscovitoschistes et l'albitisation également progressive du microcline. Ces deux processus sont simultanés et se traduisent par la diminution de l'alumine libre virtuelle et du rapport de la potasse à la soude. Les variations des paramètres *Al : Alc, Or : Ab, s et k* les expriment d'une façon adéquate.

Analyses chimiques des syénites micacées.

5. — Syénite à muscovite Dn 56.166 - C. 5232.
6. — Syénite à muscovite Dn 56.171 - C. 5237.
7. — Syénite à deux micas .. Dn 56.163^s - C. 5256.
8. — Syénite à deux micas .. Dn 56.167 - C. 5233.
9. — Syénite à biotite... DROPSY 11 - Muséum Σ^{325} .
10. — Syénite à biotite..... Dn 56.164 - C. 5230.

Tableau 5. — Compositions centésimales.

	5	6	7	8	9 ⁽²⁾	10
SiO ₂	56.71	63.09	55.59	60.35	48.42	54.13
Al ₂ O ₃	23.60	21.05	23.97	21.80	21.35	15.97
Fe ₂ O ₃	2.65	2.13	1.09	1.54	2.82	6.43
FeO	0.56	0.27	1.92	2.91	8.37	4.66
MnO	0.07	tr.	tr.	0.11	0.24	0.64
MgO	0.00	tr.	2.68	0.63	3.86	tr.
CaO	1.89	1.04	2.17	0.96	0.78	2.38
Na ₂ O	4.28	7.14	3.08	4.74	5.61	9.53
K ₂ O	6.53	2.82	7.70	6.14	5.55	2.32
TiO ₂	0.30	0.35	0.31	0.83	1.20	0.95
P ₂ O ₅	tr.	tr.	tr.	0.18	0.11	tr.
H ₂ O +	3.30	1.88	0.37	0.34	1.40	1.20
H ₂ O —	0.15	0.05	0.21	0.15	0.34	0.15
CO ₂	0.46	0.67	0.10	tr.	—	0.98
B ₂ O ₃	—	—	0.12 ⁽¹⁾	—	—	—
	100.50	100.49	99.31	100.68	100.05	99.34

Tableau 6. — Compositions virtuelles.

	5	6	7	8	9	10
Quartz	4.26	10.56	—	5.42	—	—
Orthose	38.36	16.68	45.59	36.14	33.36	13.34
Albite	36.15	60.28	26.20	39.82	20.17	47.37
Anorthite	6.39	0.83	10.29	4.17	3.06	—
Néphéline	—	—	—	—	14.62	11.10
Corindon	7.14	6.02	6.73	5.92	4.90	—
Aegyrine	—	—	—	—	—	9.24
Diopside	—	—	—	—	—	4.96
Hypersthène	—	—	4.22	4.50	—	—
Olivine	—	—	3.20	—	15.46	2.75
Magnétite	1.16	—	1.62	2.09	4.18	4.64
Ilménite	0.61	0.61	0.61	1.52	2.28	1.98
Hématite	1.92	2.08	—	—	—	—
Rutile	—	0.08	—	—	—	—
Apatite	—	—	—	0.34	0.34	—
Calcite	1.10	1.69	0.20	—	—	2.30

⁽¹⁾ Dosage par M. PONCIN.⁽²⁾ Analyse de F. RAOULT in A. LACROIX et F. DELHAYE (1927).

Tableau 7. — Paramètres C. I. P. W. — Lx.

	<i>p.q.r.s. [h.k.l.m.]</i>	<i>Al : Alc</i>	<i>Al : Calc</i>	<i>Or : Ab</i>	<i>Σb</i>
5. —	I. 5. (1)2. 3	1.67	1.34	1.06	4.79
6. —	I. (4)5. 1. 4	1.43	1.26	0.28	4.46
7. —	I(II). 5. 2. (2)3 [2.'3. 1. 2]	1.76	1.37	1.74	9.85
8. —	I'. '5. 1(2). 3	1.52	1.35	0.91	8.45
9. —	II. 6. 1'. 3(4) [2. 1. 1. 3]	1.32	1.27	1.65	22.26
10. —	II. (5)6. 1. 4(5) [2.'2. 2. 5]	0.89	0.71	0.28	25.87

Tableau 8. — Paramètres de Niggli.

	<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>ti</i>	<i>mg</i>	<i>k</i>	<i>o</i>	<i>c : fm</i>	<i>qz</i>
5. —	212	51,8	9,5	7,5	30,9	0,9	0,0	0,5	0,8	0,79	— 12
6. —	262,3	51,6	7,5	4,7	36,2	1,3	0,0	0,2	0,9	0,63	+ 18
7. —	180,7	45,8	20,9	7,6	25,7	0,8	0,6	0,6	0,1	0,36	— 21
8. —	224,5	47,8	16,7	4	31,5	2,2	0,2	0,9	0,2	0,23	+ 1
9. —	129,2	33,4	40,3	2,2	24	2,4	0,4	0,3	0,1	0,06	— 67
10. —	169,9	29,6	29	8,1	23,3	2,5	0,0	0,1	0,5	0,28	— 52

B. — SYÉNITES FELDSPATHOÏDIQUES.

Division en types et groupes d'après la structure et la composition minéralogique.

Rappelons (voir pp. 18 et 19) que les syénites feldspathoïdiques peuvent se classer en trois *groupes* minéralogiques :

- I. Syénites népheliniques à sodalite et cancrinite,
- II. Syénites à sodalite et cancrinite (sans néphéline),
- III. Syénites à sodalite ou cancrinite (sans néphéline).

Macroscopiquement, quel que soit le groupe auquel elles appartiennent, ces roches se ramènent à un petit nombre de *types* de structure et de facies qui se distinguent principalement par la grosseur du grain et la couleur. L'expérience montre que, dans un même échantillon, gros comme le poing, la néphéline peut être présente,

ou non et les deux autres feldspathoïdes exister conjointement ou séparément. Il s'agit d'une seule et même entité lithologique dans laquelle les feldspathoïdes sont irrégulièrement distribués.

1) Le type de structure qui semble le plus répandu et qui couvre les trois groupes ci-dessus est une syénite grenue homogène, à grain moyen, d'aspect granitoïde, leucocrate à mésocrate selon l'abondance des barylites. Les coupolites, vitreux ou blancs, sont parfois allongés et la *sodalite* est toujours *incolore*. Les barylites sont uniformément distribués en nids de même taille que les coupolites ou bien éparpillés dans ceux-ci (*Pl. VI, 1*).

Il faut rapprocher de ce type de structure une variété franchement gneissique où les feldspaths rosés sont allongés dans des plans parallèles. La néphéline grise et les barylites très fins garnissent les intervalles (56.172). (*Pl. VII, 1*).

2) Le type le plus spectaculaire et presque aussi répandu que le précédent, est à gros feldspaths gris cendré, aplatis suivant (010), à clivages miroitants et macle de Carlsbad visible sur la tranche des cristaux. Ils sont séparés par de grandes plages xénomorphes de *sodalite* d'un *bleu outremer* somptueux. Ces minéraux emprisonnent de petites plages de barylites microgrenus miroitants. (*Pl. VI, 2*).

Il existe des variétés d'aspect gneissique, à feldspaths et sodalite franchement orientés et lits de barylites en traînées (56.173 et 176 *pars*). (*Pl. VI, 3*).

Rares sont les variétés à feldspaths blancs (56.180) ou pauvres en sodalite bleue (56.163²).

Toutes ces syénites entrent dans les deux premiers groupes. Je n'en ai pas rencontré dans le troisième. Elles sont entièrement comparables à la *ditroïte* de Ditrö (Roumanie).

3) Un troisième type, relativement rare, est encore à

structure grenue, mais les *feldspaths*, blanc crème et vitreux y sont très abondants, souvent allongés et parfois en *grandes plages* entre lesquelles les barylites s'agglomèrent en nids largement développés, à contours quelconques ou bien en petites traînées d'aspect aciculaire. On y distingue assez nettement la biotite et l'aegyrine verte (56.163⁷ et 184).

4) J'ai rencontré aussi deux variétés *pegmatitiques* à grands éléments de feldspaths blancs grenus ou monocrystallins gris verdâtre foncé, à reflets vitreux (56.185) (*Pl. VII, 2*) ou bien à grands feldspaths gris vitreux miroitants et barylites intersertaux (56.174 et 175). Cette dernière variété est à rapprocher du type 2) bien que dépourvue de sodalite bleue.

5) Un cinquième type est réalisé par une *aplite* hololeucocrate à grain fin. Les feldspaths sont blanc grisâtre à verdâtre avec des reflets vitreux (56.187).

6) Enfin, j'ai recueilli deux *syénites porphyroïdes* très hétérogènes, à grands cristaux ou amas grossièrement grenus de cristaux de feldspath blanc. La pâte à grain très fin qui les enveloppe est abondante, de couleur gris verdâtre foncé. On y distingue, à la loupe, les coupolites et barylites microgrenus. « Phénocristaux » « et pâte » sont très irrégulièrement distribués. (56.159 et 162). (*Pl. VII, 3*).

La description micrographique de chacun des types et groupes indiqués ci-dessus entraînerait de nombreuses répétitions, aussi fastidieuses qu'inutiles. Je me limiterai donc à décrire les manières d'être des divers éléments qui composent les syénites de Kirumba dans le seul but de continuer, par l'examen du détail, la démonstration de leur commune origine. Toutefois, je ferai exception pour les types aplitique et porphyroïdes (types 5 et 6) qui méritent une mention spéciale.

Comme précédemment, je me référerai, dans mes descriptions, à l'un des numéros de la liste ci-dessous des diverses roches, localisées et distribuées en types et groupes. Les tableaux d'analyses chimiques sont reportés à la fin de la partie descriptive.

Type 1. SYÉNITES FELDSPATHOÏDIQUES
A SODALITE INCOLORE.

Groupe I. *Syénites népheliniques à sodalite et cancrinite.*

Dropsy 12 - Muséum Σ^{322} (analyse n° 11) : escarpement de Kirumba, piste Rutshuru à Masisi, altitude 1300 m.

? -Muséum Σ^{323} : Rutshuru (*sic*).

Dn 56.158 - C. 5217 : cours supérieur de la Tulabishia, entre Bushashire I et II, altitude 1600 m.

Dn 56.177 - C. 5243 : rive droite de la Tulabishia.

Dn 56.178 - C. 5244 (analyse n° 12) : roche encaissant les filons d'« ordosite », rive droite de la Tulabishia.

Dn 56.172 - C. 5238 (analyse n° 13) : piste Kirumba-Ruashona, flanc de l'escarpement, altitude 1600 m.

Dn 56.163⁸ - C. 5229 : d'un stock de pierres, village Bushashire III.

Dn 56.160¹ - C. 5219 : vallée supérieure de la Tulabishia, près de Bushashire II, altitude 1680 m.

Dn 56.182 - C. 5248 : rive droite de la Tulabishia.

Dn 56.183 - C. 5249 : idem.

Groupe II. *Syénites à sodalite et cancrinite, sans néphéline.*

Dn 56.193 - C. 5260 : environs du Km 5 de la route en construction.

Groupe III. *Syénites à cancrinite, sans néphéline ni sodalite.*

Delhaye 492 - Muséum Σ^{259} (analyse n° 14) : au pied de l'escarpement.

Type 2. SYÉNITES FELDSPATHOÏDIQUES A SODALITE BLEUE.

Groupe I. *Syénites népheliniques à sodalite et cancrinite.*

Delhaye 493 - Muséum Σ^{264} (analyse n° 15) : escarpement de Kirumba.

Dn 56.163¹ - C. 5222 (analyse n° 16) : d'un stock de pierres, village Bushashire III.

Dn 56.161 - C. 5220 : piste entre Bushashire II et III, altitude 1680 m.

Groupe II. *Syénites à sodalite et cancrinite, sans néphéline.*

Dn 56.173 - C. 5239 (analyse n° 17) : piste Kirumba à Ruashona, flanc de l'escarpement, altitude 1700 m.

Dn 56.176 - C. 5242 : affleurement au nord de Bushashire III, altitude 1740 m.

Dn 56.180 - C. 5246 : rive droite de la Tulabishia.

Type 3. SYÉNITES FELDSPATHOÏDIQUES A GRANDS FELDSPATHS.

Groupe II. *Syénites à sodalite et cancrinite, sans néphéline.*

Dn 56.184 - C. 5250 : environs du Km 8 de la route en construction.

Groupe III. *Syénites à cancrinite, sans néphéline ni sodalite.*

Dn 56.163⁷ - C. 5228 : d'un stock de pierres, village Bushashire III.

Type 4. SYÉNITES FELDSPATHOÏDIQUES PEGMATITIQUES.

Groupe I. *Syénites népheliniques à sodalite et cancrinite.*

Dn 56.185 - C. 5251 (analyse n° 18) : à l'est du confluent de la Tulabishia et de la Tshandao.

Groupe III. *Syénites à cancrinite, sans néphéline ni sodalite.*

Dn 56.174 - C. 5240 : piste Bushashire III à Kirumba, altitude 1800 m.

Type 5. SYÉNITES FELDSPATHOÏDIQUES APLITIQUES.

Groupe II. *Syénites à sodalite et cancrinite, sans néphéline.*

Dn 56.187 - C. 5253 (analyse n° 19) : environs du Km 8 de la route en construction.

Type 6. SYÉNITES FELDSPATHOÏDIQUES PORPHYROÏDES.

Groupe I. *Syénites népheliniques à sodalite et cancrinite.*

Dn 56.162 - C. 5221 (analyse n° 20) : piste entre Bushashire II et III, altitude 1700 m.

Groupe II. *Syénites à sodalite et cancrinite, sans néphéline.*

Dn 56.159 - C. 5218 (analyse n° 21) : *idem*, altitude 1680 m.

DESCRIPTIONS

On ne reviendra pas, en ce qui concerne les *feldspaths*, sur les diverses modalités de la perthitisation et de l'albitisation du *microcline*, ni sur la présence ou l'absence de macles et sur la nature de celles-ci. Les manières d'être des feldspaths des syénites feldspathoïdiques sont identiques à celles des syénites micacées. Le microcline, cependant, n'est jamais totalement absent des premières. Il est d'autant plus abondant que le rapport moléculaire des alcalis est plus élevé.

L'albite se répartit, comme précédemment, en deux variétés : l'*albite I* en cristaux allongés résultant de l'albitisation plus ou moins complète du microcline et l'*albite II* granoblastique, limpide, non maclée ou à macles larges. Mais celle-ci n'est plus seulement associée aux barylites. Elle est, aussi, normalement associée à la cancrinite avec laquelle elle constitue des agrégats granoblastiques logés (*Pl. VIII, 1, 2 et 3*) dans les mailles déterminées par les autres feldspaths allongés. Exceptionnellement, la néphéline et le microcline se joignent à ces agrégats (T. 2, gr. I, 56.161 et 163¹). L'albite II des barylites renferme dans quelques cas (T. 1, gr. I, Σ³²³, 56.163⁸ et 172 ; T. 2, gr. II, 56.180) des inclusions solides microscopiques indéterminables. (*Pl. IX, 1*).

Dans un cas (T. 4, gr. I, 56.185) de grandes plages de microcline et d'albite I enveloppent des petits cristaux d'albite II, de cancrinite, de biotite et de muscovite.

L'apparition des *feldspathoïdes* est concomitante d'une désilicatation plus avancée, comme l'annonçaient déjà, virtuellement, les syénites à biotite Σ³²⁵ et 56.164 (analyses n° 9 et 10).

La *néphéline* existe en plages parfois étendues, subidiomorphes à xénomorphes, entre les feldspaths. Elle englobe une foule de microcristaux de losite (*Pl. IX, 3*) et de petites plages irrégulières de sodalite. La losite y

forme souvent des files d'inclusions. Des inclusions liquides ou gazeuses tubulaires, alignées suivant les clivages sont également caractéristiques, par exemple dans Σ^{264} (T. 2, gr. I). La néphéline ne montre que rarement de très fines linéoles de kalsilite de démixion (T. 1, gr. I, 56.172). Ses plages s'entourent habituellement d'une couronne de petit cristaux de losite (p. ex., T. 1, gr. I, Σ^{322}) (*Pl. X, 1*). Il est intéressant, au point de vue génétique, de signaler que de telles plages se développent au sein de cristaux de microperthite et qu'il existe entre les deux minéraux une auréole ou zone de passage formée d'albite limpide (T. 1, gr. I, 56.178, *Pl. X, 2*). Inversement, j'ai aussi constaté l'existence de très petites inclusions de microcline dans la néphéline (T. 1, gr. I, Σ^{323}).

La *cancrinite* existe comme telle, très sporadiquement, et, dans la majorité des cas, elle se présente sous sa variété *losite*, associée, à l'*albite II* en amas granoblastiques, comme nous venons de le dire. On la trouve aussi en inclusions dans les feldspaths et, très rarement, en plages un peu grandes et xénomorphes (T. 2, gr. II, 56.173).

La *sodalite* se développe toujours à l'état de plages très capricieuses, parfois fort étendues, qui englobent et se moulent sur la losite, la néphéline et les feldspaths. La sodalite, bleue à l'œil nu, est légèrement bleuâtre en lames minces (roches du type 2). Elle se glisse aussi en films souvent à peine perceptibles entre les autres copholites, constituant une gêne pour les comparaisons des indices de réfraction par la méthode de la frange de BECKE. (Exemples : T. 1, gr. I, 56.177 ; T. 2, gr. I, 56.161 ; T. 4, gr. I, 56.185). Les inclusions de losite y sont la règle.

Associations à structure dactylotype. Ces associations ne sont pas rares entre la sodalite et la losite. Cette dernière dessine dans la sodalite de fines et élégantes

arabesques. (T. 1, gr. I, 56.160¹ ; T. 2, gr. I, 56.161 et Σ^{264} ; T. 2, gr. II, 56.180). (*Pl. X, 3*). J'ai également observé le même comportement de la losite dans la cancrinite (T. 2, gr. II, 56.176), la néphéline (T. 1, gr. I, 56.172) et l'albite I (T. 1, gr. II, 56.193). Ces exemples témoignent de la complexité des rapports mais aussi, de la filiation des coupolites.

Zéolitisation des feldspathoïdes. Elle est très exceptionnelle et très localisée dans la sodalite de 56.161 (T. 2, gr. I). Les syénites de Kirumba sont toujours d'une fraîcheur parfaite.

Les *micas blancs* que nous avons vu alimenter la croissance des feldspaths dans le groupe des syénites micacées, semblent, à première vue, complètement absents des syénites feldspathoïdiques. Mais un examen attentif parvient à déceler des résidus de muscovite occupant des situations variées. En voici une série d'exemples :

- a) inclusions dans les grandes plages de microcline et d'albite I non maclée de 56.185 (T. 4, gr. I),
- b) inclusions dans l'albite II, la néphéline et la losite de 56.163¹ (T. 2, gr. I),
- c) inclusions dans la néphéline de 56.172 et de Σ^{323} (T. 1, gr. I),
- d) en bordure de cristaux de néphéline de Σ^{322} (T. 1, gr. I) (*Pl. X, 1*) et de Σ^{264} (T. 2, gr. I),
- e) le cas le plus curieux (T. 1, gr. I, Σ^{323}) est celui d'un cristal de biotite frangé d'un chevelu de fibrilles micacées issues de cette biotite même et qui se fondent ensuite dans un cristal adjacent de néphéline. Il s'agit sans doute, ici, de phlogopite.

La *calcite* se rencontre, comme antérieurement, quoique moins fréquemment, en petites inclusions dans les feldspaths, surtout dans les syénites à sodalite bleue.

Dans la syénite Σ^{259} (T. 1, gr. III) elle est associée aux agrégats granoblastiques de losite et s'y développe également en plages assez étendues entre les feldspaths. (*Pl. XI, 1*). Ce dernier cas se répète dans la syénite 56.180 (T. 2, gr. II). Ces deux syénites dépourvues de néphéline peuvent être comparées à la syénite à cancrinite et calcite de la Lueshe que P. DE BÉTHUNE désigne sous le nom de *busorite* (1956).

Il reste à signaler comme autres minéraux accessoires associés aux coupolites, d'abord la *fluorite blanche* assez inégalement distribuée. Elle est quelque peu abondante, notamment, dans les syénites des groupes I (Σ^{322} , 56.158, 178 et 185) et du type 1, groupe II (56.173 et 176). En 56.173, elle atteint 1,87 % de la roche. En 56.178, elle est associée à de minuscules cristaux de pyrite. Exceptionnellement, j'y ai observé de grosses inclusions de *sphène* en forme de larmes, dans la syénite Σ^{323} (T. 1, gr. I). (*Pl. IX, 1*).

L'*idocrase* abonde en petits cristaux raccourcis dans les feldspaths de 56.193 (T. 1, gr. II) et en prismes allongés dans ceux de 56.194 (T. 3, gr. II). Enfin, dans plusieurs cristaux de feldspath et de fluorite de 56.174 (T. 3, gr. III) abondent des inclusions d'un minéral du groupe de la *wöhlerite* et de la *lavénite*, sans qu'il soit possible de préciser davantage.

Un mot sur les *structures* déterminées par les feldspaths. Si l'on peut d'une manière globale dire que les syénites feldspathoïdiques de Kirumba sont des roches grenues, il n'en reste pas moins que leurs feldspaths, ayant une tendance à l'aplatissement suivant (010), présentent, en lames minces, des sections à allongement marqué. Le cas général est celui du désordre de ces sections, créateur de cavités où se logent, de préférence, les feldspathoïdes et les barylites. Mais nous avons vu plus haut que l'on

rencontre parfois des syénites réglées (T. 1, gr. I, 56.172 et T. 2, gr. II, 56.173 et 176). (*Pl. VI, 3 et VII, 1*). Les feldspaths sont donc alignés aussi dans les lames minces, mais il en existe toujours qui, rompant l'alignement, se placent obliquement et réalisent ainsi, localement la structure foyaïtique (*Pl. VIII et XI, 1*). D'autre part, une syénite hololeucocrate à sodalite bleue et losite de l'escarpement (56.173) montre, en lame mince, une alternance très régulière des feldspaths et des lits de sodalite et losite (*Pl. VI, 3*).

Je ne crois pas qu'il faille, en l'occurrence, faire appel à la schistosité du matériel originel (les muscovitoschistes) qui est très compact, car on voit les feldspaths des syénites micacées se développer capricieusement au sein de la muscovite sans égard à la vague schistosité que l'on peut occasionnellement y observer. Et, s'il s'agit d'une piézocristallisation, celle-ci n'a pu se manifester que sous l'action de contraintes très localisées, étant donné le petit nombre d'échantillons récoltés répondant à ce type de structure.

On voit, en somme, combien les coupolites sont intriqués et interdépendants. Leurs relations impliquent, à n'en pas douter, des transformations métasomatiques probablement simultanées, ou peu s'en faut, au cours desquelles des stades intermédiaires peuvent avoir été enjambés. On pourrait, si l'on voulait, multiplier les exemples qui viennent d'être donnés ou en décrire d'autres.

Le comportement des *barylites* n'est pas moins significatif : le *lépidomélane* ou la *biotite*, verte ou brune, l'*acmite* (ou l'*aegyrine*), le *grenat mélanite*, les *minérais* et le *sphène* sont étroitement associés et ont entre eux des relations suffisamment nettes que pour pouvoir conclure à leur filiation métasomatique. Le *zircon*, la *fluorite violette*, parfois l'*apatite*, les accompagnent, ainsi que des minéraux rares. L'*albite II* en constitue toujours

la toile de fond. Ses cristaux sont souvent englobés pœcilitiquement par la biotite. Les barylites sont généralement groupés en nids ou traînées dans les espaces ménagés entre les feldspaths et les feldspathoïdes ou bien sont dissociés et dispersés dans toute la lame mince (T. 1, gr. I, 56.182 et 183).

1. L'exemple le plus probant des transformations métasomatiques des barylites est celui (T. 1, gr. I, 56.172 et 163⁸, *Pl. XI, 2*) où un noyau d'aegyrine s'entoure d'une couronne réactionnelle de mélanite ; ce grenat existe également en cristaux globulaires inclus dans l'aegyrine. A l'extérieur de ce complexe s'établit un front de menus cristaux opaques de magnétite, puis une zone d'albite II granoblastique à l'intérieur de laquelle flottent des lamelles de biotite. L'albite elle-même est constellée d'innombrables inclusions très réfringentes et biréfringentes indéterminables, mais que l'observation de proche en proche permet d'attribuer avec assez de vraisemblance à l'aegyrine (*Pl. XII, 1*). Il est cependant aussi possible qu'il s'agisse de zircon qui est parfois présent en cristaux encore très petits mais reconnaissables. D'autre part, la mélanite isotrope montre presque toujours, elle aussi, des constellations biréfringentes que l'étude de proche en proche permet d'attribuer avec certitude, cette fois, à de l'aegyrine résiduelle qui se distingue par sa couleur verte de la mélanite brune. Dans les cas où il s'agit d'acmite, cette distinction devient impossible, les couleurs des deux minéraux étant trop voisines et leurs indices trop peu différents pour permettre de les distinguer dans cette gamme du relief.

Que les minéraux en question dérivent de la biotite, la preuve nous en est fournie par un exemple (T. I, gr. I, 56.178, *Pl. XI, 3*) où l'on voit un mélange d'aegyrine et de mélanite aux limites capricieuses se développer au sein d'une lame de biotite. Les paillettes flottantes

de biotite citées ci-dessus paraissent donc résiduelles. Il ne manque pas d'exemples, par ailleurs, où ces paillettes résiduelles présentent, en totalité ou en partie, une unité d'orientation cristallographique et optique qui indique qu'il s'agit des résidus d'un même cristal primitif (T. 1, gr. I, 56.160¹, voir aussi *Pl. V*, 4). Le sphène, qui ne figure pas dans les exemples donnés ici, est cependant, ailleurs, des plus fréquent et doit être considéré comme associé à ces transformations.

Les relations qui viennent d'être décrites ne sont pas toujours aussi claires, soit que le plan de la lame mince passe en dehors du noyau, soit que l'un ou l'autre des termes des transformations ait été entièrement résorbé, soit au contraire, qu'il domine. Voici quelques autres cas observés :

2. Agrégats de biotite verte, d'acmite ou d'aegyrine, de mélanaïte, de sphène, d'albite II et de zircon (T. 1, gr. I, 56.163⁸ et 178 ; T. 2, gr. I, 56.161 ; T. 3, gr. II, 56.184).

Dans la lame 56.161, le zircon présente la particularité d'être allongé suivant une arête du quadroctaèdre avec extinctions à 45° de l'allongement. Ce cas est rare, mais cependant connu (V. GOLDSCHMIDT, 1923).

3. Biotite verte englobant poecilitiquement la mélanaïte, du sphène, de l'albite II et des minéraux opaques. A ce groupement sont associés de la fluorite incolore ou violacée et de l'apatite. Le sphène et l'apatite déterminent des halos polychroïques dans la biotite (T. 1, gr. I, Σ³²², 56.158 et 177 ; T. 1, gr. II, 56.193 ; T. 3, gr. III, 56.163⁷). (*Pl. XII*, 2 et 3).

4. Agrégats de biotite verte dominante, de minéral, de sphène et de zircon dans l'albite II constellée de granules très réfringents et biréfringents. (T. 1, gr. I, 56.172 ; T. 2, gr. I, Σ²⁶⁴ et 56.163¹ ; gr. II, 56.180).

5. Barylites dispersés dans toute la roche, mais toujours accompagnés d'albite II, ces barylites étant :

la biotite verte, la mélénite, le sphène, l'apatite et la fluorite (T. 1, gr. I, 56.177, 182 et 183 ; T. 2, gr. I, 56.161 ; gr. II, 56.176 et T. 3, gr. II, 56.184).

Une mention spéciale doit être accordée à de petits agrégats confus d'éléments difficiles à dissocier au microscope mais qu'eu égard à leur aspect, j'attribue au zircon ou au sphène et à la chevkinite brune, accompagnés de mineraux opaques, le tout se détachant sur un fond de fluorite parsemée de tâches d'un violet intense (T. 1, gr. I, Σ^{322} , 56.158 et 183 ; T. 2, gr. II, 56.180). On sait que la teinte violette de la fluorite peut être liée à des minéraux radioactifs ou à la présence d'yttrécrite, ce qui cadre assez bien avec la présence possible de chevkinite.

Il est intéressant de remarquer que l'acmite ou l'aegyrine existe parfois en longues aiguilles très fines emprisonnées dans les clivages de la néphéline (T. 1, gr. I, 56.178). On la trouve aussi en inclusions dispersées dans la sodalite ou en files de microcristaux en désordre qui dessinent un vague réseau à mailles rectangulaires, ce qui semble indiquer qu'il s'agit des contours d'anciens cristaux (feldspaths ?) substitués par la sodalite.

Parmi les minéraux opaques dont la magnétite est certainement le principal constituant, il faut cependant indiquer la présence d'ilménite, parfois bien reconnaissable en lumière transmise grâce à un liséré de leucoxène (T. 1, gr. I, Σ^{322} et T. 2, gr. I, 56.163¹). J'ai signalé plus haut des inclusions de sphène dans la fluorite blanche ; le sphène existe parfois aussi en assez gros cristaux isolés (T. 1, gr. I, 56.160¹).

Il reste à mentionner quelques minéraux rares. Des prismes d'un minéral métamicte qui pourrait être de l'euxénite ou de la fergusonite, sont associés à la chevki-

nite et à du zircon (T. 1, gr. I, 56.160¹ ; T. 2, gr. I, 56.161 et T. 3, gr. II, 56.184). La *chevkinite* brune semble par ailleurs fréquente dans la plupart des syénites de Kirumba (Exemples : T. 2, gr. I, 56.161, *Pl. XIII, 1* et gr. II, 56.180). Un cristal de *cérite* développe une auréole polychroïque intense dans la biotite de 56.177 (T. 1, gr. I). Enfin, j'ai reconnu des plages allongées, entre les feldspaths, d'agrégats de petits cristaux de *pyrochlore* brun, mais certain d'entre eux sont légèrement biréfringents ; il pourrait s'agir alors de pérowskite (T. 2, gr. II, 56.176). Cette même roche 56.176 renferme de jolis prismes très biréfringents à allongement négatif, mais de signe optique positif. Ils sont uniaxes et leur indice de réfraction ne semble guère plus élevé que 1,7. Je n'ai pu, jusqu'à présent, les identifier.

La plupart de ces minéraux rares sont accompagnés de fluorite à taches violettes et de quelques autres barylites communs des agrégats.

Syénite feldspathoïdique aplitique

(Type 5, groupe II).

Cette roche, exceptionnelle dans la série de Kirumba est une *aplite syénitique sodalitifère et lositifère à idocrase, hololeucocrate*, à grain très fin (quelques 0,10 mm) formée essentiellement d'albite granoblastique non maclée ou en petits cristaux à peine allongés, à macles polymorphes nettes et fines. Il s'y mêle de petites plages de microcline quadrillé, davantage de losite en grains et, enfin, quelques plages de sodalite xénomorphe. Cette mosaïque englobe des plages plus grandes (1 à 1,5 mm) mais peu nombreuses, d'albite maclée à résidus de microcline quadrillé (antiperthite), de micropertite fusiforme et de microcline quadrillée légèrement albitisée.

Dispersés dans toute la roche, pullulent de jolis petits prismes et des sections octogonales d'idocrase. (*Pl. XIII, 2*). On y voit, en outre, de rares cristaux ou amas de cristaux de sphène et de mélanite.

Syénites feldspathoïdiques porphyroïdes

(Type 6, groupes I et II)

Les deux roches de ce type, d'ailleurs récoltées à peu de distance l'une de l'autre, ne diffèrent que de peu. Elles constituent vraisemblablement un facies de variation de la syénite feldspathoïdique dont elles ne se distinguent que par la granulométrie et l'abondance des barylites. Leurs grands coupolites ou amas de coupolites que, faute de mieux, j'appellerai des « phénocristaux », se composent d'agrégats à larges plages de microperthite de microcline et d'albite et de sodalite blanche xénomorphe criblée d'inclusions d'albite. Il s'y ajoute un peu d'acmite à inclusions de mélanite, associée à la biotite.

Les deux feldspaths, qui ne présentent que la macle de la macle de l'albite, renferment des inclusions de calcite et des aiguilles d'apatite. La microperthite existe aussi, en petits cristaux allongés, isolés dans la « pâte » à texture fine. En 56.162, la néphéline figure aussi parmi ces « microphénocristaux », ainsi que le sphène.

La « pâte » elle-même, microgranoblastique (grains de ~ 0,1 mm) comprend l'albite II non maclée, le microcline, la losite et la sodalite xénomorphe ; ces deux derniers minéraux forment des groupements dactylo-types ; la néphéline s'y ajoute dans 56.162.

Dans la « pâte » des deux échantillons analysés, les barylites sont dispersés, mais suffisamment abondants pour que le premier paramètre prenne la valeur II, malgré le grand volume des « phénocristaux » (analyses n° 20 et 21).

On peut estimer à environ 40 % leur participation à la pâte. Ils comprennent essentiellement la biotite verte, la mélanite, le sphène et du minerai noir. Mais, dans quelques agrégats, l'acmite prend sa place normale entre la biotite et la mélanite et, de toutes façons, elle constelle de menus cristaux résiduels toutes les zones à barylites. L'apatite est très accessoire, bien quelle soit présente en prismes assez gros.

Les **analyses chimiques** qui suivent sont classées, conformément au tableau général des syénites feldspathoïdiques (pp. 53 à 55), d'après les analogies structurales et minéralogiques de ces roches et, non plus, dans l'ordre d'albitisation croissante. Il semble que, dans les syénites feldspathoïdiques sous revue, l'albitisation ait atteint sa limite supérieure : la moyenne du pourcentage, en poids, de la potasse est descendue à 34 %, contre 47,2 % du poids total des alcalis dans les syénites micacées.

On constate, d'autre part, une augmentation de la quantité absolue des alcalis et de la chaux (paramètres *alk* et *c*) et, en moyenne, une diminution de l'alumine (paramètre *al*) et de la silice (paramètre *si*), par rapport aux syénites micacées.

Je reviendrai dans les conclusions sur ces points importants.

En ce qui concerne l'alumine, il reste encore deux cas où elle est en léger excès sur les alcalis et la chaux (corindon virtuel des analyses n° 14 et 15). L'explication est différente dans chaque cas.

Dans celui de l'analyse n° 15 (Σ^{264}), il existe effectivement de la muscovite résiduelle dans la roche. Le corindon virtuel est donc normal.

Le cas de l'analyse n° 14 (Σ^{259}) est celui d'une roche riche en calcite et en losite. Les règles du calcul de la composition virtuelle des roches à cancrinite exigent de former d'abord Na_2CO_3 , puis CaCO_3 . Suivre cette règle

conduirait à exclure la calcite et la néphéline de cette composition au seul profit de Na_2CO_3 . En effet, toutes les molécules de CO_2 et près de 50 % des molécules de soude étant consommées, il apparaît non seulement un fort excédent d'alumine, mais encore 8,9 % d'anorthite et 5,6 % de silice libre, ce qui est absurde. Il paraît donc raisonnable d'établir une composition virtuelle moins fictive en formant d'abord CaCO_3 , puis — avec l'excès éventuel de CO_2 — le Na_2CO_3 . Nous avons adopté cette dérogation à la règle dans tous nos calculs des syénites feldspathoïdiques de Kirumba (qui, pour la plupart, renferment plus ou moins de calcite) afin d'éviter, dans une certaine mesure, des désaccords choquants entre compositions virtuelles et réelles.

Nous nous sommes heurtés à une autre difficulté en ce qui concerne l'analyse n° 19 de l'aplite feldspathoïdique à idocrase (56.187). Le calcul de la composition virtuelle donne environ 8 % de silice et 2,5 % d'alumine libres, ce qui est en contradiction flagrante avec la présence de sodalite et de cancrinite. Six analyses répétées sur trois prises différentes et par deux chimistes différents, en s'assurant d'avoir écarté toutes les causes d'erreur possibles dans les dosages, conduisent à des résultats comparables qui sont inexplicables dans une roche aussi fraîche⁽¹⁾. Par contre, la quantité notable d'anorthite virtuelle (paramètre $r = 2$) traduit la présence de l'idocrase et d'un peu de mélanite. Cette dernière est également responsable, avec le sphène, de l'anorthite calculée des roches 56.162 (analyse n° 20) et 56.159 (analyse n° 21). Ceci, naturellement, a pour effet de faire apparaître un plagioclase calco-sodique, qui

(1) Dans son Traité de pétrographie, A. JOHANNSEN (1938, t. IV, p. 32), cite, d'après une analyse de fénite de Fen, une syénite néphélinifère à aegyrine qui donne au calcul 3,32 % de silice virtuelle, non visible en lame mince. Il considère cette silice comme secondaire.

n'existe pas en réalité, et de donner au paramètre r une valeur un peu supérieure à 1.

Analyses chimiques des syénites feldspathoïdiques.

11. — Syénite néphelinique à sodalite incolore et cancrinite, DROPSY 12 - MUSÉUM Σ^{322} .
12. — idem, Dn 56.178 - C.5244.
13. — idem, gneissique, Dn 56.172 - C.5238.
14. — Syénite à cancrinite et calcite, DELHAYE 492 - MUSÉUM Σ^{259} .
15. — Syénite néphelinique à sodalite bleue et cancrinite, DELHAYE 493 - MUSÉUM Σ^{264} .
16. — idem, Dn 56.163¹ - C.5222.
17. — Syénite à sodalite bleue et cancrinite, gneissique, Dn 56.173 - C.5239.
18. — Syénite néphelinique à sodalite et cancrinite, pegmatitique, Dn 56.185 - C.5251.
19. — Syénite à sodalite, cancrinite et idocrase, apllique, Dn 56.187 - C.5253.
20. — Syénite néphelinique à sodalite et cancrinite, porphyroïde, Dn 56.162 - C.5221.
21. — Syénite à sodalite et cancrinite porphyroïde, Dn 56.159 - C.5218.

Tableau 9. — Compositions centésimales.

	11 ⁽¹⁾	12	13	14 ⁽¹⁾	15 ⁽¹⁾	16
SiO ₂	55.44	55.79	53.58	58.22	57.64	55.68
Al ₂ O ₃	23.59	17.07	16.00	20.15	22.54	19.70
Fe ₂ O ₃	0.44	5.15	4.60	2.25	1.64	1.56
FeO	1.42	2.78	1.03	0.92	1.17	1.01
MnO	0.15	0.26	0.27	0.18	0.13	0.17
MgO	0.14	0.47	0.34	tr.	tr.	tr.
CaO	1.56	3.45	3.58	1.84	0.24	2.58
Na ₂ O	10.20	8.42	9.70	6.09	10.10	11.26
K ₂ O	6.26	4.82	6.64	7.56	4.93	4.64
TiO ₂	0.20	0.64	0.56	0.08	0.26	0.32
P ₂ O ₅	0.18	0.15	tr.	0.00	0.00	tr.
K ₂ O +	0.94	0.01	0.13	1.24	1.04	0.87
H ₂ O —	0.13	0.13	0.00	0.00	0.00	0.11
CO ₂	—	tr.	1.32	1.88	0.00	1.26
Cl	0.82	0.41	1.17	0.08	0.56	0.49
F	—	—	—	—	—	—
SO ₃	0.00	0.00	1.42	tr.	0.00	0.34
	100.47	99.55	100.34	100.49	100.25	99.99
O	—0.18	—0.08	—0.25	—0.02	—0.12	—0.11
	100.29	99.57	100.09	100.47	100.13	99.88

Tableau 9. — Compositions centésimales (suite).

	17	18	19 ⁽³⁾	20	21
SiO ₂	55.14	54.02	64.53	53.42	48.97
Al ₂ O ₃	17.72	20.37	20.89	17.77	17.92
Fe ₂ O ₃	3.43	5.38	1.92	8.06	8.43
FeO	0.88	0.79	0.25	2.22	2.78
MnO	0.20	0.09	tr.	0.44	0.75
MgO	0.00	0.00	0.00	tr.	0.65
CaO	2.76	1.90	2.43	4.44	5.92
Na ₂ O	9.98	13.38	7.12	7.96	7.69
K ₂ O	5.44	2.74	2.68	2.44	3.77
TiO ₂	0.39	0.00	0.00	1.15	0.76
P ₂ O ₅	0.00	0.00	0.00	0.15	0.39
H ₂ O +	1.97	1.22	0.32	0.61	0.06
H ₂ O —	0.00	0.14	0.00	0.00	0.36
CO ₂	0.26	0.50	0.32	0.29	tr.
Cl	0.58	0.00	0.00	0.33	0.30
F	0.91 ⁽²⁾	—	—	—	—
SO ₃	0.00	0.11	0.00	0.00	0.39
	99.66	100.64	100.46	99.38	99.14
O	—0.54	—	—	—0.07	—0.06
	99.12	—	—	99.31	99.08

⁽¹⁾ An. de F. Raoult in A. LACROIX et F. DELHAYE (1927).⁽²⁾ Calculé d'après les données d'une analyse planimétrique.⁽³⁾ Analyse de J. HEIRWEGH et M. LHEUREUX.

Tableau 10. — Compositions virtuelles.

	11	12	13	14	15	16
Orthose	37.25	28.36	38.92	45.04	28.91	27.24
Albite	19.91	33.54	15.20	40.08	42.83	33.27
Anorthite	2.78	—	—	—	1.11	—
Néphéline	32.94	15.05	16.47	2.77	20.80	23.77
Halite	1.29	0.70	0.94	0.12	0.94	0.82
Thénardite	—	—	2.56	—	—	0.59
Na_2CO_3	—	—	—	1.07	—	—
Corindon	—	—	—	2.96	1.02	—
Aegyrine	—	5.54	13.40	—	—	4.62
Na_2SiO_3	—	—	1.71	—	—	1.46
Diopside	3.66	6.07	4.42	0.13	0.53	3.23
Wollastonite	—	3.83	1.74	—	—	0.46
Olivine	0.27	—	—	—	—	—
Magnétite	0.70	4.87	—	3.25	2.32	—
Ilménite	0.46	1.22	1.22	0.15	0.61	0.61
Hématite	—	—	—	—	—	—
Apatite	0.34	0.34	—	—	—	—
Fluorite	—	—	—	—	—	—
Calcite	—	—	3.00	3.30	—	2.90

Tableau 10. — Compositions virtuelles (suite).

	17	18	19	20	21
Quartz	—	—	8.34	—	—
Orthose	32.25	16.12	16.12	14.46	22.24
Albite	26.20	26.72	60.26	51.61	28.30
Anorthite	—	—	10.01	6.95	5.56
Néphéline	18.74	34.08	—	7.24	17.32
Halite	0.94	—	—	0.47	0.47
Thénardite	—	0.14	—	—	0.71
Na_2CO_3	—	—	—	—	—
Corindon	—	—	2.25	—	—
Aegyrine	9.70	15.71	—	—	—
Na_2SiO_3	2.93	1.22	—	—	—
Diopside	3.23	2.97	—	—	3.46
Wollastonite	0.58	1.28	—	4.87	6.84
Olivine	—	—	—	—	—
Magnétite	—	—	0.70	5.10	10.21
Ilménite	0.64	—	—	2.28	0.91
Hématite	—	—	1.44	4.64	1.44
Apatite	—	—	—	0.34	1.01
Fluorite	1.87	—	—	—	—
Calcite	0.60	1.10	0.70	0.90	—

Tableau 11. — Paramètres C. I. P. W. — Lx.

<i>p.q.r.s. [h.k.l.m]</i>	<i>Al : Alc</i>	<i>Al : Calc</i>	<i>Or : Ab</i>	<i>Zb</i>
11. — I.6(7).1.4	1.00	0.90	1.87	5.43
12. — II.6.1.4 [2.1.(2)3.(4)5]	0.90	0.68	0.85	21.87
13. — II.6.1.3(4) [1.1.'3.(4)5]	0.70	0.54	2.56	25.49
14. — I'.5.1.3	1.10	0.93	1.11	6.83
15. — I.6.1.4	1.03	1.01	0.67	3.46
16. — I(H).6.1.4 [1.1.3.5]	0.86	0.72	0.82	13.28
17. — II.6.1.'4 [1.1.'3.5]	0.79	0.65	1.18	18.51
18. — II.7.1.4(5) [1.1.2.5]	0.82	0.72	0.60	22.28
19. — I'.5.2.4	1.42	1.09	0.27	2.84
20. — 'II.5(6).(1)2.4' [4.1.3'.5]	1.14	0.75	0.28	18.13
21. — II.6.1(2).4 [3.1.3'.4]	1.01	0.65	0.79	23.87

Tableau 12. — Paramètres de Niggli.

