

Institut Royal Colonial Belge

SECTION
DES SCIENCES TECHNIQUES

Mémoires. — Collection in-8°.
Tome X, fasc. 4 et dernier.

Koninklijk Belgisch Koloniaal Instituut

SECTIE
VOOR TECHNISCHE WETENSCHAPPEN

Verhandelingen. — Verzameling in-8°.
Boek X, aflev. 4 en laatste.

MISSION GÉOLOGIQUE DE L'OFFICE DES CITÉS AFRICAINES (1952)

PAR

Marcel-E. DENAEYER

PROFESSEUR À L'UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES,
MEMBRE DU COMITÉ DIRECTEUR DE LA COMMISSION DE GÉOLOGIE
DU MINISTÈRE DES COLONIES.

AVEC LA COLLABORATION DE

Heinrich HART

CHIMISTE, DIRECTEUR DU MATERIALPRÜFUNGS- UND
VERSUCHANSTALT FORSCHUNGSINSTITUT FÜR VULKANISCHE BAUSTOFFE,
A NEUWIED (ALLEMAGNE).



Avenue Marnix, 25
BRUXELLES

Marnixlaan, 25
BRUSSEL

1954

PRIX : F 250
PRIJS:





INSTITUT ROYAL COLONIAL BELGE

MÉMOIRES

KONINKLIJK BELGISCH KOLONIAAL INSTITUUT

VERHANDELINGEN

SECTION DES SCIENCES TECHNIQUES
SECTIE VOOR TECHNISCHE WETENSCHAPPEN

TABLE DES MÉMOIRES
CONTENUS DANS LE TOME X

VERHANDELINGEN BEGREPEN IN BOEK X

1. Électrification partielle du chemin de fer du Bas-Congo au Katanga (56 pages, 28 figures, 1 planche, 1953) ; par G. GILLON.

 2. Étude du bilan métallurgique d'une usine de traitement pour minerais aurifères (Mémoire couronné au concours annuel de 1953), (91 pages, 2 photographies, 1954) ; par A. PRIGOGINE ;

 3. Annuaire hydrologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi (1953), (328 pages, 214 diagrammes, 13 tableaux, 1954) ; par E.-J. DEVROEY ;

 4. Mission géologique de l'Office des Cités Africaines (1952), (228 pages, 37 photographies, 5 figures, 13 diagrammes, 1 carte hors-texte, 1954) ; par M.-E. DENAEYER, avec la collaboration de H. HART.
-

INSTITUT ROYAL COLONIAL BELGE

Section des Sciences techniques.

MÉMOIRES

KONINKLIJK BELGISCH KOLONIAAL INSTITUUT

Sectie voor Technische Wetenschappen.

VERHANDELINGEN

In-8° — X — 1953-1954

**Avenue Marnix, 25
BRUXELLES**

**Marnixlaan, 25
BRUSSEL**

1954

IMPRIMERIE J. DUCULOT

S. A.

GEMBLOUX

MISSION GÉOLOGIQUE
DE L'OFFICE
DES CITÉS AFRICAINES
(1952)

PAR

Marcel-E. DENAEYER

PROFESSEUR À L'UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES,
MEMBRE DU COMITÉ DIRECTEUR DE LA COMMISSION DE GÉOLOGIE
DU MINISTÈRE DES COLONIES.

AVEC LA COLLABORATION DE

Heinrich HART

CHIMISTE, DIRECTEUR DU MATERIALPRÜFUNGS- UND
VERSUCHANSTALT FORSCHUNGSINSTITUT FÜR VULKANISCHE BAUSTOFFE,
À NEUWIED (ALLEMAGNE).

—————
Mémoire présenté à la séance du 25 juin 1954.
—————

Mission géologique de l'Office des Cités Africaines

CHAPITRE I

Introduction

(M.-E. DENAEYER)

La mission géologique organisée au début de l'année 1952 par le *Conseil supérieur des Cités indigènes* du ministère des Colonies, M. M. HORN étant président, et reprise en charge par l'actuel *Office des Cités Africaines* qui lui succéda, sous la présidence de M. F. PEIGNEUX, gouverneur honoraire, avait pour but la prospection et l'étude des conditions d'exploitation industrielle des produits volcaniques du Kivu, en vue de la construction des agglomérations indigènes.