<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>ti</i>	<i>mg</i>	<i>k</i>	<i>o</i>	<i>c : fm</i>	<i>qz</i>
11. —	174	44.3	5.8	5,4	44.5	—	0.1	0.3	0.2	0.93
12. —	173,2	31.3	22.5	11.5	34.6	1.5	0.1	0.3	0.6	0.51
13. —	167,9	29.5	16.	12	42.5	1.5	0.1	0.3	0.7	0.75
14. —	214,1	43.5	9.7	7,3	39.5	—	0.0	0.4	0.6	0.75
15. —	201	46.2	8	0.8	45	—	0.0	0.2	0.5	0.11
16. —	181,2	38.7	7,2	9	45.1	0.8	0.0	0.2	0.5	1.24
17. —	183,8	34,8	11.6	9.8	43.8	0.6	0.0	0.3	0.7	0.84
18. —	161	35.8	14.3	6,1	43.8	0.0	0.0	0.1	0.9	0.43
19. —	256.6	48.9	6.4	10.3	34.4	—	0.0	0.2	0.9	1.61
20. —	163	32	25.4	14.4	28.2	2.7	0.0	0.2	0.7	0.57
21. —	133	28.4	27.9	17	26.6	1.0	0.1	0.2	0.6	0.57

C. — SYÉNITE BARCKÉVITIQUE.

Dn 56.163^a - C. 5225 (analyse n° 22) : d'un stock de pierres du village Bushashire III.

C'est l'unique exemplaire de cette roche qui n'a malheureusement pas été trouvée *in situ*. Elle est remarquable par la présence d'une amphibole sodique, minéral dont toutes les autres roches de Kirumba sont

totalement dépourvues, à l'exception du quartzite à imérinite fénitisé (56.191) décrit pp. 32 et 33.

Il s'agit d'une belle roche grenue homogène, à grain moyen, d'aspect mésocrate, à feldspaths blancs à gris et barylites noirs (*Pl. XIII, 3*).

Sous le microscope, les feldspaths forment une masse assez confuse à grain fin, comprenant des plages plus grandes qui confèrent à l'ensemble un aspect porphyroïde. La barckévicite et de la biotite brune en lames déchiquetées, assez abondantes, englobent pœcilitiquement les feldspaths.

Ces derniers sont en majorité des microperthites et des antiperthites de *microcline* et d'*albite*, généralement dépourvues de macles polysynthétiques. Les cristaux sont subidiomorphes. Les plus grands ne dépassent pas 2,5 mm et la taille des petits est de quelques 0,1 de mm.

Entre les feldspaths se glissent, en petit nombre, des plages sinueuses et troubles de *sodalite* xénomorphe.

Les agrégats de barylites doivent retenir toute notre attention.

La *biotite* polychroïque en brun foncé et brun jaunâtre clair, englobe régulièrement des noyaux d'*ilménite* cerclés de *sphène* et enveloppés de halos polychroïques. Le sphène subsiste en résidus nombreux, inclus dans la biotite.

Celle-ci est étroitement associée à la *barckévicite*, polychroïque en brun acajou et brun plus clair. La barckévicite englobe elle-même, le plus souvent, la biotite dont elle semble bien dériver : les limites entre les deux minéraux sont fréquemment floues et irrégulières. La barckévicite est généralement frangée d'*hastingsite* verte. Par ailleurs, on voit se développer, au cœur de quelques amphiboles, des cristaux d'*augite* verdâtre ou brunâtre, à contours capricieux, englobant des résidus de barckévicite (*Pl. XIII, 4*).

Cet ensemble de transformations représente donc une série de Bowen renversée, comparable à celle de la série charnockitique observée, en Uganda, par A. W. GROVES (1935, p. 196).

Voici une autre remarque non dépourvue d'intérêt. Le mineraï, à l'encontre de ce que nous avons vu précédemment, n'est plus, ici, un produit de ségrégation du mica noir, mais semble plutôt lui avoir cédé du fer et sans doute aussi de la magnésie (puisque il s'agit d'une biotite nettement ferro-magnésienne). Il se situe, non en bordure des agrégats de barylites, mais au cœur même du mica. On peut en inférer qu'il s'agit d'une ilménite magnésienne.

J'essaierai d'interpréter plus loin, sur cette base, les réactions de transformation des barylites.

Enfin, il est important aussi de signaler la présence inusitée de prismes d'*apatite* englobés par la barckévicite et la biotite dans laquelle ils s'entourent de beaux halos polychroïques.

Il reste à signaler un peu de *thorite*, en inclusions contournées dans les feldspaths.

Une dernière particularité de cette syénite consiste dans l'existence des minuscules filons dont elle est traversée. Ces veinules sont à grain très fin ; les feldspaths ont un facies microlitique fluidal encore souligné par une disposition identique des barylites qui sont les mêmes que dans la roche englobante. Il s'agit sans doute de diaclases cicatrisées.

Analyse chimique.

22. — Syénite à barckévicite, sodalitifère, Dn 56.163⁴ - C. 5225.

	<i>Composition centésimale</i>	<i>Composition virtuelle</i>				
SiO ₂	56.67	Orthose				26.13
Al ₂ O ₃	17.80	Albite				40.14
Fe ₂ O ₃	1.36	Anorthite				7.78
FeO	4.79	Néphéline				6.65
MnO	0.24	Diopside				9.41
MgO	1.33	Olivine				3.64
CaO	4.56	Magnétite				2.09
Na ₂ O	6.22	Ilménite				1.98
K ₂ O	4.41	Apatite				0.67
TiO ₂	1.00	Calcite				0.70
P ₂ O ₅	0.34	<i>Paramètres C.I.P.W. — Lx.</i>				
H ₂ O +	0.51	'11.5'.'2.'4 [2.2.2'.'4]				
H ₂ O —	0.11	<i>Al : Alc = 1.19, Al : Calc = 0.77</i>				
CO ₂	0.31	<i>Or : Ab = 0.65 ; Σb = 18.49</i>				
Cl	0.02	<i>Paramètres de Niggli</i>				
SO ₃	tr.	<i>si al fm c alk ti</i>				
	99.67	187	34.6	20.4	16	29
O	— 0.004	mg	k	o	c : fm	qz
		0.3	0.3	0.2	0.79	- 47

D. — ROCHES À AEGYRINE.

Je groupe sous ce titre les roches riches en aegyrine. Elles comprennent des types lithologiques appartenant à des familles différentes, bien que leurs affinités soient indiscutables. D'autre part, dans l'état actuel de mes recherches, elles ne semblent pas très développées dans le massif de Kirumba. Mais elles complètent bien sa

physionomie, en s'intégrant aux schémas classiques des massifs syénito-carbonatitiques.

Le matériel recueilli peut se distribuer en :

1. — Syénites néphéliniques à aegyrine.
2. — Lujaureite à cancrinite (sarnaïte).
3. — Pegmatite d'ordosite.
4. — Pegmatite de melteigite passant à la lujaureite.

Macroscopiquement, ces roches ont des aspects très différents. Sous le microscope, elles se montrent, ou très pauvres, ou totalement dépourvues de barylites, autres que l'aegyrine.

§ 1. Syénites néphéliniques à aegyrine.

a) *à gros grain* :

Dn 56.189¹ - C. 5256 : ~ Km 7 de la route en construction.

Dn 56.190 - C. 5257 : ~ Km 6,5, idem.

b) *à grain fin* :

Dn 56.189 - C. 5255 (analyse n° 23) : ~ Km 7, idem.

Dn 56.163 - C. 5224 : d'un stock de pierres de Bushashire III.

a) (56.189¹) et (56.190) sont des roches grenues à grain moyen à gros, peu homogènes, à grands feldspaths blancs, allongés, à clivages miroitants, à néphéline en grandes plages grises abondantes et aegyrine en grands cristaux aciculaires, disséminés dans les coupolites ou formant des groupements radiaires (*Pl. XIV, 1*).

b) Les deux suivantes sont des roches formées des mêmes éléments, mais à grain fin et très homogènes.

La première est gris sombre, la seconde brun clair, la différence de teinte étant due à la couleur du pyroxène : aegyrine en (56.189) (*Pl. XIV*, 2), acmite en (56.163³).

Au grain près, les coupolites de ces quatre roches affectent sensiblement les mêmes manières d'être.

Le *microcline*, très pur, à belles macles quadrillées (en arabesques en 56.163³), n'est généralement pas perthitisé, ou peu, par des veinules et de petites plages diffuses d'albite. Par contre, en (56.190), il est parfois riche en inclusions de petits cristaux d'albite subidiomorphes. On y observe, en outre, des microcristaux d'aegyrine.

L'albite est toujours parfaitement limpide, sous ses deux formes I et II qui sont intimement mélangées. En (56.190), elle paraît corroder de grands cristaux de microcline, y pénétrer en coin et s'y prolonger dans les inclusions citées ci-dessus. Il s'agit d'un mode d'albitisation un peu différent de ceux décrits antérieurement.

La *néphéline* se développe xénomorphiquement entre les feldspaths. Comme de coutume, elle est criblée d'inclusions : albite, losite (rare) et aegyrine (ou acmite), cette dernière en cristaux et microlites en désordre, en groupements rayonnants ou orientés suivant les clivages. Dans (56.189¹), la néphéline englobe de petites éponges de *kalsilite*.

La *sodalite* n'est pas rare, soit localisée en bordure de la néphéline et la pénétrant d'un chevelu extrêmement fin et diffus en (56.190) soit en plages xénomorphes isolées, riches en inclusions. J'ai observé une de ces plages épigénisant la néphéline presque en totalité (56.190)

La *losite* n'existe en petits cristaux indépendants, mais rares, qu'en (56.189).

Enfin, quelques plages de *natrolite* (biaxe +, allongement + et indice faible) épigénisent également, soit la néphéline, soit la sodalite en (56.190).

L'aegyrine vert d'herbe est en cristaux assez gros et allongés et pas très abondants, en (56.190) et (56.189¹). En (56.189) elle est franchement aciculaire et pénètre tous les coupolites d'une manière complètement désordonnée. L'acmite brun jaunâtre, non polychroïque, se présente sous ce même aspect en (56.163³) (*Pl. XIV, 3*).

Cette dernière roche seule renferme des minéraux accessoires. Ce sont, d'une part, quelques plages de *fluorite* incolore et, d'autre part, étroitement associés à l'acmite, des prismes assez nombreux d'un *minéral incolore*, à relief du même ordre que celui de l'acmite, que je n'ai pas pu identifier. Il est biaxe positif, 2V est voisin de 60-70°, l'allongement est négatif et la biréfringence ne dépasse pas 0,020. L'angle d'extinction rapporté à l'allongement est très variable : 0° à 35°. Je pense qu'il s'agit encore d'un minéral du groupe de la lavénite.

Il reste à signaler, enfin, que la syénite (56.190) est à peu près la seule, parmi tous les échantillons recueillis, à présenter de faibles symptômes de *cataclase* : on y observe quelques feldspaths à extinctions onduleuses ou en mosaïque.

§ 2. *Lujaurite à cancrinite* (sarnaïte).

Delhaye 492 - Muséum Σ^{276} (analyse n° 24) : au pied de l'escarpement.

Je n'ai pas trouvé, à l'intérieur du massif de Kirumba, d'équivalent exact de cette roche observée par F. DELHAYE en grands blocs éboulés au pied est de l'escarpement.

Elle est franchement mésocrate, à structure grenue et à grands feldspaths allongés.

Sous le microscope, l'aegyrine en cristaux allongés

(~ 3 mm) forme une sorte de charpente ou d'amas de poutrelles qui abrite de larges plages de microcline et des agrégats granoblastiques formés par de la losite dominante, de l'albite II et du microcline. Il n'y a pas de néphéline. (*Pl. XIV, 4*).

Le *microcline* en grandes plages n'est pas (ou à peine) perthitisé et est dépourvu de macles, sauf quelques cristaux, à la fois quadrillés et maclés Carlsbad, dont le quadrillage affecte très souvent la structure en arabesques ou dentelliforme déjà signalée plus haut.

L'*albite II*, également dépourvue de macle, se distingue difficilement de la *losite*, dont la biréfringence est particulièrement faible, et du *microcline* engagés dans les agrégats. De la *calcite* leur est associée en grains minuscules et en petites plages xénomorphes.

L'*aegyrine* est truffée d'inclusions arrondies de *fluorite blanche* et englobe quelques rares paillettes de *biotite verte*. La fluorite blanche n'est pas rare non plus, en inclusions de petites plages xénomorphes et en veinules, dans les grands cristaux de *microcline* et dans les agrégats granoblastiques.

Fréquemment, entre les cristaux d'aegyrine, on observe des agrégats, déjà rencontrés antérieurement et formés, en proportions variables, de fluorite violette, de minerai opaque, d'albite II et d'une poussière de zircons. LACROIX et DELHAYE (1927) attribuaient ces agrégats à des « pseudomorphoses d'un minéral disparu (eudyalite ?) ». Au cœur d'un de ces agrégats, j'ai trouvé une belle plage de *thorite* perpendiculaire à l'axe optique (*Pl. XV, 1*).

La présence, dans cette roche, de cancrinite à l'exclusion d'autres feldspathoïdes, la rapproche de la *sarnaïte* de Brögger, mais en raison de son caractère mésocrate.

(Bar = 45,08 %) j'opte pour la dénomination de *lujaurite* que LACROIX donne aux syénites feldspathoïdiques riches en aegyrite aciculaire.

Les syénites du § 1 sont des termes de passages à la lujaurite normale, mais elles sont presque dépourvues de losite et, par contre, riches en néphéline. Il y avait donc lieu de marquer la différence.

§ 3. *Pegmatite d'ordosite.*

Dn 56.178¹ - C. 5244 (analyse n° 25) : filon dans syénite néphélinique à sodalite incolore et cancrinite (56.178, an. n° 12), rive droite de la Tulabishia.

Ce filon qui n'a que 4 cm d'épaisseur, traverse la syénite feldspathoïdique subverticalement (*Pl. XV, 2*) ; il est orienté nord-sud. Plusieurs autres filons analogues devaient recouper l'affleurement dans des directions différentes, à en juger par les placages blancs qui s'y adhèrent encore.

Les éléments du filon sont des cristaux allongés de feldspath et d'aegyrite implantés plus ou moins normalement aux épontes. Ils traversent le filon de part en part et alternent assez régulièrement, mais des cristaux plus petits sont obliques par rapport aux premiers (*Pl. XXII*).

Les feldspaths comprennent le *microcline* à macles quadrillées confuses ou en arabesques, l'*albite I* maclée mais rarement en cristaux allongés et l'*albite II* en nids dans les mailles formées par les cristaux d'aegyrite ou en bordure de ceux-ci. Le *microcline* n'est pas perthitisé mais peut englober de petits cristaux d'albite.

L'*aegyrite* est à bords frangés. Elle est criblée de cristaux globulaires de *mélanite* jaune brunâtre. La *mélanite* existe aussi en plages xénomorphes de quelque

étendue en dehors de l'aegyrine, mais cependant en connexion avec celle-ci.

Le *lpidomélane* se présente en inclusions et en bordure des cristaux d'aegyrine, mais il est surtout abondant dans les grandes plages de mélanite. Son polychroïsme est particulièrement intense : il est pratiquement opaque suivant les clivages. Il s'agit probablement d'une annite presque pure.

Le *zircon* est extrêmement abondant, en inclusions dans les feldspaths et l'aegyrine et, surtout, en plages diffuses et en trainées allongées dans la mélanite. Il y a peu de *sphène* en inclusions dans l'aegyrine et je n'ai noté qu'une seule plage d'*apatite* sur 5 lames minces.

Parmi les minéraux rares, j'ai observé : la *chevkinite* brun rouille, la *cérite* probable, peut être un minuscule cristal jaune d'or de *pyrochlore* et, enfin, de petits cristaux jaune citron à incolore d'un minéral du groupe de la *lavénite*.

L'absence complète de feldspathoïdes est remarquable.

Par sa composition minéralogique et sa structure, ce filon doit être considéré comme une pegmatite d'*ordosite*. On sait que l'ordosite est une syénite mésocrate à aegyrine aciculaire et microcline de l'Ordos (Chine) que A. LACROIX a décrite pour la première fois en 1925 (analyse A). Toutefois, l'ordosite type est moins riche en chaux que la nôtre et ne contient donc pas de mélanite. Par contre, elle est deux fois plus pauvre en alumine et beaucoup plus riche en fer ferrique, mais les teneurs en alcalis sont les mêmes que dans notre pegmatite. Il en résulte, pour cette dernière, une plus grande richesse en feldspaths alcalins réels et virtuels avec albite exprimée (paramètre $s = 3$ (4) au lieu de 2) et une quantité beaucoup plus faible d'aegyrine : l'ordosite de l'Ordos est mésocrate et celle de Kirumba leucocrate (paramètre $p = II$ au lieu de III').

§ 4. *Pegmatite de melteigite passant à la lujaurite.*

Dn 56.188 - C. 5254 (analyse n° 26) : Km 7,5 de la route en construction.

Cette roche qui a été trouvée en fragments épars, est fortement rubéfiée en surface, mais l'intérieur est parfaitement frais. Il s'agit certainement des débris d'un filon analogue au précédent. Mais, ici, les éléments dominants sont de grands prismes à faces planes d'aegyrine vert sombre, de 10 à 12 cm de longueur, dont les intervalles sont garnis de néphéline gris verdâtre à éclat gras, bordée d'un liséré blanc feldspathique (*Pl. XVI, 1*).

En lame mince (*Pl. XVI, 2*) l'aegyrine est très pure et fortement polychroïque dans les tons vert d'herbe et brun-verdâtre.

La néphéline, en grandes plages, est chargée d'innombrables microlites d'aegyrine orientés suivant les clivages prismatiques et en tous sens. Elle englobe aussi de nombreuses inclusions arrondies d'albite et de microcline. La sodalite y est plus rare.

L'albite II mêlée d'un peu de losite forme des chapelets clairsemés en bordure de la néphéline.

Aucun minéral accessoire ou rare n'a été observé.

De toutes les roches à aegyrine de Kirumba, celle-ci est la plus riche en feldspatoïdes (environ 16 %). C'est aussi la plus riche en soude et la plus pauvre en potasse (paramètre $s = 4(5)$ et k (de Niggli) = 0.07.

Minéralogiquement, il faut la rapprocher des melteigites, mais la présence de feldspaths exige de la considérer comme une forme de passage à la lujaurite.

Analyses chimiques des roches à aegyrine.

23. — Syénite néphélinique à aegyrine, à grain fin,
..... Dn 56.189 - C. 5255.
24. — Lujaurite à cancrinite (sarnaïte), DELHAYE 492 - MUSÉUM Σ^{276} .
25. — Pegmatite d'ordosite, .. Dn 56.178¹ - C. 5244.
A. — Ordosite type.
26. — Pegmatite de melteigite, .. Dn 56.188 - C. 5254.

Tableau 13. — Compositions centésimales.

	23	24 (1)	25	A	26
SiO ₂	59.05	50.24	56.41	56.90	50.03
Al ₂ O ₃	14.95	12.33	14.10	7.00	10.12
Fe ₂ O ₃	6.95	13.28	10.59	17.41	17.82
FeO	1.18	1.17	0.56	1.25	0.84
MnO	0.22	0.37	0.46	0.27	0.48
MgO	0.51	0.27	0.00	1.22	0.28
CaO	2.27	5.06	3.92	1.62	2.75
Na ₂ O	9.16	8.66	6.42	6.86	11.95
K ₂ O	5.04	4.57	5.06	5.36	1.26
TiO ₂	0.20	0.47	0.34	1.60	0.70
P ₂ O ₅	0.00	tr.	tr.	0.10	0.00
H ₂ O +	0.86	0.96	1.84	0.20	1.92
H ₂ O —	0.16	0.09	0.17	0.11	0.76
CO ₂	0.17	2.82	0.19	—	0.16
Cl	0.03	0.13	0.00	—	0.12
F	—	0.40	—	—	—
SO ₃	0.00	—	0.00	—	0.65
	100.75	100.82	100.06	99.90	99.84
O	—0.006	—0.19			—0.06
		100.63			99.78

(1) Analyse de F. RAOULT in A. LACROIX et F. DELHAYE (1927).

Tableau 14. — Compositions virtuelles.

	23	24	25	A	26
Quartz	—	—	—	4.86	—
Orthose	29.47	27.24	30.02	31.69	7.78
Albite	29.60	13.36	40.35	6.29	17.29
Néphéline	10.65	13.17	1.99	—	14.77
Halite	—	0.23	—	—	—
Thénardite	—	—	—	—	1.28
Aegyrine	20.33	30.49	8.78	45.74	45.63
Na_2SiO_3	1.22	—	—	—	—
Diopside	7.02	2.56	—	5.62	1.51
Hypersthène	—	—	—	0.50	—
Wollastonite	0.70	—	7.54	—	4.41
Magnétite	—	3.94	2.55	0.46	2.32
Ilménite	0.46	0.91	0.61	3.04	1.37
Hématite	—	—	5.76	1.28	0.32
Apatite	—	—	—	0.34	—
Fluorite	—	0.78	—	—	—
Calcite	0.40	6.40	0.50	—	0.40

Tableau 15. — Paramètres C. I. P. W. — Lx.

	$p.q.r.s. [h.k.l.m]$	$Al : Alc$	$Al : Calc$	$Or : Ab$	Σb
23. —	II.(5)6.1.3(4) [1.1.2.(4)5]	0.73	0.61	1.00	30.13
24. —	III.6.1.3(4) [(1)2.5.2'.5]	0.64	0.45	2.04	45.08
25. —	II.5.1.3(4) [2(3).1.'3.5]	0.86	0.61	0.74	25.74
A. —	III'.(4)5.1.'2 [1'.1.1(2).(4)5]	0.41	0.35	5.04	56.98
26. —	III'.(6)7.1.4(5) [1'.1.'2.5]	0.48	0.39	0.45	56.07

Tableau 16. — Paramètres de Niggli.

	<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>ti</i>	<i>mg</i>	<i>k</i>	<i>o</i>	<i>c:fm</i>	<i>qz</i>
23. —	193,3	28.9	23,8	7,9	39,5	0,6	0,1	0,3	0,7	0,33	— 33
24. —	140,4	20,3	32,9	15,1	31,7	—	0,4	0,3	0,8	0,46	— 52
25. —	183,6	27	28,7	13,7	30,7	0,8	0,0	0,3	0,9	0,48	— 28
A. —	176,5	13	50,5	5,5	31	3,7	0,1	0,3	0,8	0,11	+ 66
26. —	138,3	16,4	41,1	8,1	34,3	1,5	0,0	0,1	0,9	0,20	— 45

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

1. — POINT DE VUE MINÉRALOGIQUE.

L'ensemble des syénites décrites ci-dessus peut se répartir en trois catégories : syénites micacées, syénites feldspathoïdiques et roches à aegyrine avec ou sans feldspathoïdes. Mais, à l'intérieur de ces catégories et, surtout, de la seconde, les coupures qu'on peut encore créer sont moins nettes. La continuité dans la variété devient la règle.

Résumons dans leurs grandes lignes les faits observés.

La feldspathisation des muscovitoschistes précambriens produit des syénites micacées. Celles-ci se subdivisent en syénites à muscovite, à deux micas et à biotite.

Jusqu'à plus ample informé, il semble que la biotite (qui est en majeure partie un lépidomélane) résulte de la réaction de la muscovite avec le fer des pyrites des schistes ou le fer des itabirites qui leur sont associées. J'ai décrit une série d'états intermédiaires de cette transformation.

D'autre part, j'ai montré que les syénites à biotite doivent être considérées comme des formes hétéromorphes des syénites feldspathoïdiques leucocrates. Les paramètres des unes et des autres sont semblables ou identiques (en moyenne II.6.1.4.). Les syénites à biotite hétéromorphes forment donc le trait d'union entre les syénites micacées à excès d'alumine (corindon virtuel) et les syénites feldspathoïdiques à silice déficiente.

Ces transformations (feldspathisation et biotitisation) impliquent soit une perte d'alumine, soit un apport compensatoire d'alcali.

Or, le caractère dominant de toutes les syénites, tant micacées que feldspathoïdiques, est l'albitisation partielle, et parfois totale, du microcline formé aux dépens

de la muscovite. J'ai décrit en détail et à plusieurs reprises les modalités de cette albitisation, sous ses divers aspects (micro- et antiperthites, etc.). Il faut donc admettre un apport de soude important partiellement balancé par un départ de potasse. L'apport de soude se manifeste, d'autre part, dans la formation des amphiboles alumineuses sodiques d'une syénite à barckévicite et d'un quartzite fénitisé associé aux schistes, en bordure du massif de syénite.

De plus, j'ai été amené à distinguer très nettement la production d'une albite particulière (albite II), indépendante des phénomènes d'albitisation du microcline. Cette albite II, de caractère granoblastique, non maclée ou à macles rares et larges, est régulièrement associée, soit à la biotite qui l'englobe poecilitiquement, soit aux autres barylites dérivés de la biotite. Les auteurs qui ont déjà décrit des syénites feldspathoïdiques du Kivu ont généralement noté, sans plus, l'existence de cette albite, (A. LACROIX et F. DELHAYE, 1927 ; P. DE BÉTHUNE, 1952, p. 272 et 1956, p. 397 ; A. KAZMITCHEFF, 1936, p. 32). Or, l'étude de détail des associations albite-barylites montre à l'évidence que l'albite II doit être interprétée comme le produit de la feldspathisation de la biotite dont la phase potassique a été en quelque sorte enjambée ou escamotée, le microcline n'apparaissant que très rarement parmi les agrégats granoblastiques. Il y a donc un autre départ de potasse balancé par un apport de soude. D'autre part, la transformation de la biotite est soulignée par la ségrégation de son fer qui forme, à la périphérie des groupements poecilitiques de biotite et d'albite II ou de leurs dérivés, de petits fronts basiques de minérais opaques.

Cette interprétation est encore corroborée par l'existence fréquente, en inclusions ou au voisinage des agrégats d'albite II, de paillettes témoins de biotite résiduelle à orientation cristallographique et optique uniforme,

parfois en accord avec celle d'une plus grande plage poecilitique toute proche.

Les syénites feldspathoïdiques ne posent pas de problèmes très particuliers. Leur classement basé sur la présence, simultanée ou non, de leurs feldspathoïdes (néphéline, losite, sodalite) est assez artificiel, vu qu'il traduisent tous, soit un départ de silice, soit au contraire, un apport supplémentaire de soude si l'excès d'alumine de la muscovite n'a pas été éliminée lors de la formation des feldspaths. Il est rarement possible de prouver la transformation de l'albite en néphéline et la seconde hypothèse est donc aussi acceptable que la première.

Cependant, d'autre part, l'association fort constante de l'albite II et de la cancrinite en groupements granoblastiques permet d'envisager le remplacement de la première par la seconde avec perte de silice. Mais les cristaux de néphéline peuvent aussi s'entourer de chapelets de cristaux de cancrinite et en contenir en inclusions. Cela semble indiquer que la substitution peut se faire aussi au dépens de la néphéline.

Quant à la sodalite, bleue ou incolore, son extrême xénomorphisme qui va jusqu'à la formation de films interfaciaux entre tous les copholites, l'abondance de ses inclusions de losite et d'albite, les exemples de sa substitution à la néphéline, ses associations dactylotypes avec la losite, etc., conduisent à conclure que ce minéral s'est substitué en dernier lieu aux précédents grâce à l'excès de soude à l'état de chlorure que sa composition implique.

L'apport de chlorure sodique de la sodalite va de pair avec ceux de carbonate et de sulfate de sodium et de calcium, nécessaires à la formation de la cancrinite ou, plutôt, de la losite dont la biréfringence plus basse (environ 0,010 à 0,012) indiquerait, d'après WINCHELL (1951, p. 355), le mélange possible de 50 % de molécules de cancrinite ($3 \text{ Na Al Si O}_4 \cdot (\text{Ca, Na H}) \text{ CO}_3$) et de 50 %

de molécules de wischnewite ($3 \text{ Na Al SiO}_4 \cdot (\text{Na H, Ca}) \text{ SO}_4$) et peut-être aussi la présence de potassium.

C'est dans les syénites feldspathoïdiques leucocrates que l'on peut le mieux suivre les transformations subies par la biotite (lépidomelane). J'ai cité de nombreux exemples des relations qui existent entre la biotite, l'acmite et la mélanite qui se remplacent successivement. La feldspathisation de la biotite en albite II abandonne, comme je l'ai rappelé plus haut, un front de minérais opaques. Il semble qu'une réaction simultanée d'une partie de ces deux produits de transformation de la biotite ait pu donner de l'acmite. On sait en effet, depuis longtemps (N. L. BOWEN et J. F. SCHAIER, 1929, p. 372) que la présence de feldspaths et de néphéline, notamment, facilite sa formation. J. WYART et M. CHRISTOPHE-MICHEL-LÉVY (1954) l'ont obtenue artificiellement, par voie hydrothermale, entre 250 et 500°. Mais l'acmite manque souvent dans les agrégats barylitiques des syénites leucocrates. Ces agrégats sont principalement formés de biotite, de mélanite, de sphène, de minéral et de zircon et il se pourrait que la mélanite se formât directement en présence de carbonate de chaux aux dépens de la biotite.

Néanmoins, j'ai cité des exemples où l'aegyrine est entourée d'une couronne réactionnelle ou bien constellée d'inclusions de mélanite. Elle peut donc aussi avoir disparu des produits de la réaction, non sans avoir laissé, cependant, une foule de minuscules témoins biréfringents au sein même de la mélanite. Les cristaux d'acmite de certaines roches à aegyrine (ordosite) sont truffés de cristaux de mélanite globulaire. L'existence fréquente de fines aiguilles d'aegyrine en inclusions dans la néphéline et, parfois, dans les feldspaths confirme aussi la facilité avec laquelle ce pyroxène sodique se produit en présence des coupolites.

Les roches à aegyrine ou acmite de Kirumba sont

trop peu nombreuses pour que l'on puisse y suivre les modalités des variations et de l'évolution minéralogique. De plus, deux des roches analysées (ordosite et melteigite) sont filoniennes et, par suite, assez différentes du type moyen qui est probablement lujauritique. Mais on peut tenir pour vraisemblable que son aegyrine procède, comme on vient de le voir, des copholites et de la biotite. Celle-ci subsiste, en inclusions, dans les cristaux d'aegyrine et de mélénite de l'ordosite.

Se fondant sur un nombre impressionnant d'exemples, S. J. SHAND (1947, p. 307) considère la présence de mélénite comme une preuve certaine de l'assimilation de calcaire. Nombreux sont les minéraux calciques accessoires des syénites de Kirumba, à commencer par la calcite elle-même. Nous l'avons rencontrée à l'état d'inclusions ou de petites plages de dimensions déjà notables dans la plupart des roches étudiées. La fluorite est presque toujours présente, ainsi que le sphène comme produit de transformation de l'ilménite. L'apatite a un rôle négligeable. L'idocrase apparaît dans quelques syénites feldspathoïdiques. Nous ne nous étonnerons pas de la rencontrer dans des roches que nous ne considérons à aucun degré comme magmatiques. Y a-t-il lieu de rappeler que le carbonate de chaux entre dans la composition de la cancrinite ? Enfin la plupart des minéraux rares que nous avons cru reconnaître sont calciques.

Il est donc presque hors de doute que le massif de Kirumba recèle un noyau carbonatique qui a imprimé aux syénites feldspathoïdiques certains de leurs caractères minéralogiques. On ne le trouvera peut-être jamais en affleurement, car il n'est pas exclu que ce noyau se situe au fond du fossé tectonique, sous la couverture des laves. Le massif de Kirumba a été manifestement sectionné par la faille occidentale du fossé du Kivu et amputé d'une partie importante de son volume primitif.

2. POINT DE VUE CHIMIQUE.

Les analyses assez nombreuses que nous possédons déjà vont nous permettre de tirer du chimisme des roches de Kirumba quelques conclusions intéressantes.

La différenciation métasomatique. — Au cours de ce travail, nous avons constaté que les processus métasomatiques qui conduisent à la formation des syénites néphéliniques consistent essentiellement en :

- 1) apports de soude, de chaux et de fer,
- 2) départs d'alumine, de potasse et de silice.

La construction de diagrammes de variation utilisant, par exemple, les paramètres de Niggli, tirés de toutes les roches analysées, conduit à des figures incohérentes. En effet, les variations des paramètres fondamentaux (*al*, *fm*, *c*, *alk*) ne sont pas des fonctions continues du paramètre *si*, pris comme variable indépendante. Et cela s'explique, d'une part, à cause du mode de prélèvement des échantillons qui ne représentent pas une série continue, mais seulement des témoins récoltés au hasard et, d'autre part, à cause de la variabilité de la composition de ces roches au sein de chacun des groupes assez homogènes qui ont été distingués.

Par contre, à la suite des tentatives de représentation graphique, il est apparu que les variations des paramètres dépendent, dans une bonne mesure, de la teneur relative en alumine, à condition de faire des groupements valables.

En prenant comme variable indépendante le paramètre *al*, calculé en fonction de (*si* + *fm* + *c* + *alk*) = 100, on obtient les diagrammes I et II (fig. 3 et 4) construits à l'aide des moyennes des analyses de chacun des quatre grands groupes et sous-groupes suivants :

- 1) muscovitoschiste et muscovitite,

- 2) syénites micacées (subdivisées en 3 sous-groupes),
- 3) syénites feldspathoïdiques (subdivisées en 3 sous-groupes) ⁽¹⁾,
- 4) roches à aegyrine abondante (subdivisées en 2 sous-groupes).

Les moyennes calculées sont les suivantes :

Tableau 17.

Groupes et sous-groupes	N ^o s des analyses	<i>al</i>	<i>si</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>
Muscovitosch. et muscovitite.	1 et 2	29,3	79,6	7,5	2,6	10,3
Syénites à muscovite	5 et 6	18,2	83,0	3,0	2,2	11,8
Syénites à 2 micas	7 et 8	18,4	79,0	7,4	2,3	11,2
Syénites à biotite	9 et 10	15,2	70,6	13,5	2,4	13,5
Moyennes des syénites micacées	5 à 10	17,3	77,5	8,0	2,3	12,2
Syénites feldspathoïdiques hololeucocrates $\Sigma_b < 6,25$	11 et 15	18,7	77,3	2,8	1,3	18,5
Syénites feldspathoïdiques leucocrates $\Sigma_b > 6,25$	14, 16, 20 et 22 ⁽²⁾	14,8	74,3	6,8	4,7	14,2
Syénites feldspathoïdiques leucocrates $\Sigma_b > 18,75$	12, 13, 17, 18 et 21	13,9	70,7	7,8	5,0	16,5
Moyennes des syénites feldspathoïdiques	11 à 22 ⁽³⁾	15,1	73,2	6,5	4,2	16,0
Syénites feldspathoïdiques à aegyrine et lujaurite	23 et 24	10,1	68,4	12,0	5,0	14,7
Ordosite et melteigite	25 et 26	9,0	66,9	14,9	4,5	13,8
Moyennes des roches à aegyrine	23 à 26	9,5	67,6	13,4	4,7	14,2

⁽¹⁾ Les sous-groupes sont déterminés, ici, par les coupures de l'échelle des paramètres dans le système chimico-minéralogique C.I.P.W. — LACROIX, entre I et I' et entre II et II (voir M.-E. DENAEYER, *Tableaux de pétrographie*, 1951, p. 58).

⁽²⁾ Syénite à barckévicite.

⁽³⁾ N^o 19 éliminé.

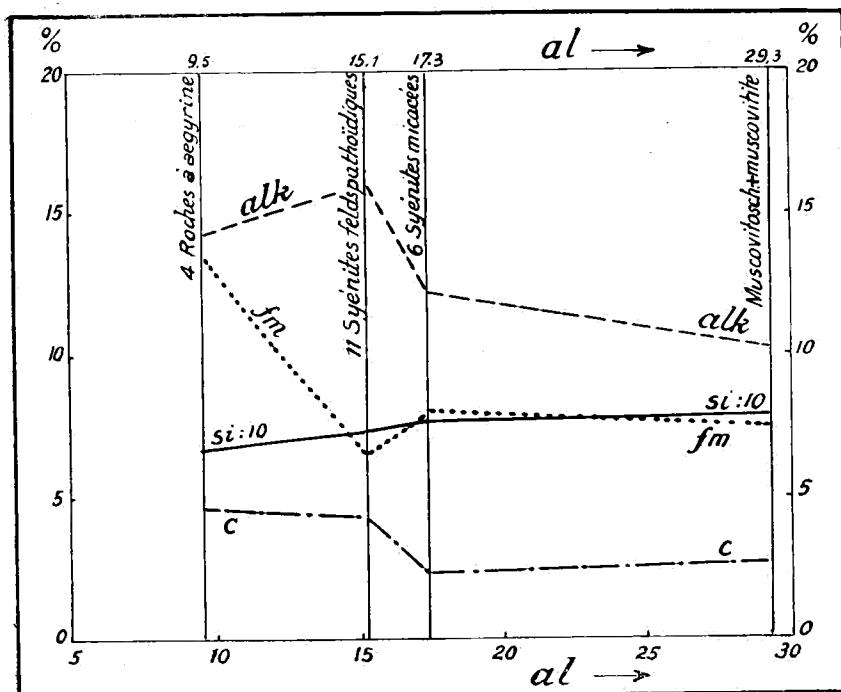


FIG. 3. — Diagramme I : Variation des paramètres *si*, *fm*, *c* et *alk* en fonction de *al* (moyennes générales des 4 groupes de roches de Kirumba).

Le diagramme I (fig. 3) obtenu à l'aide des moyennes générales, montre une diminution régulière, mais faible, de la silice (*si* : 10), du muscovitoschiste aux roches à aegyrine et, dans le même sens, une augmentation sensible de la chaux (*c*) dans les deux derniers groupes. Par contre, les alcalis (*alk*) et les éléments ferromagnésiens (*fm*) ont deux courbes d'allure opposée, les maxima de l'une correspondant aux minima de l'autre, avec une tendance à l'égalité dans les roches à aegyrine, les plus pauvres en alumine. L'apport d'alcali est on ne peut plus manifeste dans toute la série : *alk* atteint son maximum dans les syénites feldspathoïdiques, balançant, et au delà (*alk* = 16), la totalité de l'alumine (*al* = 15,1), tandis que *fm* y est minimum.

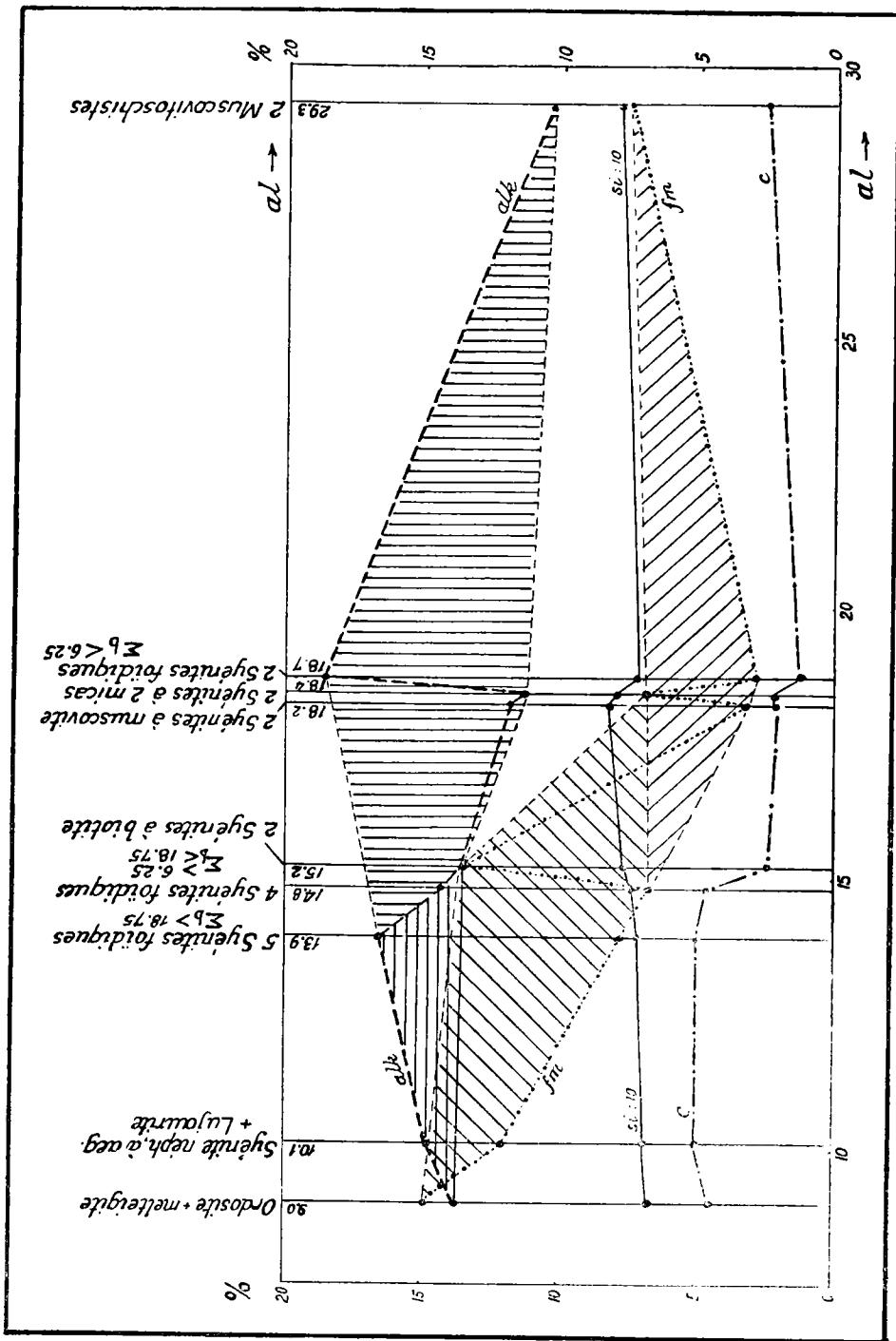
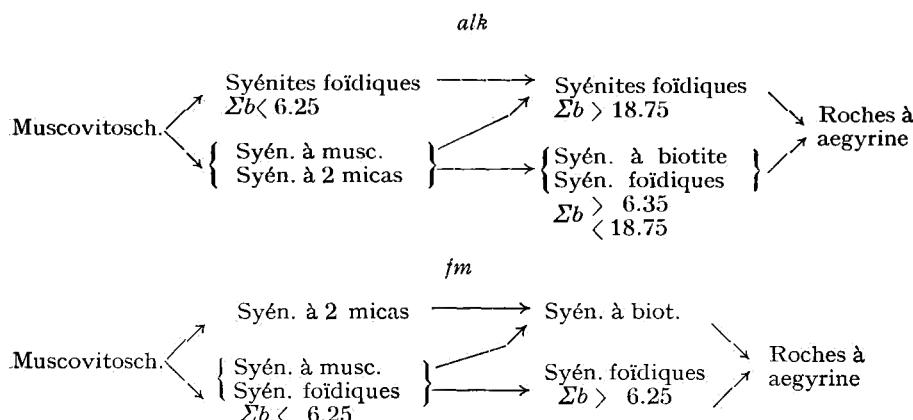


FIG. 4. — Diagramme II : Variation des paramètres si , lm , c et al en fonction de al (moyennes des sous-groupes des 4 groupes de roches de Kirumba).

Le diagramme II (*fig. 4*) a été obtenu en « déboîtant » les groupes du diagramme I en leurs sous-groupes. L'allure paraît très différente dans le détail, mais les grands traits sont conservés : diminution de *si*, accroissement de *c* et opposition des courbes de *alk* et de *fm*. Il y a cependant deux remarques importantes à faire.

La première est que la variable *al* détermine le regroupement des syénites feldspathoïdiques hololeucocrates avec les syénites à muscovite et à 2 micas et en avant de celles-ci. Et, deuxièmement, que les syénites à biotite se groupent avec les syénites feldspathoïdiques leucocrates. Nous avons vu, en effet (pp. 46 à 48), qu'elles étaient des formes hétéromorphes de ces dernières. Ces remarques peuvent avoir un certain intérêt au point de vue de la filiation des roches de Kirumba.

Observons aussi que nous pouvons enfermer les variations de *alk* et de *fm* dans des aires polygonales. Celles-ci se décomposent à leur tour en deux aires plus petites. En suivant les côtés de ces polygones depuis les muscovitoschistes jusqu'aux roches à aegyrine, on est conduit aux deux schémas ci-dessous qui sont remarquablement symétriques :



Si ces schémas ont un sens, ils signifient que les syénites de Kirumba sont polyphylétiques : la différenciation métasomatique a suivi des voies variables. Dans le diagramme II il y a encore un point remarquable : c'est l'espèce de point triple correspondant aux syénites à biotite dans lesquelles $alk = fm = 13.5$ pour $al = 15.2$. Elles sont, à tous points de vue, à mi-chemin des syénites feldspathoïdiques et des roches à aegyrine.

La désilicatation. — Les diagrammes I et II (*fig. 3 et 4*) ne donnent qu'une idée sommaire de la variation de la silice. Les chiffres obtenus ont été divisés par 10 pour les besoins de la représentation de tous les paramètres fondamentaux sur un diagramme unique. Afin de donner une image plus précise de la désilicatation, nous avons choisi les rapports utilisés par A. RITTMANN (1933) dans son étude des laves du Vésuve.

Cet auteur appelle « degré d'acidité » d'une roche le rapport : $Az^o = \frac{si}{si + 100}$ et « degré de silicification » (« de silicatation » serait plus correct), le rapport : $Si^o = \frac{si}{si - qz}$. Dans ces rapports, si et qz sont deux paramètres de Niggli et $100 = (al + fm + c + alk)$.

Les valeurs de Az^o et Si^o qui ont servi à construire le diagramme III (*fig. 5*) sont les suivantes (Tableau 18) :

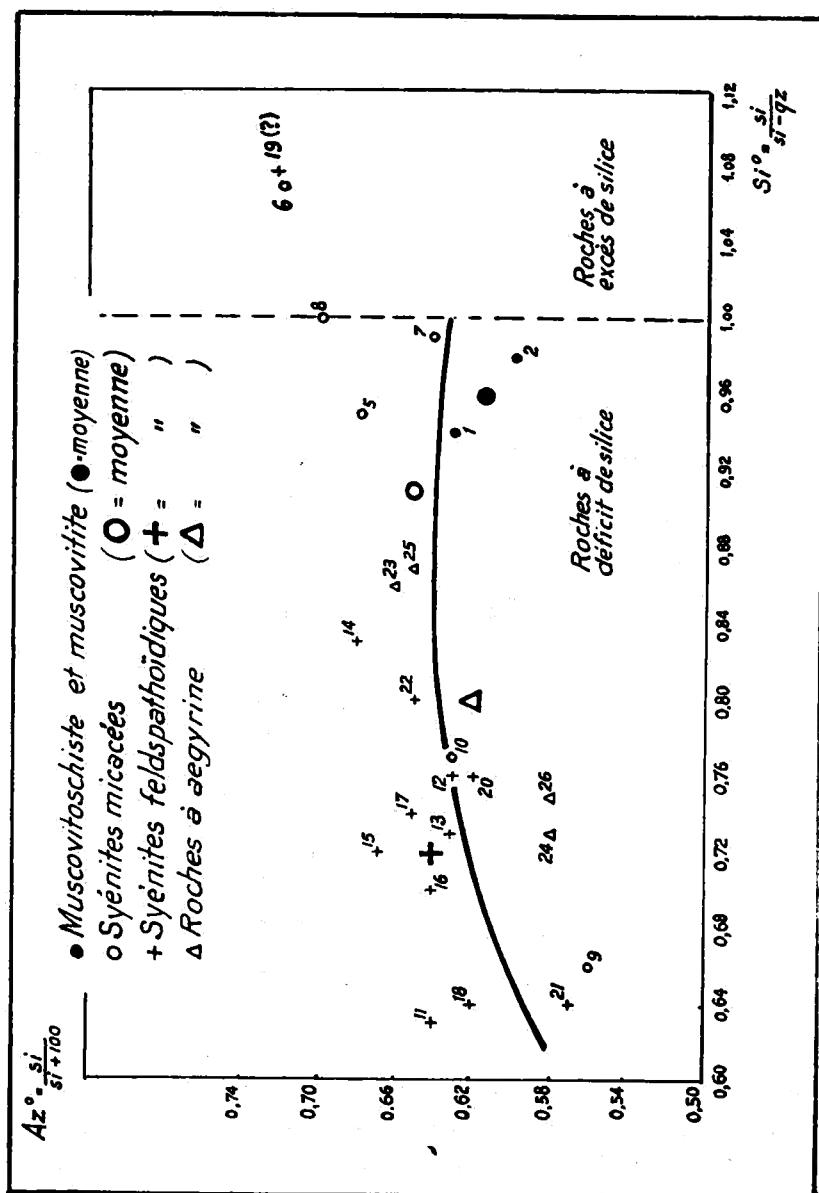


Tableau 18.

Roches	Analyses	Az°	Si°	Roches	Analyses	Az°	Si°	
Muscovitosch.	1	0,63	0,94			12	0,63	0,76
Muscovitite	2	0,60	0,98	Syénites feld-spathoïdiques		13	0,63	0,73
Moyennes	1 et 2	0,615	0,96	$\Sigma b > 16.75$		17	0,65	0,74
Micaschistes à muscovite	5	0,68	0,95			18	0,62	0,64
	6	0,72	1,07			21	0,57	0,64
Micaschistes à 2 micas	7	0,64	0,99	Moyennes	11 à 22 (1)	0,64	0,72	
	8	0,70	1,00	Syén. foidiques à aegyrine		23	0,66	0,85
Micaschistes à biotite	9	0,56	0,66	Ordosite		25	0,65	0,87
	10	0,63	0,77	Lujaurite		24	0,58	0,73
Moyennes	5 à 10	0,655	0,91	Melteigite		26	0,58	0,75
Syénites feld-spathoïdiques $\Sigma b < 6,25$	11	0,64	0,63	Moyennes	23 à 26	0,62	0,80	
	15	0,67	0,72					
Syénites feld-spathoïdiques $\Sigma b > 6,25$ $\Sigma b < 18,75$	14	0,68	0,83					
	16	0,64	0,70					
	20	0,62	0,76					
	22	0,65	0,80					

Le diagramme montre une assez forte dispersion du « degré d'acidité ». Notamment, les syénites à muscovite et à 2 micas sont plus « acides » que les muscovitoschistes. Le « degré de silicatation » suit une loi linéaire en ce qui concerne les muscovitoschistes et les syénites à muscovite et à deux micas. La courbe moyenne ne commence à s'infléchir qu'au niveau des roches à aegyrine et sa pente s'accentue dans le domaine des syénites feldspathoïdiques. On remarquera le décalage important, vers la gauche, de la moyenne des syénites micacées. Il est dû au fait que les syénites à biotite (et ceci confirme leur caractère hétéromorphe) tombent dans le domaine des

(1) N° 19 exclus.

roches à feldspathoïdes. On voit, d'autre part, que les roches à aegyrine se subdivisent en deux groupes bien distincts par leurs degrés d'« acidité » et de « silicatation ». Les syénites feldspathoïdiques sont, au contraire, très dispersées dans les deux sens.

Cette dispersion même des points de part et d'autre de la courbe moyenne de désilicatation, confirme la diversification des processus métasomatiques soufferts par les roches de Kirumba.

Le jeu des alcalis et de l'alumine. — Les diagrammes I et II (fig. 3 et 4) indiquent bien l'allure de l'alcalinisation progressive à partir des muscovitoschistes et des syénites micacées en fonction de la diminution relative d'alumine, mais ils ne nous fournissent aucun renseignement sur le jeu de la soude et de la potasse qui est apparu si clairement au cours de l'étude minéralogique. Pour le mettre en évidence, j'ai calculé le rapport moléculaire $K_2O : Na_2O$ de chaque roche. En portant ces rapports en ordonnées et les valeurs des rapports moléculaires $Al_2O_3 : K_2O + Na_2O$ (ou $Al : Alc$ donnés à la suite des analyses) en abscisses, on obtient le diagramme IV (fig. 6) qui exprime en même temps les variations des deux alcalis et de l'alumine. Les valeurs des deux rapports en question figurent dans le Tableau 19, page 98.

Le diagramme (p. 99) montre le remplacement très rapide de la potasse par la soude, dès le début des phénomènes métasomatiques. Seule une syénite à deux micas (an. 7) conserve une teneur élevée en K_2O . L'égalité moléculaire est réalisée dans une syénite à muscovite (an. 5) puis le rapport décroît progressivement dans la séquence : syénites micacées-syénites feldspathoïdiques — roches à aegyrine, pour atteindre son minimum dans la melteigite (an. 26). A cette dernière correspond aussi le minimum du rapport $Al : Alc$. L'alumine a donc décrû à peu près dans la mesure où la soude a remplacé la potasse. A

gauche de l'ordonnée $Al : Alc = 1$, les deux séries : syénites feldspathoïdiques et roches à aegyrine, sont sensiblement parallèles. A droite, l'alumine est encore en excès sur la quantité feldspathisable d'alcalis dans quatre syénites feldspathoïdiques (analyses 14, 19, 20 et 22). Les trois premières sont très éloignées de la courbe moyenne par suite d'une sodification, soit retardée (14), soit hâtive (19 et 20). La syénite à muscovite (an. 6) se range aussi sous ce dernier cas.

Tableau 19.

Roches	Analyses	$Al : Alc$	$K_2O : Na_2O$	Roches	An.	$Al : Alc$	$K_2O : Na_2O$
Muscovito-schiste	1	2,86	∞		15	1,00	0,32
Muscovitite	2	2,83	52,50		16	0,86	0,27
Moyennes	1 et 2	2,845		Syénites feldspathoïdiques.	17	0,79	0,36
Syénites à muscovite	5	1,67	1,00	(suite)	18	0,82	0,13
	6	1,43	0,26		19	1,42	0,25
Syénites à 2 micas	7	1,76	1,64	Syénite à barckévitice	20	1,14	0,20
	8	1,56	0,86		21	1,01	0,32
Syénites à biotite	9	1,32	0,66	Moyennes	22	1,19	0,47
	10	0,89	0,16		11 à 22	1,00	0,36
Moyennes	5 à 10	1,44	0,76	Syén. foïd. à aegirine	23	0,73	0,36
Syénites feldspathoïdiques.	11	1,00	0,40	Lujaurite	24	0,64	0,35
	12	0,90	0,38	Ordosite	25	0,86	0,52
	13	0,79	0,45	Melteigite	26	0,48	0,07
	14	1,10	0,82	Moyennes	23 à 26	0,68	0,34

Ceci indique que ni la sodification, ni la désaluminisation ne sont des processus nécessairement progressifs, ni nécessairement liés. Ils ne le paraissent qu'en moyenne.

3. POINT DE VUE GÉOCHIMIQUE.

Si nous considérons successivement les éléments majeurs et mineurs des syénites de Kirumba, et même

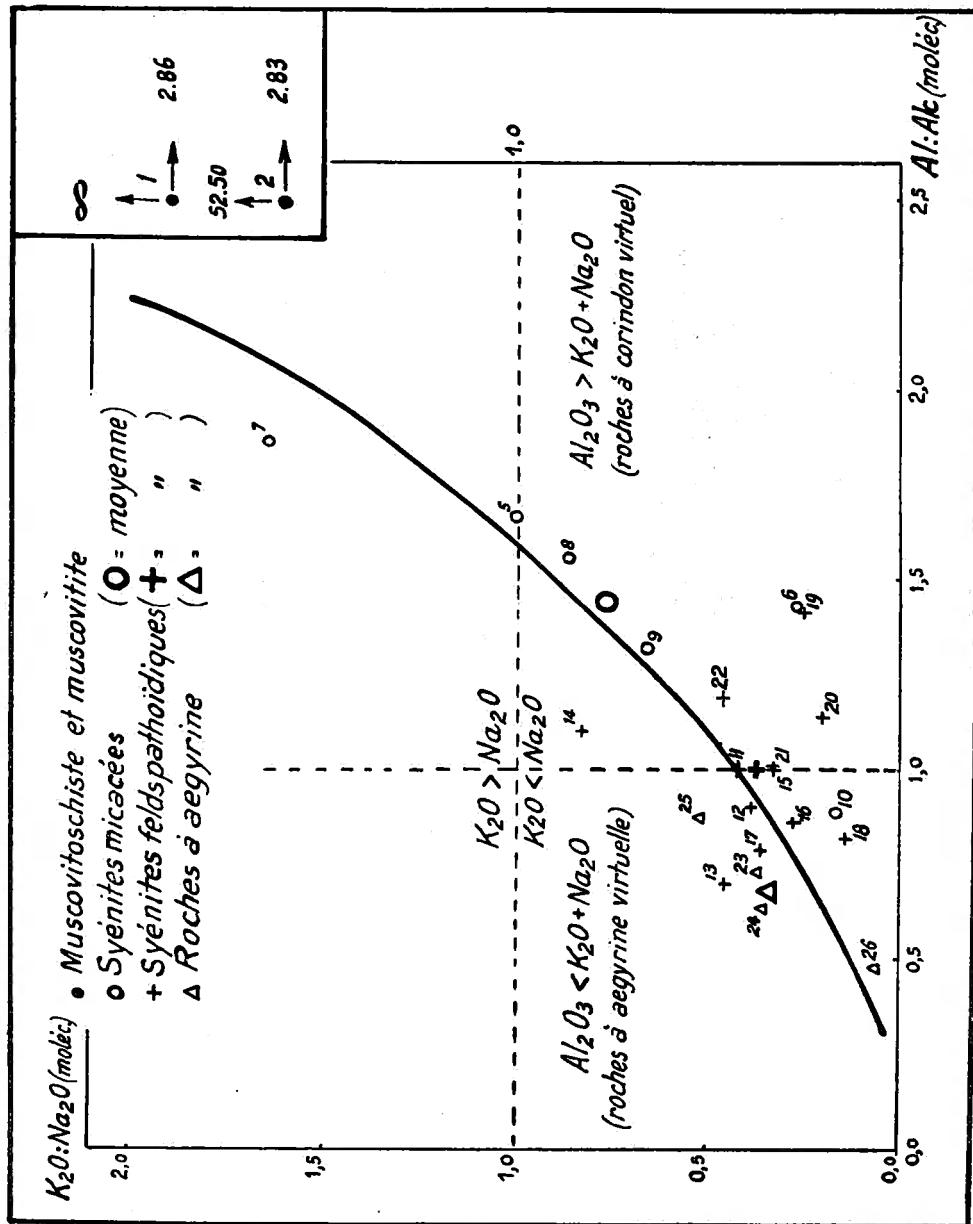


FIG. 6. — Diagramme IV : Variation des alcalins et de l'alumine.

les oligo-éléments, non dosés ⁽¹⁾ — mais dont la présence est impliquée par les minéraux communs ou rares observés — il n'y a aucune difficulté à admettre que ces syénites, réputées intrusives, se sont constituées sur place et aux dépens des schistes précambriens, dans des conditions énergétiques convenables. Cependant, la soude fait exception et représente un apport certain.

La géochimie nous enseigne, par ailleurs, que la plupart des éléments des roches plutoniques sont accumulés dans les sédiments en quantités suffisantes et parfois supérieures à celles de la moyenne des roches éruptives. Les quelques données ci-après (Tableau 20), sont extraites du *Traité de géochimie* de K. RANKANA et Th. G. SAHAMA (1954). Elles sont intéressantes en ce qui concerne les roches sous revue. Les valeurs sont indiquées en g/tonne.

Les chiffres ont été maintes fois discutés et tout récemment encore, par W. NIEUWENKAMP (1956). Celui-ci examine, notamment, le cas particulier du sodium. Le bilan géochimique de cet élément, d'après les calculs de CLARKE, n'impliquerait qu'une masse beaucoup trop faible de roches éruptives altérées (couche mondiale de 600 m) par rapport aux taux de dénudation observés ou calculés et au tonnage des roches d'origine sédimentaire entassé dans les géosynclinaux et les boucliers. De telle sorte que

« la masse de Na apportée à l'océan (au cours des âges géologiques) excède nettement ce qu'on y trouve actuellement en solution » (p. 417).

« Qu'est devenu ce sodium » excédentaire ? est la question que se pose NIEUWENKAMP. Il pense, avec KUENEN que

« les couches inférieures de la série sédimentaire marine, supposée épaisse, donnent lieu à un stockage du Na de toute première importance géochimique » (p. 414).

La sursalure des eaux captives croissant avec la pro-

(¹) Une étude spectrochimique est en cours.

Tableau 20.

Roches	Al	K	Na	Cl	F	Cb	Ta	Y	La	Ce	U	Th
Argiles	81,900	27,000	9,700	>3,400 (?)	510	± 20 (Baltique)	4,2	28,1	18,3	46,1	1,2	10,1
Roches éruptives	81,300	25,900	28,300	314	600 à 900	24	2,1	17,4	19,6	24,7	4	11,5
Syénites					400	600	30	2	7,9 (Laponie)	51	49	
Syénites néphéliniques						800	310 (100)	0,8		430		0,00015 à 0,0016
Océan	0,16 à 1,9	380	10,561	18,980	1,4					0,0003	0,0004	< 0,0005

fondeur (le fait est bien connu) favorise

« l'adsorption du Na Cl par les particules argileuses et l'incorporation de Na + par échange de base » (p. 414).

« En dépit de l'évasion du solvant, le sodium pourrait [donc] être retenu dans les sédiments consolidés. Si ceci est vrai, conclut NIEWENKAMP, ne s'agirait-il pas là du sodium si discuté de la granitisation ? » (p. 418).

Il rejoint ainsi la réflexion faite par S. J. SHAND (1949, p. 264), à la fin de sa discussion sur la granitisation :

“ Perhaps some of the phenomena that are attributed to the ichor are capable of a more prosaic solution ; namely the *redistribution of alkalis by connate water contained in the pores of the sediments* ”

et cette autre :

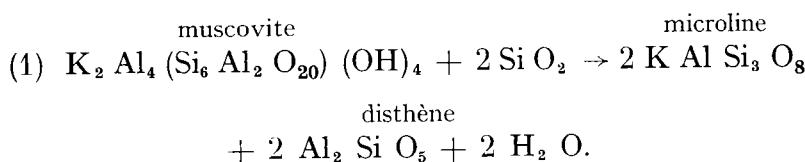
“ Perhaps the main effect of the circulating fluid may be the *redistribution of matter that is already there*, rather than introduction of new matter. ”

L'hypothèse d'un « sodium de migmatisation congénère et non juvénile » selon l'expression de NIEWENKAMP, nous tranquillise au sujet de son afflux dans les syénites de Kirumba où nous le voyons se substituer au potassium du microcline et rend inutile tout recours à des « émanations » montées mystérieusement des « profondeurs ». Nous ne devons pas trop nous inquiéter de son absence ou de sa faible teneur dans les muscovitoschistes analysés. Ces roches prises aux affleurements sont, d'une part, délavées comme la prouve la limonitisation de leur pyrite et, d'autre part, leur sodium peut avoir été épousé par suite de son transfert dans les syénites. Le problème pendant est exclusivement de nature énergique.

Mais, si la mobilité du sodium est depuis longtemps bien établie dans les réactions métasomatiques, l'alumi-

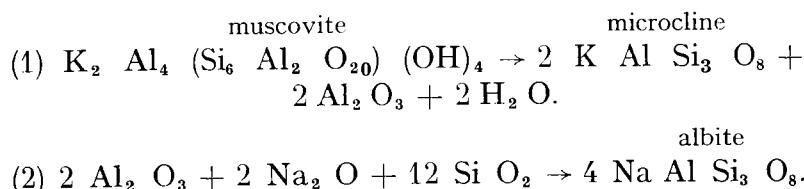
nium et le potassium, par contre, font figure d'éléments relativement réfractaires. Ils restent généralement liés aux silicates au cours des transformations. Il y en a autant dans les argiles que dans les roches éruptives. On peut donc se demander si la feldspathisation des micaschistes est bien concomitante de leur désaluminisation ou si l'excès d'alumine du mica n'est pas compensé par l'afflux de sodium.

Dans la première hypothèse la réaction serait la suivante :



Le silicate d'alumine n'a pas encore été reconnu, dans les schistes encaissant les syénites de Kirumba. Par contre, il existe en abondance au contact du complexe syénito-carbonatitique de la Lueshe où j'ai observé des micaschistes magnifiquement constellés de grands cristaux rayonnants de disthène (*Pl. XVI, 3*). L'association micas-chlorite-disthène de ces micaschistes a été discutée par P. DE BÉTHUNE (1952, pp. 249-251) au point de vue zonéographique.

Dans la seconde hypothèse, la réaction pourrait s'écrire sous la forme



Outre qu'une telle réaction exigerait un apport de silice 6 fois plus considérable, l'albite devrait cristalliser indépendamment du microline, ce qui est contraire à

l'observation. Celle-ci a montré la *substitution progressive, perthitique, de l'albite au microcline* et, d'autre part, la *formation d'albite II aux dépens du lépidomélane*.

Il est évidemment difficile d'apporter une preuve formelle en faveur de l'une ou de l'autre hypothèse, dans l'ignorance encore trop grande où nous sommes des lois physico-chimiques du métamorphisme. Mais l'évidence géologique et pétrographique me paraît un argument d'un poids suffisant pour faire pencher la balance du côté de la première équation. Dès lors, le potassium cédera sa place au sodium dans la structure des feldspaths et suivra un nouveau destin.

Les observations qui précèdent montrent les embûches de l'interprétation géochimique, si l'on s'aventure trop loin du terrain ferme contrôlé par la minéralogie. Il n'y aurait aucun profit à étendre à d'autres éléments une discussion que je n'ai fait qu'esquisser pour les plus litigieux d'entre eux. Elle n'apporte d'ailleurs aucun élément nouveau aux conclusions tirées de la pétrographie et du chimisme des roches de Kirumba. Cependant nous retiendrons l'hypothèse du sodium perséduimentaire dont la valeur explicative me paraît d'un grand prix pour l'interprétation de mes observations.

4. POINT DE VUE CHRONOLOGIQUE.

Parler de l'âge de la formation des syénites de Kirumba est encore prématuré. L'étude de leur radioactivité a été entreprise en vue de déterminer le matériel le plus convenable à mettre en œuvre pour des déterminations par les méthodes géochronologiques. (Voir *Annexe*).

En attendant des résultats probants qui ne pourront être obtenus qu'à longue échéance, il semble néanmoins possible d'aligner quelques arguments qui plaident en faveur d'un âge relativement jeune.

Post-urundiennes, les syénites de Kirumba et leurs

congénères du Kivu le sont assurément, puisqu'elles sont formées sans conteste au dépens des schistes urundiens et que les quartzites sont « fénitisés » à leur contact. D'autre part, elles sont certainement post-tectoniques car totalement exemptes de déformations mécaniques. Un seul échantillon (56.190) était légèrement cataclasé et un autre (56.163⁴) montrait de petites diaclases suturées, trahissant des accidents mineurs très localisés.

L'extrême fraîcheur de tous les minéraux des syénites, l'absence de tout phénomène de rétrométamorphose, à l'exception d'une zéolitisation tout à fait exceptionnelle de la sodalite (56.161) sont deux autres arguments favorables.

Enfin, il est assez probant de constater que la plupart des minéraux de terres rares et radioactifs ne sont pas métamictisés, sauf l'euxénite et l'allanite dont l'identité est d'ailleurs douteuse. En particulier, la thorite que j'ai pu identifier plusieurs fois avec un bon degré de certitude ne présente aucun symptôme apparent de désordre réticulaire. Un examen radiographique serait cependant nécessaire pour emporter la conviction, si l'on parvenait à isoler ce minéral. Malheureusement, l'opération s'avère extrêmement laborieuse, mais elle sera tentée.

Il ne reste plus qu'à invoquer l'argument d'analogie. Rappelons une fois encore que les roches alcalines de la série syénite feldspathoïdique-ijolite sont associées concentriquement à des noyaux carbonatitiques apparents ou occultes, et que ces complexes sont considérés comme liés génétiquement aux fossés tectoniques. En Uganda, de nombreux complexes alcalins et carbonatitiques sont en connexion avec le volcanisme mio-pliocène du groupe du Mont Elgon. K. A. DAVIES (1956, pp. 21 et 22) leur attribue un âge probable crétacé ou, en tout cas, post-Karroo à pré-miocène.

W. CAMPBELL-SMITH (1956, p. 196), dans une liste

des principaux complexes carbonatitiques africains, indique les âges suivants pour ceux de l'Afrique centrale :

Napak (Uganda), mio-pliocène,

Tororo, Busuku et Sukulu (Uganda), post-Karroo à pré-miocène,

Kerimasi (Tanganyika Territory), tertiaire ou quaternaire.

Panda Hill, Mbeya (Tanganyika Territory), (?) jurassique ou infra-crétacé.

Si grande est la similitude de situation des complexes alcalins, des carbonatites et du volcanisme du Kivu et de l'Uganda, qu'il semble difficile de ne pas faire de rapprochement (fig. 7). De part et d'autre, les complexes alcalins et carbonatitiques ont une disposition

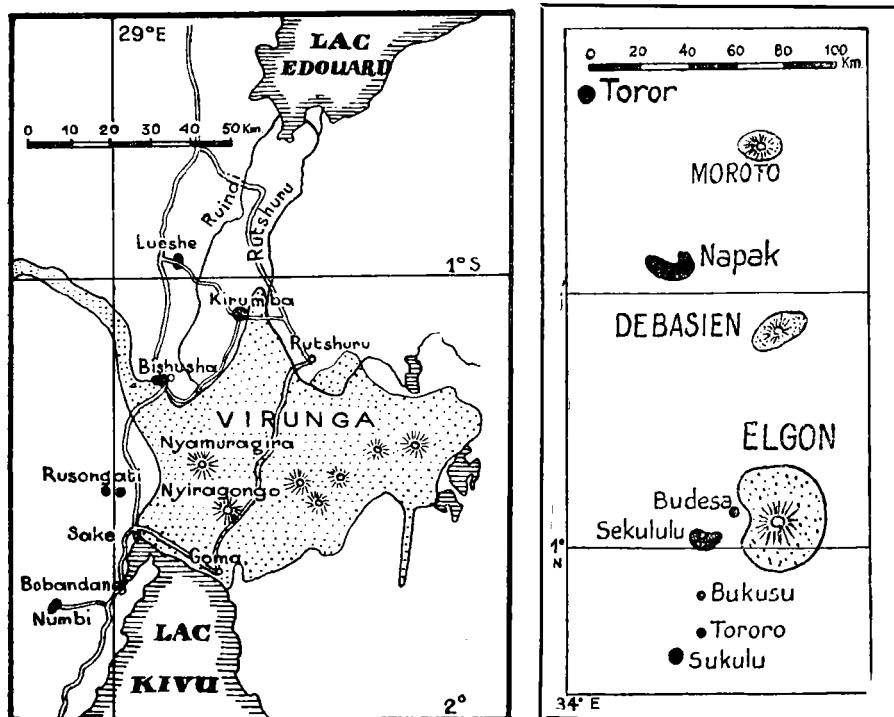


FIG. 7. — Affleurements des syénites néphéliniques et des carbonatites du Kivu et de l'Uganda (taches noires).

méridienne ou en arc de cercle à l'ouest des systèmes volcaniques des Virunga et de l'Elgon et des deux branches, occidentale et orientale, des fossés tectoniques.

Les volcans des Virunga, pléistocènes ou fin tertiaires à actuels, sont plus jeunes que les volcans du groupe de l'Elgon et les complexes alcalins du Kivu sont encore très incomplètement dégagés par l'érosion, contrairement à ceux de l'Uganda dont les culots carbonatiques se dressent parfois en vigies au-dessus du niveau de la pénéplaine (Tororo, Napak). Les affleurements des syénites népheliniques du Kivu ne représentent peut être que des chaînons d'anneaux plus complets (*ring dykes*) au cœur desquels des carbonatites sont encore dissimulées.

La carbonatite de la Lueshe et les syénites à cancrinite qui lui sont associées représentent probablement un stade plus avancé de la dissection d'un appareil complet. Les syénites de Kirumba doivent à leur situation surélevée, en bordure du fossé, d'avoir aussi atteint un stade d'érosion plus avancé.

En Uganda, les centres de Napak, de Busuku et de Sekululu et, au Tanganyika, ceux de Kerimasi et de Mbeya sont recouverts d'agglomérats, de brèches ou de tufs volcaniques. Au Kivu, celui de Rusongati, difficilement accessible, et dont il sera question plus loin, est enfoui sous d'épaisses couches de cendres. Il est extrêmement probable, au moins vraisemblable, que des complexes syénito- à ijolito-carbonatitiques existent sous les volcans des Virunga.

Tous les éléments analogiques qui viennent d'être énumérés semblent donc favoriser l'hypothèse d'un âge de formation de nos syénites, au moins aussi jeune, sinon plus jeune que celui des complexes similaires de l'Uganda et du Tanganyika Territory.

CHAPITRE IV

EXAMEN COMPARATIF DES AUTRES SYÉNITES FELDSPATHOÏDIQUES DU KIVU ET DE L'URUNDI (fig. 7).

Quelques années après la révélation, par A. LACROIX et F. DELHAYE (1927), des syénites néphéliniques de Kirumba, — les premières signalées dans le centre africain —, des roches de même nature provenant de la haute Ruvubu, en Urundi, furent étudiées par J. THOREAU (1931, 1932), d'après des échantillons recueillis par A. SALÉE, et portés comme roches gabbro-dioritiques sur les cartes publiées par cet auteur et F. DELHAYE (1928).

Au cours de la mission géologique du Comité national du Kivu

(1) Kirumba

et les centres suivants de syénites néphéliniques furent traversés par J. DE LA VALLÉE POUSSIN (1939, p. 227) et par A. SALÉE et N. BUTAKOFF (1939, carte géologique) :

- (2) à l'ouest de Bishusha, territoire de Rutshuru (¹),
- (3) sur la piste de Kahundu à Kalongwe, territoire de Masisi, dans la haute Oso (= massif de Rusongati),
- (4) à 5 km à l'est du Mont Irunga, sur la piste de Shamilonge à Bobandana (= massif de Numbi),

(¹) Cet affleurement fut aussi traversé par F. DELHAYE en 1922 (Cf. F. DELHAYE et A. SALÉE, 1928).

- (5) dans la vallée de la Ilahimbi, sous-affluent de droite de la Luka, à Luwege, sur la piste de Mutanda à Ilahimbi.

Ces syénites ont été très sommairement décrites, en bloc, par A. KAZMITCHEFF (1936, pp. 31 et 32). Celle de Numbi (également signalée par F. BLAISE (1934, p. C 141), a fait, assez récemment, l'objet d'un levé global et d'une courte description minéralogique par J. F. AGASSIZ (1954, pp. 20 et 21). L'importance du massif de Numbi est comparable à celle du massif de Kirumba.

Enfin, P. DE BÉTHUNE a fait connaître, d'abord sous le nom de « syénoïde à cancrinite » (1952, pp. 269 à 275), puis de « busorite » (1956 *a* et *b*), une syénite à cancrinite et calcite, sans néphéline, associée à une carbonatite, dans la vallée de la Lueshe, entre Kikuku et Kilima (P. DE BÉTHUNE et A. MEYER, 1956, 1957), où G. BORGNIEZ (1944, p. 37) avait découvert ces roches en 1938.

Outre ces syénites feldspathoïdiques, le Kivu compte un petit nombre d'autres roches « fénitisées ». Il s'agit, notamment :

- (1) du granite à riébéckite de Kashongolere, auréolé de syénite potassique et de granite à biotite, au nord du Kahusi (N. BOUTAKOFF, 1939, p. 87 ; C. SOROTCHINSKY, 1934, p. 15 et carte) dont l'étude vient d'être reprise par J. THOREAU (1956),
- (2) d'une amphibolite à torendrikite, décrite et analysée par A. KAZMITCHEFF (1936, pp. 8 et 9), mais non repérée.

Il ne sera question, ici, que des syénites feldspathoïdiques dont j'ai pu moi-même réunir des échantillons au cours de rapides reconnaissances : en 1949, dans la haute Ruvubu, et, en 1956, dans les massifs de

Numbi et de Rusongati, dans la région de Bishusha et dans la vallée de la Lueshe.

Ces échantillons ont été taillés en lames minces et ont fait l'objet de quelques analyses chimiques. Ce sont donc des observations personnelles, davantage que celles des auteurs, qui vont être rapportées sommairement.

1. VALLÉE DE LA LUESHE (Fig. 8).

Les travaux de P. DE BÉTHUNE et A. MEYER, rappelés ci-dessus, ont fait connaître les grandes lignes de la géologie et de la pétrographie du petit complexe syénito-carbonatitique si intéressant qui affleure dans la vallée de la Lueshe, entre les kilomètres 78,100 et 82,600 de la route de Kilima à Kikuku.

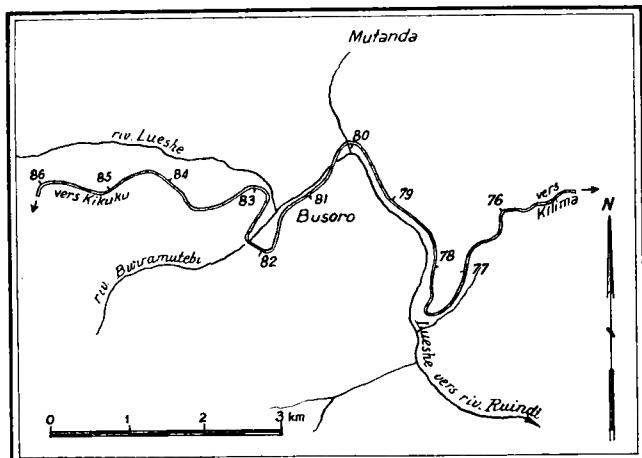


FIG. 8. — Vallée de la Lueshe.

Rappelons qu'il est formé, schématiquement, d'un complexe de carbonatites à aegyrite (ringite) ou à lépidomélane (sovite) et de syénite à cancrinite et calcite (busorite). La busorite est caractérisée par l'absence de néphéline, mais renferme la même aegyrite et le

même lépidomélane que les carbonatites. Le tout est enclavé dans les schistes métamorphiques de l'Urundi.

Les auteurs signalent que la bordure du gisement est le siège d'intenses phénomènes métasomatiques transformant les schistes encaissants. A la bordure orientale, les schistes sont feldspathisés et chargés d'aegyrine et d'une amphibole sodique voisine du glaucophane. A la bordure occidentale, on observe actuellement des roches felspathiques, des schistes albitisés et, en outre, des micaschistes chargés de disthène, comme je l'ai indiqué plus haut (p. 103). Ce dernier cas avait laissé P. DE BÉTHUNE (1952, p. 250) assez perplexe à cause de l'association aberrante, dans ces micaschistes, de chlorite (shéridanite), albite et disthène, à une époque où il n'avait pas encore reconnu la nature carbonatitique des « marbres » de la Lueshe.

J'ai examiné sur place, ces diverses particularités. J'ai prélevé aux affleurements et puisé aux stocks de ces roches constitués par REGIDESO pour ses adductions d'eau du Ruanda, une gamme très étendue de variétés pétrographiques.

L'étude exhaustive du complexe de la Lueshe à laquelle P. DE BÉTHUNE se consacre actuellement ne pourra manquer d'apporter une foule de renseignements intéressants capables d'éclairer davantage les problèmes posés par le massif similaire de Kirumba dont le contexte carbonatitique n'est malheureusement pas encore connu.

On peut cependant, dès à présent, présenter quelques remarques constructives, en se basant sur les faits publiés.

1. — Si l'on se reporte à la dernière description de la busorite par P. DE BÉTHUNE (1956, b), on est frappé par l'extrême ressemblance des variétés pauvres en calcite de cette roche avec la syénite à cancrinite Σ^{259} de A.

LACROIX et E. DELHAYE (1927) dont j'ai reproduit l'analyse et les paramètres, pages 68 à 71, sous le n° 14, ainsi qu'avec ma syénite à cancrinite et sodalite 56.180 (voir p. 54). Ces deux dernières roches renferment de la calcite granoblastique ou en plages xénomorphes, ainsi qu'en inclusions dans les feldspaths.

La différence la plus marquée semble résider dans le caractère apparemment primaire de la cancrinite de la busorite où on la voit, le plus souvent, en cristaux allongés aux couleurs vives entre nicols croisés. Dans les syénites de Kirumba, la cancrinite, à biréfringence plus faible, appartient à la variété losite et se présente toujours sous forme granoblastique, en association avec l'albite II ou avec la néphéline.

J'ai cependant été frappé par l'existence d'inclusions de feldspath dans la cancrinite de la Lueshe et je pense qu'il ne faut pas écarter la possibilité d'une transformation de ce genre : albite — $\text{SiO}_2 \rightarrow$ néphéline + Ca CO₃ → cancrinite, avec « télescopage » de la phase néphélique.

Une autre différence (mineure) est l'extrême rareté de la sodalite dans la busorite. P. DE BÉTHUNE l'a cependant signalée parmi les minéraux accessoires, dans son Mémoire de 1952, p. 273.

Enfin, dans mes lames minces, la calcite de la busorite ne se présente pas seulement « en grains xénomorphes à contour polygonal » (P. DE BÉTHUNE, 1956 b, p. 398), mais encore en plages franchement xénomorphes enveloppant les autres constituants et, aussi, en inclusions abondantes dans les feldspaths. Ces inclusions sont, par ailleurs, groupées de manière à présenter, dans un certain périmètre, une orientation optique uniforme (extinctions communes), souvent en continuité avec les plages xénomorphes ou les grains subidiomorphes en contact avec les feldspaths. Ce caractère d'allure micropegmatitique, observé à maintes reprises dans les syénites,

nites de Kirumba, m'a fait considérer cette calcite en inclusions comme primaire et résiduelle et non pas secondaire. Elle pose peut-être le problème du rôle du carbonate de chaux dans l'albitisation du microcline, c'est-à-dire du remplacement de la potasse par la soude. A haute température, il se serait formé un plagioclase calcique. Mais tout le contexte minéralogique des syénites de Kirumba et de la Lueshe indique des réactions à des températures relativement basses. Il semble que le départ de la potasse soit favorisé par la présence du carbonate de chaux.

Pour le reste, l'albitisation du microcline de la busorite présente les mêmes modalités qu'à Kirumba. Mais à la Lueshe, les relations entre l'albite II, parfois très abondante, et les barylites ne sont pas aussi claires qu'à Kirumba.

Quant aux minéraux accessoires : lépidomélane, acmite, zircon, etc., ils sont sensiblement les mêmes dans les deux gisements, sauf à dire que le pyrochlore est relativement fort abondant à la Lueshe.

Chimiquement, les syénites à cancrinite calcitifères de Kirumba et la busorite pauvre en calcite de la Lueshe sont très voisines comme le montrent les deux analyses et les paramètres ci-après (Tableaux 21 à 23).

Le passage de la busorite à la sövite et à la ringite par une série complète d'intermédiaires paraît bien établi. Dès 1952, P. DE BÉTHUNE (p. 276) écrivait :

« Ces échantillons paraissent montrer une série continue de transformations métasomatiques, depuis le marbre calcitique jusqu'à la syénoïde ».

Et, en 1956 (*a*), il répète, après examen d'un beaucoup plus grand nombre d'échantillons :

« Il y a donc une apparente consanguinité entre les carbonatites et la busorite ».

Tableau 21.

N° 14 (Σ^{259}), pied de l'escarpement de Kirumba (A. LA-CROIX et F. DELHAYE, 1927).

B — (U. Lv. N° 1479), vallée de la Lueshe (P. de B. 1952, p. 274 et pl. XVI), environ Km 76-77 de la route actuelle de Kilima-Kikuku.

Compositions centésimales. Compositions virtuelles.

	14 (¹)	B (²)		14	B (³)
SiO ₂	58.22	58.66	Orthose	45.04	41.14
Al ₂ O ₃	20.15	19.60	Albite	40.08	36.15
Fe ₂ O ₃	2.25	1.43	Anorthite	—	8.06
FeO	0.92	0.28	Néphéline	2.77	5.68
MnO	0.18	0.04	Halite	0.12	—
MgO	tr.	0.27	Na ₂ CO ₃	1.07	—
CaO	1.84	4.86	Corindon	2.96	—
Na ₂ O	6.09	5.50	Diopside	0.13	1.51
K ₂ O	7.56	7.00	Wollastonite	—	0.81
TiO ₂	0.08	0.03	Magnétite	3.25	0.93
P ₂ O ₅	0.00	0.06	Ilménite	0.15	—
H ₂ O +	1.24	0.60	Hématite	—	0.80
H ₂ O —	0.00	0.10	Apatite	—	0.34
CO ₂	1.88	1.95	Calcite	3.30	4.40
Cl	0.08	—			
SO ₃	tr.	—			
	100.49	100.38			
O	—0.02				
	100.47				

Tableau 22. — Paramètres C. I. P. W. — Lx.

$$\begin{array}{l} 14 - 1'.5.1.3 \quad | \quad Al : Alc = 1.10 \quad | \quad Al : Calc = 0.93 \quad | \quad Or : Ab = 1.11 \quad | \quad \Sigma_b = 6.83 \\ B - 1'.(5)(5').(1)2.3 \quad | \quad " = 1.18 \quad | \quad " = 0.77 \quad | \quad " = 1.14 \quad | \quad " = 8.79 \end{array}$$

Tableau 23. — Paramètres de Niggli.

	si	al	fm	c	alk	co ²	mg	k	c:fm
14 —	214,1	43,5	9,7	7,3	39,5	9,5	0,00	0,40	0,75
B —	206	41,0	6,0	18,5	34,5	3,3	0,24	0,45	3,00

(¹) Analyse de F. RAOULT.

(²) Analyse du Laboratoire du CNRS du Muséum, Paris.

(³) Recalculée.

Mes échantillons et lames minces conduisent à la même conclusion, avec la restriction, que je ne crois pas cette consanguinité apparente, mais réelle.

Si l'on rapproche cette conclusion de celle qui me fait considérer les syénites feldspathoïdiques de Kirumba comme des dérivés métasomatiques des micaschistes du socle métamorphique, on arrive fatallement à entrevoir la filiation complète de ces roches *comme le résultat d'une interaction entre les schistes et un noyau carbonaté, en présence de sodium.*

P. DE BÉTHUNE semble admettre le caractère éruptif et intrusif des carbonatites de la Lueshe :

« Ce n'est pas seulement par leurs paragenèses que ces roches doivent être rattachées aux roches éruptives, mais bien par leur gisement en dykes éruptifs dans la busorite ainsi que dans les schistes cristallins encaissants ».

Cependant,

« L'absence de tout indice de déformation tectonique intime... nous permet d'exclure l'hypothèse que ces dykes de carbonatites seraient dus au flux plastique d'une formation calcaire au cours du métamorphisme dynamique ; la mobilité de ces roches est d'une autre nature » (P. DE BETHUNE, 1956 a, p. B 65).

L'auteur ne se prononce pas sur cette nature.

Ailleurs, P. DE BÉTHUNE et A. MEYER (1956) ayant rapporté l'existence d'un « *marbre stratifié* » en concordance avec les micaschistes du bord occidental, au contact immédiat de la busorite et de la carbonatite se demandent

« s'il ne se serait pas développé, par anatexie de cette assise calcaire, un « *magma* » carbonatitique *syntectique* ? »

Cette dernière hypothèse ne paraît plausible qu'à la condition de la vider de son contenu magmatiste. J'incline à faire miennes, ici, l'hypothèse de N. L. BOWEN (1924) qui assignait une origine hydrothermale aux carbonatites de Fen et l'opinion de S. J. SHAND (1949,

p. 326) qui regarde

« all so-called » carbonatites « as mobilized or hydrothermally redistributed sedimentary limestones ».

L'hypothèse hydrothermale me semble la plus apte à expliquer le fait si souvent observé de l'interpénétration intime de la calcite et des silicates de la busorite et des syénites micacées ou feldspathoïdiques.

Finalement, la busorite ne serait elle-même qu'un terme de passage entre ces dernières et les carbonatites. A la Lueshe même, j'ai récolté vers le sommet de la colline de Busoro et sur la colline qui lui fait face, au nord, des syénites assez hétérogènes, à grandes plages de néphéline, avec un peu de cancrinite et de sodalite. En lames minces, elles sont localement riches en apatite, en pyrochlore ou en zircon. Elles ne contiennent que très peu de calcite intersticielle ou en inclusions dans les feldspaths et quelques cristaux amiboïdes de chevkinité.