Cette mission fut confiée à M. le Professeur Marcel E. DENAEYER, directeur des Laboratoires de Minéralogie et de Pétrographie de l'Université Libre de Bruxelles, membre du Comité directeur de la Commission de Géologie du ministère des Colonies et à M. Heinrich HART, chimiste, directeur du Materialprüfungs-und Versuchsanstalt Forschungsinstitut für vulkanische Baustoffe, à Neuwied (Allemagne).

Le 3 mars 1952, M. DENAEYER soumettait à M. X. LEJEUNE de SCHIERVEL, directeur, et à M. l'Ingénieur Pierre FASTRE, directeur technique du Conseil supérieur des Cités indigènes, principaux promoteurs de la Mission,

un programme de recherches et un projet d'itinéraire basés sur l'étude de la documentation existante.

Dans le programme proposé il était également tenu compte de l'importance primordiale de la prospection simultanée des ressources du Kivu en pierres calcaires, la chaux étant d'un usage économique dans la fabrication des mortiers hydrauliques et des éléments de construction pouzzolaniques utilisant les produits volcaniques.

Ce programme ayant été accepté par le Conseil supérieur des Cités indigènes, l'ordre de mission fut donné le 28 mars 1952 par M. VAN DEN ABEELE, administrateur général des Colonies. M. DENAEYER était, en outre, chargé de la direction de la mission.

Le problème des ressources en combustibles nécessaires à la calcination des calcaires destinés à la fabrication des liants hydrauliques apparut également comme primordial à la mission, au cours de ses opérations. Elle prit donc l'initiative d'une enquête supplémentaire à ce sujet et ajouta à son programme la prospection des tourbes dont on connaît l'existence au Kivu.

Elle envisagea encore, par la suite, l'utilisation des sables granitiques comme éléments des mortiers pouzzolaniques.

Enfin, le long de l'itinéraire qu'elle devait parcourir, la mission avait inévitablement l'occasion d'observer d'innombrables affleurements de roches cristallines du socle ancien du Kivu. Parmi ces affleurements, il en est qui sont susceptibles de fournir de bonnes pierres ornementales, ou de revêtement, ou de construction. Certains affleurements sont déjà exploités dans ces buts et d'autres sont entamés ou pourraient l'être pour l'empierrement des routes et divers usages. Il a donc semblé opportun à la mission de mettre l'occasion à profit pour constituer, sans frais supplémentaires, une collection de ces matériaux, bien repérés. Ils pourront, le cas échéant,

être étudiés ultérieurement, au point de vue de leurs qualités techniques, dans la Métropole.

* * *

Le départ de la mission eut lieu le 5 avril ; elle prit fin le 16 juin 1952.

Elle trouva, au cours de ses investigations, l'aide et l'accueil les plus empressés de la part des Autorités du Kivu et du Ruanda-Urundi.

L'organisation matérielle de la mission avait été préparée avec soin par M. J. BABILON, commissaire de district, président de l'Office du Centre extracoutumier de Bukavu.

Au cours de ses déplacements, la mission fut constamment accompagnée par un des géologues du Service géologique de Bukavu, M. J. M. SNEL ou M. A. MEYER que M. F. CORIN, directeur de ce Service, avait bien voulu lui adjoindre. Elle se plaît à rendre hommage à leur compétence et à les remercier de l'aide précieuse qu'ils lui ont apportée.

Autorisée par l'Institut des Parcs nationaux au Congo belge à parcourir le terrain et à prélever des échantillons dans les limites du Parc Albert, la Mission obtint toutes facilités de la part du Conservateur principal et de ses adjoints.

Les itinéraires qu'elle a suivis sont tracés sur la Carte des Formations géologiques (planche I) annexée au Chapitre II. Indiquons sommairement ici que les régions parcourues comprennent, dans l'ordre, du Sud au Nord, la vallée de la Ruzizi, la bordure occidentale du lac Kivu y compris les massifs volcaniques du Biega et du Kahusi, les îles Idjwi et Iwinza, le massif volcanique des Virunga, la plaine du lac Édouard, les régions de Beni à Mutwanga et à Isango et la région de Katwe, en Uganda.

La Mission a parcouru environ 5.000 kilomètres et étudié plus de 200 affleurements. Chaque échantillon prélevé en quantité suffisante pour les études de laboratoire et les essais techniques, a été affecté d'un numéro, reproduit en tête des paragraphes qui lui sont consacrés.