2. — Les phénomènes métasomatiques (de « fénitisation ») de la *bordure orientale* du gisement de la Lueshe sont de la plus grande importance, car ils montrent à l'évidence quelles ont été les voies d'accès de la soude.

Au contact même du complexe syénito-carbonatitique et des schistes et quartzites urundiens, entre les Km 78,100 et 78,200 de la route actuelle, j'ai retrouvé les roches décrites par P. DE BÉTHUNE en 1952 (pp. 276 à 278), à quelques variantes près : ce sont des aegyrinites et amphibolites sodiques avec ou sans feldspaths alcalins (albite maclée ou non, microcline rare), apatite, calcite, lépidomélane, zircon, pyrochlore et minéraux opaques. L'aegyrinite se trouve aussi en enclaves dans la rингite.

Il n'est pas d'un moindre intérêt de signaler qu'au même endroit, j'ai trouvé, associé à ces fénites, des quartzites cataclastiques (56.120 et 127) dont le ré-

seau de fractures est cictré par la néocristallisation d'albite granoblastique, d'aegyrine en prismes courts et de quelques plages de la même amphibole sodique, voisine du glaucophane, particulière à la Lueshe. Le cas est absolument identique à celui du quartzite à imérinite (56.191) des abords du massif de Kirumba, décrit pp. 32 et 33 (Analyse n° 3, pp. 34 à 35).

On ne reviendra pas, ici, sur les phénomènes de métasomatose sodique avec séparation de disthène de la *bordure occidentale* du gisement. La signification possible en a été soulignée p. 103.

2. — BASSIN DE LA BIGOGO, A L'OUEST DE BISHUSHA (fig. 9).

La rivière Bigogo est un tributaire important de la Lukulu-Mueso. Son cours est torrentiel et il reçoit des affluents fortement encaissés entre des collines qui s'élèvent à des altitudes variant de 1700 à 1900 m. Celles-ci sont couvertes de cendres volcaniques.

Le sous-sol de la région est constitué par les schistes et quartzites de l'Urundi et par quelques roches «éruptives».

Dans la Bigogo inférieure et sur la rive droite de la Mueso, les schistes à facies normal épizonal ont une direction nord-sud à N. 30° O., avec pendage est. Dans les vallées des affluents supérieurs de la Bigogo, à l'ouest de la route de Bishusha, affleurent des quartzophyllades et des micaschistes au contact de roches pegmatitiques, syénitiques et granitoïdes. Au droit du marais de Mariba, dans la concession DE SAN, les quartzophyllades (56.153, analyse n° 31), redressés à la verticale, ont encore une direction N. 50° O. Le marais occupe un ancien lit de la Bigogo, agrémenté de marmites de géants et de sources salées froides, carbogazeuses (*Pl. XVII, 1*).

Un peu en amont de ce point, apparaissent des quartzites massifs (56.156) de direction N. 50° E., enclavant

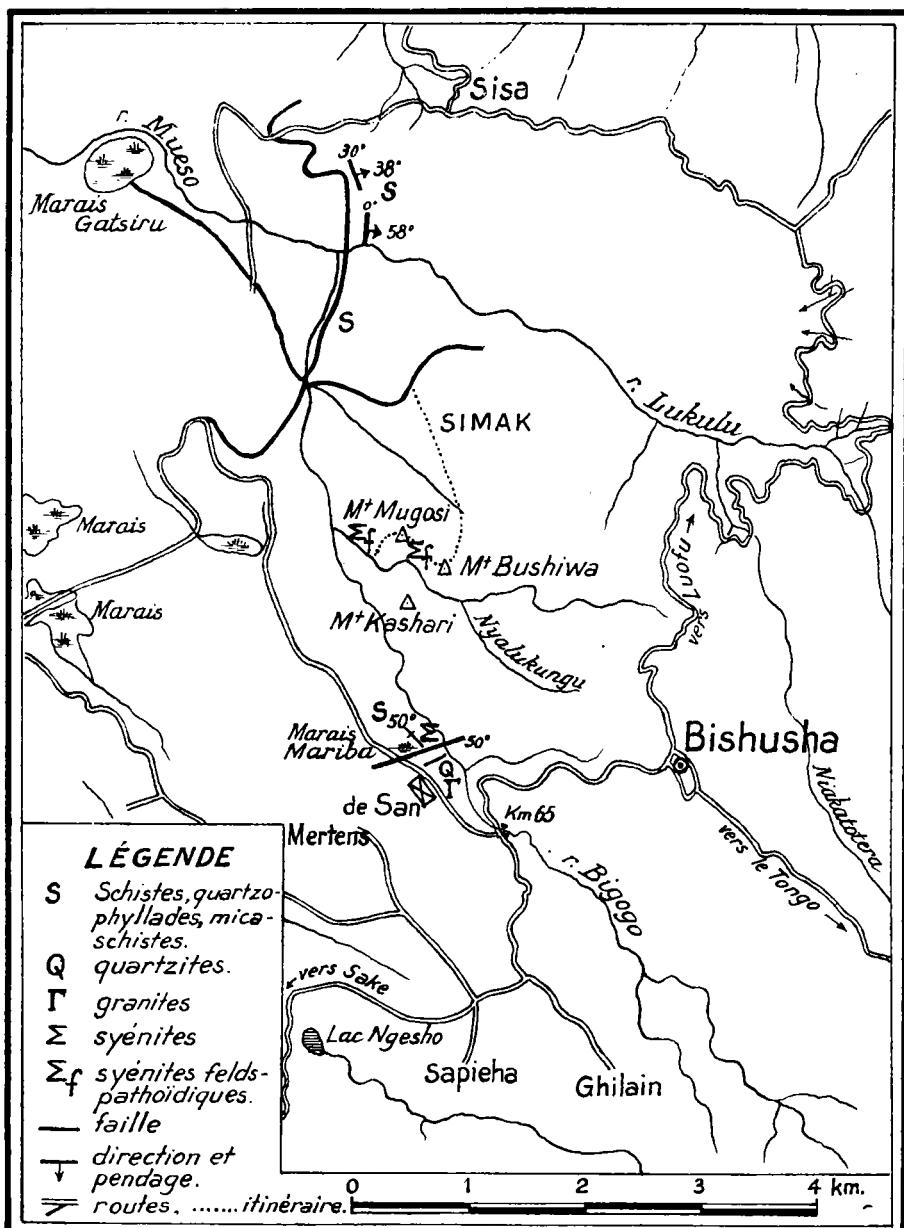


FIG. 9. — Bassin de la Bigogo.

un petit pointement granitique (56.155, analyse n° 30). C'est entre ces deux points que passe la faille de Bishusha reconnue jadis par G. BORGNIEZ (1944, p. 36) dont les observations ont été rédigées par P. DE BÉTHUNE (1952, pp. 225 et 226, pl. XV). Les sources de Mariba jalonnent la trace de cette faille.

Le massif au nord de la faille forme le flanc occidental du synclinal de Mohanga et le massif au sud serait, d'après G. BORGNIEZ, une nappe charriée vers le N. O. Rien n'indique qu'une telle interprétation doive être donnée à cette faille.

Les syénites qui affleurent dans cet ensemble sont très mal exposées.

a) *En amont du confluent de la Bigogo et de la Nyalukungu*, on rencontre, sur les collines Mugosi, Bushiwa et Kashari, un assemblage de galets de syénites feldspathoïdiques, de schistes et de quartz, vestiges d'une ancienne surface d'érosion ou d'une terrasse, mélangés à la cendrée volcanique récente.

Syénite feldspathoïdique de la Nyalukungu. La syénite en place (56.152, analyse n° 27) affleure dans le lit de la Nyalukungu (*Pl. XVII, 2*). C'est une belle roche grenue, très fraîche, d'aspect truité, à feldspaths blancs, néphéline grise vitreuse et barylites noirs en agrégats atteignant 0,5 cm (*Pl. XVII, 3*).

Les feldspaths comprennent des microperthites de microcline et d'albite en cristaux allongés, maclés Carlsbad, et de l'albite II granoblastique en bordure du microcline et associée aux barylites. Le feldspathoïde dominant est la néphéline, en belles plages criblées d'inclusions de losite et de sodalite et, parfois, d'éponges à structure dactylotype. Certain cristaux renferment des inclusions de biotite verte, parallèles aux clivages et des réseaux de fines paillettes de muscovite formant, localement, un chevelu diffus dans la néphéline.

Les agrégats barylitiques sont formés d'une biotite verte presque uniaxe et pratiquement opaque suivant le clivage (lépidomélane). En bordure des agrégats, elle est souvent déchiquetée et dispersée en paillettes d'orientation optique uniforme sur un fond d'albite II. Elle est intimement associée à la mélanite et au sphène. Ce dernier est en cristaux isolés ou en inclusions fines dans la mélanite. Apatite très accessoire.

Syénite feldspathoïdique de Bushiwa. — Un des galets de syénite recueillis au sommet de la colline Bushiwa (56.147) présente exactement les mêmes caractères. Les deux échantillons sont exempts de toute trace de cataclase.

La description qui vient d'en être faite pourrait s'appliquer trait pour trait à beaucoup de syénites feldspathoïdiques de Kirumba, et les compositions chimiques sont extrêmement similaires.

Syénite feldspathoïdique à osannite de Bushiwa. — Un autre échantillon de la colline Bushiwa (56.149, analyse n° 28), d'aspect granitoïde et de teinte claire présente la particularité de compter l'osannite parmi ses barylites. (*Pl. XVIII, 1*). L'osannite est une variété de riébeckite dont le plan des axes optiques est perpendiculaire à (010). Son polychroïsme, intense comme celui de la riébeckite, correspond à : a = jaune brun, b = bleu vert presque opaque, c = bleu vert plus clair. La dispersion est très forte. L'osannite remplace partiellement, ici, le lépidomélane. Les autres constituants sont les mêmes que dans les deux syénites précédentes, mais la roche à osannite est moins riche en losite et en sodalite ; par contre les agrégats d'albite II y sont relativement très développés et le sphène s'y trouve en cristaux plus gros. Sa composition chimique (analyse n° 28) est extrêmement voisine de celle de la syénite

(56.152, analyse n° 27) mais cette dernière est un peu moins riche en soude (voir les analyses à la fin du paragraphe).

b) Dans les vallées des *affluents supérieurs de la Bigogo, à l'ouest de Bishusha*, où dominent les quartzophyllades, j'ai récolté des syénites sans feldspathoïdes que je décrirai en premier lieu. Je décrirai ensuite les caractères des autres roches de cette région.

Syénite albitique à biotite (56.154'). — Il s'agit d'une roche à gros grains, à feldspaths blancs et agrégats plus ou moins orientés de mica noir.

Au microscope, l'albite maclée domine largement ; elle forme une mosaïque de petits cristaux dont les contours sont soulignés par de minces films interstitiels d'un minéral brun. Cette mosaïque englobe des cristaux plus grands de microcline à macles quadrillées et de microperthite de microcline et d'albite. La biotite brune, très polychroïque, et presque opaque suivant le clivage (lépidomélane) forme des traînées auxquelles est associé, en gros grumeaux, le même minéral brun qui est infiltré entre les feldspaths. Ce minéral brun rouge, biréfringent sans polychroïsme sensible, à relief élevé et à extinctions paraissant droites, peut être rapporté, en première approximation, à la goethite. Il serait alors secondaire. Mais ses caractères optiques ne sont pas décisifs. On pourrait hésiter entre la goethite et d'autres minéraux.

Parasyénite écrasée, à biotite chloritisée (56.157, analyse n° 29). — Cette syénite est une roche grenue à gros éléments feldspathiques brunâtres ou verdâtres, englobant des nids de mica noir. Je l'ai recueillie dans le ballast de la route d'exploitation, à proximité de la maison de M. DE SAN. Malgré l'insuffisance de sa localisa-

tion, j'ai fait analyser cette roche à cause de son intérêt pétrographique. Les grands feldspaths correspondent à une albite légèrement zonale, faiblement calcique, à macles polysynthétiques extraordinairement fines et hachées menu, à tel point que les extinctions présentent un aspect moiré. Ces cristaux souvent allongés, baignent dans une espèce de « pâte » composée d'une mosaïque floue d'albite microgranoblastique non maclée, intimement associée à une chlorite verte (probablement un clinochlore) en fibres courtes, rosettes et sphérolites. Cette structure n'est visible qu'en lame mince. Les bords des grands cristaux d'albite sont déchiquetés, capricieux, granulés et passent à l'albite microgranoblastique. Celle-ci pénètre elle-même dans les grands cristaux, avec son accompagnement de chlorite, sous forme de veinules et de nids. Les grands cristaux renferment aussi, en inclusions, de petites paillettes de muscovite résiduelle groupées en essaims à orientation optimale uniforme.

Enfin, on observe, au sein de cet assemblage, des lames d'une biotite blonde, presque uniaxe (phlogopite) partiellement verdie et passant au clinochlore, avec séparation de baguettes d'ilménite et de minuscules cristaux périphériques de mineraux opaque. Cette phlogopite est partiellement pœcilitique, garnie d'inclusions d'albite et à bords découpés moulant les grains de la « pâte ». (*Pl. XVIII, 2*).

Tous ces caractères indiquent une roche cataclastique qui a conservé quelques-uns de ses caractères primitifs et subi une recristallisation partielle dans des conditions hydrothermales. Dans l'ignorance de son gisement, on ne peut préciser davantage.

Les deux syénites décrites ci-dessus offrent des points de ressemblance avec les syénites micacées de Kirumba,

en ce qui concerne la manière d'être des feldspaths. La première (56.154') est encore assez riche en potasse (présence de microcline et de biotite) mais la seconde (56.157), encore reconnaissable en dépit de ses avatars (et probablement en partie à cause d'eux), l'a perdue presque complètement (rien que de l'albite et de la phlogopite chloritisée) au profit de la soude, comme l'indique l'analyse n° 29.

Granite alcalin à biotite, cataclasé (56.155, analyse n° 30). — Ce granite enclavé dans le quartzite (56.156), en amont du marais Mariba, au sud de la faille de Bishusha, est une roche leucocrate homogène, grenue, à grain moyen, à feldspaths blancs, quartz gris clair et biotite noire.

Sous le microscope, l'élément dominant est une microperthite de microcline et d'albite, plus rarement de l'albite pure maclée. Ces feldspaths sont en partie granulés cataclastiquement. Le quartz en grains xénomorphes est, de même, plus ou moins fracturé et froissé, avec extinctions onduleuses. Le mica est une biotite brun foncé en petits cristaux xénomorphes ou poecilitiques groupés en nids et traînées flexueuses grossièrement parallèles. Entre les lamelles de biotite, on observe de l'albite néogène (albite II) non cataclasée et garnie d'inclusions de biotite résiduelle. Enfin, les feldspaths contiennent parfois de menus cristaux de tourmaline bleue (indicolite).

Il s'agit probablement, ici d'un granite d'âge urundi, syncinétique ; cependant un âge post-urundi n'est pas exclus, la cataclase ayant pu résulter du jeu de la faille de Bishusha. On remarquera aussi la production d'albite II au dépens de la biotite, comme dans les syénites. Mais la sodification n'est pas très poussée, car, au point de vue chimique, la roche est sodo-potassique, avec la quasi égalité des alcalis en poids. Le total n'at-

teint que 8 % contre 13 à 14 % dans les syénites fraîches de la Nyalukungu.

Une *pegmatite* alcaline (56.154) formée de microcline quadrillé à veinules fusiformes d'albite, et de quartz cataclastique, doit être rattachée à la formation du granite.

Le *quartzite* feldspathisé (56.166) englobant le granite est également écrasé. Les grands débris cataclasés de quartz, grossièrement orientés, baignent dans une mouture granuleuse formée de quartz et de biotite brun foncé. On y observe de très nombreux cristaux granoblastiques d'albite néogène, avec ou sans macles polymorphes synthétiques, non cataclasée, et englobant de minuscules inclusions de biotite résiduelle. Très accessoirement : tourmaline et zircon.

Enfin, le *quartzophyllade* (56.153, analyse n° 31) prélevé à Mariba, au nord de la faille, est une roche grise, à grain fin, zonaire, où, sur un fond quartzofeldspathique blanchâtre, pullulent des paillettes de biotite généralement en désordre, rarement orientées suivant le litage.

Au microscope, la roche se résoud en une fine mosaïque à grains d'environ 0,1 mm d'albite dominante et de quartz, rehaussée de lamelles de biotite brune très foncée (très pauvre en magnésie) qui représente environ 20 % du volume total de la roche. Muscovite présente, mais en très faible quantité. Le minerai opaque (ilménite) en cristaux est plutôt rare, mais il forme une poussière d'inclusions dans l'albite exclusivement. Il semble donc qu'ici aussi ce minéral soit de l'albite II formée au dépens de la biotite avec apport de soude. La roche est comparable à une adinole. Il existe très accessoirement de petits prismes de tourmaline brune. L'ana-

lyse n° 31 montre la prédominance de la soude et de l'albite virtuelle sur le quartz et sur l'orthose virtuels. Celle-ci, avec l'hypersthène virtuel, représente la biotite.

Toutes les roches de cette région ont donc subi une sodification plus ou moins prononcée. Le fait n'est nullement exceptionnel et n'est pas nécessairement lié à la présence de syénites feldspathoïdiques. Il montre seulement, comme d'ailleurs la plupart des roches épizonales, le grand pouvoir feldspathisant de la soude.

Mais si le carbonate de chaux n'est pas manifeste dans les roches de la région étudiée ici — sauf dans la cancrinite de la syénite de la Nyalukungu (56.152) — il est raisonnable d'admettre sa présence occulte et son action désilicatante en ce qui concerne les syénites.

Analyses chimiques des roches du bassin de la Bigogo.

- | | |
|---|----------------------|
| 27. — Syénite feldspathoïdique de la Nyakulungu,
..... | Dn 56.152 - C. 5209. |
| 28. — Syénite feldspathoïdique à osannite du Mt. Bushi-
wa, | Dn 56.149 - C. 5206. |
| 29. — Parasyénite cataclastique à biotite chloritisée ;
route de San, | Dn 56.157 - C. 5216. |
| 30. — Granite alcalin à biotite, cataclastique ; en amont
du marais Mariba, | Dn 56.155 - C. 5214. |
| 31. — Quartzophyllade à biotite, feldspathisé ; marais
Mariba, | Dn 56.153 - C. 5211. |

Tableau 24. — Compositions centésimales.

	27	28	29	30	31
SiO ₂	59.25	59.84	62.72	72.80	72.77
Al ₂ O ₃	18.47	17.60	18.92	13.37	13.63
Fe ₂ O ₃	2.56	2.69	0.16	1.71	tr.
FeO	1.91	2.48	3.03	1.75	3.12
MnO	0.17	0.21	tr.	0.01	0.13
MgO	0.05	tr.	1.65	0.30	0.20
CaO	2.75	2.35	2.39	0.81	1.24
Na ₂ O	7.66	8.55	8.01	4.48	4.33
K ₂ O	5.49	4.96	0.71	4.26	2.76
TiO ₂	0.64	0.48	0.45	0.37	0.73
P ₂ O ₅	tr.	tr.	0.00	tr.	tr.
H ₂ O +	0.68	0.00	0.63	0.00	0.56
H ₂ O —	0.31	0.17	0.36	0.30	0.11
CO ₂	0.10	0.12	0.12	tr.	0.11
Cl	0.11	0.22	0.00	—	—
SO ₃	0.13	0.32	0.47	0.60	0.00
	100.28	100.05	99.62	100.76	99.69
O —	0.04	0.10			
	100.24	99.95			

Tableau 25. — Compositions virtuelles.

	27	28	29	30	31
Quartz	—	—	4.44	27.60	31.92
Orthose	32.80	29.47	3.89	25.58	16.68
Albite	44.54	42.97	67.59	38.25	36.68
Anorthite	0.28	—	11.40	3.34	5.56
Néphéline	10.22	10.79	—	—	—
Halite	0.12	0.35	—	—	—
Thénardite	0.28	0.57	—	—	—
Corindon	—	—	0.82	—	1.33
Aegyrine	—	5.08	—	—	—
Diopside	1.21	6.45	—	0.56	—
Hypersthène	—	—	8.32	1.29	5.25
Wollastonite	4.76	1.62	—	—	—
Magnétite	3.71	1.39	0.23	2.55	—
Ilménite	1.22	0.92	0.91	0.70	1.37
Pyrite	—	—	0.35	0.94	—
Calcite	0.20	0.20	0.20	—	0.20

Tableau 26. — Paramètres C. I. P. W. — Lx.

<i>p.q.r.s.</i>	<i>Al : Alc</i>	<i>Al : Calc</i>	<i>Or : Ab</i>	<i>Or : Pl</i>	<i>An %</i>	<i>Σb</i>
27. — I(II).5(6).1.'4	0.99	0.78	0.74	—	0.6	11.10
28. — 'II.5(6).1.3(4)	0.91	0.74	0.69	—	—	15.66
29. — I(II).5.2.5	1.36	1.03	0.06	0.05	14.5	9.81
30. — I.4.1'.(3)4	1.10	0.98	0.67	0.62	8.0	6.04
31. — I'.(3)4.'2.4	1.33	1.09	0.45	0.39	13.1	6.62

Tableau 27. — Paramètres de Niggli.

<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>ti</i>	<i>mg</i>	<i>k</i>	<i>o</i>	<i>c : fm</i>	<i>qz</i>
27. — 208.4	38.2	12.9	10.3	38.6	1.7	0.0	0.3	0.5	0.80	— 44.8
28. — 208.6	36.2	15.1	8.8	39.9	1.3	0.0	0.3	0.5	0.58	— 39.9
29. — 232.7	41.2	18.9	9.6	30.3	1.3	0.5	0.05	0.0	0.51	+ 11.5
30. — 411.2	44.4	10.5	4.7	40.3	1.0	0.2	0.4	0.7	0.45	+ 149.8
31. — 397.7	43.6	16.4	7.2	32.8	3.0	0.1	0.3	0.0	0.44	+ 166.5

3. — MASSIF DE RUSONGATI (HAUTE Oso). (*Fig. 10*).

Le massif de Rusongati forme une longue crête montagneuse à environ 7 km à vol d'oiseau, à l'ouest de la route de Sake à Bishusha, au droit du Km 25. On peut y accéder par la route privée de la plantation du baron HERRY, tenant au Km 24,700 et aboutissant à Kilowe. La piste de Kahundu à Kalonge recoupe l'extrémité occidentale du massif à peu près à mi-chemin.

La crête est orientée sensiblement WNW-ESE. Les torrents qui en dévalent à l'ouest sont tributaires de la haute Oso. Ils sont profondément encaissés dans le manteau de cendres et de tufs volcaniques, épais de plusieurs dizaines de mètres, qui recouvre toute la région.

Les affleurements du socle y sont donc extrêmement rares et n'apparaissent que de loin en loin, dans le lit des torrents. C'est le *granite* qui forme la plupart de

ces affleurements. Celui de la rivière Mukara (56.206) est un granite alcalin grossier, à muscovite ou à deux micas, énergiquement écrasé et partiellement recristallisé. Les feldspaths sont le microcline quadrillé et l'albite fortement séricitisée.

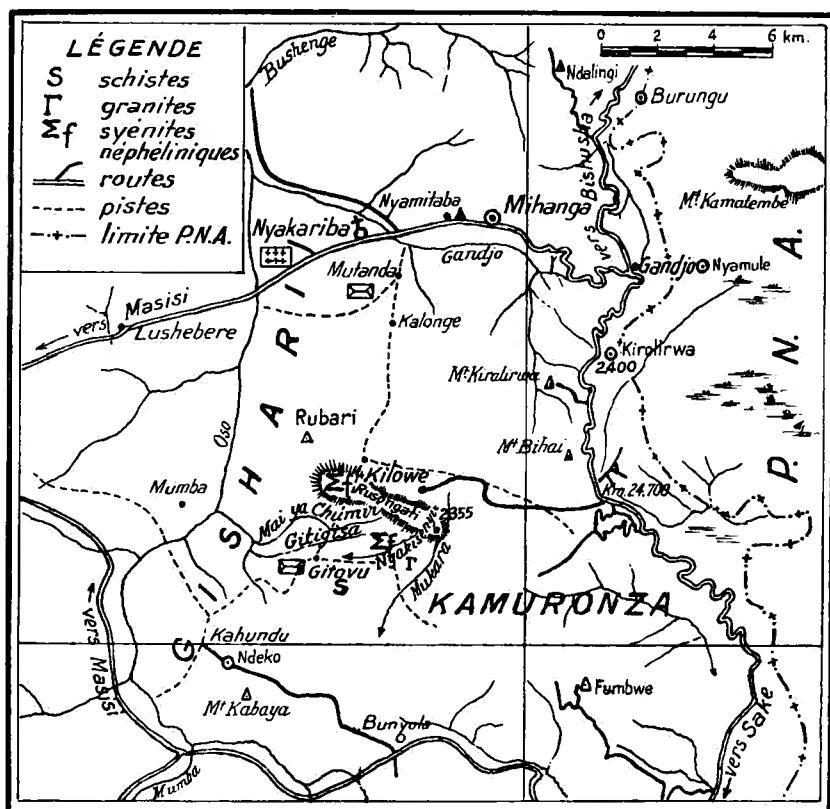


FIG. 10. — Massif de Rusongati (Haute Oso).

Une syénite néphélinique détermine de petites chutes dans le lit de la rivière Nyakisenyi (56.204, analyse n° 32). Il n'y a pas de roches fénitisées dans son voisinage.

La syénite est à gros grains et ressemble à celle de la Nyalukungu. Les feldspaths blancs sont allongés, mi-

roitants et maclés Carlsbad ; la néphéline est gris sombre et les barylites sont disséminés en nids.

Les feldspaths allongés correspondent au microcline plus ou moins albitisé. Celui-ci se présente sous quatre aspects :

- 1) Avec macles de l'albite seule et faculé d'albite ;
- 2) Avec macles quadrillées mais à individus de la macle du microcline très espacés ;
- 3) En micropertite fusiforme ou à veinules ;
- 4) En antiperlite fusiforme.

Ces feldspaths sont constellés d'inclusions minuscules de calcite groupées en essaims de même orientation optique.

Entre les grands feldspaths, le microcline quadrillé, l'albite maclée et l'albite II non maclée forment des agrégats granoblastiques.

La néphéline se développe en grandes plages xénomorphes entre les minéraux précédents. Elle contient des inclusions de losite (parfois à structure dactylotype), d'aegyrine en aiguilles vertes et des inclusions gazeuses tubulaires. Elle se transforme sur les bords en sodalite. Les plages un peu étendues de ce minéral sont assez rares.

Les barylites en trainées comprennent de la biotite verte, de l'ilménite en cristaux allongés cerclés de sphène, (*Pl. XVIII, 3*) les deux minéraux étant parfois associés « en sandwich », et de l'aegyrine verte, polychroïque, à couronne réactionnelle de mélanite (*Pl. XVIII, 4*). Ce dernier groupement est entouré de cristaux d'ilménite résiduelle et de lamelles de biotite à orientation optique uniforme.

A des variantes près, nous retrouvons, ici encore, des associations, des structures et une composition chimique très voisines de celles des syénites feldspathoïdiques de Kirumba et, plus spécialement, de celle de la Nyalkungu ; mais ici, la losite et la sodalite sont tout à fait accessoires.

La syénite néphélinique rencontrée par J. DE LA VALLÉE POUSSIN (1939, p. 227) sur la piste de Kahundu à Kalonge, provient probablement de l'extrémité occidentale du massif de Rusongati. On peut en inférer que cette roche forme un massif de quelque importance, mais presqu'entièrement enfoui sous la couche de cendre.

L'analyse de la syénite de la Nyakisenyi est jointe à celle de Numbi, à la fin du paragraphe suivant.

4. — MASSIF DE NUMBI (*fig. 11*).

J. F. AGASSIZ (1954, pp. 20 à 22) a fourni quelques renseignements sur les roches de ce massif, comparable par son étendue à celui de Kirumba. Rappelons qu'il forme, au sud de Numbi, une ellipse de 8 km de longueur sur 3,5 de largeur. Son grand axe de direction générale N.N.E.-S.S.O., est parallèle à la direction des schistes et quartzites de l'Urundi qui l'encadrent, à celle du batholite granitique du mont Hango et à la bordure est du massif granitique du mont Sula.

Laissant, ici, hors cause les granites, deux observations de terrain de J. F. AGASSIZ montrent déjà que les syénites néphéliniques de Numbi se sont substituées aux schistes encaissants sans effort mécanique : 1) à la bordure nord « les schistes viennent buter contre le massif ». Une « intrusion » eût dérangé les schistes. D'autre part, 2)

« les schistes peuvent s'y présenter [dans la syénite] en lentilles importantes. L'une d'elles se trouve à environ 1,5 km au sud de Numbi; elle a pour le moins quelques dizaines de mètres de longueur et plusieurs mètres de puissance. Dans cette enclave, *les schistes ont conservé leur direction primitive* » (¹).

La piste de Tshange la traverse, et j'y ai récolté deux échantillons dignes d'intérêt. L'un de ceux-ci est un

(¹) Souligné par l'auteur de ce Mémoire.

biotitoschiste feldspathisé (56.218) très friable, à mica réglé, blanc à verdâtre brillant, et mésostase blanche, feldspathique, d'aspect kaolineux, le tout ponctué de minerai noir.

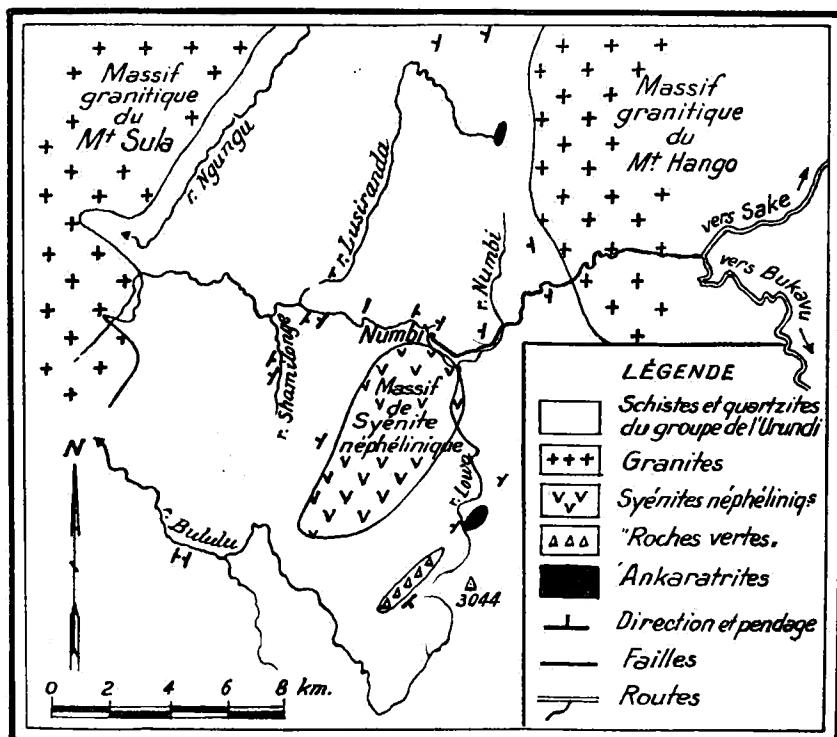


FIG. 11. — Massif de Numbi (d'après J. F. AGASSIZ, modifié).

En lame mince, le mica est une biotite polychroïque dans le vert brunâtre pâle et le jaunâtre. Elle est assez riche en inclusions de rutile. Une quantité appréciable de minerai opaque en grains (ilménite ?) lui est associée. (AGASSIZ a constaté que « toutes les alluvions des ruisseaux recouvrant le massif sont chargées d'ilménite et de rutile »). Quelques paillettes de muscovite, l'apatite et un peu de zircon forment les minéraux accessoires. La trame de fond est constituée par une albite en petites

plages sans contours nets, généralement non maclées et chargées de microcristaux de rutile et de biotite résiduels. On ne peut en conclure qu'une chose : l'albite est substituée à une partie de la biotite et le rutile, inattaquable, est resté sur place. Nous rejoignons ainsi nos conclusions antérieures sur l'origine de l'albite II de Kirumba. Des zones claires se détachent de cet ensemble : elles sont formées d'albite maclée, pauvre en rutile, mais par contre, criblées de fibres de séricite. La roche a subi probablement une altération météorique qui a décoloré la biotite et ameubli le feldspath.

Le deuxième échantillon (56.220, analyse n° 33) est des plus curieux. C'est une roche grise, dure, à grain extrêmement fin, à aspect de *cornéenne*, ponctuée de points brillants (micas) et sillonnée par un réseau serré de fines veinules à éléments de biotite et de feldspath, visibles à la loupe (*Pl. XIX, 1*).

Sous le microscope (*Pl. XIX, 2*) la roche se montre formée en majeure partie par une mésostase microgranoblastique à grain d'environ 0,03 mm, comprenant un feldspath et de la biotite à polychroïsme brun franc et incolore ou jaunâtre. Le feldspath est principalement du microcline non maclé ou rarement quadrillé. Cette mésostase est saupoudrée de myriades de granules de rutile. On y voit, en outre, de nombreuses plages d'apparence grumeleuse ou fibreuse d'un matériel brunâtre à biréfringence très faible et d'indice inférieur ou un peu supérieur à celui du feldspath. En lumière convergente, il paraît uniaxe (+ ou —). L'allongement des fibres semble positif. Ces caractères optiques sont insuffisants pour l'identifier. Il s'agit peut-être de néphéline naissante. J'ai remarqué qu'il était plus fréquent au voisinage des cristaux de calcite dont il va être question et qu'il épigénise la biotite. Il reste à signaler quelques petits prismes de tourmaline verte.

La roche ainsi constituée est garnie de nids et parcourue de veines irrégulières, largement cristallisées, formées de microcline quadrillé subautomorphe et de biotite brune, la même que ci-dessus, associée poecilitiquement à des plages de calcite xénomorphe (*Pl. XIX, 3*).

Je n'ai pas pu identifier de plagioclase avec certitude, mais il est possible qu'il existe dans la mésostase et dans les veinules. En l'absence de l'observation de ses rapports sur le terrain, cette roche est difficile à interpréter. Mais on peut cependant penser qu'elle représente la phase potassique de la feldspathisation d'un schiste micacé très fin et que les nids et veines grenues sont des parties recristallisées de la roche. Sans la présence de la calcite, on n'hésiterait pas à qualifier de « syénite micacée » des portions isolées des parties grenues. Mais s'il y avait, en plus des minéraux réellement présents, de la cancrinite ou de la sodalite, on rapprocherait un tel assemblage de la « busorite » de la Lueshe.

L'analyse n° 33 (pp. 138 et 139) donne 5 % de calcite virtuelle. C'est la principale différence entre la « cornéenne » de Numbi et la syénite à deux micas et tourmaline 56.163^s-C. 5256 de Bushashire III (analyse n° 7, pp. 48 à 50). A cette différence près, les deux roches sont chimiquement assez voisines, avec des paramètres similaires :

Syénite à 2 micas de Bushashire III : I (II).5.2. (2)3	[2.'3.1.2].
« Cornéenne » de Numbi :	II.5.2.'2 [2(3).1.2.2.].

Cependant, la « cornéenne » est notablement plus potassique ($s = '2$) que la syénite et aussi plus magnésienne et plus ferrifère. Plus siliceuse aussi ($Q = 1.26$ et pas d'olivine virtuelle : $k = 1$, contre '3). Néanmoins, le calcul du paramètre $qz = -23,5$, fait encore apparaître un déficit relatif de silice.

La « cornéenne » de Numbi peut donc bien être consi-

dérée comme une étape de la syénitisation de schistes micacées avec fixation de calcite préréactionnelle.

Les *syénites néphéliniques* récoltées dans le massif de Numbi répondent par leur composition minéralogique générale à la description qu'en a faite J. F. AGASSIZ sous le nom de « foyaïtes ». Ce sont des roches de teinte claire gris bleuté, grenues, à grain moyen à fin, dont les éléments ont une tendance à l'alignement, soulignée par des trainées de barylites, mais sans jamais réaliser la structure foyaïtique véritable (*Pl. XX, 1*).

Mes observations me permettent de les diviser en deux groupes fondés sur l'absence ou la présence d'aegyrite.

1) Les premières sont des *syénites néphéliniques à losite et sodalite* (56.84, analyse n° 34 ; 56.221 et 56.222), ces deux derniers feldspathoïdes y figurant en quantités variables, toujours faibles.

Le microcline quadrillé et allongé est très inégalement perthitisé ou à facules d'albite. L'albite granoblastique à macles rares et larges est associée à un peu de losite ou de cancrinite également granoblastique, plus rarement en cristaux allongés. La sodalite peut exister en plages de quelque étendue, mais elle est le plus souvent diffuse, en films intersticiels entre les copholites, ou bien elle épigénise la néphéline. Cette dernière est toujours abondante, en plages nombreuses, subidiomorphes, parfois chargées d'inclusions gazeuses. Il y a encore lieu de noter l'existence de rares cristaux résiduels de muscovite, dispersés, corrodés et effilochés, au contact du microcline et de la néphéline.

Les barylites comprennent une biotite verte dispersée ou associée, comme partout ailleurs, en agrégats et trainées, à de la magnétite, de l'ilménite, du sphène, de la mélanite, de la fluorite blanche ou violacée et un peu d'apatite. Comme minéraux accessoires des terres rares, j'ai observé la chevkinite, un minéral du groupe

de la lavénite ou de la woehlérite et, peut-être, de l'allanite (*Pl. XXI, 1*).

Les compositions minéralogiques et chimiques sont comparables à celles des syénites feldspathoïdiques de Kirumba, mais l'anorthite virtuelle est plus abondante, ce qui s'explique par la richesse de la syénite de Numbi en sphène et en mélanite. On remarquera d'ailleurs aussi la haute teneur en titane qui a entraîné le calcul de pérowskite et de rutile virtuels, en plus de l'ilménite. Ceci cadre au mieux avec la présence de biotitoschistes feldspathisés riches en rutile et avec l'observation d'Agassiz rappelée plus haut. C'est un argument supplémentaire en faveur de l'origine métasomatique des syénites du Kivu.

2) Les syénites *feldspathoïdiques à aegyrine* semblent plus fréquentes dans la moitié méridionale du massif. (56.223 à 225). Elles ont la même structure et les mêmes copholites que les précédentes. Cependant la néphéline est épigénisée quasi totalement par la sodalite en (56.225). (*Pl. XX, 2 et 3*). La biotite est presque entièrement absente de ces syénites. L'aegyrine faiblement polychroïque y est accompagnée d'augite aegyrinique. Ces deux minéraux se transforment très partiellement en mélanite et renferment des inclusions arrondies de fluorite. La syénite (56.224) est particulièrement riche en traînées de chevkinite associée à de la fluorite d'un violet intense. Les autres barylites sont les mêmes que plus haut.

Jusqu'à présent, la seule manifestation de l'existence possible de carbonates à l'intérieur du massif de Numbi nous est fournie par la roche cornéenne (56.220). C'est fort peu. Par contre, à *proximité* ou aux environs du massif, on connaît des roches dolomitiques amphibolitisées, interstratifiées dans les schistes et les quartzites de l'Urundi.

J. F. AGASSIZ signale (1954, p. 21) :

« non loin de la bordure S. E. du massif... une brèche calcaire encore bien reconnaissable dont certaines parties sont entièrement muées en amas d'amphiboles vertes ».

et (p. 30) un petit lambeau de calcaire dolomitique à trémolite sur le cours moyen de la rivière Frangere, au milieu des schistes noirs. D'autre part (p. 24) il nous apprend que

« les roches à facies de « roches vertes »⁽¹⁾ « sont fréquentes dans la région étudiée, mais plus particulièrement dans la partie sud » et qu'elles sont « concordantes avec les schistes ».

J'ai recueilli, en 1949, un quartzite cataclastique à ciment calcitique abondant, sur la route minière de Numbi, à 350 m de la grand' route de Bukavu. Il est probablement sur le prolongement des couches dolomítiques amphibolitisées (trémolite, actinote, hornblende) au contact du granite du mont Hango, qui affleurent dans le massif montagneux de Kirotshe. Ces dolomies et les roches amphiboliques qui en dérivent viennent d'être étudiées en détail par mon élève, P. PASTEELS, dans un Mémoire actuellement sous presse.

Ces indications, favorables à la théorie concernant la genèse des roches alcalines, sont encore renforcées par la présence, aux environs du massif de Numbi, de

« deux pointements de néphélinite... observés : l'un dans le bassin de la haute Lusirandaka et l'autre, dans celui de la haute Lowa ».

J. F. AGASSIZ a décrit ces laves dans son Mémoire (1954, pp. 22 à 24) et il a eu l'amabilité de me communiquer aux fins d'analyse, un fragment de la néphélinite provenant d'un affluent de gauche de la Haute-Lusirandaka (Dn 56.263, analyse n° 34).

⁽¹⁾ Dont certaines sont des para-amphibolites (p. 27).

C'est une lave noire, compacte, aphyrique. Les phénocristaux, de petite taille, sont l'olivine et l'augite. La pâte est formée d'augite microlitique dominante, d'un peu d'olivine et de magnétite et d'une mésostase abondante de néphéline. L'olivine est partiellement serpentinisée. (*Pl. XXI, 2*). L'analyse n° 35 de cette roche fournit des paramètres qui indiquent une lave plus voisine d'une *ankaratrite* que d'une néphélinite, d'après la classification de A. LACROIX (1933, p. 198).

Parmi les nombreuses laves de la bordure nord du lac Kivu que j'ai étudiées et analysées, ce sont celles avoisinant le lac Vert qui offrent le plus d'analogie minéralogique et chimique avec la lave de la Lusirandaka. Deux analyses inédites (C et D) de ces laves sont reproduites ci-dessous à titre de comparaison. Elles sont issues d'un volcan appartenant au groupe du Nyiragongo. Elles sont relativement plus riches en potasse que (56.863) et contiennent de la leucite exprimée. Leur augite est titanifère.

Analyses chimiques des roches du massif de Rusongati et de la région de Numbi.

- 32. — Syénite néphélinique, rivière Nyakisenyi (massif de Rusongati), Dn 56.204 - C. 5272.
- 33. — « Cornéenne », Numbi, Dn. 56.220 - C. 5284.
- 34. — Syénite feldspathoïdique, Numbi, Dn 56.84 - C. 5133.
- 35. — Ankaratrite, haute Lusirandaka (entre Numbi et Mumba), Dn 56.263 - C. 5310.
- C. — Ankaratrite à leucite, Km 191 (ancien) de la route Bukavu-Goma (lac Vert), Dn 54.115 - C. 4587.
- D. — Ankaratrite à leucite, Km 192,200 (ancien) de la route de Bukavu-Goma (lac Vert), Dn 54.145⁸ - C. 4625.

Tableau 28. — Compositions centésimales.

	32	33	34	35	C	D
SiO ₂	58.82	53.26	56.14	40.06	41.01	44.22
Al ₂ O ₃	18.20	17.43	21.15	15.05	18.65	12.85
Fe ₂ O ₃	3.13	3.46	2.06	1.70	2.88	0.93
FeO	1.09	2.58	1.22	5.83	9.43	7.93
MnO	0.21	0.15	0.26	0.21	0.29	0.25
MgO	0.10	4.17	0.30	12.28	4.79	9.73
CaO	2.67	4.62	2.94	15.09	12.38	16.70
Na ₂ O	7.68	1.26	6.54	3.50	4.21	2.17
K ₂ O	4.78	8.96	5.65	1.22	3.00	1.28
TiO ₂	0.24	0.56	2.84	1.56	2.45	2.02
P ₂ O ₅	0.00	0.10	tr.	1.20	1.02	0.60
H ₂ O +	0.79	1.81	1.10	1.59	0.48 (P. F.)	0.41 (P. F.)
H ₂ O —	0.82	0.28	0.14	0.57	0.40	0.21
CO ₂	0.12	2.17 (1)	0.14	0.32	—	—
Cl	0.00	—	0.14	—	—	—
SO ₃	0.48	—	—	—	—	—
	100.13	100.81	100.62	100.18	100.99	99.30
O —			0.03			
			100.59			

Tableau 29. — Compositions virtuelles.

	32	33	34	35	C	D
Quartz	—	1.26	—	—	—	—
Orthose	28.36	53.38	33.92	—	—	—
Albite	51.35	10.48	35.63	—	—	—
Anorthite	0.83	8.06	12.23	21.96	23.07	21.41
Néphéline	7.38	—	9.94	15.90	19.31	9.94
Leucite	—	—	—	5.67	13.95	6.10
Halite	—	—	0.23	—	—	—
Thénardite	0.85	—	—	—	—	—
Corindon	—	2.65	—	—	—	—
Diopside	0.65	—	—	19.21	21.44	42.40
Hypersthène	—	11.59	—	—	—	—
Wollastonite	4.52	—	—	—	—	—
Olivine	—	—	0.56	26.49	11.22	12.36
Magnétite	3.48	5.10	—	2.55	4.18	1.39
Ilménite	0.46	1.06	3.19	3.04	4.71	3.80
Hématite	0.64	—	2.08	—	—	—
Pérovskite	—	—	0.68	—	—	—
Rutile	—	—	0.72	—	—	—
Apatite	—	0.34	—	2.69	2.35	1.34
Calcite	0.20	5.00	0.30	0.70	—	—

(1) Dosage par combustion (M. LHEUREUX).

Tableau 30. — Paramètres C. I. P. W. — Lx.

<i>p.q.r.s [h.k.l.m]</i>	<i>Al:</i> <i>Alc</i>	<i>Al:</i> <i>Calc</i>	<i>Or:</i> <i>Ab</i>	<i>Or:</i> <i>Pl</i>	<i>An</i> %	<i>Sb</i>
32 — I(II).5(6).1.4	1.02	0.80	0.55	0.54	1.6	9.95
33 — II.5.2.'2 [2(3).1.2.2]	1.47	1.18 (1)	—	2.88	43.5	23.09
34 — I'.5(6).2.(3)4	1.25	0.95	0.95	0.71	26.0	7.53
35 — III.7.3.4 [1(2).3.2.2]	2.14	0.44	0.00	0.00	100.0	53.98
C — III.7'.3.'4 [2.2'.2(3).3]	1.83	0.57	0.00	0.00	100.0	43.90
D — III(IV).'7.3(4).4 [1'.'2.(2)3.2']	2.57	0.36	0.00	0.00	100.0	61.29

Tableau 31. — Paramètres de Niggli.

<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>ti</i>	<i>mg</i>	<i>k</i>	<i>o</i>	<i>c:fm</i>	<i>qz</i>
32 — 217.2	38.8	12.9	10.2	38.1	0.65	0.05	0.3	0.6	0.80	— 35.2
33 — 160.5	30.9	33.3	14.8	21.0	1.3	0.6	0.8	0.2	0.44	— 23.5
34 — 194.6	43.2	11.4	10.8	34.5	7.3	0.15	0.4	0.5	0.95	— 43.4
35 — 74.2	16.4	45.9	30.0	7.7	2.2	0.7	0.2	0.05	0.65	— 56.6
C — 86.0	23.0	36.6	27.8	12.6	3.9	0.4	0.3	0.1	0.76	— 64.4
D — 87.5	15.0	43.8	35.4	5.8	3.0	0.7	0.3	0.0	0.81	— 35.7

5. — HAUTE RUVUBU (URUNDI) (fig. 12).

Il n'y a guère à ajouter aux descriptions données, jadis, par J. THOREAU (1931 et 1932) des syénites à feldspathoïdes de la collection A. SALÉE, recueillies le long de la route d'Usumbura à Astrida, au voisinage du 3^e parallèle sud. J'ai refait, en 1949, l'itinéraire de SALÉE (1928, carte) et ramené des échantillons qui ne diffèrent des siens qu'à quelques détails près.

Je me bornerai à noter les analogies et les différences qui existent entre les syénites de la Haute-Ruvubu et celles des gisements du Kivu, malgré la distance qui les sépare (environ 200 km entre Kirumba

(1) Ce rapport ne comprend que le CaO des copholites.

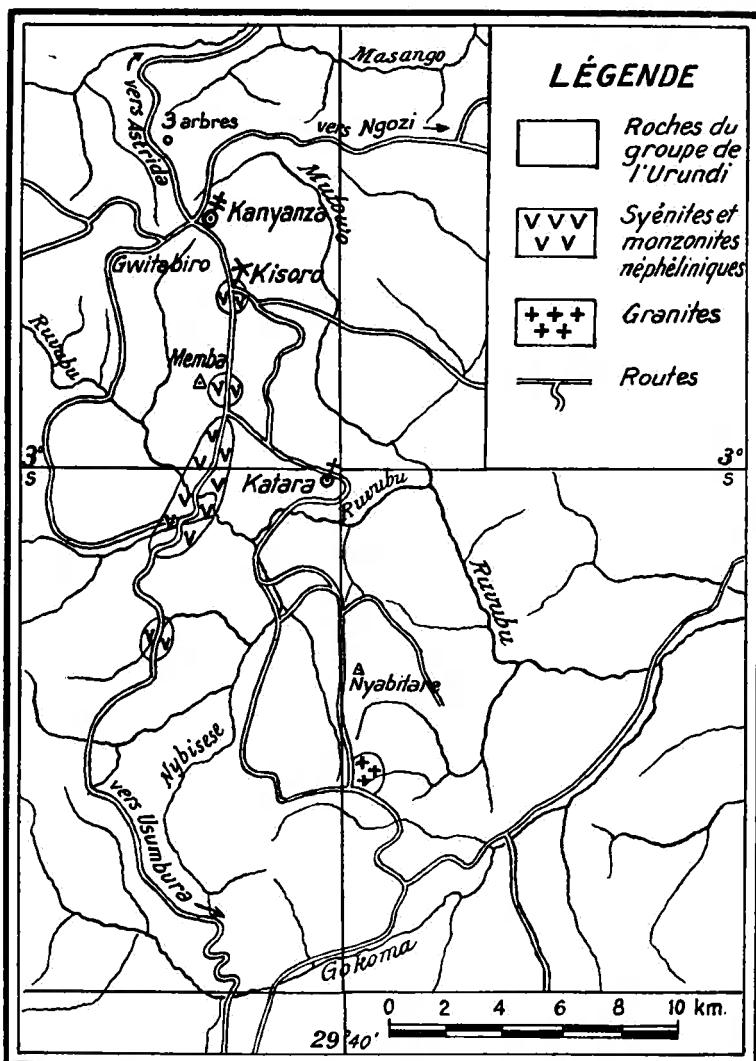


FIG. 12. — Haute-Ruvubu (Urundi).

et les sources de la Ruvubu) et leur situation opposée, sur les deux flancs du fossé tectonique.

J. THOREAU a distingué trois types de syénite dont il donne les analyses chimiques. Ce sont :

- 1) des syénites néphéliniques à sodalite, cancrinite, biotite, et aegyrine I(II).'7.1.4.
- 2) des monzonites néphéliniques à hornblende barckévictique passant à l'augite verte et biotite II.7.2.4,
- 3) des syénites néphéliniques métamorphiques réglées, à cancrinite, sodalite et riébeckite (I)II.6(7).1.'4.

Toutes ces roches renferment, en outre : minerais, sphène, grenats, zircon, fluorite et apatite.

1. — Dans sa note de 1931 concernant les premières, J. THOREAU insiste sur

« l'analogie avec les types décrits par MM. LACROIX et DELHAYE pour le massif de Rutshuru » [alias Kirumba]. « Elle se marque en particulier par la similitude des compositions chimiques ».

Il compare l'analyse des roches 1) à celle de la syénite néphélinique à sodalite incolore et cancrinite que j'ai reproduite sous le n° 11 (pp. 68 à 71), d'après A. LACROIX et DELHAYE (1927). Pratiquement, les deux roches sont identiques. Citons une phrase de la Note de THOREAU (1932, p. 878) qui corrobore nos observations relatives à la biotite, plusieurs fois répétées au cours de ce Mémoire :

« Les nids d'éléments colorés ont subi une altération qui n'a laissé subsister que quelques vestiges de biotite entourés d'albite et de granules d'oxyde de fer noir de néo-formation, ainsi qu'une poussière de petits zircons résiduaires ».

2. — L'existence de monzonites néphéliniques est, jusqu'à présent, un trait particulier au gisement de la Haute-Ruvubu. Le plagioclase associé aux feldspaths alcalins et à la néphéline est une andésine. Parmi les barylites (biotite, grenat, sphène, etc.) figure une hornblende barckévictique à laquelle une

« augite verte s'associe intimement »... « le mode d'association des

deux minéraux suggérant qu'il y a eu remplacement épigénétique de la hornblende par le pyroxène » (*loc. cit.*, p. 880).

Je rappelle à ce sujet que j'ai fait une observation analogue sur la syénite barckévictique (56.163⁴) de Bushashire III, dans quoi la barckévictite, frangée d'hastingsite, contient « des cristaux d'augite verdâtre ou brunâtre, à contours capricieux, englobant des résidus de barckévictite »,... « l'ensemble des transformations représentant une série de BOWEN renversée » (v. p. 72 et 73).

3. — Enfin J. THOREAU (pp. 881 à 883) interprète comme des roches écrasées et recristallisées, des syénites feldspathoïdiques à « texture gneissique », où de grandes plages de microcline et de néphéline

« sont noyées dans une pâte finement grenue composée d'une orthose très clivée, de microcline, d'albite abondante et en général non maclée, de cancrinite, sodalite, fluorine et de groupements de petits zircons arronis ou hydriomorphes »

à quoi s'ajoutent de la riébeckite, de la biotite, de l'aegyrine et du grenat, orientés en trainées.

J'ai, pour ma part, récolté un peu au sud du 3^e parallèle, des roches de même nature qui confirment leur caractère cataclastique : le feldspath fortement disloqué suivant ses clivages y présente parfois des extinctions onduleuses (49.321² et 321³). L'amphibole bleue que j'y ai également observée (49.320 et 321¹) doit être rapportée à la variété osannite : en effet, le plan des axes optiques est perpendiculaire à (010).

La syénite de la colline Bushiwa (56.149), à l'ouest de Bishusha, renferme la même amphibole sodique (v. p. 120).

Notons, d'autre part, à propos de ces roches, que J. THOREAU considère également que leur grenat « semble provenir d'une altération de l'aegyrine » et que

« les grains de grenat se distribuent parfois en couronne autour des cristaux de riébeckite, que nous (J. THOREAU) considérons eux-mêmes comme des éléments de seconde formation constitués aux dépens de l'aegyrine ».

Enfin, il convient de signaler dans ces mêmes roches, la présence d'un peu de calcite primaire (49.321² et 321³) et celle, possible, d'allanite non métamicte déterminant dans le lépidomélane de fortes auréoles poly-chroïques (49.321²) et de chevkinite (49.321³).

Je considère, à cause de son caractère exceptionnel, la cataclase de ces syénites comme due à des mouvements récents du socle.

Afin de grouper dans un même Mémoire, toutes les analyses actuellement connues des syénites néphéliniques du fossé du Kivu, celles qui ont été publiées par J. THOREAU (1932, p. 882), sont reproduites ci-dessous.

**Analyses chimiques des roches de la haute Ruvubu
(Urundi) (1).**

- | | |
|---|----------------|
| 36. — Syénite néphélinique, | SALÉE n° 2039. |
| 37. — Syénite néphélinique métamorphique, | SALÉE n° 2038. |
| 38. — Monzonite néphélinique, | SALÉE n° 2042. |

Tableau 32. — Compositions centésimales.

	36	37	38
SiO ₂	54.42	55.33	45.64
Al ₂ O ₃	23.56	21.32	22.08
Fe ₂ O ₃	2.19	3.19	5.66
FeO	1.51	1.81	3.56
MgO	0.61	0.22	1.56
CaO	1.37	1.70	8.31
Na ₂ O	11.26	9.36	8.04
K ₂ O	4.86	6.54	3.18
TiO ₂	0.15	0.22	0.45
P ₂ O ₅	tr.	0.06	0.05
H ₂ O —	0.03	0.05	0.06
CuO	—	—	2.30
	99.96	99.80	100.89

(1) Analyses de M. BOUBNOFF.

Tableau 33. — Compositions virtuelles.

	36	37	38
Orthose	28.91	38.92	18.90
Albite	23.06	17.29	3.14
Anorthite	—	—	14.73
Néphéline	38.34	30.39	34.93
Aegyrine	1.38	5.08	—
Diopside	5.47	4.29	19.28
Wollastonite	—	1.39	—
Magnétite	2.32	2.09	7.12
Ilménite	0.30	0.46	0.91

Tableau 34. — Paramètres C. I. P. W. — Lx.

<i>p.q.r.s.</i>	<i>Al : Alc</i>	<i>Al : Calc</i>	<i>Or : Ab</i>	<i>Or : Pl</i>	<i>An %</i>	<i>Σb</i>
36 — I(II).'7.1.4	0.99	0.90	1.25	—	—	9.47
37 — (I)II.6(7).1.'4	0.95	0.83	2.25	—	—	13.31
38 — II.7.2.4	1.33	0.70	—	1.06	82.4	27.31

Tableau 35. — Paramètres de Niggli.

<i>si</i>	<i>al</i>	<i>fm</i>	<i>c</i>	<i>alk</i>	<i>ti</i>	<i>mg</i>	<i>k</i>	<i>o</i>	<i>c : fm</i>	<i>qz</i>
36 — 163.7	41.7	11.6	4.5	42.2	0.4	0.2	0.2	0.4	0.39	— 103.6
37 — 173.6	39.4	13.5	5.6	41.6	0.6	0.1	0.3	0.6	0.42	— 86.2
38 — 110.5	31.5	23.4	21.5	23.6	0.9	0.2	0.2	0.6	0.92	— 83.9

CHAPITRE V

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

1. — *Hypothèse fondamentale.*

Au cours des pages antérieures (100 à 102, 115 et 116), j'ai postulé l'intervention conjointe de solutions hydrothermales de carbonate de chaux et de solutions sodiques, toutes deux d'origine sédimentaire, pour expliquer les phénomènes métasomatiques qui ont transformé, avec élimination de potasse, les schistes micacés en syénites néphéliniques et roches apparentées.

Le carbonate de chaux et la soude, — quelle que soit l'origine qu'on leur suppose —, sont les principaux facteurs chimiques auxquels on attribue généralement, de première part, la désilicatation conduisant aux roches feldspathoïdiques et, de seconde part, les phénomènes de granitisation et de fénitisation.

Les bases expérimentales favorables à l'idée de la formation hydrothermale des minéraux des syénites feldspathoïdiques, à des températures et sous des pressions modérées, en présence d'eau et d'alcalis, ne manquent pas. Il est utile de les résumer avant d'essayer de traduire en équations les faits d'observations exposés dans les chapitres III et IV.

Mais, au préalable, il paraît nécessaire d'insister sur l'intérêt particulier des massifs de Kirumba et de la Lueshe qui surgissent dans un environnement de schistes et de quartzites épimétamorphiques.

L'un complétant l'autre, ils nous permettent de saisir

les diverses modalités du passage progressif, métasomatique, de roches sédimentaires communes à des roches hyposiliceuses et hyperalcalines et à des carbonatites à facies éruptif.

Les hypothèses classiques, basées sur le magmatisme et la syntexie, paraissent dépourvues de valeur explicative, dans le cas qui nous occupe.

D'autre part, la théorie carbonatitique, même sous sa forme hydrothermale, au sens de BOWEN et de SHAND, rappelée pp. 115 et 116, ne peut à elle seule expliquer à la fois la désilicatation et la sodification intense des feldspaths avec départ de potasse, ni la formation des minéraux typiques de la fénitisation, tels que l'aegyryne et les amphiboles sodiques.

Il faut donc admettre le concours fortuit, dans des conditions énergétiques convenables, de calcaires ou de dolomies en voie de mobilisation hydrothermale rencontrant des solutions salines congenères. La rareté et le faible volume relatifs des massifs syénito-carbonatitiques dans le monde semblent correspondre à ce caractère fortuit.

On peut, par ailleurs, concevoir que cette occurrence soit favorisée par des causes tectoniques comme celles qui prévalent dans les zones sillonnées de fractures radiales, ainsi que le postulaient déjà BECKE et A. HARKER (1909, pp. 90 à 93). Les fractures radiales constituerait les voies d'accès des solutions sodiques. Mais c'est là un aspect de la question qui sort du cadre de ce Mémoire.

En tout état de cause, il y a un illogisme choquant et une contradiction interne grave dans les concepts classiques qui considèrent, d'une part, la fénitisation des roches ambiantes (gneiss, granites, migmatites, etc.) comme résultant d'une métasomatose sodique en milieu solide, — avec toutes les réactions d'échange que celle-ci implique —, et, d'autre part, les roches à facies éruptif qui leur sont étroitement associées (syénites feldspa-

thoïdiques, ijolites, carbonatites, etc.) comme les produits différenciés ou syntectiques d'un magma silicaté fondu.

Aussi, les théories fort divergentes exposées dans les œuvres classiques forment-elles un curieux assemblage de thèses contradictoires dont, par exemple, F. J. TURNER et J. VERHOOGEN (1951, p. 342) nous offrent le concentré que voici, dont on ne sait si l'humour est involontaire ou prémedité :

“ The petrogenesis of nepheline syenites is tentatively summed up as follows : Nepheline syenites crystallize from low-temperature residual magmas the composition of which has been conditioned — in some way not understood — by unusually high concentration of volatile components. More than one mode of origin is probable for such magmas. One is by prolonged fractional crystallization of undersaturated olivine-basalt magma. Another involves modification (desilication) of granite magma, in many cases, but not necessarily in all, as a result of reaction with invaded limestones. Evolution of a gas phase rich in CO_2 may possibly play an all-important role in this later process. Finally it is not impossible that nepheline-syenite magmas, rather than granitic magma, may in some cases form by incipient fusion of deep-seated rocks of the crust in the presence of high concentrations of volatil substances. ”

Dans leur récent Traité, H. et G. TERMIER (1956, pp. 583 et 584), à la suite de l'analyse d'un certain nombre de cas typiques, défendent la thèse de l'origine métasomatique des syénites néphéliniques. Plus récemment encore, L. S. BORODIN (1957) conclut dans le même sens, tant pour les carbonatites que pour les roches néphéliniques associées.

2. — *Comportement des solutions bicarbonatées calciques et chlorurées sodiques.*

Dans les synthèses et transformations hydrothermales des minéraux des roches, réalisées en autoclave, principalement par les minéralogistes français, la présence d'eau, d'alcalis ou de calcium est indispensable,

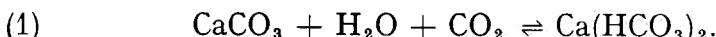
soit que ces substances participent à la constitution des minéraux formés, soit qu'elles ne jouent qu'un rôle de catalyseur.

Dans l'hypothèse persédimentaire de NIEUWENKAMP, le plus simple est de supposer que le sodium se trouve encore à l'état de chlorure dans les sédiments, bien que son adsorption par les argiles ait provoqué des réactions d'échange qui l'ont en partie incorporé aux réseaux des phyllites. On sait, par exemple, que les micas sont toujours partiellement sodiques.

Il est donc utile de rappeler, pour étayer notre hypothèse, le peu que l'on sait du comportement du bicarbonate calcique en présence du chlorure de sodium, en solution.

1. — La calcite est environ 55 fois plus soluble dans l'eau chargée d'anhydride carbonique que dans l'eau pure. Cette dernière en dissout 14 mg par litre, à 25° C ; en présence de CO₂, elle en dissout 770 mg à 35° C.

CO₂ se combine à H₂O pour former de l'acide carbonique qui réagit avec CaCO₃ en donnant le bicarbonate soluble, suivant la réaction d'équilibre étudiée jadis par J. TILLMANS et O. HEUBLEIN (1912) :



Dans un domaine de température ne dépassant pas 105° C et à des pressions inférieures à 100 bars, J. P. MILLER (1952) a montré que la solubilité de CaCO₃ augmente en fonction de la pression croissante de CO₂, à température constante. A pression constante, elle diminue quand la température augmente.

Le sens dans lequel l'équilibre se déplace dans la réaction (1), toutes choses égales d'ailleurs, semble dépendre surtout du pH de la solution, comme l'a montré M. J. SNEL dans son étude sur la formation des travertins calcaires du Kivu (1956). Mais il est aussi

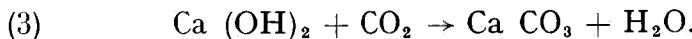
influencé par les autres bases en solution, comme nous le verrons plus loin.

En principe, une diminution du CO₂, notamment par suite de sa combinaison dans le bicarbonate formé par la solubilisation de la calcite, a pour effet de relever le pH de la solution jusque 8. A ce moment, la précipitation du carbonate de chaux s'arrête et l'hydrolyse du bicarbonate s'amorce suivant la réaction d'équilibre



L'acide carbonique formé se dissocie immédiatement et l'augmentation de la teneur en CO₂ qui en résulte accentue le déplacement de l'équilibre (1) vers la droite. L'hydrolyse d'une nouvelle quantité de bicarbonate favorise une élévation du pH.

La précipitation de la calcite dans les eaux thermales ne peut donc se produire qu'à des pH inférieurs à 8. Dans ces conditions le produit hydrolisé se dissocie suivant l'équation



2. — Plusieurs auteurs ont trouvé que la solubilité de la calcite dans l'eau est fortement accrue en présence de chlorures alcalins. Elle augmente en fonction du temps, des concentrations et des températures croissantes et elle dépend aussi du pH (H. CANTONI et G. GOGULIA, 1905 ; G. L. FRÉAR et J. JOHNSTON, 1929 ; R. DUBRISAY et R. FRANÇOIS, 1931 ; G. EMSCHWILLER et G. CHARLOT, 1938).

Les bicarbonates alcalins qui ont pu se former par échange de bases suivant l'équilibre :

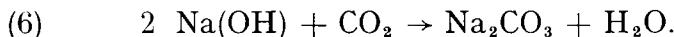


sont, à leur tour, hydrolisés avec libération de bases fortes :

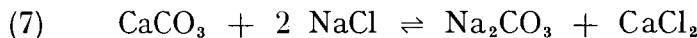


Celles-ci peuvent alors redissoudre le carbonate de chaux formé en (3).

Par abaissement du pH, la soude passe également à l'état de carbonate :



Dans une étude sur la physico-chimie des incrustations des chaudières, R. STUMPER (1933, p. 18) accorde une certaine importance à la réaction réversible



qui entre en jeu pour des concentrations croissantes en NaCl.

En résumé, les équations qui règlent le comportement de la calcite en présence d'eau, d'acide carbonique et des solutions de chlorures alcalins, conduisent à la formation de composés solubles et, finalement, à la reprécipitation du carbonate de calcium, en fonction du pH, de la température, de la pression de CO₂ et de la solubilité des sels en présence.

3. — Il est intéressant de signaler ici que certaines cavités karstiques à l'abri des actions abrasives de l'eau liquide sont expliquées par J. MONTORIOL POUS et J. ASSENS CAPARROS (1957) comme le résultat d'une dissolution activée du calcaire sous l'action saline des embruns apportés par les tempêtes marines.

4. — A sec, il semble que la dissociation du carbonate de chaux rhomboédrique soit également facilitée par le contact du NaCl, comme sa dissolution par voie humide.

Réalisant une expérience suggérée par le professeur W. L. DE KEYSER, nous avons observé, en chauffant des mélanges intimes de CaCO₃ et de NaCl chim-

quement purs, une dissociation plus rapide que celle du carbonate pur. Voici les chiffres obtenus pour des durées de chauffage successives de 3 h, au four électrique :

<i>Températures en degrés C</i>	<i>Perte de CO₂ du CaCO₃ pur</i>	<i>Perte de CO₂ du mélange</i>	<i>Differences</i>
600	0 %	1 %	1 %
700	75 %	78 %	3 %
775	79 %	82 %	3 %
850	—	87 %	—
1000	87 %	90 %	3 %

En régime, la différence apparaît donc constante.

5. — S'il est intéressant de constater que le carbonate de chaux se dissocie plus facilement à sec en présence de chlorure de sodium, il ne faut pas en inférer que de telles réactions puissent se produire dans l'écorce terrestre.

Je rappellerai à ce sujet ce que S. J. SHAND (1945, p. 499) écrivait à propos de la désilicatation des feldspaths dans le système anhydre : néphéline-kaliophylite-silice étudié par N. L. BOWEN (1937, p. 11) :

“ If to the above quantity of superheat [nécessaire pour franchir la barrière entre les mélanges fondus sursaturés et sous-saturés en silice] we add the heat absorbed by the endothermic reaction with limestone, and a further amount to compensate for chilling of the magma in the act of intrusion, then the total demand for superheat becomes so formidable that it may well be fatal to the hypothesis [de l'assimilation du calcaire]. But the data... must be modified by the presence of dissolved water and CO₂. ”

En conclusion, en ce qui concerne les produits des équations (1) à (7), on peut admettre que *les roches en réaction sont imprégnées* (film intergranulaire, pore solution) *de soude et de calcium sous forme de chlorures, de carbonates, de bicarbonates ou d'hydrates*. Ce sont précisément les adjutants des synthèses hydrothermales.

6. — Le système Na_2CO_3 — CaCl_2 — H_2O a été étudié par W. L. DE KEYSER et L. DEGUELDRÉ (1950) à basse température. Ils ont trouvé que l'aragonite cristallise au dessus de 80°C en solution alcaline quand CaCl_2 est additionné à Na_2CO_3 et, à partir de 50 à 65°C en solution neutre, quand c'est le Na_2CO_3 qui est additionné à CaCl_2 .

Ces résultats présentent de l'intérêt au point de vue de la formation des travertins à partir de solutions hydrothermales.

7. — Enfin, C. R. BURY et R. REDD (1933) ont montré que le système CaCO_3 — Na_2CO_3 — H_2O donne deux carbonates doubles hydratés : la gaylussite ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) stable entre 15 et 40°C et la pirssonite ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) stable entre 40 et 100°C . Au dessous de 15°C , la gaylussite est en équilibre avec une solution saturée du décahydrate $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (natron).

Cet exemple montre la complexité des produits impliqués dans les réactions, dans un cas aussi simple que celui que nous avons pris pour point de départ d'une théorie de la syénitisation. Les carbonates doubles et le natron se forment dans certains lacs.

8. — Il y a une grande différence de solubilité entre le CaCO_3 et le MgCO_3 qui sont tous les deux présents dans les eaux naturelles provenant de la solubilisation des dolomies ou des calcaires dolomitiques. M. J. SNEL (1956) a également étudié ce problème et a montré que dans ces eaux, le rapport $\text{Mg}^{++} : \text{Ca}^{++}$ augmente rapidement à mesure que le CaCO_3 précipite. La plus grande partie du MgCO_3 reste donc en solution.

Mais le magnésium semble hors cause ou peu important dans les roches du massif de Kirumba qui n'en contiennent que des quantités négligeables dans la plupart des cas.

3. — *Production hydrothermale
des minéraux des syénites feldspathoïdiques.*

1. — *Transformation de la muscovite en feldspaths et en feldspathoïdes.* Il y a longtemps, Ch. et G. FRIEDEL (1890 et 1891) réussissaient à transformer la muscovite en feldspaths et en feldspathoïdes divers en opérant des métasomatoses en autoclave, à des températures ne dépassant pas 500° C et en présence d'eau et d'alcalis.

Ils obtinrent ainsi l'*orthose* en présence de silicate de potasse et des mélanges d'*orthose*, de *néphéline* et de *leucite* en présence de silice calcinée et d'un peu de potasse. La *néphéline* se produisait aussi en présence de soude. En ajoutant à la soude un grand excès de NaCl, ils produisirent la transformation de la muscovite en *sodalite* grise. Ils obtinrent également la *noséane* en ajoutant du Na₂SO₄ cristallisé et l'*hydrocancrinite* avec du Na₂CO₃.

Au cours de leurs expériences ils fabriquèrent aussi l'*anorthite* avec des mélanges de muscovite, de chaux et de CaCl₂.

Plus tard, G. FRIEDEL (1912) réussissait à faire de la « *néphéline potassique* » (kalsilite) en traitant la muscovite avec de la potasse entre 510 et 600° C.

Récemment, J. WYART et M^{me} M. CHRISTOPHE-MICHEL-LÉVY (1954 et 1955) ont précisé les conditions de formation des feldspathoïdes. Pour un pH faible, la néphéline ou la kalsilite cristallisent facilement, en présence de Na₂CO₃ et de K₂CO₃, dans un large domaine de température (400 à 600° C) et de composition chimique, sous des pressions de 380 à 500 bars. Dans les mêmes conditions de température et de pression mais en milieu très basique, en présence d'un excès de Na(OH), il y a production d'*hydrosodalite*, d'*hydrocancrinite* ou de kalsilite, mais la néphéline naturelle est détruite.

2. — *Formation de diaspore et de corindon.* Dans les expériences de Ch. et G. FRIEDEL il restait généralement du mica non transformé, bien qu'il fût en présence de quantités suffisantes d'alcalis pour sa transformation totale. L'excès d'alumine de la muscovite sur la quantité utile à la formation des feldspaths et des feldspathoïdes ne pouvait donc pas être mise en évidence. Que deviendrait une alumine excédentaire en présence d'alcalis ? G. FRIEDEL (1891), en traitant dans son autoclave de l'alumine amorphe contenant un petit peu de chaux avec de la soude renfermant un petit peu de Na_2CO_3 , a obtenu, à 400°C , du *diaspore*, entre 450 et 500°C , un mélange de *diaspore* et de *corindon*, et vers 530°C , du *corindon* seul.

On sait qu'il existe des monzonites néphéliniques à corindon (Ontario).

3. — *Perthitisation et albitisation du feldspath potassique.* J. WYART et G. SABATIER (1956 a), étudiant la mobilité des ions alcalins et alcalino-terreux dans les feldspaths, ont montré qu'au dessus de 350°C , au contact de solutions alcalines, les feldspaths sont le siège de réactions d'échange. Les deux phases albite et orthose ne coexistent en associations microperthitiques qu'au contact de solutions dont le rapport $\text{Na} : \text{K}$ est voisin de 6. L'albite pure apparaît pour des solutions plus riches en soude.

4. — *Départ du potassium.* WYART et SABATIER citent cet exemple : 0,1 gr d'orthose en poudre fine en contact avec une solution de NaCl à 1 % est convertie entièrement en albite à 500°C au bout de 24 h. *Tout le potassium de l'orthose se retrouve en solution.*

Les mêmes auteurs (1956 b) ont transformé, de même, le microcline en analbite entre 400 et 700°C et ont constaté, en outre, qu'en opérant à sec, au contact de NaCl

fondu, entre 680 et 900° C, le microcline se transforme en albite, toujours avec perte de potassium.

Le même départ de potassium à raison de 90 % a été observé par R. S. ESHWAR et D. S. DATAR (1954) en chauffant à 900° C, un mélange de feldspath, de CaCO_3 et de CaSO_4 dans le rapport 1 : 3 : 1. Si le CaCO_3 contient plus de 20 % de SiO_2 , la réaction ne se produit plus. Il doit se former alors un silicate de calcium.

5. — *Biotitisation de la muscovite.* Dans des essais de synthèse hydrothermale de la biotite, en présence de K_2CO_3 , de K_2SiF_6 et de borax, à pression moyenne de vapeur d'eau, M^{me} M. CHRISTOPHE-MICHEL-LÉVY (1953, p. 258) a obtenu de la biotite à partir de 500° C.

« Mais à 450° C, écrit-elle, c'est un mica blanc qui se forme, en même temps qu'un peu de tourmaline. *Ainsi le fer et le magnésium entrent dans le réseau cristallin de la biotite,... à l'aide d'un minéralisateur tel que le bore* »⁽¹⁾.

Dans ces expériences, le fer était à l'état de sesquioxide. Rappelons, ici, que j'ai décrit, p. 40, la naissance de la biotite par réaction entre l'hématite (ou la magnétite) et la muscovite, et, p. 42, les modalités de la biotisation de la muscovite dans des syénites micacées contenant de la tourmaline. L'expérience et l'observation micrographique sont donc en parfait accord.

6. — *Remarques sur la composition de la biotite des syénites népheliniques.* La biotite des syénites népheliniques en général et celle des syénites micacées de Kirumba en particulier, est le plus souvent du lépidomélame ou de l'annite. S. R. NOCKOLDS (1947, pp. 416 à 417) a montré que ces biotites des roches alcalines riches en soude, spécialement quand elles sont associées à l'aegyrine et aux amphiboles sodiques, ont des rapports $\text{Na}_2\text{O} : \text{K}_2\text{O}, \text{Fe}_2\text{O}_3 : \text{FeO}$ et une teneur en titane nota-

⁽¹⁾ Souligné par l'auteur du présent Mémoire.

blement plus élevés que les biotites des roches calco-alcalines.

7. — *Production de l'aegyrine à basse température.* Ce minéral a été reproduit facilement par J. WYART (1954) en présence de Na_2CO_3 , à 500° C sous pression de vapeur d'eau de 520 bars et par M^{me} M. CHRISTOPHE-MILCHEL-LÉVY (1954) en présence de Na(OH), entre 250 et 500° C sous des pressions variant de 70 à 500 kg/cm². Mais quand le milieu chimique permet la formation d'augite, c'est celle-ci qui cristallise à 500° C, même en présence d'une forte proportion de soude. Il est à noter qu'en absence de soude c'est une phyllite voisine de la vermiculite qui apparaît.

8. — *Formation des grenats calciques.* Dans d'autres expériences, M^{me} M. CHRISTOPHE-MICHEL-LÉVY (1956) a obtenu le grossulaire et l'andradite ainsi que les grenats intermédiaires, à 500° C sous pression de vapeur d'eau de 500 bars à partir de mélanges formés de SiO_2 — Al_2O_3 — Fe_2O_3 — $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ou CaCO_3 . Les grenats les plus ferriques se forment facilement en présence de soude et le grenat est d'autant plus riche en fer que le milieu est plus alcalin. La mélénite (andradite titanifère) ne se forme qu'en milieu alcalin.

4. — *Équations de transformations.*

Les expériences que je viens de résumer dans les deux paragraphes précédents — sans avoir cherché, d'ailleurs, à épuiser le sujet — me paraissent fournir des bases assez fermes pour une interprétation de mes observations micrographiques, sous forme d'équations de transformations.

Pour la simplicité, ces équations ne mettront généralement en jeu que des molécules conventionnelles. Par

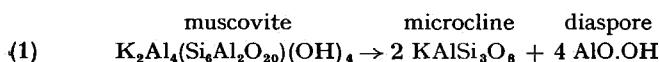
exemple, il ne sera pas tenu compte de la potasse de la néphéline, ni de la soude du microcline, des micas, etc. Cependant, on ne perdra pas de vue que le matériel transformé, — en l'occurrence la muscovite des muscovitoschistes —, contient de l'eau de constitution et que, par cela même, la naissance d'une phase fluide (gazeuse ou liquide) à partir de la phase solide ne peut être niée. C'est pourquoi, et bien que l'ensemble des réactions se passe en milieu solide et à peu près sur place, je ne me suis pas référé, dans ce qui précède, aux théories de la diffusion ionique de R. PERRIN et de M. ROUBAULT (1937). L'eau et l'acide carbonique, dont la mobilité est évidente, sont des constituants des roches au même titre que les autres. La possibilité et même l'évidence de diffusions ioniques entre solides ne peut être mise en doute. Mais il ne semble pas possible, dans la genèse des syénites néphéliniques, de se passer des diffusions à caractère « hydrothermal ».

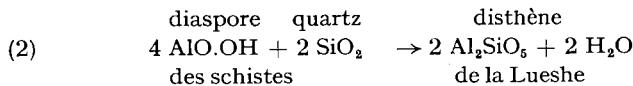
La concentration des terres rares et leur possibilité de cristallisation dans les syénites néphéliniques semblent, par exemple, étroitement liées à leur drainage par des fluides carbonatés, en raison des possibilités de remplacement diadoque du calcium par l'yttrium et les lantanides (K. RANKANA et Th. G. SAHAMA, 1954, p. 491).

D'ailleurs, dans les expériences dites « par voie hydrothermale », comme dans les conditions géologiques naturelles, les synthèses ou les échanges s'effectuent généralement au dessus du point critique de l'eau et, dès lors, la distinction entre diffusion gazeuse et diffusion ionique devient bien subtile.

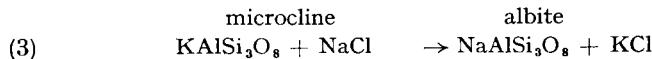
A) *Métasomatose des coupholites.*

Microclinisation et désaluminisation de la muscovite :



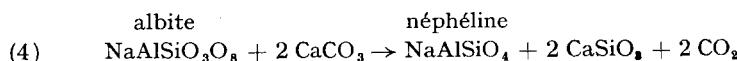


Perthitisation du microcline et départ du potassium :

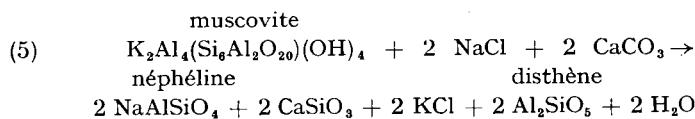


Néphélinisation par :

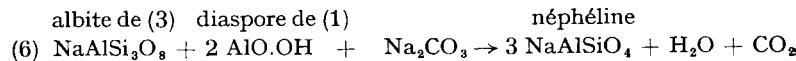
a) désilicatation de l'albite :



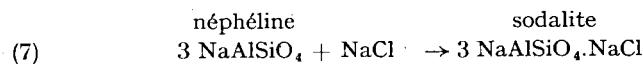
b) désilication de la muscovite et départ du potassium :



Les équations précédentes peuvent s'écrire sous une forme abrégée n'impliquant qu'un apport de soude, sans départ d'alumine.

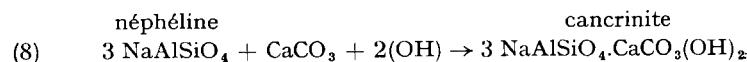


Formation de la sodalite :



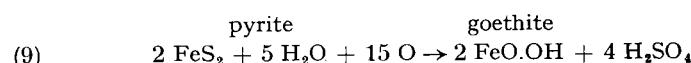
Formation de la cancrinite (losite) :

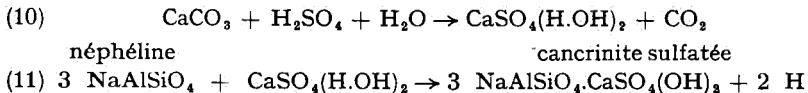
a) cancrinite proprement dite :



b) cancrinite sulfatée :

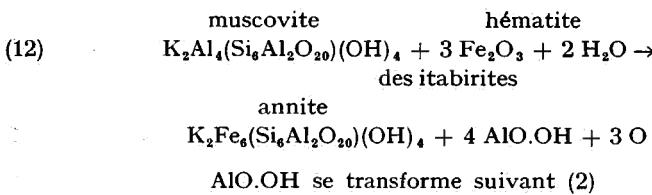
oxydation des pyrites des micaschistes :



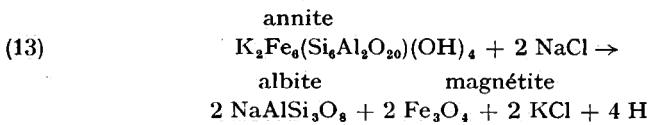


B) *Métasomatose des barylites principaux.*

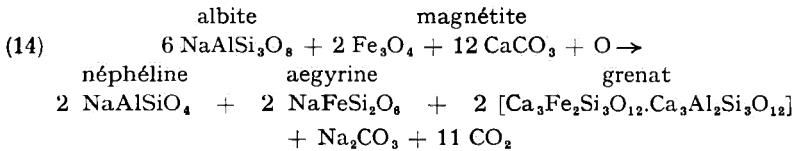
Transformation de la muscovite en lépidomélane (annite) :



Transformation du lépidomélane en albite et magnétite avec départ de potassium :



Désilication et formation d'aegyrine et de grenat à partir des produits de (13)



Na_2CO_3 réagit avec de nouvelles quantités d'annite de (12) suivant l'équation (13) où il peut remplacer 2 NaCl.

Variante :

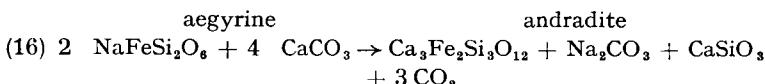
a) formation d'aegyrine à partir des produits de (4) ou (5).



aegyrite

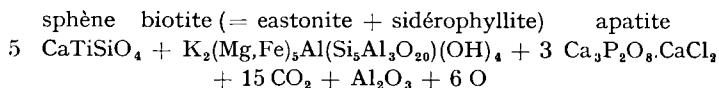
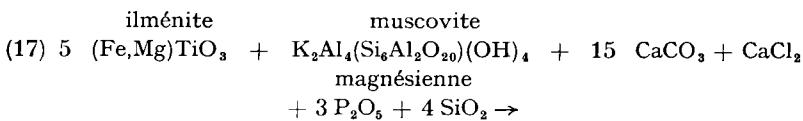


b) formation de mélanite (andradite) par désilicatation de l'aegyrite de (15).

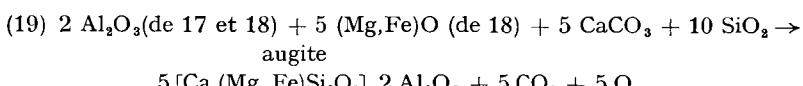
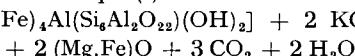
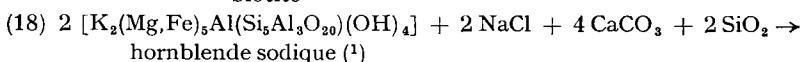


Métasomatose des barylites de la syénite barckévicitique
56.163⁴ (pp. 71 à 74)

Les réactions ont probablement lieu en milieu silicieux comme dans le cas de la fénitisation des quartzites.



biotite



5. — *Le caractère potassique et la genèse des laves virungiennes.*

Dans leur Traité, F. J. TURNER et J. VERHOOGEN (1951, pp. 161 à 166 et 169 à 175) ont résumé très objectivement les caractères pétrographiques des Virunga et des volcans du Toro-Ankole et discuté les théories relatives à l'origine des laves alcalines riches en potasse.

(¹) Formule simplifiée tenant lieu de la barckévite et de la hastingsite.

Dans leurs conclusions, ils retiennent raisonnablement l'hypothèse générale :

“ that the highly potassic magmas of the leucite-basalt association are in most cases products of assimilative reaction between normal olivine-basalt magma or néphéline-basalt magma and the granitic rocks of the continental basements ” (p. 174)...

et

“ that the leucite-basalt association requires for its development materials or conditions that pertain strictly to the continents and are alien to the oceanic environments. ” (p. 175).

Un des principaux arguments sur lequel repose leur conviction est la démonstration faite par A. HOLMES, en 1945 :

“ that granite xenoliths immersed in leucite-basalt (ugandite) and melilitite-basalt (katungite) magmas are converted to aggregates of leucite and augite, to pure leucite, or to leucite glass. ” (p. 174).

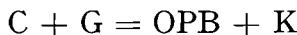
Malheureusement, cette observation ne concerne que l'assimilation locale, à température élevée, d'enclaves de granite par un magma par lui-même extrêmement pauvre en silice (environ 37 %) et très riche en potasse. L'argument n'est donc pas convaincant ni d'une portée générale, puisque c'est précisément ce caractère potassique et cette pauvreté en silice des laves du centre africain qu'il s'agit d'expliquer, *à l'échelle régionale*.

Dans une étude plus récente de la genèse de la katungite et des laves associées, A. HOLMES (1950) modifie sa position et postule la formation de ces laves par la réaction d'une carbonatite magmatique riche en MgO, CaO, oxydes de fer, TiO₂ et P₂O₅ avec les roches sialiques crustales considérées comme sources de Al₂O₃, SiO₂ et, surtout, de K₂O :

“ The hypothesis is now proposed that magmatic carbonatite, C, presumably derived from the substratum ascended through fractures

into the sialic layer where it reacted with, say, granite G, to form crystalline OPB (¹) and molten protokatungite or katungite, K, with eventual loss of the liberated CO₂." (p. 786).

La katungite serait donc maintenant, d'après HOLMES, un produit purement rhéomorphique de cette réaction représentée par l'équation :



Ni l'hypothèse inverse de l'assimilation de calcaire par un magma granitique (hypothèse de DALY), ni celle de la différenciation d'un magma basaltique ou périclinal que ne lui paraissent acceptables. Il a d'ailleurs plus d'une fois insisté sur l'absence de basalte véritable dans les Virunga et le Toro-Ankole. Cette opinion est peut-être sujette à caution en ce qui concerne les Virunga et, d'autre part, les basaltes fissuraux du sud du Kivu sont en majeure partie des basaltes francs ou basanitiques (A. HOLMES, 1940).