Ceux-ci ne comprennent que l'étude des tufs, cendres, pierres à chaux, sables et tourbes et de quelques laves. Il ne pouvait être question, sous peine de sortir du cadre de ce travail, de faire porter nos recherches sur la totalité de nos échantillons de laves et de roches dures. Celles-ci constituent des stocks inépuisables et elles n'ont été récoltées, qu'en vue d'essais ultérieurs, comme nous l'avons indiqué plus haut.

Les caisses étaient toutes rendues à Bruxelles au début de janvier 1953. Les matériaux spécialement destinés aux essais techniques (produits volcaniques, calcaires et tourbes) qui allaient être effectués à l'Institut de M. HART, étaient dirigés à Neuwied. Une réplique de ces matériaux et tous les autres échantillons récoltés sont déposés au Laboratoire de Minéralogie de l'Université Libre de Bruxelles. Les études, faites dans ce laboratoire, ont bénéficié de la collaboration de M^{me} D. LEDENT, assistante, licenciée en sciences chimiques, spécialiste de la pétrochimie des roches silicatées. Nous lui exprimons nos remerciements pour l'aide qu'elle nous a fournie.

Les études et les essais se poursuivirent au cours de toute l'année 1953. L'exposé complet des résultats de ces travaux fait l'objet des chapitres IV à IX.

Nous exprimons notre vive reconnaissance à M. X. LEJEUNE DE SCHIERVEL, administrateur gérant de l'*Office des Cités Africaines*, qui n'a cessé de s'y intéresser activement, ainsi qu'au *Conseil de Direction de l'Office* qui en a autorisé la publication, avec l'approbation de M. le Ministre des Colonies.

* * *

Les principaux résultats techniques et scientifiques de nos études peuvent être très brièvement énumérés comme suit :

1. — Le Kivu possède des tufs et des cendres volcaniques doués de bonnes propriétés pouzzolaniques.

2. — Il possède aussi des calcaires et des travertins dont la cuisson procure une chaux capable de réagir avec les matières pouzzolaniques. Les essais ont montré que les teneurs en magnésie, souvent élevées, de ces calcaires et travertins ne nuisaient nullement à l'obtention de bons mortiers hydrauliques.

De nombreuses formules de mortiers ont été étudiées avec les matières premières du Kivu.

3. — Les lapilli des volcans et les sables des alluvions granitiques du Kivu conviennent bien à la fabrication des bétons pouzzolaniques.

4. — Les tourbes du Kivu sont des combustibles économiques utilisables pour la cuisson de la chaux.

5. — Les laves poreuses constituent de bons matériaux, légers et isolants, faciles à travailler pour la construction des habitations. D'autres, plus compactes, peuvent être utilisées comme pierres de soubassements.

6. — Les matériaux rocheux du socle ancien sont susceptibles de fournir de belles pierres décoratives.

7. — L'étude mécanique des cendres et des sables du Kivu a précisé leurs caractères granulométriques favorables pour l'industrie des bétons.

8. — Une étude pétrographique et pétrochimique originale des tufs et des cendres volcaniques a permis, dans certains cas, d'établir leur parenté avec les laves des volcans majeurs.

9. — Une étude pétrographique et pétrochimique originale des calcaires, dolomies et travertins, a montré leurs caractères particuliers.

CHAPITRE II

Esquisse de la géologie du Kivu

(M.-E. DENAEYER).

Les territoires parcourus par la mission s'étalent suivant une longue bande méridienne limitée, au Sud, par le parallèle d'Uvira (environ 3°30'S) et, au Nord, par le parallèle de Beni (environ 0°30'N). Cette bande est entièrement située en bordure et à l'intérieur de la branche occidentale du grand fossé tectonique africain (graben, Rift Valley) où sont logés le lac Tanganika, la vallée de la Ruzizi, le lac Kivu, la plaine du lac Édouard, la vallée de la Semliki et le lac Albert.

Ce graben et sa bordure appartiennent au vaste complexe des fractures qui ont disloqué le bourrelet montagneux qui sépare la cuvette du Congo de la dépression du lac Victoria. Nous reviendrons dans la suite sur les traits tectoniques et la morphologie de cette région après avoir donné une idée des formations qui la composent.