L'hypothèse de A. HOLMES a trouvé un sérieux appui dans l'importante étude géochimique des éléments mineurs des laves du sud-ouest de l'Uganda et des Virunga, publiée par R. A. HIGAZI en 1954. Cet auteur a montré que ces laves sont toutes relativement riches en traces d'éléments inhabituels dans les roches ultrabasiques. Ce sont, notamment, le strontium, le baryum, le rubidium et le zirconium. Le chrome et le nickel sont normalement abondants, sauf dans les laves pauvres en magnésium. L'yttrium et le lanthane sont également assez abondants. Mais leurs rapports sont La > Y, en Uganda et, inversément, La < Y, dans les Virunga. La comparaison des teneurs en oligo-éléments de 4 carbonatites et de 2 calcaires sédimentaires conduit HIGAZI à la conclusion que, seules, les carbonatites peuvent être des sources de baryum, de strontium, de lanthane et d'yttrium, à l'exclusion de calcaires sédimentaires.

(¹) Enclaves homœogènes allomorphes à olivine, biotite et pyroxène.

Il suggère donc, en accord avec A. HOLMES, que les laves ultrabasiques et potassiques du sud-ouest de l'Uganda et des Virunga résultent essentiellement de réactions entre des carbonatites magmatiques et des roches sialiques crustales, en proportions variables. Les carbonatites apportent Sr, La et Y avec leur calcium, Cr et Ni avec leur magnésium, V et Ti avec leur fer, et du phosphore. Les roches sialiques fournissent le silicium, le zirconium, le Ga avec l'aluminium, le Rb et le Ba avec le potassium.

HIGAZI concède cependant (p. 68) que les différences constatées dans les laves des Virunga (plus grande richesse en Na et La < Y) par rapport à celles de l'Uganda, peuvent être attribuables à l'incorporation de matériel basaltique dans les réactions, son influence étant la plus marquée dans le cas de la limburgite du Nahimbi.

La théorie de l'assimilation des roches sialiques par des magmas carbonatitiques ne semble pas avoir rencontré une adhésion sans réserve. A. C. WATERS (1955, p. 119) conteste la nature homœogène (« cognate ») des enclaves OBP des katungites. Il y voit plutôt des enclaves énallogènes biotitisées de roches métamorphiques telles que serpentines, pyroxénites et amphibolites à partir desquelles :

“ we can produce the katungite lava and account for its geochemical particularities merely by partial melting of this metamorphic plutonic series. The trace elements, troublesome to explain by a magmatic derivation, are precisely the kinds that are accumulated in minor accessory minerals of metamorphic biotite. ”

Ni HOLMES, ni HIGAZI, ni WATERS n'envisagent le rôle d'intermédiaire dévolu aux fénites, syénites néphéliniques et roches consanguines, probablement à cause de leur absence apparente dans le Toro-Ankole. Leur existence au voisinage des Virunga semble leur avoir échappé. *Rien n'empêche de supposer qu'il en existe aussi*

sous les champs de lave, en connexion avec les appareils volcaniques.

En ce qui concerne les principaux éléments qui, d'après HIGAZI, sont liés génétiquement aux carbonatites (Sr, La, Y) et lui apparaissent négligeables dans les calcaires sédimentaires, il y a d'abord lieu d'observer que l'auteur base sa conviction sur deux analyses de calcaires, seulement. C'est bien peu.

On est fondé à se demander si, vraiment, la concentration du strontium, du lanthane et de l'yttrium dans les carbonatites oblige de conclure à l'origine magmatique de celles-ci. Les sédiments carbonatés en contiennent des quantités appréciables (¹) et le strontium est classé par V. M. GOLDSCHMIDT (1954, p. 248) parmi les éléments thalassophiles.

Il semble moins extravagant de penser que ces éléments se sont concentrés au cours du remaniement hydrothermal des calcaires ou des dolomies aboutissant à la formation de carbonatites. Par ailleurs, les mêmes éléments se trouvent réunis en quantités notables dans les syénites néphéliniques et particulièrement dans les feldspaths des roches alcalines.

Dans le tableau ci-dessous, sont réunis pour les éléments critiques des carbonatites quelques données extraites du mémoire de R. A. HIGAZI (1954, p. 63) et des Traités de V. M. GOLDSCHMIDT (1954) et de K. RANKANA et Th. G. SAHAMA (1954) (teneurs en ppm).

(¹) D'après V. M. GOLDSCHMIDT (1954, p. 315) « not only the calcium minerals from magmatic rocks or hydrothermal deposits (such as calcites from Kongsgberg or St. Andreasberg) contain lanthanide elements, but also the vast mass of limestones, such as the chalk from southernmost Sweden and the calcite and aragonite skeleton of integuments of marine organisms which contain easily determinable amounts of yttrium, samarium, and other lanthanides, as shown by W. CROOKES ».

Tableau 36.

	Sr	La	Y
Moyenne de 4 carbonatites (H.)	> 7.750	435	140
Moyenne de 2 calcaires (H.)	150	tr.	tr.
Sédiments carbonatés du mésozoïque germanique (G.)	500-1.400	—	—
Roches carbonatées de Laponie (R. et S.)	~ 850	—	—
Syénites néph., syénites, trachytes (G., R. et S.)	1.400	430	8
Sanidine du trachyte du Drachenfels (R. et S.)	4.100	—	—
Feldspath potassique de la laurdalite de Löve (R. et S.)	1.700	—	—
Schistes alumineux de Laponie (R. et S.)	160	26	16
Total déversé dans l'eau de mer (R. et S.)	180	11	17
Quantité existante dans l'eau de mer (R. et S.)	13	—	—

On voit notamment que les calcaires contiennent sensiblement plus de strontium que ne l'indique Higazi et que les syénites néphéliniques sont aussi riches en lanthane que les carbonatites. La différence entre la quantité totale de strontium déversé dans la mer et la quantité existante semble avoir eu le même sort que celle du sodium et avoir été absorbée par les sédiments argileux.

* * *

Compte tenu de tous les faits rassemblés dans ce qui précède (observations micrographiques, analyses chimiques, considérations géochimiques, synthèses hydrothermales, etc.) je pense que si l'on veut interpréter la nature spéciale des laves des Virunga, V, comme le produit de réactions entre un magma basaltique ou basanitique primaire, B, et les roches crustales sialiques, G, il faut admettre que ces réactions n'ont pu avoir lieu que par l'intermédiaire de processus métasomatiques qui ont permis la sodification, S, et le départ du potassium, P, des roches sialiques à des températures relativement basses et leur désilicatation, en même temps que celle du magma basaltique,

par des carbonatites hydrothermales dérivées de calcaires ou de dolomies sédimentaires, C.

Pour traduire ces phénomènes complexes, il faut substituer à l'équation simple de HOLMES rappelée plus haut, un système de deux équations :

$$\begin{aligned} G + S + C &= \Sigma + P \\ B + P + C &= V \end{aligned}$$

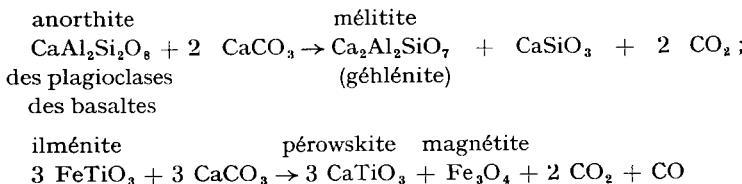
où Σ représente les syénites néphéliniques, etc.

La suite des réactions pourrait être schématisée de la façon suivante :

- (1) mobilisation hydrothermale de calcaires ou de dolomies sédimentaires, activée par la présence de solutions sodiques accumulées dans les schistes alumineux ou circulant dans le réseau des failles radiales.
- (2) migration des solutions calciques et sodiques dans les roches sialiques ambiantes.
- (3) métasomatose fénitisante, syénitisante et ijolitique avec apports de soude et de calcium et départ de potassium, de CO_2 (et d'aluminium éventuellement).
- (4) reprécipitation de la calcite des calcaires ou des dolomies et ankérites (éventuellement « dédolomitisées » ou « désankéritisées » avec formation de pyroxénites, etc...) dans les roches fénitisées et syénitisées. Sa concentration centripète en carbonatites.
- (5) capture du potassium (et de l'aluminium) avec ses éléments accompagnateurs (Rb, Ba, Ga) par le magma basaltique ou basanistique.
- (6) désilicatation et « feldspathoïdisation » simultanées du basalte par assimilation de calcite « carbonatitisée », accompagnée de Sr, La, Y, etc.
- (7) libération de nouvelles quantités de CO_2 nécessaires à l'activité explosive.

(8) formation des minéraux calciques spéciaux des laves ultrabasiques feldspathoïdiques.

Exemples : formation de mélilitite et de pérovskite.



(9) circulation des solutions thermales résiduelles (bicarbonatées calciques et chlorurées sodiques) ⁽¹⁾ dans le réseau des failles radiales et dépôt des travertins.

*Laboratoire de Minéralogie
de l'Université de Bruxelles,
1957.*

⁽¹⁾ Les analyses des eaux thermales de la région avoisinant les Virunga, données par F. DELHAYE (1942, p. 457) répondent bien à cette composition. Par contre, les eaux plus éloignées, du Sud-Kivu, dont les analyses sont publiées par M. J. Snel (1956, pp. 17 et 19) renferment, en outre, beaucoup de Mg⁺⁺ et de K⁺. S'agirait-il du K⁺ déplacé des roches sialiques par la métasomatose sodique et qui n'a pas trouvé d'emploi dans la « potassification » des basaltes ?

ANNEXES

I. — ÉTUDE PRÉLIMINAIRE DE LA RADIOACTIVITÉ DE QUELQUES ROCHES DU MASSIF DE KIRUMBA ET DE LA VALLÉE DE LA LUESHE

par

S. DEUTSCH et G. POULAERT,

attachées à l'Institut interuniversitaire des Sciences nucléaires.

La présence de minéraux rares ainsi que la fréquence du zircon dans les syénites de Kirumba et leur concentration relative dans la pegmatite d'ordosite de la vallée de la Tulabishia nous a incitées à entamer l'étude de la radioactivité de ces roches, dans le but de choisir les plus convenables pour la détermination éventuelle de leur âge absolu.

Nous avons aussi examiné à ce point de vue une busorite et une syénite néphélinique riches en cristaux très apparents de pyrochlore, provenant de la vallée de la Lueshe. Nous avons, en outre, étudié des cristaux isolés de pyrochlore et de zircon qui abondent dans les éluvions riches en aegyrine provenant de l'altération superficielle de la carbonatite de la Lueshe.

L'activité α de chaque roche a été mesurée par la méthode des émulsions pour recherches nucléaires, soit sur sections dressées, soit sur lames minces. Cette méthode ne permet que la détermination de l'activité globale. Celle-ci est exprimée en équivalents U. Les expositions

ont varié de trois semaines à quelques heures. Les teneurs respectives en U et Th des minéraux isolés ont été déterminées directement par spectrométrie γ (P. HURLEY, 1956).

Nous ne retiendrons, ici, que les objets qui ont donné des résultats positifs et dont les minéraux ont une activité supérieure à 10^{-3} g U par g.

1. — *Pegmatite d'ordosite de la rivière Tulabishia, Kirumba* (Dn 56.178¹ — C. 5244, v. p. 79 et suiv.).

L'étude en lames minces montre la présence de divers minéraux en faibles pourcentages et d'activités variables (*Pl. XXII*). Voici quelques chiffres obtenus :

Zircons (n°s 1, 5, 6, 8, 9 et 10 sur la photo)	0,7 % équiv. U/g
Cérite probable (n°s 10' et 11 sur la photo)	15,0 % équiv. »
Chevkinite possible (n° 3 sur la photo)	5,0 % équiv. »
Cristaux bruns diffus indéterminables (p. ex. n° 13)..	0,4 % équiv. »

La photo 1, *Pl. XXIII* montre un cristal de cérite (point n° 10') et la photo 2 l'activité α correspondante enregistrée par la plaque après une exposition de 3 semaines. La photo 1, *Pl. XXIV* montre un zircon (point 10) et la photo 2, l'activité correspondante pour le même temps d'exposition.

2. — *Syénite néphelinique à pyrochlore de la colline de Busoro* (Dn 56.136 — C. 5194, v. p. 116) et *busorite* (Dn 56.105 — C. 5159) de la vallée de la Lueshe.

Les deux échantillons étudiés sur plaques dressées contiennent des pyrochlores et des zircons. Sur une surface de 25 cm² on a trouvé environ 2 % de pyrochlores. Leur dimension varie de quelques mm à moins de 100 μ (*Pl. XXI, 3*). Leur radioactivité est principalement due à l'uranium dont les teneurs varient de 2 à 0,3 10^{-2} g U/g de minéral. Il est intéressant de noter que les cristaux les plus grands présentent les activités

spécifiques les plus fortes. Les zircons, en pourcentage plus faible, ont une teneur moyenne de 10^{-3} g U/g.

3. — *Pyrochlores et zircons de la carbonatite de la Lueshe (Dn 56.132¹).*

A partir des éluvions, on a isolé 6 g de pyrochlore et 3 g de zircon par triage manuel. Les dimensions des cristaux triés varient de 0,5 à 8 mm. Les zircons représentent une fraction de pourcent du poids des éluvions lavées et les pyrochlores environ 1 %.

Les concentrations mesurées par spectrométrie γ sont 1.10^{-3} g de Th. et 7.10^{-3} g d'U par g de pyrochlore.

Vu la faible activité des zircons, l'uranium et le thorium n'ont pu y être déterminés séparément. L'activité γ totale correspond à $0,5.10^{-3}$ g U/g de zircon.

Les résultats obtenus sur les pyrochlores et les zircons de la vallée de la Lueshe sont groupés dans le tableau ci-après :

Tableau 37.

Roche	Minéral	Teneurs en U en g/g (moyennes)	Teneurs en Th en g/g (moyennes)
Syénite néphélinique de Busoro et busorite	Pyrochlore	10.10^{-3}	1.10^{-3}
	Zircon	1.10^{-3}	équiv. U
Éluvions de la carbonatite	Pyrochlore	7.10^{-3}	1.10^{-3}
	Zircon	$0,5.10^{-3}$	équiv. U

On notera qu'il n'y a pas de différence sensible entre les teneurs en radioéléments des pyrochlores des éluvions et celles des pyrochlores de la syénite en place et de la busorite, à Busoro.

On a vérifié au laboratoire que les pyrochlores ne perdent pas de radioéléments par lavage à l'acide chlorhydrique dilué.

Les pyrochlores des éluvions, aisément séparables, ainsi que ceux de la roche en place, semblent donc se prêter, par leur teneur suffisante en U et faible en Th, à une détermination d'âge par la méthode au Plomb. Pour une détermination chimique du rapport U : Pb, 1 g de pyrochlore serait nécessaire, alors que pour l'analyse isotopique du Pb, il faudrait partir d'une prise d'au moins 10 g.

*Laboratoire de Physique nucléaire
de l'Université de Bruxelles.
1957.*

II. — NOTE DE M.-E. DENAEYER ET J. JEDWAB

L'un de nous (M.-E. DENAEYER) a découvert le pyrochlore de la Lueshe en examinant, au cours de sa mission de 1956, un gros bloc de busorite sur lequel de petits octaèdres foncés étaient bien visibles à la loupe. Il les isola ensuite en triant les éluvions de la carbonatite. Un lot de ces cristaux fut envoyé à son laboratoire où J. JEDWAB identifia par analyse spectrale : le niobium, le calcium, le sodium et le titane et conclut qu'il s'agissait de pyrochlore typique.

Une analyse qualitative par fluorescence aux rayons X fut également exécutée en vue d'apprecier les teneurs relatives en niobium et tantale. Un appareil Norelco mis gracieusement à notre disposition par la société Philips, à Bruxelles, a fourni un spectre entre les angles $2\theta = 10^\circ$ et 60° avec un cristal analyseur de quartz. Ce domaine spectral couvre les raies principales du Nb et du Ta.

On a pu observer toutes les raies du niobium :

$$\begin{aligned}K\alpha &= 12.85 - 25.83 - 53.10 \\K\beta &= 11.40 - 22.96 - 59.65\end{aligned}$$

mais aucune raie du tantale n'est apparue. (La raie la plus intense, La_1 , aurait dû se marquer pour $2\theta = 26.32$).

Les raies des éléments suivants ont également été observées :

Sr, La, Y et Fe.

BIBLIOGRAPHIE

1. AGASSIZ, J. F. (1954), Géologie et pegmatites stannifères de la région de Mumba-Numbi, Kivu, *Publ. Comité nat. du Kivu*, n. s., n° 7, 78 pp., 1 carte h. t.
2. BARTH, T. F. W. (1952), *Theoretical Petrology*, 387 pp., N. Y. and London.
3. BÉTHUNE, P. de (1952), Études pétrographiques dans les Monts Ruindi *Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain.*, t. XVI, fasc. IV, pp. 223 à 299, 18 fig., pl. XI à XVI.
4. BÉTHUNE, P. de (1956 a), Caractères pétrographiques des carbonatites de la Lueshe (Kivu, C. B.), *Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. LXXX, pp. B 63 à B 66.
5. BÉTHUNE, P. de (1956 b), La busorite, une roche feldspathoïdale nouvelle, du Kivu, *Bull. Soc. belge Géol.*, t. LXV, pp. 394 à 399.
6. BÉTHUNE, (P. de) et MEYER, A. (1956), Les carbonatites de la Lueshe (Kivu, C. B.), *C. R. Ac. Sc.*, Paris, t. 243, pp. 1132 à 1134.
7. BÉTHUNE, (P. de) et MEYER, A. (1957), Carbonatites in Kivu, *Nature*, vol. 179, pp. 270 à 271.
8. BLAISE, F. (1934), Géologie des terrains situés au Nord Ouest du Lac Kivu, *Ann. Soc. Géol. Belg.*, *Publ. Congo*, t. 57, pp. C 139 à 148, 1 carte h. t.
9. BORGNIER, G. (1944), Observations géologiques au Kivu, *Bull. Ass. Ing. Fac. techn. Hainaut à Mons*, Sect. congolaise, n° 5, pp. 25 à 47.
10. BORODIN, L. S. (1957), On types of carbonatite deposits and their connection with massifs of ultrabasic Alkaline Rocks (en russe), *Izvest. Akad. Nauk SSSR*, Serv. géol., t. 5, pp. 3 à 16, 7 fig.
11. BOWEN, N. L. (1924), The Fen area in Telemark, Norway, *Carnegie Inst. Washington*, Paper n° 526, Geophys. Labor.; *Amer. Jour. Sc.*, ser. 4, vol. 8, p. 1.
12. BOWEN, N. L. (1937), Recent high temperature research on silicates and its significance in Igneous Geology, *Amer. Jour. Sc.*, vol. 33, pp. 1 à 21.
13. BOWEN, N. L. et SCHAIRER, J. F. (1929), The fusion relations of acmite. *Amer. Jour. Sc.*, 5^e s., vol. 18, pp. 365 à 374.
14. BURY, C. R. et REDD, R. (1933), The system Sodium Carbonate — Calcium Carbonate — Water, *Jour. Chem. Soc. London*, part II, pp. 1160 à 1162.
15. BUTAKOFF, N. (1939), Géologie des terrains situés à l'ouest et au nord

- ouest du fossé tectonique du Kivu (Résultats scientifiques de la mission du Comité national du Kivu), *Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain*, t. IX, fasc. I, 1 pl. coupes, 1 carte géol. en couleurs, h. t.
16. BUTAKOFF, N. (1956), Les massifs volcaniques du Kahusi et du Biega (Kivu), *Mém. Inst. Geol. Univ. Louvain*, t. IX, fasc. 4, 41 p., VIII pl.
 17. CAMPBELL SMITH, W. (1956), A review of some Problems of African Carbonatites, *Quart. Jour. Geol. Soc. London*, vol. 112, pp. 189 à 220.
 18. CANTONI, H. et GOGUELIA, G. (1905), Recherches relatives à la décomposition des carbonates alcalino-terreux par les chlorures alcalins en présence d'eau, *Bull. Soc. Chim. Paris*, 3^e s., t. XXXIII, pp. 13 à 27.
 19. CHRISTOPHE-MICHEL-LÉVY, M. (1953), Reproduction artificielle de minéraux qui apparaissent dans le métamorphisme de contact du granite, *Bull. Soc. Fr. Minér. et Crist.*, t. 76, pp. 237 à 293.
 20. CHRISTOPHE-MICHEL-LÉVY, M. (1954), Reproduction synthétique de minéraux voisins de l'aegyrite par voie hydrothermale, II. — Température de formation de l'aegyrite, *Bull. Soc. Fr. Minér. et Crist.*, t. 77, pp. 1328 à 1329.
 21. CHRISTOPHE-MICHEL-LÉVY, M. (1956), Reproduction artificielle des grenats calciques : grossulaire et andradite. *Bull. Soc. Fr. Minér. et Crist.*, t. 79, pp. 124 à 128.
 22. DALY, R. A. (1933), Igneous Rocks and the Depths of the Earth, 598 pp., N. Y. and London.
 23. DAVIES, K. A. (1956), The Geology of part of South East Uganda, with special reference to the alcaline complexes, *Mem. Geol. Surv. Uganda*, Entebbe, n° VIII, 76 pp., 1 carte géol. en couleurs h. t.
 24. DE KEYSER, W. L. et DEGUELDRÉ, L. (1950), Contribution à l'étude de la formation de la calcite, aragonite, vaterite, *Bull. Soc. chim. Belges*, t. 59, pp. 41 à 71.
 25. DELHAYE, F. (1942), Les volcans au nord du lac Kivu, *Bull. Inst. Roy. Col. Belge*, t. 12, pp. 409 à 459.
 26. DELHAYE, F. et SALÉE, A. (1928), *Carte géologique du Ruanda-Urundi* au 1 : 200.000. Uccle.
 27. DENAEYER, M.-E. (1957 a), Résultats préliminaires d'une mission volcanologique au Congo belge, *Bull. Inst. R. Col. Belge*, n. s., t. III, 3, pp. 659 à 684.
 28. DENAEYER, M.-E. (1957 b), Les syénites métasomatiques de Kirumba (Kivu) et le caractère potassique des laves des Virunga, *C. R. Ac. Sc.*, Paris, t. 245, pp. 1448-1451.
 29. DENAEYER, M.-E. et HART, H. (1954), Mission géologique de l'Office des Cités africaines (1952), *Mém. Inst. R. Col. Belge*, Sect. des Sc. techn., coll. in-8°, t. X, fasc. 4, 228 pp.
 30. DUBRISAY, R. et FRANÇOIS, R. (1931), Solubilité du carbonate de calcium dans l'eau en présence de chlorures alcalins, *C. R. Ac. Sc.*, Paris, t. 192, pp. 741 à 743.

31. EMSCHWILLER, G. et CHARLOT, G. (1938), Sur la solubilité du carbonate de calcium dans les solutions de sels ammoniacaux, *C. R. Ac. Sc.*, Paris, t. 206, pp. 1115 à 1117.
32. ESHWAR, R. S. et DATAR, D. S. (1954), Effect of silica on extraction of potash from feldspar, *Proc. Indian Sc. Congres*, 41^e Congr. P. III, p. 111.
33. FREAR, G. L. et JOHNSTON, J. (1929), The solubility of calcium carbonate in certain aqueous solution at 25° C, *Jour. Amer. Chem. Soc.*, vol. 51, pp. 2082 à 2093.
34. FRIEDEL, Ch. et G. (1890), Action des alcalis et des terres alcalines, des silicates alcalins et de quelques solutions salines sur le mica : production de la néphéline, de la sodalithe, de l'amphigène, de l'orthose, de l'anorthite, *C. R. Ac. Sc.*, Paris, t. 110, pp. 1170 à 1178.
35. FRIEDEL, Ch. et G. (1891), Action du sulfate de sodium et du carbonate de sodium sur le mica, en présence de soude, *Bull. Soc. Fr. de Minér.* t. 14, pp. 69 à 73.
36. FRIEDEL, G. (1891), Production du corindon et du diaspore par voie humide, en liqueur alcaline, *Bull. Soc. Fr. Minér.*, t. 14, pp. 7 à 10.
37. FRIEDEL, G. (1912), Synthèse de la néphéline potassique, *Bull. Soc. Fr. Minér.*, t. 35, pp. 471 à 480.
38. GOLDSCHMIDT, V. (1923), Atlas der Krystalformen, t. IX, pp. 221 à 226.
39. GOLDSCHMIDT, V. M. (1954), Geochemistry, 730 pp., éd. Alex Muir, Oxford.
40. GROVES, W. A. (1935). The Charmockite series of Uganda, British East Africa, *Quart. Jour. Geol. Soc.*, t. 91, p. 196.
41. HARKER, A. (1909), The natural History of Igneous Rocks, 384 pp., N. Y.
42. HIGAZI, R. A. (1954), Trace elements of volcanic ultrabasic potassic rocks of southwestern Uganda and adjoining part of the Belgian Congo, *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 65, pp. 39 à 70, 2 fig.
43. HOLMES, A. (1940), Basaltic lavas of South Kivu, Belgian Congo, *Geol. Mag.*, vol. 77, pp. 89 à 101.
44. HOLMES, A. (1945), Leucitized granite xenoliths from the potashrich lavas of Bunyaruguru, *Amer. Jour. Sc.* (Daly Volume) vol. 243 A, pp. 313 à 322.
45. HOLMES, A. (1950), Petrogenesis of Katungite and its associates, *Amer. Miner.*, t. 35, pp. 772 à 792.
46. HOLMES, A. et HARWOOD, H. E. (1937), The volcanic Area of Bufumbiro. The Petrology of the Volcanic Field of Bufumbiro, South-West Uganda, *Geol. Surv. Uganda*, Mem. III, Part II, 330 pp. 8 fig, 5 pl., Entebbe.
47. HURLEY, P. (1956), *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 67, p. 395.
48. KAZMITCHEFF, A. (1936), Contribution à l'étude des roches éruptives et métamorphiques du Kivu (Résultats scientifiques de la mission géologique du Comité national du Kivu), *Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain*, t. IX, fasc. VII, 48 pp., 21 fig., carte h. t.

49. LACROIX, A. (1917). La composition chimique de la vaugnérite et la position de cette roche dans la systématique, *Bull. Soc. Franç. Minér.*, t. 40, p. 158 à 162.
50. LACROIX, A. (1922), Minéralogie de Madagascar, t. I, 624 pp., Paris.
51. LACROIX, A. (1923). La notion de type doliomorphe en lithologie, *C. R. Ac. Sc.*, Paris, t. 177, pp. 661 à 666. Errata p. 804.
52. LACROIX, A. (1925). Sur un nouveau type de roche éruptive alcaline mésocrate (ordosite) (Chine septentrionale), *C. R. Ac. Sc.*, Paris, t. 180, pp. 481 à 484, Errata p. 1230.
53. LACROIX, A. (1933), Classification des Roches éruptives. Paris.
54. LACROIX, A. et DELHAYE, F. (1927), Sur l'existence de syénites néophéliniques dans la région de Rutshuru, (graben central africain), *C. R. Ac. Sc.*, Paris, t. 185, pp. 589 à 593.
55. LOMBARD, J. (1955), Caractères généraux des occurrences de carbonatites ; minéraux associés, *La Chron. des Mines Col.*, 23^e année, n° 234, pp. 310 à 316.
56. MILLER, J. P. (1952), A portion of the system Calcium carbonate — Carbon dioxyde — Water, with geological implications, *Amer. Jour. Sc.*, vol. 250, pp. 161 à 203.
57. MONTORIOL POUS, J. y ASSENS CAPARROS, J. (1957), Sobre el papel desempeñado por el efecto salino en la génesis de ciertas cavidades kársticas desarrolladas en las líneas de costa, *Speleon*, Univ. de Oviedo, Fac. de Ciencias, t. VIII, n^os 1 à 4, pp. 81 à 88.
58. NIEUWENKAMP, W. (1956), Géochimie classique et transformiste, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, Paris, 6^e s., t. VI, pp. 407 à 429.
59. NOCKOLDS, S. R. (1947), The relation between chemical composition and paragenesis in the biotite mica of igneous Rocks, *Amer. Jour. Sc.*, vol. 245, pp. 401 à 420.
60. PASTEELS, P. (1959), Géologie et pétrographie du massif de Kirotshe, *Mém. Inst. R. Col. Belge, Cl. Sc. techn.* (sous presse).
61. PECORA, W. T. (1956), Carbonatites : a Review, *Bull. Geol. Soc., Amer.*, vol. 67, pp. 1537 à 1566.
62. PERRIN, R. et ROUBAULT, M. (1937), Les réactions à l'état solide et la géologie, *Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, 5^e s., Pétrographie, n^o 1, 66 pp. 2 pl.
63. RANKANA, K. et SAHAMA, Th. G. (1954), Geoquímica (trad. J. Bolívar Izquierdo), 862 pp., Madrid.
64. RITTMANN, A. (1933), Die Geologisch bedingte Evolution und Differentiation des Somma-Vesugmagmas, *Zeit. der Vulkanologie*, t 15, pp. 8 à 94.
65. SALÉE, A. (1928), Constitution géologique du Ruanda Oriental, *Mém. Inst. géol. Univ. Louvain*, t. V, fasc. II, 166 pp., 3 cartes h. t.
66. SHAND, S. J. (1945), The present status of Daly's hypothesis of the alkaline Rocks, *Amer. Jour. Sc.*, Daly Volume, 243A, pp. 495 à 507.
67. SHAND, S. J. (1949), Eruptive Rocks, 3th Rev. Ed., 4th Impr., 488 pp., London and N. Y.

68. SNEL, M. J. (1956), Étude de la formation des travertins calcaires dans la province du Kivu, *Serv. Géol. du C. B. et R. U.*, Bull. n° 7, fasc. 1, 32 p.
69. STUMPER, R. (1933), Die physikalische Chemie der Kesselsteinbildung und ihrer Verhütung, *Sammlung chem. u chem.-technischer Vorträge*, N. F., H. 3, 2^{te} Aufl., Stuttgart, 74 pp.
70. TERMIER, H. et G. (1956). L'évolution de la lithosphère. I, Pétronégenèse, 653 pp., Masson Ed., Paris.
71. THOREAU, J. (1931), Une syénite néphelinique de l'Urundi, *Bull. Soc. Belge Géol.*, Bruxelles, t. XLI, pp. 262 à 265.
72. THOREAU, J. (1932), Le massif alcalin de la Haute Ruvubu (Urundi), *Bull. Ac. Roy. Belg., Cl. des Sc.*, 5^e s., t. XVIII, n° 10, pp. 877 à 883.
73. THOREAU, J. (1956), Le granite à riébeckite de la région du Kahusi, Kivu, *Bull. Ac. Roy. Sc. Col.*, n. s., t. II, fasc. 3, pp. 408 à 413.
74. TILMANS, J. et HEUBLEIN, O. (1912), Über die Kolensauren Kalk angreifende Kohlensaüre der natürliche Wasser, *Gesundheits. Ing. Jahrb.* n° 34, pp. 669 à 677.
75. TURNER, F. J. et VERHOOGEN, J. (1951), Igneous and Metamorphic Petrology, 602 pp., N. Y., London.
76. VALLÉE POUSSIN, J. DE LA (1939), Itinéraires géologiques au Kivu (Résultats scientifiques de la Mission géologique du Comité national du Kivu), *Mém. Inst. géol. Univ. Louvain*, t. IX, fasc. I, pp. 209 à 279, pl. I à V.
77. WATERS, A. C. (1955), Volcanic Rocks and the tectonic cycle in Crust of the Earth, ed. A. Poldervaart, *Geol. Soc. Amer.*, Special Paper 62, pp. 717 à 720.
78. WINCHELL, A. et H. (1951), Elements of optical Mineralogy. Part, II, Description of Minerals, 4^e éd., 551 pp., N. Y. and London.
79. WYART, J. (1954), Reproduction synthétique de minéraux voisins de l'aegyrite par voie hydrothermale, I. — Synthèse de l'aegyrite NaFeSi₂O₆ et de l'aegyrite potassique KFeSi₂O₆, *Bull. Soc. Fr. Minér. et Crist.*, t. 77, pp. 1322 à 1327.
80. WYART, J. et CHRISTOPHE-MICHEL-LÉVY, M. (1955), Reproduction hydrothermale des feldspathoïdes du groupe de la néphéline et de la sodalite, *Bull. Soc. Fr. Minér. et Crist.*, t. 78, pp. 577 à 584.
81. WYART, J. et MICHEL-LÉVY, M. (1954), Cristallisation du mélange Na_xK_{1-x} en présence d'eau sous pression (formation de néphéline, kalsilite, hydrocancrinite, hydrosodalite, mica), *C. R. Ac. Sc.*, Paris, t. 229, pp. 131 à 133.
82. WYART, J. et SABATIER, G. (1956 a), Mobilité des ions alcalins et alcalino-terreux dans les feldspaths, *Bull. Soc. Fr. Minér. et Crist.*, t. 79, pp. 444 à 448.
83. WYART, J. et SABATIER, G. (1956 b), Transformations mutuelles des feldspaths alcalins. Reproductions du microcline et de l'albite, *Bull. Soc. Fr. Minér. et Crist.*, t. 79, pp. 574 à 581.

PHOTO- ET MICROPHOTOGRAPHIES HORS TEXTE ET EXPLICATION DES PLANCHES

N.B. Sauf mention contraire, les microphotographies sont dues à la collaboration de M^{me} DISERANT. Les macrophotographies ont été exécutées par l'auteur.

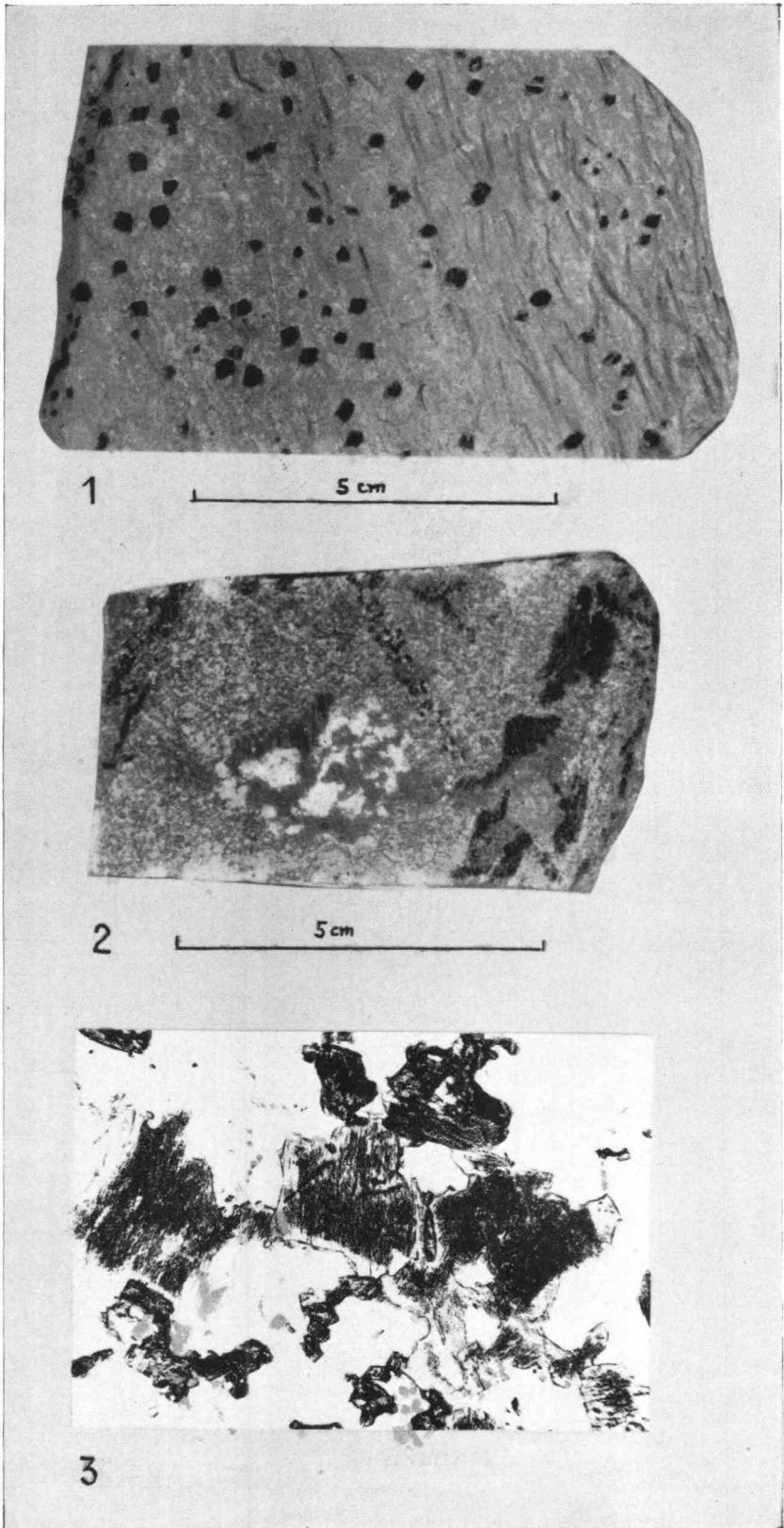


PLANCHE I.

1. *Muscovitoschiste* (Dn 56.195 – C.5262) Km 4-5, route de Kirumba, extrémité nord du marais de la Tshandao. Grandeur naturelle.

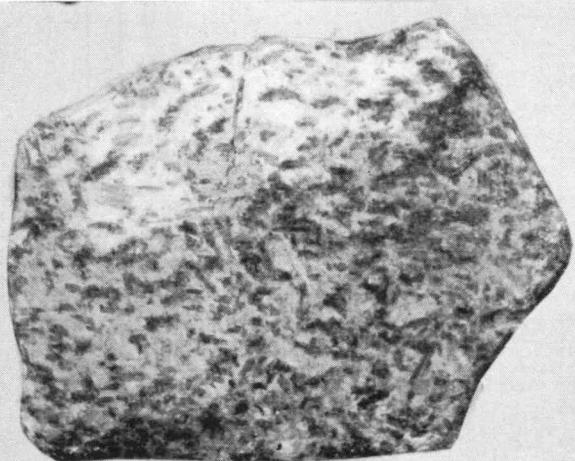
Surface parsemée de cavités cubiques à résidu de limonite, dues à la dissolution de la pyrite.

2. *Quartzite fénitisé* (Dn 56.191 – C.5258) Km 6 route de Kirumba, extrémité nord du marais de la Tshandao. Grandeur naturelle.

Veines noires et grains foncés formés d'imérinite et de pyroxènes sodiques.

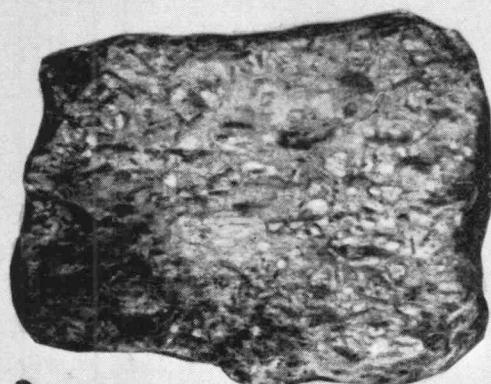
3. *Quartzite fénitisé* (idem). Lum. nat. Gross. 70 x.

Nombreux cristaux d'imérinite chargés d'inclusions fibreuses. Vers les bords supérieur et inférieur : cristaux d'aegyrine et d'augite aegyrinique. Fond de quartz incolore.



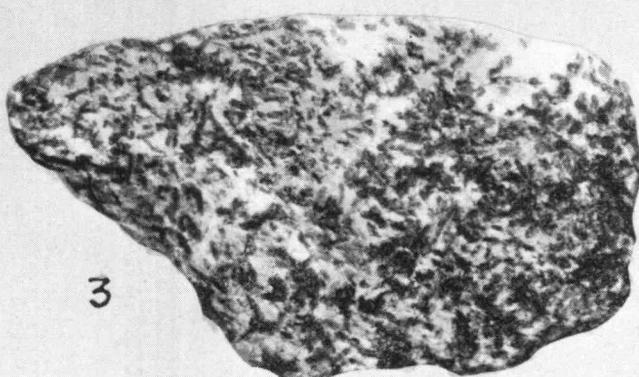
1

5 cm



2

5 cm



3

5 cm

PLANCHE II.

1. *Syénite à muscovite* (Dn 56.171 – C.5237) Village Ruashona.

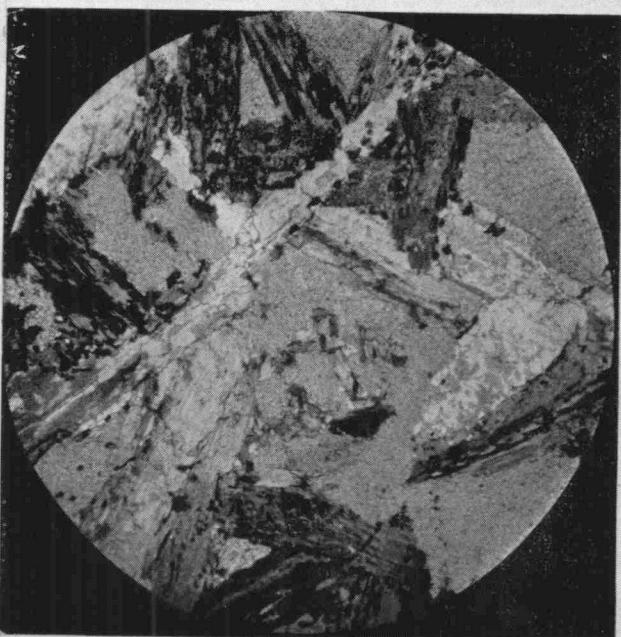
Feldspaths blancs allongés et muscovite grise.

2. *Syénite à deux micas* (Dn 56.163⁵ – C.5256) Bushashire III.

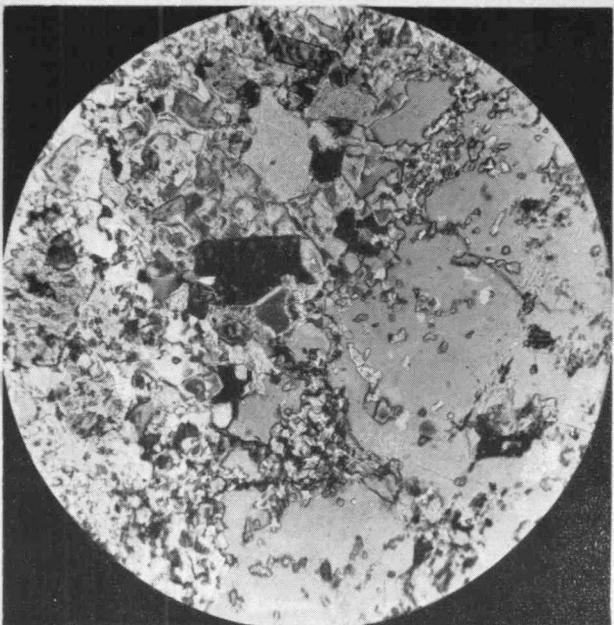
Feldspaths en amandes et aspect cataclastique.

3. *Syénite à deux micas* (Dn 56.167 – C.5233) Au dessus du village de Ruashona.

Structure grenue à nids de mica noir.



1



2

PLANCHE III.

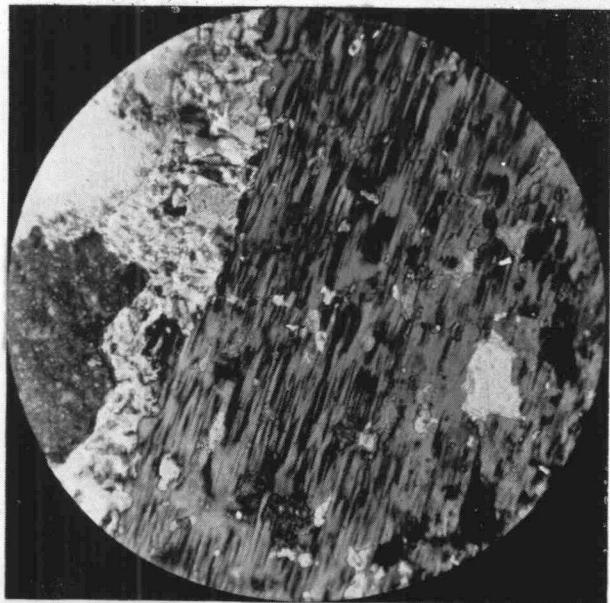
1. *Syénite à muscovite* (Dn 56.163⁶ – C.5227) Bushashire III.
Micrphoto. Nicols X. Gross. 15 x.

Cristaux d'albite allongés, rayonnants et finement maclés, contenant des résidus de microcline non maclé (antiperthite). Les intervalles entre les feldspaths sont garnis de muscovite microcristalline. Au centre de la figure, cristaux de feldspaths naissants.

2. *Syénite à muscovite* (Dn 56.166 – C.5232) Crête de Kirumba.
Micrphoto. Nicols X. Gross. 120 x.

Développement du feldspath (à l'éclairement commun) aux dépens de la muscovite microcristalline. Celle-ci forme des traînées irrégulières, des essaims ou bien subsiste en monocrystaux au sein du feldspath dont les contours sont irréguliers et déchiquetés.

1



2



3



PLANCHE IV.

1. *Syénite à muscovite* (Dn 56.166 - C 5232) Crête de Kirumba.
Nicols x. Gross. 120 x.

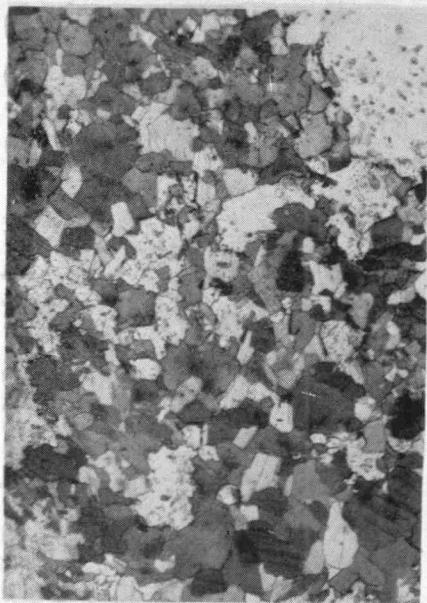
Grand cristal maclé d'albite I englobant des inclusions de calcite en accord d'orientation optique avec deux plages de calcite visibles à gauche et séparées de l'albite par une bande de muscovite. La plage du bas est presque à l'extinction en même temps que trois ou quatre inclusions de la partie inférieure du cristal d'albite. La plage du haut est au maximum d'éclairement ainsi que toutes les autres inclusions de calcite dans l'albite (points clairs bordés de franges visibles à la loupe ; les plus blancs sont des inclusions de muscovite).

2. *Syénite à muscovite* (idem) Lum. nat. Gross. 150 x.

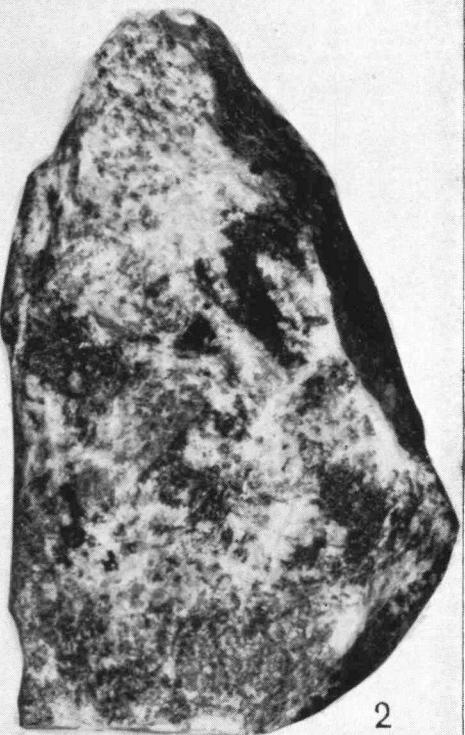
Biotite fortement polychroïque (en noir sur la photo) naissant par réaction entre la muscovite (plages chagrinées) et l'hématite. Structure « en sandwich ».

3. *Syénite à deux micas* (Dn 56.163⁵ - C.5256) Bushashire III.
Lum. nat. Gross. 150 x.

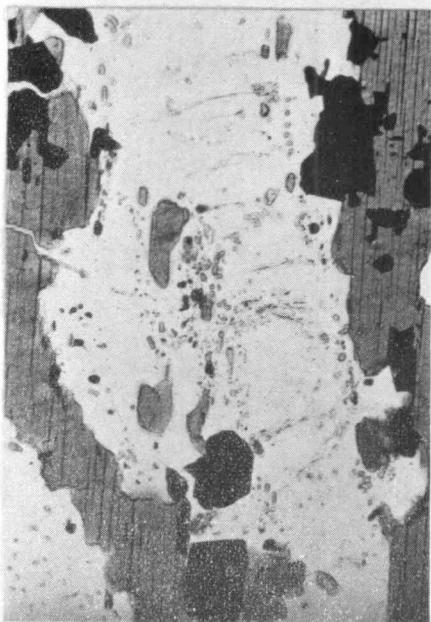
Biotite naissante, diffuse et en traînées dans la muscovite.
A droite, extrémité d'un prisme de tourmaline.



1



2



4



3

PLANCHE V.

1. *Syénite à biotite* (Dr. 11 - Mus. Σ^{325}). Piste Kirumba-Ruashona. Lum. nat. Gross. 102 x. Photo Stessel.

Agrégat microgranoblastique de biotite, de phlogopite et d'albite II. La biotite est riche en inclusions de zircon entourées de halos polychroïques. L'albite, en grains xénomorphes, est criblée d'inclusions de biotite résiduelle (bien visibles dans la plage du coin droit supérieur) et de granules opaques.

2. *Syénite à biotite* (Dn 56.164 - C.5230) Crête de Kirumba.

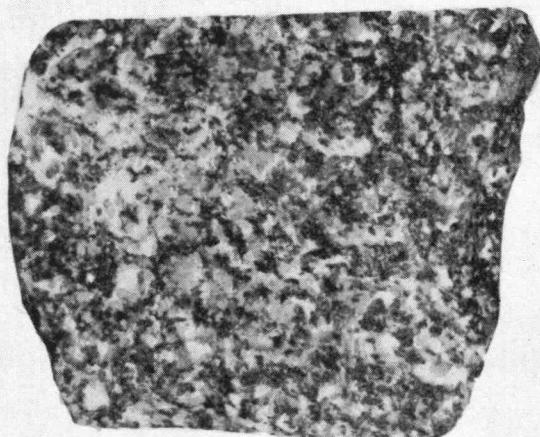
Grands feldspaths blancs et biotite en nids. Aspect hétérogène rappelant la structure porphyroïde.

3. *Syénite à biotite* (idem). Nicols x. Gross. 170 x.

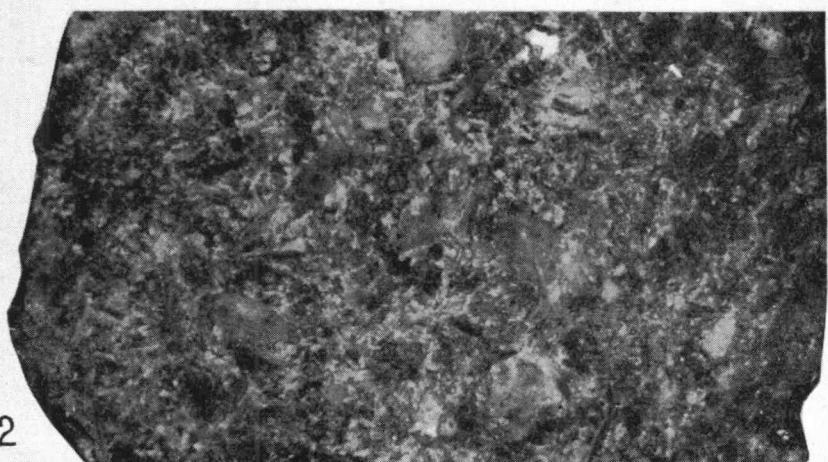
Cristal de microcline à macles méandriformes et inclusions de calcite.

4. *Syénite à biotite* (idem) Lum. nat. Gross. 105 x.

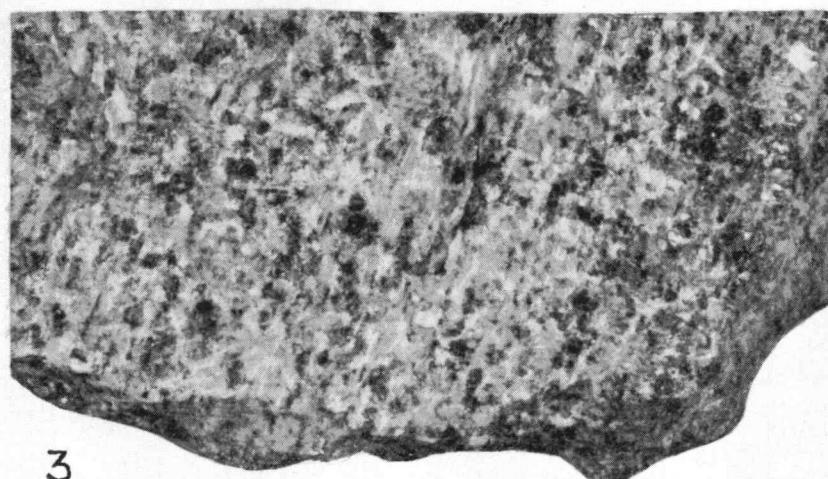
Albite II renfermant des files d'inclusions de biotite résiduelle en continuité d'orientation rigoureuse avec les lames déchiquetées de biotite englobante. En noir : cristaux de magnétite.



5 cm



5 cm



5 cm

PLANCHE VI.

1. *Syénite néphélinique à sodalite blanche et cancrinite* (Dn 56.178 – C.5244). Rive droite de la Tulabishia, massif de Kirumba.

Type grenu. Roche encaissante des filons d'« ordosite ».

2. *Syénite à sodalite et cancrinite* (Dn 56.176 – C.5242) Bushashire III.

Type à gros grain. Gros feldspaths gris aplatis suivant (010) et plages xénomorphes de sodalite bleue.

3. *Syénite à sodalite bleue et cancrinite* (Dn 56.173 – C.5239). Piste de Kirumba à Ruashona.

Type réglé d'aspect gneissique.

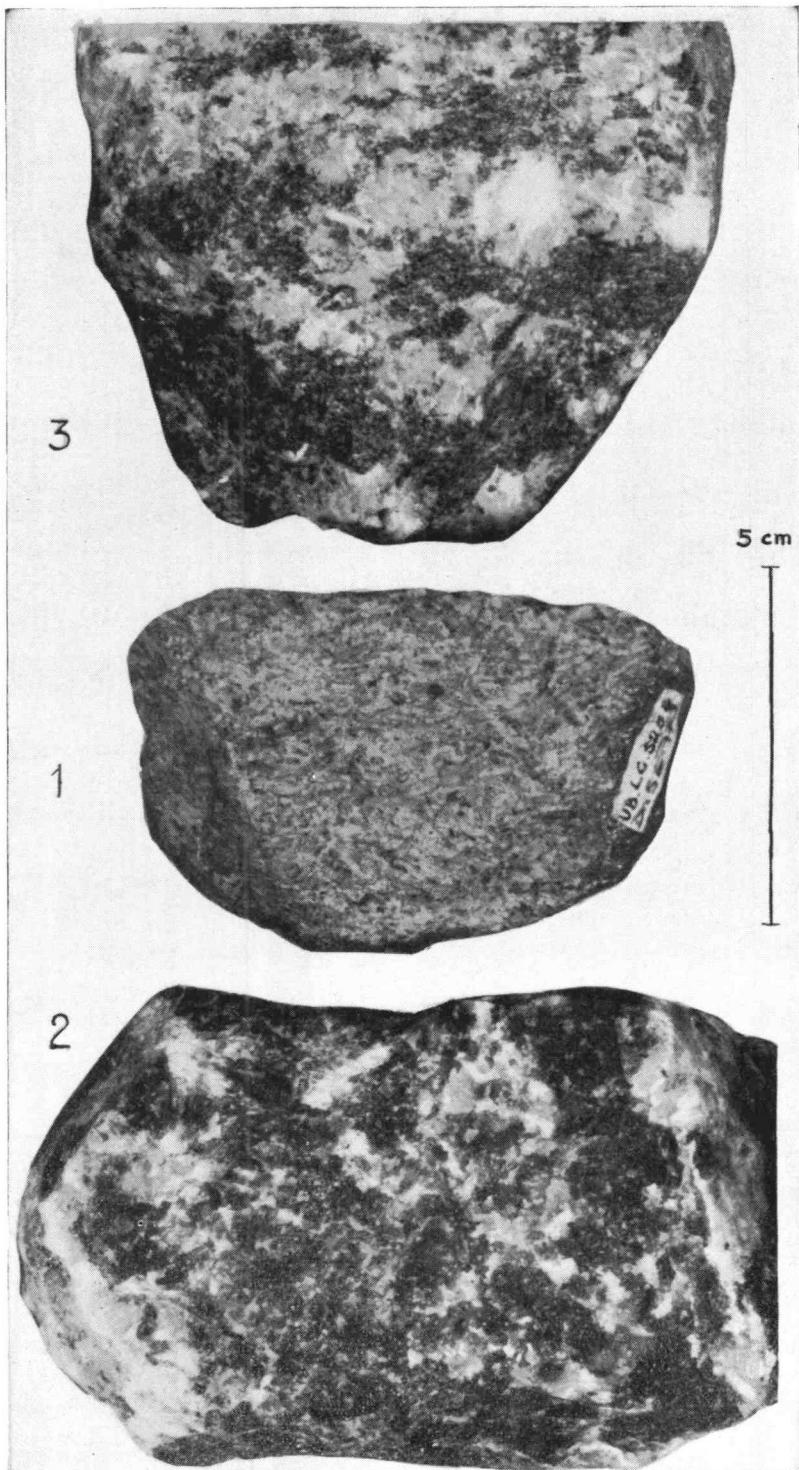


PLANCHE VII.

1. *Syénite néphélinique à sodalite blanche et cancrinite.* (Dn 56.172 – C.5238). Piste Kirumba-Ruashona.

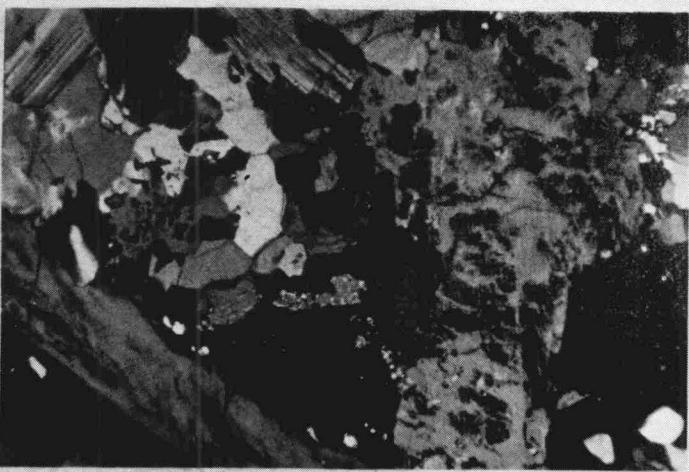
Type réglé à feldspaths allongés, d'aspect gneissique.

2. *Syénite néphélinique à sodalite et cancrinite.* (Dn 56.185 – C.5251) Confluent Tulabishia-Tshandao.

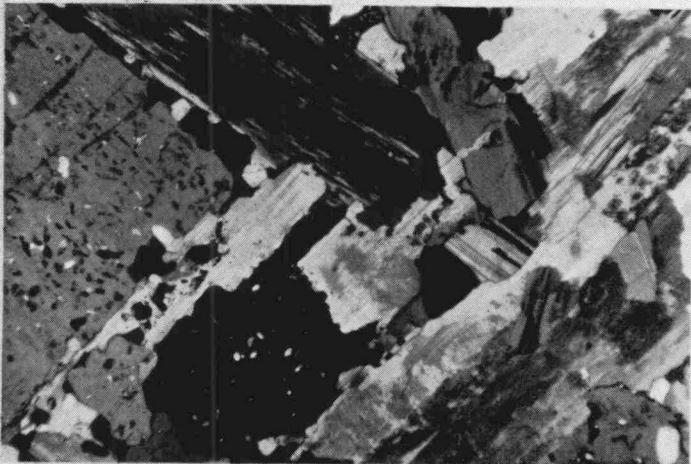
Type pegmatitique. Grands feldspaths blancs grenus ou monocrystallins foncés.

3. *Syénite néphélinique à sodalite et cancrinite* (Dn 56.162 – C.5221) Piste Bushashire II-III.

Type porphyroïde hétérogène. Grands cristaux de feldspaths blancs et « pâte » foncée à grain très fin, riche en barylites.



1



2



3

PLANCHE VIII.

1. *Syénite néphelinique à sodalite incolore et cancrinite* (Mus. Σ^{322}). Escarpement de Kirumba. Nicols x. Gross. 102 x. Photo FOSTIER.

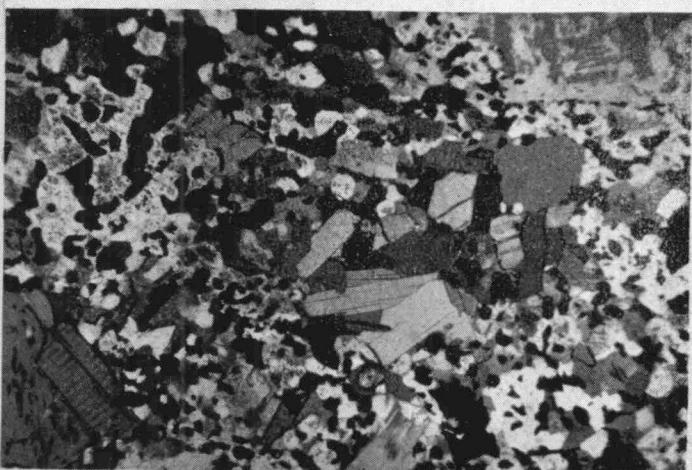
Structure foyaïtique. Cristaux allongés de microcline albitisé limitant une aire triangulaire garnie de cancrinite (losite) granoblastique. A droite en bas : plage de sodalite à inclusions de losite.

2. *Syénite néphelinique à sodalite bleue et cancrinite*. (Mus. Σ^{264}). Escarpement de Kirumba. Nicols x. Gross. 102 x, Photo FOSTIER.

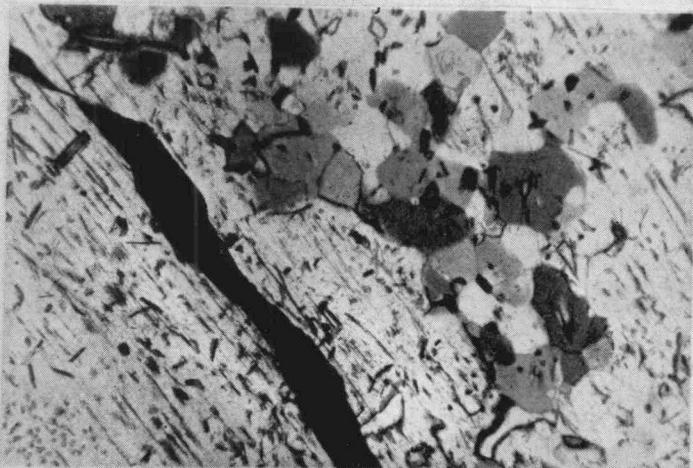
Structure foyaïtique. Amas de cristaux allongés de microcline albitisé dont les vides sont garnis de sodalite à inclusions de losite (plage noire du bord inférieur) et de néphéline (bord gauche).

3. *Syénite néphelinique à sodalite incolore et cancrinite*. (Mus. Σ^{323}) Rutshuru (?) Massif de Kirumba. Nicols x. Gross. 102. Photo ANDRÉ.

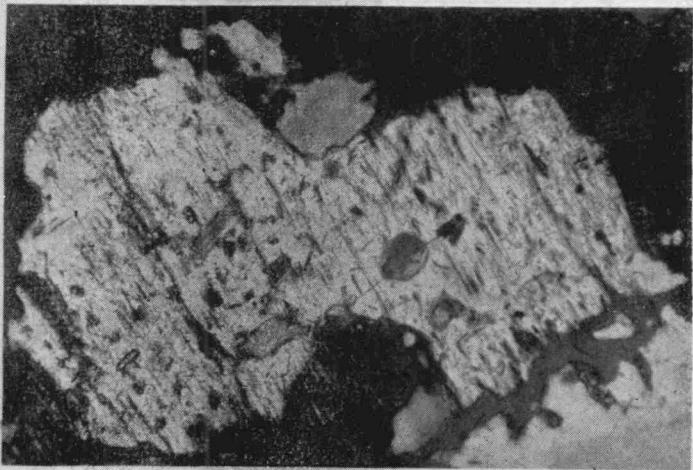
Structure foyaïtique. Cristaux allongés de feldspaths limitant une aire triangulaire garnie de sodalite et de cancrinite (losite).



1



2



3

PLANCHE IX.

1. *Syénite néphelinique à sodalite incolore et cancrinite* (Mus. Σ³²³) Rutshuru (?), massif de Kirumba. Nicols x. Gross. 102 x. photo ANDRÉ.

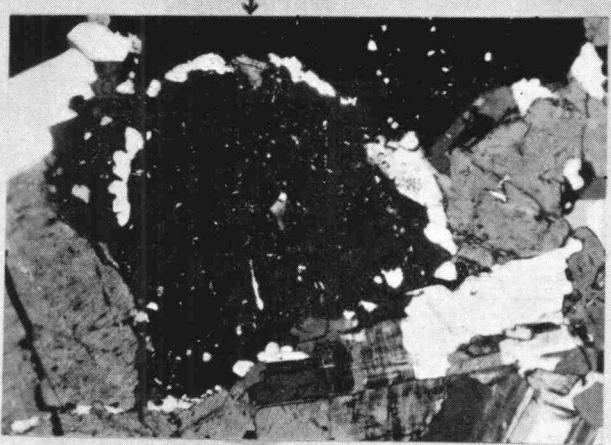
Agrégat granoblastique de biotite, d'albite II criblée d'inclusions indéterminées et de minerai opaque. A 1 cm au-dessus de « 1 » et un peu à droite : cristal de fluorite à noyau de sphène.

2. *Syénite néphelinique à gros grain* (Dn 56.189¹ – C.5256) Km 7 route de Kirumba. Nicols x. Gross. 102. Photo FOSTIER.

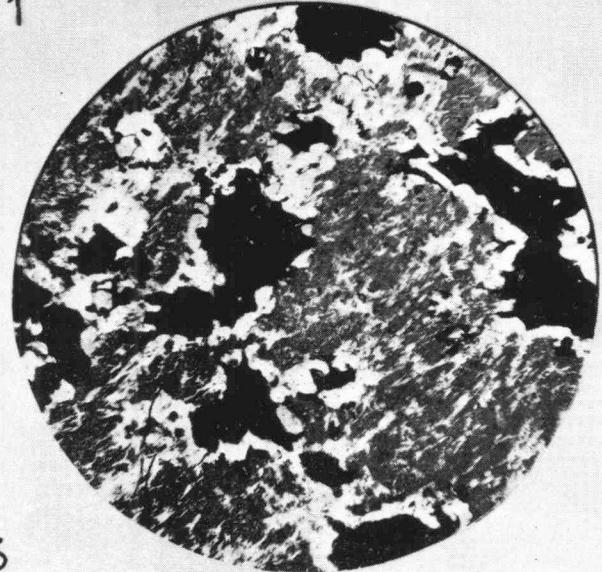
Grand cristal de néphéline à inclusions d'aegyrine aciculaire et englobant un agrégat de cancrinite (losite) et d'albite II.

3. *Syénite néphelinique à aegyrine à gros grain.* (Dn 56.190 – C.5257) même localité. Nicols x. Gross. 102 x. Photo ANDRÉ.

Cristal de néphéline à inclusions d'aegyrine aciculaire et de cancrinite (losite).



1



2

3



PLANCHE X.

1. *Syénite néphelinique à sodalite incolore et cancrinite* (Mus. Σ^{322}). Escarpement de Kirumba. Nicols x. Gross. 105 x.

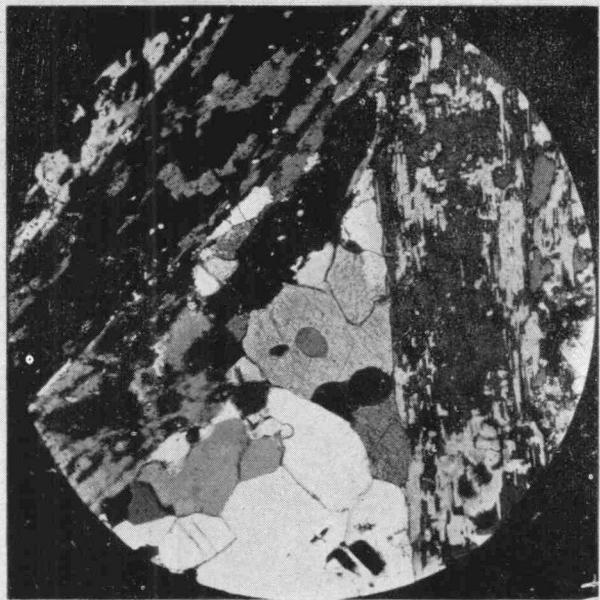
Cristal de néphéline à l'extinction entouré d'une couronne de petits cristaux de cancrinite (losite). Celle-ci forme aussi des files d'inclusions dans la néphéline. Quelques paillettes de muscovite résiduelle sont logées entre les cristaux de la couronne de losite ; l'une d'elle est visible sous la flèche du bord supérieur de la Photo.

2. *Syénite néphelinique à sodalite incolore et cancrinite*. (Dn 56.178 – C.5244). Rive droite de la Tulabishia, massif de Kirumba. Roche encaissante des filons d'ordosite. Nicols x. Gross. 52 x.

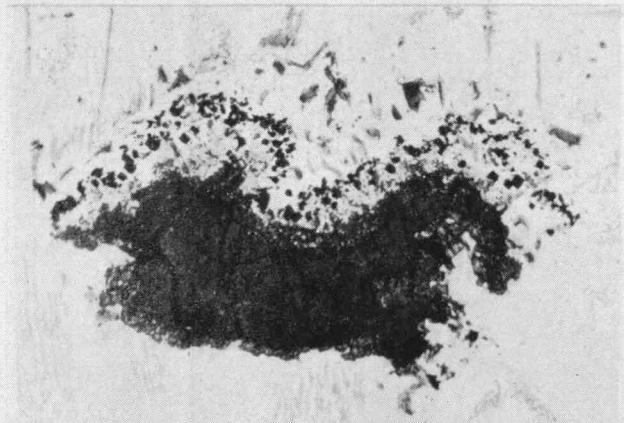
Association graphique : plages irrégulières de néphéline (à l'extinction) entourées d'auréoles d'albite (en blanc) passant à un cristal englobant unique de microperthite dont les veinules d'albite ont même orientation optique que l'albite des auréoles. Le microcline où se développe le chevelu de veinules d'albite est à l'éclairement commun de ses macles quadrillées.

3. *Syénite néphelinique à sodalite bleue et cancrinite* (Mus. Σ^{264}) Escarpement de Kirumba. Nicols x. Gross. 195 x. Photo FOSTIER.

Structure dactylotype. Fines arabesques de cancrinite (losite) dans la sodalite.



1



2



3

PLANCHE XI.

1. *Syénite à cancrinite et calcite* (Mus. Σ^{259}). Pied de l'escarpement de Kirumba. Nicols x. Gross. 55 x.

Structure foyaïtique. Dans le triangle formé par deux cristaux allongés de microcline à macles de l'albite méandriformes, est logé un agrégat de cristaux granoblastiques de calcite (cristaux à relief chagriné dans l'angle) et de cancrinite (losite) (cristaux sans relief, bord inférieur de la photo). De nombreuses inclusions de calcite existent aussi dans le feldspath.

2. *Syénite néphelinique à sodalite incolore et cancrinite* (Dn 56.163⁸ – C.5229) Bushashire III. Lum. nat. Gross 30 x.

Plage irrégulière (très sombre) d'aegyrine entourée d'une couronne réactionnelle formée successivement (de bas en haut) de mélanaïte, d'albite II (très claire) à inclusions résiduelles d'aegyrine et de biotite (grise), de magnétite (cristaux noirs formant un front parallèle aux contours de l'aegyrine) et (extérieurement) d'albite limpide contenant de nombreuses lamelles (grises) de biotite résiduelle. Le tout est entouré de micropertite et de néphéline peu visibles sur la photo.

3. *Syénite néphelinique à sodalite incolore et cancrinite.* (Dn 56.178 – C.5244) Rive droite de la Tulabishia. Roche encaissante des filons d'ordosite (Massif de Kirumba) Lum. nat. Gross. 75 x.

Au cœur et autour d'un cristal de biotite (B) se développe un mélange d'aegyrine et de mélanaïte dérivant visiblement de la biotite.

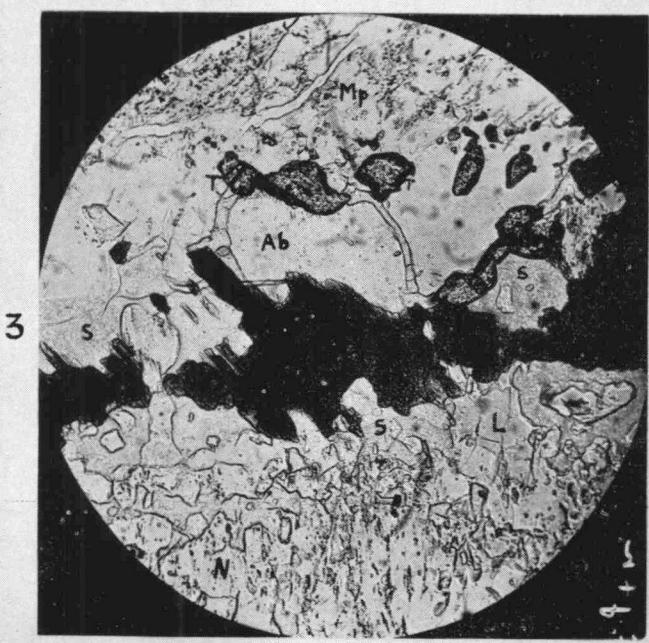
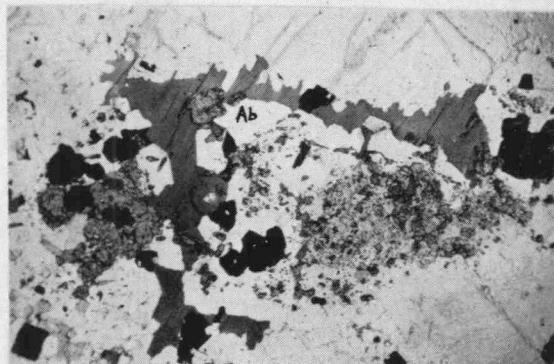
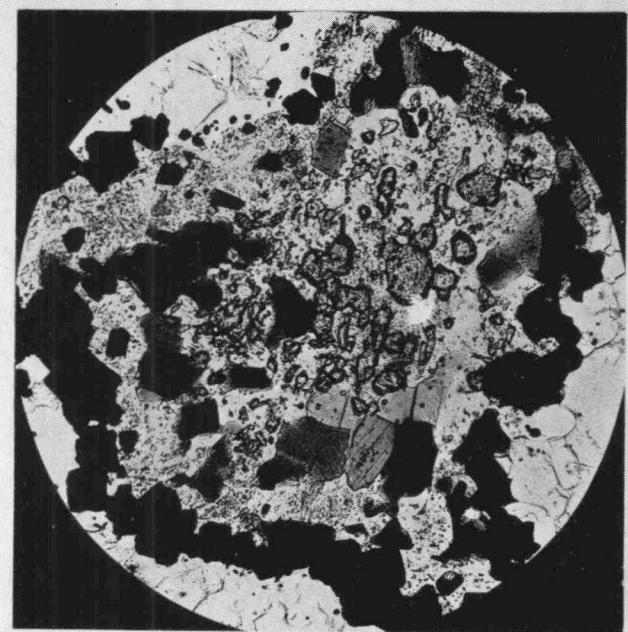


PLANCHE XII.

1. *Syénite néphélinique à sodalite incolore et cancrinite* (Dn 56.160¹ – C.5219) Vallée supérieure de la Tulabishia, près de Bushashire II. Lum. nat. Gross. 60 x.

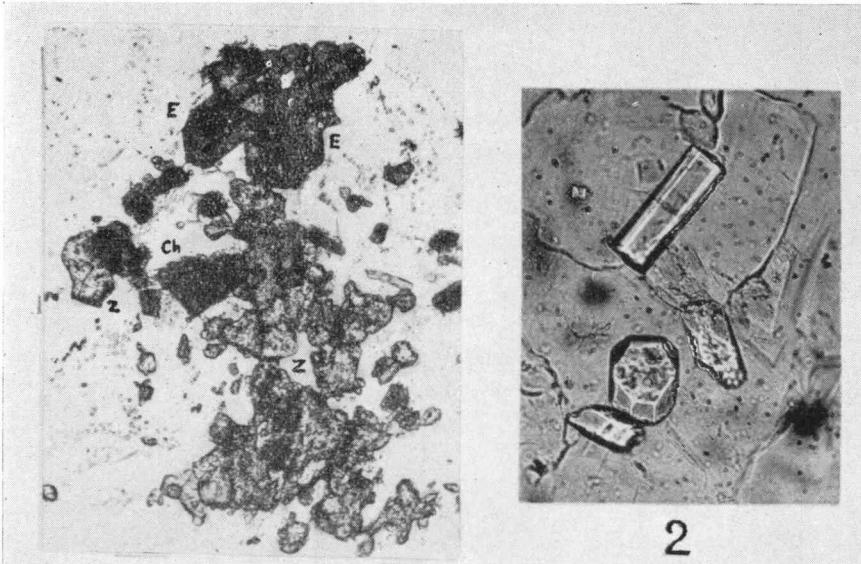
Sur un fond d'albite II chargé d'une poussière d'inclusions résiduelles d'acmite (fines granulations) se détachent des cristaux de mélanite à relief fort et des lamelles de biotite. Un front de magnétite entoure cet assemblage. A la périphérie de la photo : cristaux de cancrinite (losite) incolore et de sodalite (bord droit, relief légèrement chagriné).

2. *Syénite néphélinique à sodalite incolore et cancrinite* (Mus. Σ^{322}). Escarpement de Kirumba. Lum. nat. Gross. 15 x.

Lame de biotite résorbée englobant pécilitiquement de l'albite II granulitique (Ab), de la mélanite (M) et du mineraï opaque. Entourage de microperthite et de sodalite.

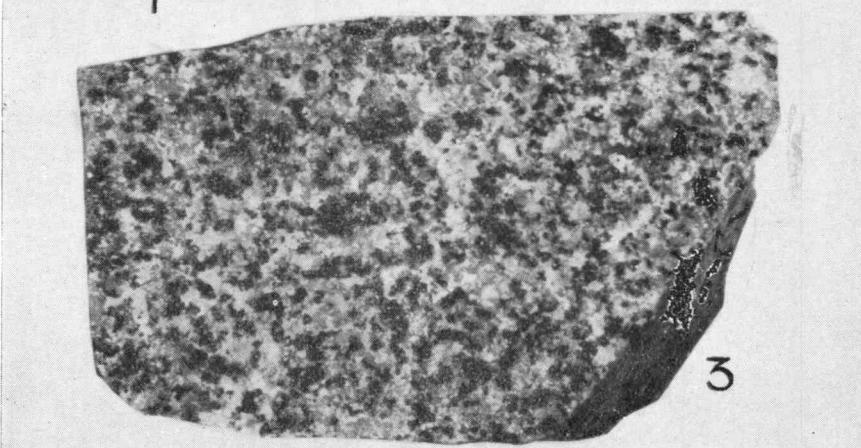
3. *Idem*. Détail d'une portion de la vue précédente. Lum. nat. Gross. 60 x.

Lame de biotite résorbée (presque noire sur la photo) bordée, du côté supérieur, par : de la sodalite (S), de l'albite II (Ab) parcourue de veinules de sodalite, du sphène (T) et de la microperthite (Mp) ; du côté inférieur par : de la sodalite et de la losite (L) qui se prolonge en veinules et inclusions nombreuses dans un cristal de néphéline (N).

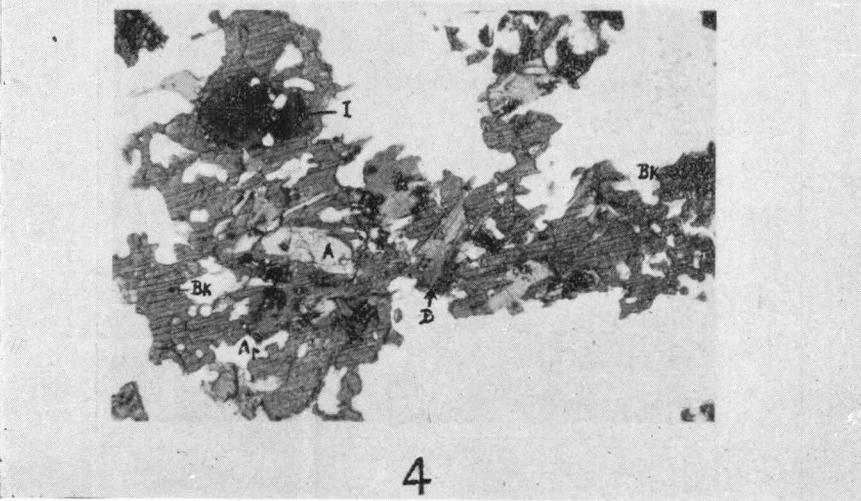


1

2



3



4

PLANCHE XIII.

1. *Syénite néphélinique à sodalite bleue et cancrinite.* (Dn 56.161 – C.5220). Entre Bushashire II et III. Lum. nat. Gross. 75 x.

Minéral métamictte (euxénite ? fergusonite ?) (2 prismes croisés, E, terminés par des pointements) associé à de la chevkinite (Ch) et à du zircon.

2. *Aplite de syénite à sodalite et cancrinite* (Dn 56.187 – C. 5253) Km 8 route de Kirumba. Lum. nat. Gross. 250 x.

Prismes d'idocrase (vésuvianite).

3. *Syénite barckévicitique sodalitifère* (Dn 56.163⁴ – C. 5225) Bushashire III. Grandeur naturelle.

4. *Idem.* Lum. nat. Gross. 25 x.

Agrégat de barckévicate (BK) et d'augite (A), à noyaux d'ilménite (I) à liséré de sphène et inclusions d'apatite (Ap) entourées de halos polychroïques. Fond de microperthite.

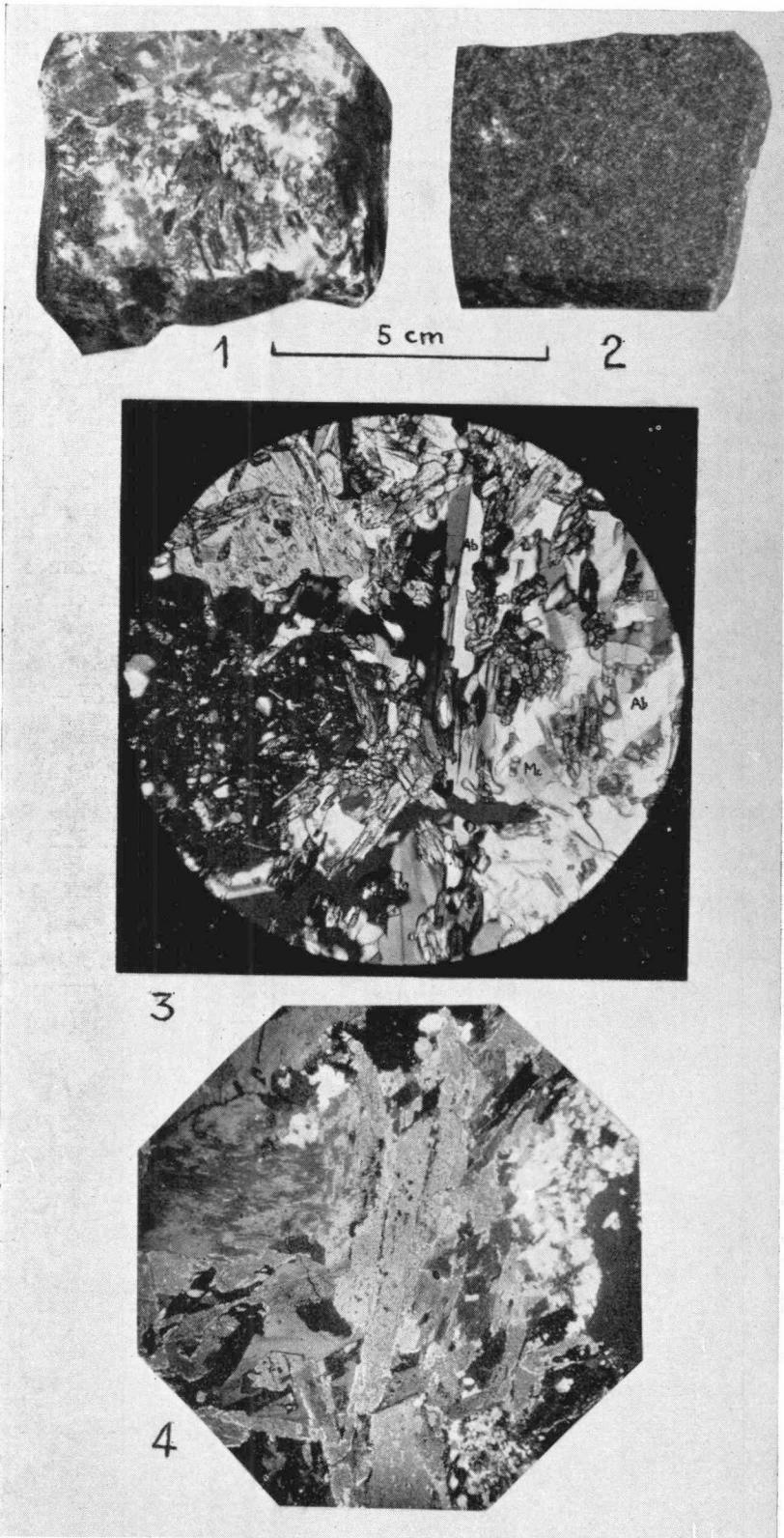


PLANCHE XIV.

1. *Syénite néphelinique à aegyrine à gros grain* (Dn 56.189¹ – C. 5256) Km 7 route de Kirumba.

Feldspaths blancs et néphéline grise traversés d'aiguilles d'aegyrine.

2. *Syénite néphelinique à aegyrine à grain fin* (Dn 56.189 – C. 5255).

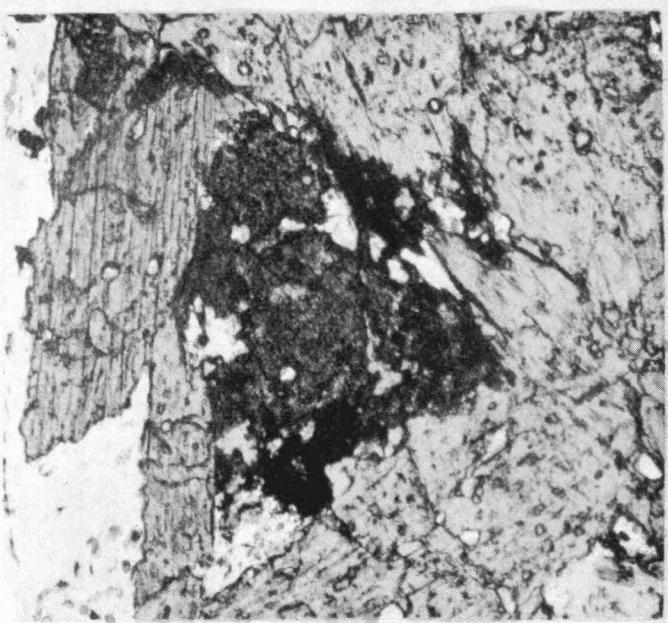
Roche gris sombre.

3. *Idem.* Nicols x. Gross 55 x.