A. — Formations géologiques (Pl. I).

On peut diviser ces formations en trois groupes principaux, d'importance très inégale :

1. — *Terrains précambriens*. Ils constituent le socle ancien du Kivu.

2. — *Système du Karroo* (série de la Lukuga) d'âge carbonifère supérieur. Les roches de ce système n'appar-

raissent guère, dans la région considérée, qu'en plages isolées tapissant le fond de quelques vallées.

3. — *Terrains pliocène supérieur, pleistocène et holocène*. Ils comportent des dépôts souvent considérables et très variés : alluvions fluviales et lacustres, dépôts terrestres, édifices et coulées volcaniques, cendres, tufs, et enfin, travertins et tourbes.

Nous ne parlerons, ici, que des premier et troisième groupes qui intéressent directement l'objet de cette étude.

1. — Terrains précambriens.

Depuis les mémorables missions géologiques de F. DELHAYE et A. SALÉE au Ruanda-Urundi en 1921-1923 et 1926-1927 (DELHAYE et SALÉE, 1928), puis de A. SALÉE, N. BOUTAKOFF et J. DE LA VALLÉE POUSSIN dans le domaine du Comité national du Kivu en 1929-1932 (BOUTAKOFF, 1939), on s'accorde généralement à reconnaître dans les roches sédimentaires très anciennes qui constituent le sous-sol du Kivu et du Ruanda-Urundi deux grands groupes de formations intensément plissées et faillées et plus ou moins métamorphisées et granitisées. Ce point de vue a été adopté par la Commission de Géologie du Ministère des Colonies. Dans le Nord du Kivu, intervient un troisième groupe situé presque entièrement en dehors des territoires parcourus par la Mission et qui pourrait être d'un âge intermédiaire.

GROUPE DE L'URUNDI.

Le plus récent constitue le *Groupe de l'Urundi* dont les subdivisions sont les suivantes :

Couches supérieures formées de schistes foncés graphiteux sans intercalations de quartzite ;

Couches moyennes formées d'arkoses, de quartzites grossiers à grains de quartz bleuâtre et de conglomérats à pâte quartzreuse ;

Couches inférieures schisto-gréseuses, subdivisées de haut en bas en :

— schistes sombres à intercalations de quartzites et de lentilles de calcaire noir,

— grès et quartzites blancs à intercalations schisteuses réduites,

— schistes zonaires siliceux, avec bancs ou lentilles calcaires à la base,

— arkose et conglomérats.

GROUPE DE LA RUZIZI.

Le plus ancien constitue le *Groupe de la Ruzizi* comprenant synthétiquement :

Couches supérieures formées de schistes et phyllades succédant régionalement à un puissant pouddingue phylladeux qui renferme localement des éléments calcaires ;

Couches inférieures où l'on distingue des schistes et phyllades micacés sombres et graphiteux à lentilles et bancs calcaires à grain fin surmontant un ensemble de quartzites, arkoses et schistes phylladeux sombres, lui-même superposé à des schistes, des quartzophyllades et des quartzites.

La limite entre les deux groupes est souvent difficile à déterminer quand les directions des plis qui les affectent sont parallèles et, surtout, quand les transformations métamorphiques dont il est question ci-dessous les ont tous deux atteints. Toutefois, là où les deux trains de plis ne coïncident pas et où le conglomérat de base de l'Urundi prend un développement important, comme

dans l'Itombwe, la distinction est plus aisée (SAFIANKOFF, 1950). Les régions parcourues par la Mission relèvent surtout du premier cas.

Métamorphisme et granitisation des terrains précambriens.

Un des principes fondamentaux de la géologie affirme que l'écorce terrestre est le siège de perpétuelles transformations. En particulier, la nature des associations minérales qui s'élaborent en son sein est le produit de la composition initiale des roches et des conditions physiques auxquelles celles-ci sont soumises.

Les roches meubles (sables, argiles, boues calcaires, etc...) qui se déposent et s'accumulent dans les grandes dépressions (géosynclinaux) se lapidifient d'abord (en grès, schistes, calcaires) sans changement notable de composition ; mais, lorsque — sous la charge des sédiments surincombants et sous l'action des forces de déformation qui se déclenchent dans ces immenses réservoirs de matières silicatées — les pressions et les températures atteignent une certaine valeur (quelques milliers d'atmosphères et quelques centaines de degrés) les échanges chimiques s'intensifient et les roches initiales, en déséquilibre thermodynamique sous ces conditions, tendent vers un nouvel équilibre de plus en plus stable. Par ce processus appelé « métamorphisme », les argiles et les schistes se muent en micaschistes et en gneiss, les sables et les grès en quartzites, les calcaires en marbres, les marnes et les laves basaltiques en épidotites, amphibolites et pyroxénites, toutes roches remarquables par leur haut degré en cristallinité.

Mais ce n'est encore là qu'une étape transitoire. Le terme de ces transformations semble bien être, après une phase intermédiaire de roches mixtes appelées migmatites, la production de roches granitiques et granodioritiques. Ces dernières sont de loin les plus répandues dans

l'écorce terrestre et l'espace qu'elles occupent est d'autant plus grand que les terrains où elles se sont développées sont plus anciens.

Les échanges chimiques dont ceux-ci ont été le siège sont, par ailleurs, de nature différentielle, de sorte que si les granites de teinte généralement claire sont les produits les plus importants de cette évolution, ils ne manquent presque jamais d'être accompagnés d'un cortège de roches sombres où s'est concentrée une partie du fer, de la magnésie et de la chaux, tandis que les granites ont pour éléments dominants la silice, l'alumine et les alcalis.

Telle a été, en somme, l'histoire — il y a plus d'un milliard d'années (CAHEN, 1951) — du groupe de la Ruzizi, puis du groupe de l'Urundi, qui ne sont autres que d'anciens géosynclinaux.

L'un et l'autre ont fourni successivement le contenu tectogène aux dépens duquel s'est édifié d'abord le plissement ruzizien, puis le plissement urundien. Au sein de l'un et de l'autre ont pris naissance des roches métamorphiques (micaschistes, amphibolites, quartzites, gneiss, etc...) largement développées dans les couches inférieures du Groupe de la Ruzizi.

Dans l'un et dans l'autre, des massifs granitiques se sont individualisés (DENAËYER, 1949) avec leur cortège de roches basiques, de pegmatites et de filons de quartz souvent minéralisés en étain, niobotantalates, wolfram et or. Mais, à la différence du Groupe de la Ruzizi, très évolué métamorphiquement et granitisé, c'est plus particulièrement autour de leurs massifs granitiques — au Kivu et au Ruanda-Urundi — que les couches de l'Urundi, plus jeunes, ont été fortement métamorphosées. La convergence des facies lithologiques des deux groupes a provoqué de nombreuses méprises lors des levés géologiques au cours desquels degré de métamorphisme et âge relatif ont été confondus. Méprises

d'ailleurs très excusables aux yeux de ceux qui sont au fait des difficultés du levé des terrains cristallins en pays neuf.

GROUPE DU KIBALI.

Entre les deux groupes précédents, il y aura peut-être lieu d'introduire, comme nous l'avons dit, un troisième groupe de formations métamorphiques : le *groupe du Kibali*. Celui-ci affleure dans le nord du Kivu (région de Beni) et la Province Orientale. Il est surtout représenté par des roches amphiboliques, des itabirites et des granites. Les relations entre ce groupe et les deux autres sont encore à préciser.

2. — Terrains pliocènes, pléistocènes et récents.

Les terrains qui se sont déposés à l'emplacement et en bordure du grand graben occidental sont de nature extrêmement variée, comme on l'a vu plus haut, et leur histoire est fort complexe. Ils sont intimement liés aux événements tectoniques et climatiques récents qui se sont déroulés en Afrique centrale.

En bref, les premiers ont disloqué et morcelé le socle précambrien, créant les dépressions du graben dont les flancs sont étagés en gradins et modelés par l'érosion ; le jeu des voussoirs a créé les conditions favorables à l'issue des énormes masses de lave du sud du Kivu et des Virunga qui ont formé des barrages en travers du graben. Les seconds, qui se résument en une alternance de périodes pluviales et de périodes sèches, ont influé sur le caractère des dépôts terrestres et des dépôts alluvionnaires, fluviatiles ou lacustres ; l'altitude à laquelle a été porté le voussoir surélevé (horst) du Ruwenzori a même déterminé un climat glaciaire et ses dépôts concomitants.

ALLUVIONS FLUVIATILES ET LACUSTRES
ET DÉPÔTS TERRESTRES.