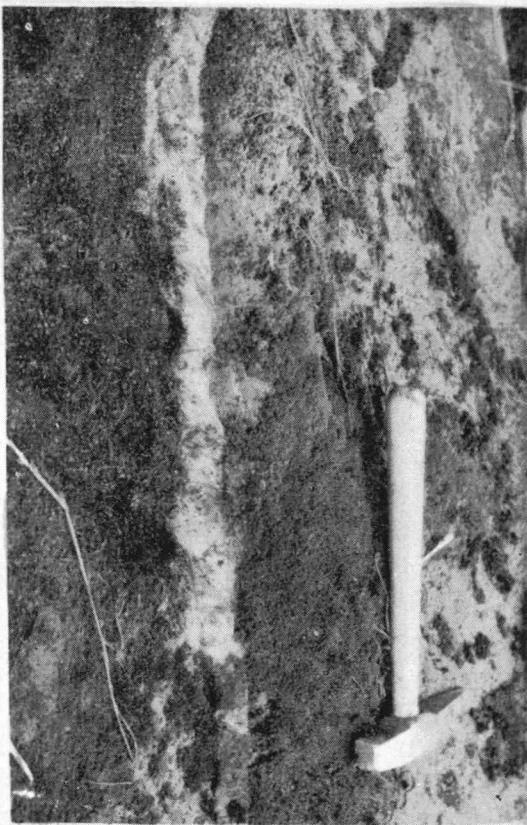
Microcline (Mc), albite (Ab), néphéline xénomorphe criblée d'inclusions d'albite et d'aegyrine (une plage grise au-dessus d'une autre plage à l'extinction, moitié gauche de la photo), prismes et cristaux d'aegyrine (à relief fort) pénétrant les copholites dans toute la moitié droite de la photo.

4. *Lujaurite à cancrinite* (Mus. Z²⁷⁶) Pied de l'escarpement de Kirumba. Nicols x. Gross. 15 x.

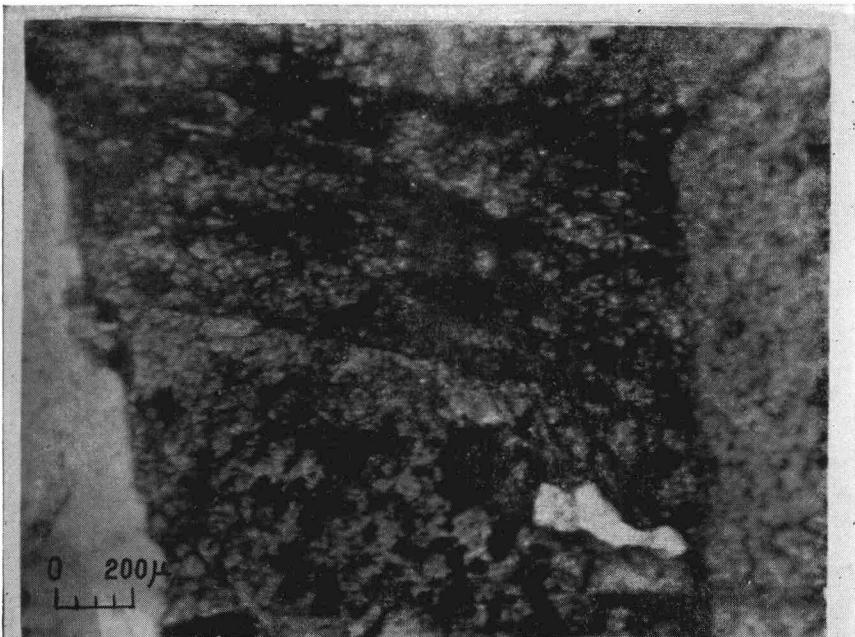
Aspect général : cristaux d'aegyrine en désordre et allongés abritant dans leurs intervalles de grandes plages de microcline et des agrégats granoblastiques de cancrinite (losite), d'albite II et de microcline.



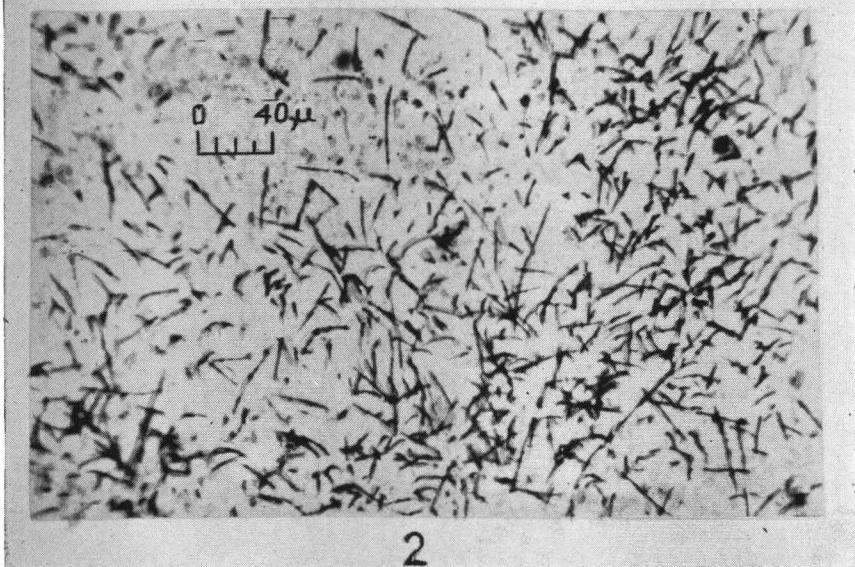
1



2



1

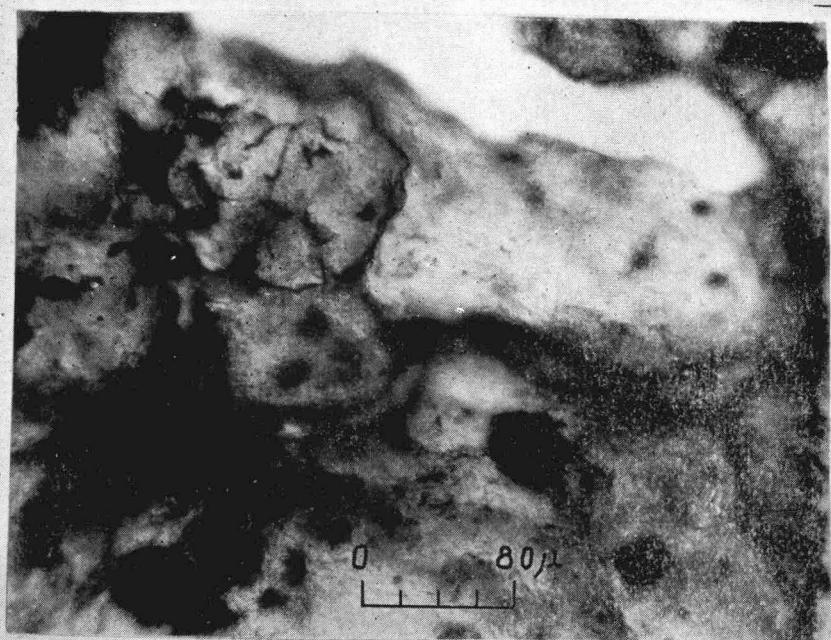


2

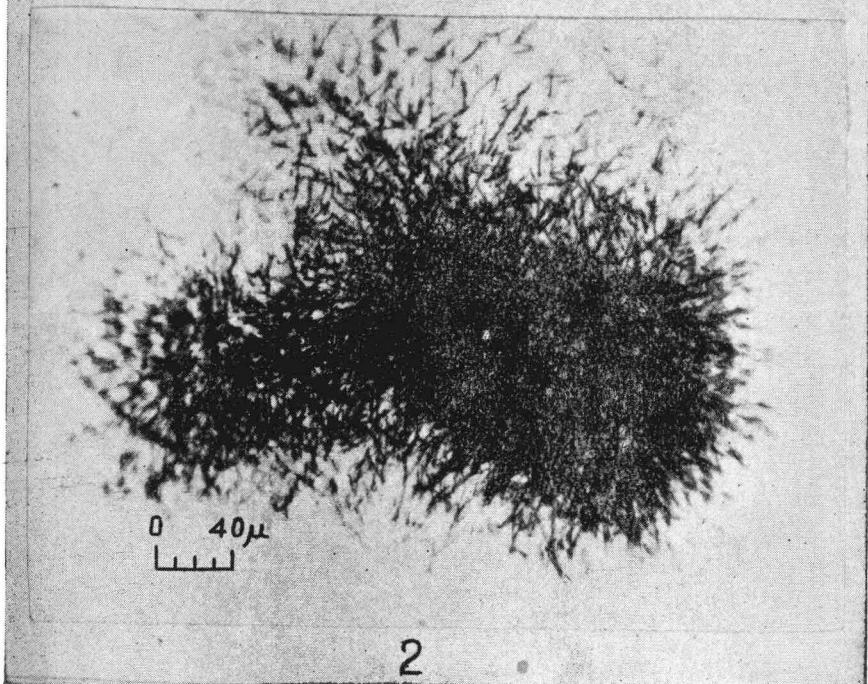
PLANCHE XXIII.

1. *Cristal de Cérite* dans pegmatite d'ordosite (point 10 de la planche XXII). Photo S. DEUTSCH.

2. *Activité à correspondante* (exposition de 3 semaines). Photo D. DEUTSCH.



1



2

PLANCHE XXII.

Pegmatite d'ordosite (Dn 56.178¹ – C. 5244) Vallée de la Tula-bishia, massif de Kirumba. Filon dans la syénite à sodalite incolore et cancrinite Dn 56.178 – C. 5244. Lum. nat. Gross. 10x. Photo S. DEUTSCH.

Grands cristaux d'acmite criblés d'inclusions arrondies de mélanite, se détachant sur fond de feldspaths blancs. De nombreuses inclusions de minéraux radioactifs, localisées par impression sur les émulsions pour recherches nucléaires et examinées ensuite au microscope polarisant, sont repérées par des numéros.

Ces numéros, avec attribution probable à un minéral radioactif, sont repris dans le texte, page 168.



PLANCHE XXI.

1. *Syénite néphelinique à sodalite et cancrinite (losite)* (Dn 56.84 – C. 5133) Numbi. Lum. nat. Gross. 102 x. Photo STESSEL.

Minéral rapporté avec doute à l'allanite (A) associé à du sphène et à de la mélanite (plages plus sombres). Fond de coupopholites.

2. *Ankaratrite* (Dn 56.263 – C. 5310) Haute-Lusirandaka, entre Numbi et Mumba. Nicols x. Gross. 80 x.

Phénocristal d'olivine à veinules de serpentine (au centre) dans pâte formée de néphéline mésostatique et de mineraux opaques, sur quoi se détachent de nombreux microlites d'augite.

3. *Cristaux de pyrochlore dans syénite néphelinique* (Dn 56.136 – C. 5194). Colline Busoro, vallée de la Lueshe. Lum. nat. Gross. 55 x.

Les deux cristaux ont été taillés suivant un plan sensiblement parallèle à une face d'octaèdre (111).

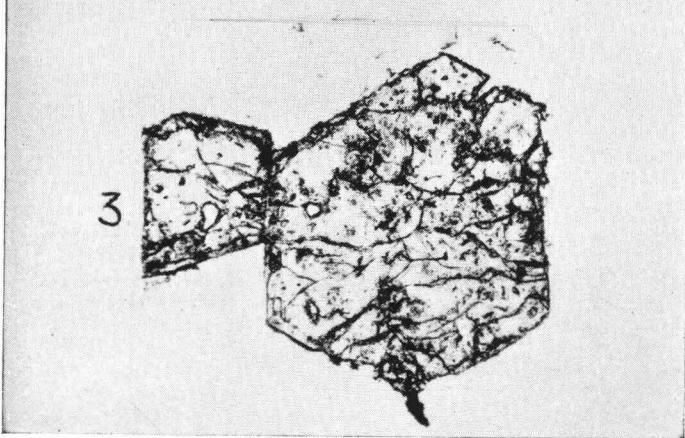
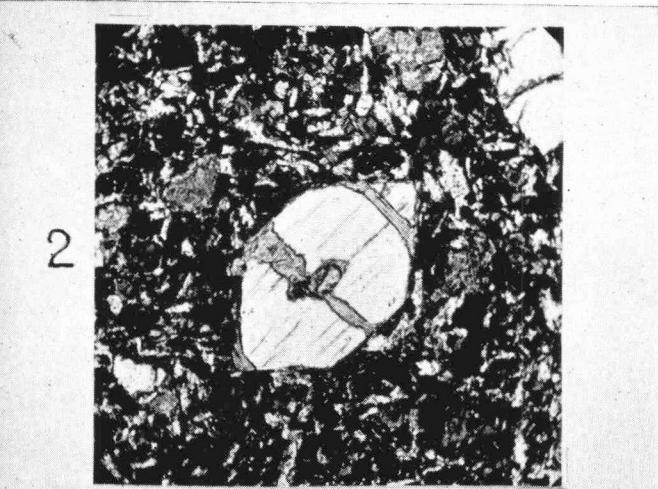


PLANCHE XX.

1. *Syénite feldspathoïdique à aegyrine.* (Dn 56.224 – C.5288)
Massif de Numbi.

Roche légèrement réglée à barylites en traînées subparallèles.

2. *Syénite sodalitique à aegyrine* (Dn 56.225 – C.5289) Lum.
nat. Gross. 55x.

La sodalite apparaît en grisé chagriné, le microcline et la cancrinite (losite) en plages plus claires sans relief. Deux cristaux d'aegyrine à fort relief, à gauche et à droite du champ.

3. *Idem.* Nicols x. Gross. 55.

Les coupolites se différencient facilement : les plages isotropes éteintes correspondent à la sodalite, le microcline apparaît avec ses macles caractéristiques et la losite en plages claires ou grises.

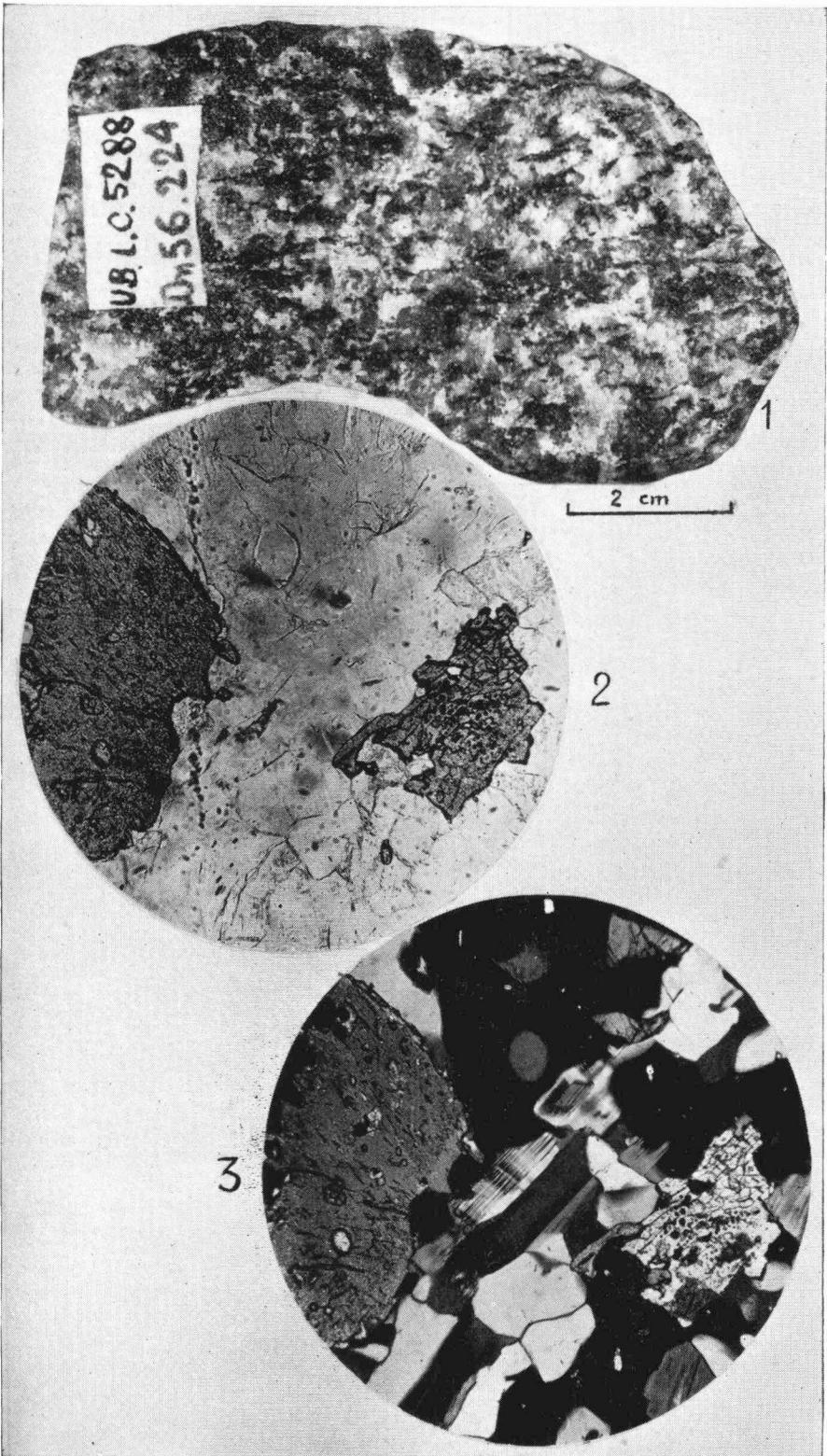


PLANCHE XIX.

1. « *Cornéenne* » (Dn 56.220 – C. 5284) Massif de Numbi.
Grandeur naturelle.

Roche à aspect de cornéenne sillonnée de fines veinules cristallines.

2. *Idem*. Nicols x. Gross. 25 x.

Mésostase microgranoblastique (M) de microcline et de biotite englobant un amas de cristaux de microcline quadrillé (Mc), de biotite (B) et de calcite (C).

3. *Idem*. Nicolis x. Gross. 58 x.

Agrandissement de la partie centrale de la microphoto précédente. Un peu de mésostase apparaît à gauche et en bas.

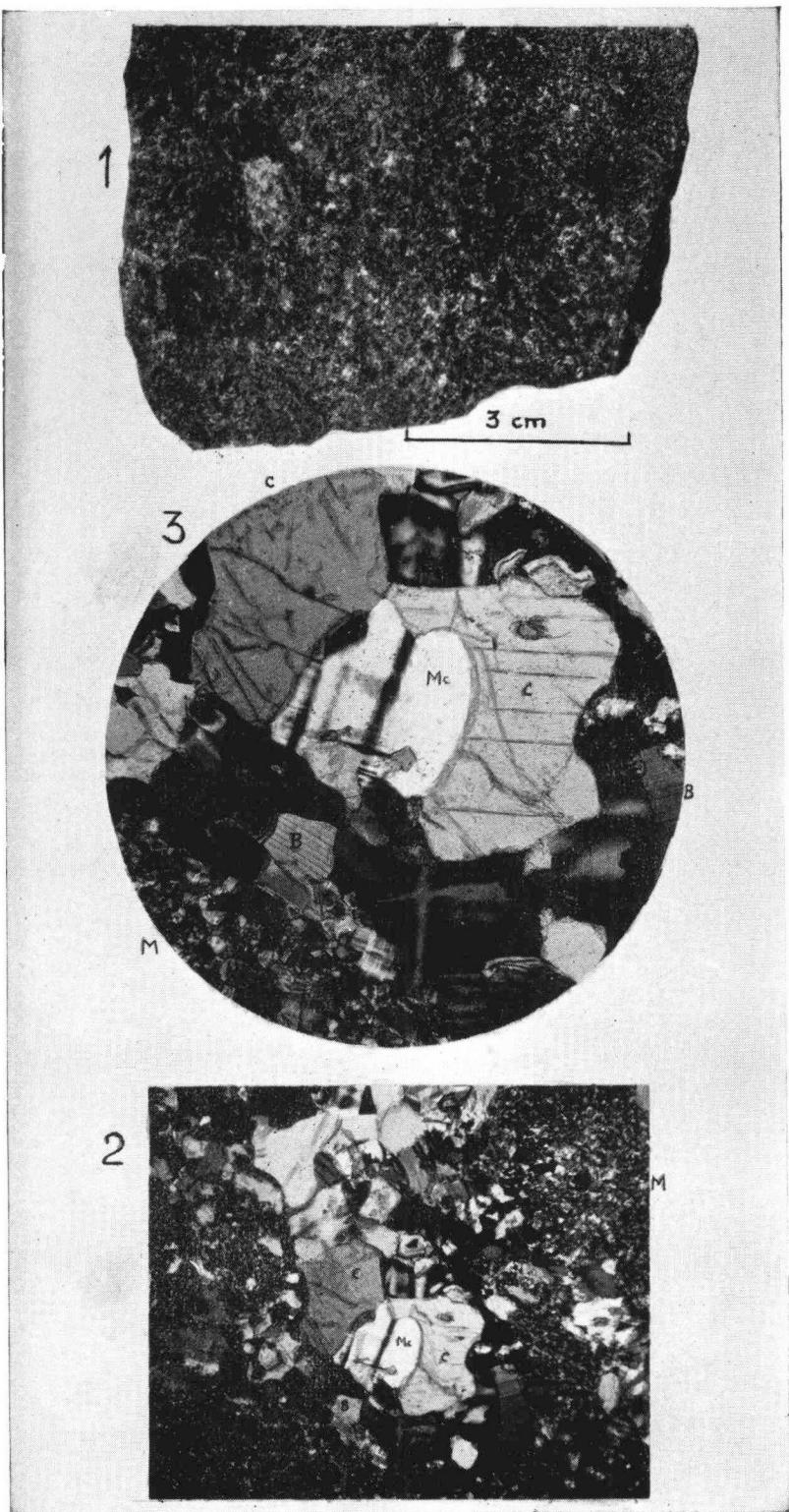


PLANCHE XVIII.

1. *Syénite néphélinique à osannite* (Dn 56.149 – C.5206) Colline Bushiwa, bassin de la Bigogo, à l'ouest de Bishusha. Lum. nat. Gross. 55 x.

Cristaux d'osannite diversement orientés sur fond de feldspath et de néphéline.

2. *Parasyénite à biotite chloritisée*. (Dn 56.157 – C.5216) Route de San, à l'ouest de Bishusha. Lum. nat. Gross. 55 x.

Grandes lames de biotite chloritisée, entourée de fibres et de sphérolites de chlorite. Au centre, mélange d'albite et de chlorite pénétrant en veinules dans la biotite.

3. *Syénite néphélinique*. (Dn 56.204 – C. 5272). Rivière Nyakisenyi, massif de Rusongati. Lum. nat. Gross. 102 x. Photo STESEL.

Ilménite (opaque) à couronne réactionnelle de sphène. Biotite à gauche en bas. Fond feldspathique.

4. *Idem*. Lum. nat. Gross 102 x. Photo STESEL.

Grenat mélanite formant une large couronne réactionnelle autour d'un noyau d'aegyrine. Paillettes de biotite résiduelle sur fond feldspathique.

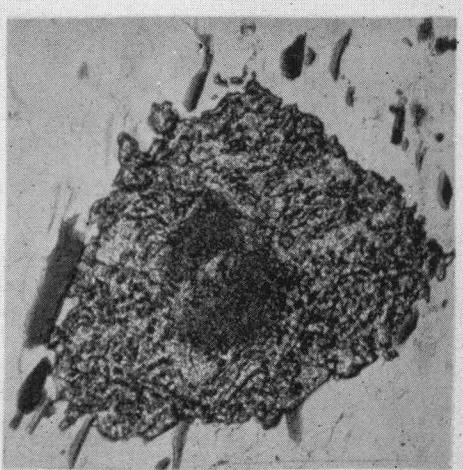
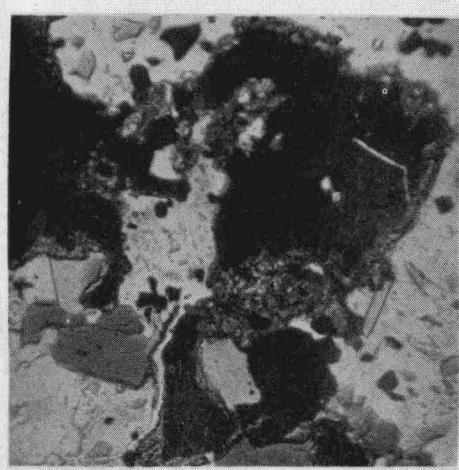
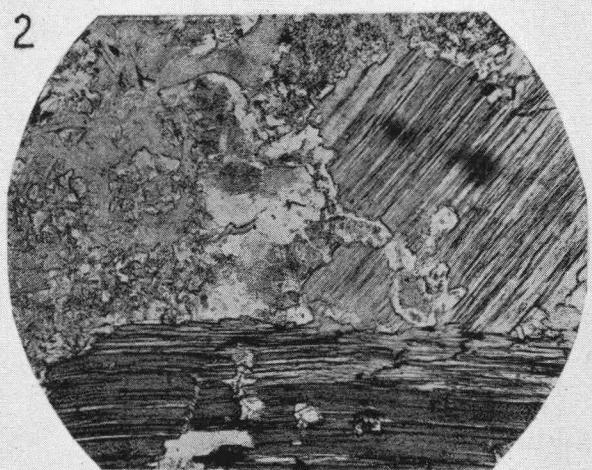
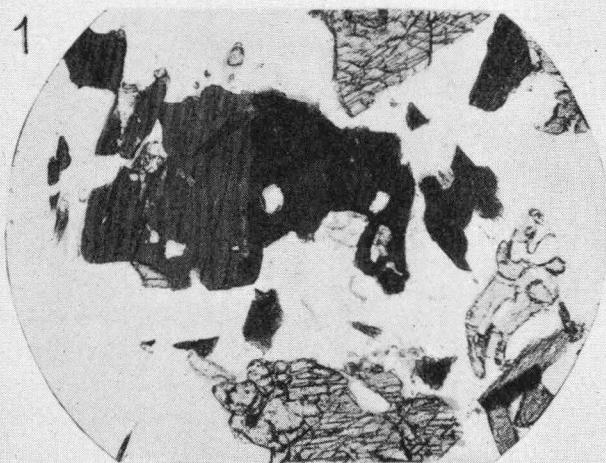


PLANCHE XVII.

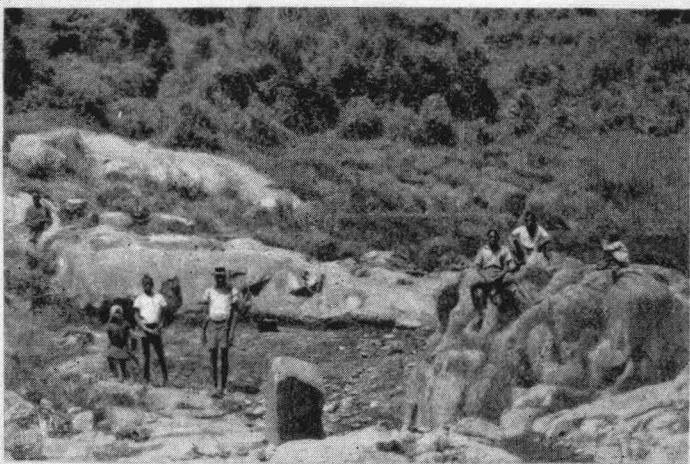
1. *Site du marais Mariba*, Bigogo supérieure, à l'ouest de Bishusba.

2. *Syénite néphélinique* (Dn 56.152 – C. 5209). Rivière Nyalukungu, en amont du confluent de la Bigogo, à l'ouest de Bishusha.

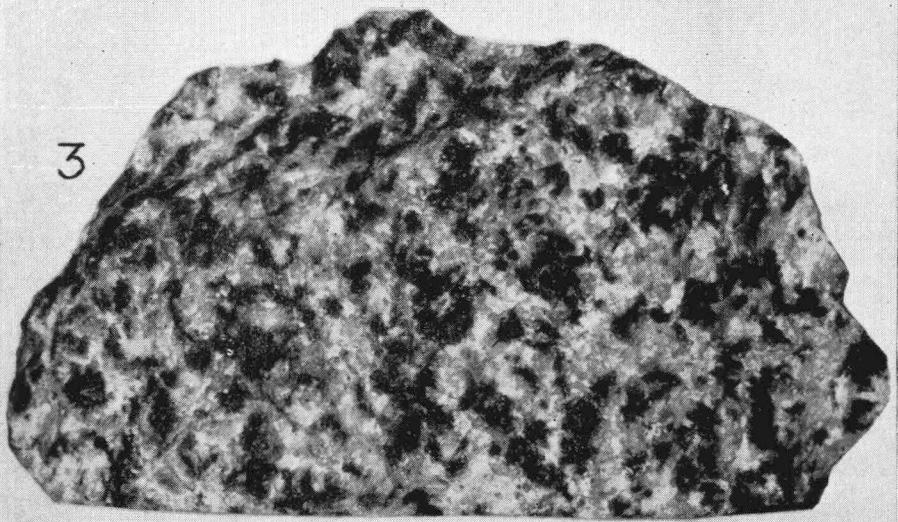
Vue de l'affleurement.

3. *Idem*. Aspect truité, grenu, de la roche formée de feldspath blancs, de néphéline grise et de barylites en agrégats.

1



3



5 cm

2



PLANCHE XVI.

1. *Pegmatite de melteigite passant à la lujaurite.* (Dn 56.188 - C. 5254) Km 7,5 route de Kirumba.

Grands prismes d'aegyrine sombre à intervalles garnis de néphéline gris vert avec liséré blanc feldspathique.

2. *Idem,* Lum. nat. Gross. 15 x.

Aspect général. Grande plage de néphéline englobant poecilitiquement des cristaux aciculaires d'aegyrine. La néphéline est chargée d'inclusions orientées.

3. *Micaschiste à grands cristaux de disthène* (Dn 56.139 - C.5197). Km 52,8 route Kikuku à Kilima, vallée de la Lueshe.

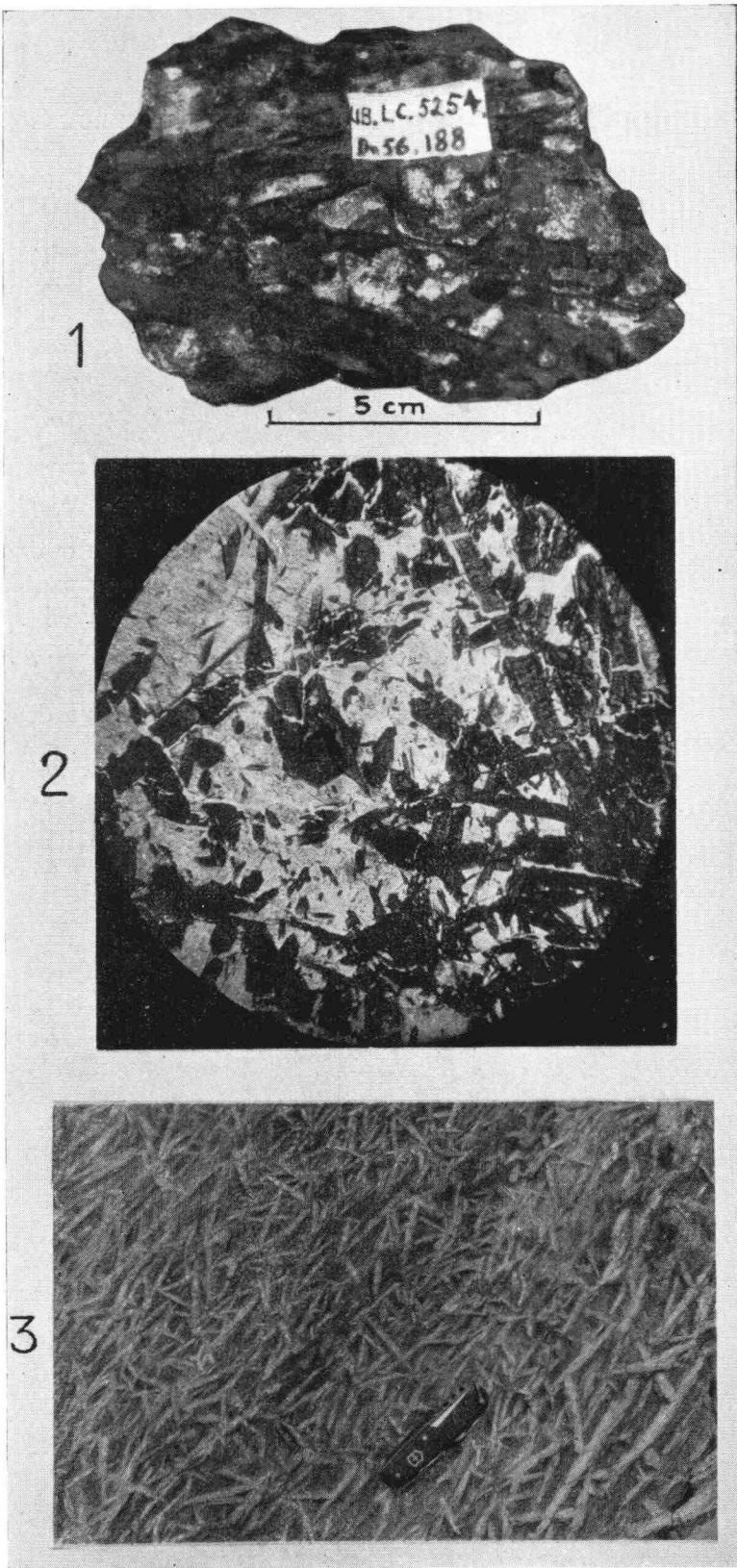


PLANCHE XV.

1. *Lujaurite à cancrinite* (Mus. Σ^{276}). Pied de l'escarpement de Kirumba. Lum. nat. Gross. 102 x. Photo STESSEL.

Au centre, cristal de thorite prépendiculaire à l'axe optique, associé à de la fluorite et à du minéral opaque, occupant un espace triangulaire entre des prismes d'aegyrine. Ceux-ci sont criblés d'inclusions arrondies de fluorite blanche (taches blanches).

2. *Pegmatite d'ordosite* (Dn 56.178¹ – C. 5244.) Rive droite de la Tulabishia.

Filon subvertical dans la syénite néphélinique à sodalite incolore et cancrinite.

TABLE DES FIGURES

FIG. 1. — Affleurements des syénites néphéliniques du Kivu	8
FIG. 2. — Massif de Kirumba	14
FIG. 3. — Diagramme I : variation des paramètres <i>si</i> , <i>fm</i> , <i>c</i> et <i>alk</i> en fonction de <i>al</i> (moyennes générales des qua- tre groupes de roches du massif de Kirumba)	91
FIG. 4. — Diagramme II : variation des paramètres <i>si</i> , <i>fm</i> , <i>c</i> et <i>alk</i> en fonction de <i>al</i> (moyennes des sous-grou- pes des quatre groupes de roches du massif de Kirumba)	92
FIG. 5. — Diagramme III : variation de la silice	95
FIG. 6. — Diagramme IV : variation des alcalis et de l'alu- mine	99
FIG. 7. — Affleurements des syénites néphéliniques et des carbonatites du Kivu et de l'Uganda	106
FIG. 8. — Vallée de la Lueshe	110
FIG. 9. — Bassin de la Bigogo	118
FIG. 10. — Massif de Rusongati (Haute-Oso)	128
FIG. 11. — Massif de Numbi (d'après J. F. AGASSIZ, modifié) ..	131
FIG. 12. — Haute-Ruvubu (Urundi)	140

TABLE DES ANALYSES CHIMIQUES

Analyses nouvelles.

Toutes les analyses de la liste ci-dessous ont été exécutées par Melle J. HEIRWEGH, sous la direction de M^{me} D. LEDENT, au Laboratoire de Minéralogie de l'Université de Bruxelles, grâce à l'intervention financière du Centre scientifique et médical de l'Université de Bruxelles en Afrique centrale (CÉMUBAC).

N ^o s		Pages
1.	Muscovitoschiste, Dn 56.195 – C. 5262, route de Kirumba ..	34
2.	Muscovitite, Dn 56.165 – C. 5231, Kirumba	34
3.	Quartzite à pyroxènes et amphiboles sodiques, Dn 56.191 – C. 5258, route de Kirumba	34
4.	Itabirite, Dn 56.194 – C. 5261, route de Kirumba	34
5.	Syénite à muscovite, Dn 56.166 – C. 5232, Kirumba	49
6.	Syénite à muscovite, Dn 56.171 – C. 5237, Ruashona	49
7.	Syénite à deux micas, Dn 56.163 ⁵ – C. 5256, Bushashire III	49
8.	Syénite à deux micas, Dn 56.167 – C. 5233, Ruashona	49
10.	Syénite à biotite, Dn 56.164 – C. 5230, Kirumba	49
12.	Syénite néphélinique à sodalite incolore et cancrinite, Dn 56.178 – C. 5244, rivière Tulabishia	69
13.	Syénite néphélinique à sodalite incolore et cancrinite, Dn 56.172 – C. 5238, piste Kirumba-Ruashona	69
16.	Syénite néphélinique à sodalite bleue et cancrinite, Dn 56.163 ¹ – C. 5222, Bushashire III (Kirumba)	69
17.	Syénite à sodalite bleue et cancrinite, Dn 56.173 – C. 5239, piste Kirumba-Ruashona	69
18.	Syénite pegmatitique néphélinique à sodalite et cancrinite, Dn 56.185 – C. 5251, confluent Tulabishia-Tshandao (Kirumba)	69
19.	Syénite aplitique à sodalite, cancrinite et idocrase, Dn 56.187 – C. 5253, route de Kirumba	69
20.	Syénite porphyroïde néphélinique à sodalite et cancrinite, Dn 56.162 – C. 5221, Bussashire II-III (Kirumba)	69

21. Syénite porphyroïde à sodalite et cancrinite, Dn 56.159 – C. 5218, Bushashire II-III (Kirumba)	69
22. Syénite barckévictique sodalitifère, Dn 56.163 ⁴ – C. 5225, Bushashire III (Kirumba)	74
23. Syénite néphélinique à aegyryne, Dn 56.189 – C. 5255, route de Kirumba	82
25. Pegmatite d'ordosite, Dn 56.178 ¹ – C. 5244, rivière Tualabishia (Kirumba)	82
26. Pegmatite de melteigite passant à la lujaurite, Dn 56.188 – C. 5254, route de Kirumba	82
27. Syénite feldspathoïdique, Dn 56.152 – C. 5209, rivière Nyalukungu (bassin de la Bigogo)	126
28. Syénite feldspathoïdique à osannite, Dn 56.149 – C. 5206, mont Bushiwa (bassin de la Bigogo)	126
29. Parasyénite à biotite chloritisée, Dn 56.157 – C. 5216, route de San (bassin de la Bigogo)	126
30. Granite alcalin à biotite, Dn 56.155 – C. 5214, marais Mariba (bassin de la Bigogo)	126
31. Quartzophyllade à biotite, feldspathisé, Dn 56.153 – C. 5211, marais Mariba (bassin de la Bigogo)	126
32. Syénite néphélinique, Dn 56.204 – C. 5272, riv. Nyakysenyi (Rusongati, haute Oso)	138
33. « Cornéenne », Dn 56.220 – C. 5284, Numbi	138
34. Syénite feldspathoïdique, Dn 56.84 – C. 5133, Numbi	138
35. Ankaratrite, Dn 56.263 – C. 5310, Haute-Lusirandaka (entre Numbi et Mumba)	138
C. — Ankaratrite à leucite, Dn 54.115 – C. 4587, route Bukavu-Goma (lac Vert)	138
D. — Ankaratrite à leucite, Dn 54.145 ⁸ – C. 4625, route Bukavu-Goma (lac Vert)	138

Analyse extraite

des publications de :

A. LACROIX et F. DELHAYE, 1927

9. Syénite à biotite, Dr. 11 – Mus. Σ^{325} , piste Kirumba-Ruashona	49
11. Syénite néphélinique à sodalite incolore et cancrinite, Dr. 12 – Mus. Σ^{322} , Kirumba	69

14. Syénite à cancrinite et calcite, Del. 492 – Mus. Σ^{259} , Kirumba	69 et 114
15. Syénite néphélinique à sodalite bleue et cancrinite, Del. 493 – Mus. Σ^{264} , Kirumba	69
24. Lujaurite à cancrinite (sarnaïte), Del. 492 – Mus. Σ^{276} , Kirumba	82
A. LACROIX, 1925	
A. — Ordosite, Ordos (Chine)	82
P. DE BÉTHUNE, 1952	
B. — Busorite, U. Lv. 1479, mont Busoro, Lueshe	114
J. THOREAU, 1931 et 1932	
36. Syénite néphélinique, Salée 2039, Haute-Ruvubu (Urundi)	143
37. Syénite néphélinique métamorphique, Salée 2038, Haute- Ruvubu (Urundi)	143
38. Monzonite néphélinique, Salée 2042, Haute-Ruvubu (Urundi)	143

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	3
Chap. I. — PROLOGUE	7
Collaborations et remerciements	11
Chap. II. — LE MASSIF DE KIRUMBA	13
1. Orographie	13
2. Géologie	15
Chap. III. — ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE ET CHIMIQUE DES ROCHES DU MASSIF DE KIRUMBA	18
<i>Divisions de ces roches</i>	18
<i>Les minéraux des roches de Kirumba</i>	19
1. COUPHOLITES	21
a) Les feldspaths	21
b) Les feldspathoïdes	22
c) La muscovite et le quartz	23
2. BARYLITES	23
a) Les biotites	23
b) Les pyroxènes	24
c) Les amphiboles	24
d) Les grenats	25
e) Les minérais	25
3. MINÉRAUX ACCESSOIRES	26
4. MINÉRAUX RARES	27
<i>Les associations paragénétiques</i>	29
1. Associations coupolithiques	30
2. Associations barylitiques	30

SECTION I : <i>Les roches métamorphiques ambiantes</i>	30
A. MUSCOVITOSCHISTES	30
B. QUARTZITES	32
C. ITABIRITES	33
<i>Analyses chimiques des roches métamorphiques</i>	33
SECTION II : <i>Les syénites</i>	35
A. SYÉNITES MICACÉES	35
§ 1. Syénites à muscovite	36
§ 2. Syénites à deux micas	40
§ 3. Syénites à biotite	43
<i>Analyses chimiques des syénites micacées</i>	48
B. SYÉNITES FELDSPATHOIDIQUES	50
Divisions en types et groupes d'après la structure et la composition minéralogique	50
Descriptions	56
<i>Analyses chimiques des syénites feldspathoïdiques</i>	68
C. SYÉNITE BARCKEVICITIQUE	71
<i>Analyse chimique</i>	74
D. ROCHES A AEGYRINE	74
§ 1. Syénites népheliniques à aegyrine	75
§ 2. Lujaurite à cancrinite (sarnaïte)	77
§ 3. Pegmatite d'ordosite	79
§ 4. Pegmatite de melteigite passant à la lujaurite ..	81
<i>Analyses chimiques des roches à aegyrine</i>	82
RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS	84
1. Point de vue minéralogique	84
2. Point de vue chimique	89
3. Point de vue géochimique	98
4. Point de vue chronologique	104
Chap. IV. — EXAMEN COMPARATIF DES AUTRES SYÉNITES FELDSPATHOIDIQUES DU KIVU ET DE L'URUNDI	108

1. Vallée de la Lueshe	110
2. Bassin de la Bigogo, à l'ouest de Bishusha	117
<i>Analyses chimiques des roches du bassin de la Bigogo ..</i>	125
3. Massif de Rusongati (Haute-Oso)	127
4. Massif de Numbi	130
<i>Analyses chimiques des roches du massif de Rusongati et de la région de Numbi</i>	137
5. Haute-Ruvubu (Urundi)	139
<i>Analyses chimiques des roches de la Haute-Ruvubu ..</i>	143
 Chap. V. — INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS	145
1. Hypothèse fondamentale	145
2. Comportement des solutions bicarbonatées calciques et chlorurées sodiques	147
3. Production hydrothermale des minéraux des syénites feldspathoïdiques	153
4. Équations de transformations	156
5. Le caractère potassique et la genèse des laves virungiennes	160
 ANNEXES.	
I. — Étude préliminaire de la radioactivité de quelques roches du massif de Kirumba et de la vallée de la Lueshe, par S. DEUTSCH et G. POULAERT	168
II. — Note de M.-E. DENAEYER et J. JEDWAB	172
 BIBLIOGRAPHIE	173
 PHOTO — ET MICROPHOTOGRAPHIES HORS TEXTE ET EXPLICATION DES PLANCHES	179
 TABLE DES FIGURES	228
 TABLE DES ANALYSES CHIMIQUES	229
 TABLE DES MATIÈRES	232

ÉDITIONS J. DUCULOT, S. A., GEMBLOUX (*Imprimé en Belgique*).