Les principaux dépôts occupent les vallées de la Ruzizi, et de la Semliki, la plaine du lac Édouard et les bords du lac Kivu. Des dépôts analogues existent aussi à diverses altitudes, accrochés aux flancs du graben sous forme de terrasses. Ils renferment des témoins des industries humaines paléolithiques à néolithiques. On peut diviser ces dépôts en deux groupes principaux :

Le groupe de la haute Ruzizi-Kivu.

Épais de 200 mètres, forme la *série de Panzi* (BOUTAKOFF, 1937 et 1939), d'âge pleistocène. Il comprend de haut en bas :

4. Terres rouges ;
3. Couches lacustres argilo-sableuses bigarrées et conglomérats ;
2. Couches fluviales et terrestres (cailloutis et arènes) ;
1. Couches fluviales grossières (alternances de grès et de conglomérats).

Dans la plaine de la basse Ruzizi, des alluvions récentes reposent sur les dépôts lacustres anciens du lac Tanganika. Des terrasses formées de sable, d'argile brune ou noirâtre et de gravier à ciment calcaire sont étagées au-dessus du niveau du lac Kivu. Dans le bassin de la Kadubu, au sud de Gweshe, des terrasses jalonnent un ancien réseau hydrographique (PETERS, 1952).

Le groupe Lac Albert-Semliki-lac Édouard.

Constitué par des dépôts fluvio-lacustres et terrestres, comprend de haut en bas :

5. La *série récente* fluviale et lacustre, d'âge holocène

et actuel, formée de graviers, de sables, de limons, d'argiles et de concrétions calcaires.

4. La *série de la Semliki*, d'âge pleistocène supérieur, de 100 mètres de puissance. Elle est également formée de graviers, de sables, de limons et d'argiles avec quelques horizons de grès tendre à ciment limonitique, des concrétions calcaires et une couche de cendres et de tufs volcaniques. Elle repose en discordance sur :

3. La *série de Kaiso*, d'âge pleistocène moyen et inférieur, épaisse de 200 à 280 mètres. Celle-ci comprend un ensemble d'argiles sableuses, gréseuses ou gypsifères avec zones de concrétions carbonatées, des limonites en couches ou en nodules, très abondantes, et des graviers. Cette série est à son tour probablement discordante, dans la Basse Semliki, sur :

2. Une *série miocène* lacustre comprenant environ 100 mètres de grès tendres argileux, plus ou moins conglomératiques et fossilifères (*bone bed*) ;

1. Des *formations de base*, anté-Miocène inférieur, comportant : au sommet, un sable grossier feldspathique et argileux induré en surface et, à la base, une cuirasse latéritique englobant des roches du socle précambrien (LEPERSONNE, 1949 ; HOPWOOD et LEPERSONNE, 1953).

Ici encore, les couches lacustres forment des terrasses étagées au-dessus du niveau de la plaine. Au Sud, elles disparaissent sous le champ de lave des Virunga. La Rutshuru, la Ruindi et la Semliki y ont creusé leurs vallées actuelles.

ÉDIFICES VOLCANIQUES.

Les formations volcaniques du Kivu se distribuent en deux régions distinctes, au Sud et au Nord du lac Kivu.

Région Sud.

Celle-ci s'étend depuis Kalehe, à l'ouest du lac, jusqu'au confluent Zalya-Elila. Son extension maxima, en direction NNE-SSW, est d'environ 150 km. La surface recouverte par les laves atteint 5.500 km².

On peut la subdiviser en plusieurs champs :

a) Un premier champ comprend les basaltes et les basaltes basanitiques qui entourent la pointe méridionale du lac et affleurent dans le sud de l'île Idjwi. Il s'étend, vers le Sud, jusqu'à Gweshe et Kamaniola.

Les principaux centres d'émissions des coulées sont groupés autour de l'édifice du Kahusi et du Biega et dans la Haute Ruzizi. Ces coulées sont antérieures aux dépôts des couches de Panzi et pourraient s'être épanchées au Pliocène. Elles seraient en partie d'origine fissurale, d'après de récentes observations (A. MEYER, inédit).

Dans ce champ s'insère, entre Bukavu et Nya Ngezi, un épanchement plus récent de trachyte phonolithique émis par le cratère de Ruhonga. Ce trachyte serait postérieur aux basaltes, mais encore antérieur aux couches pleistocènes de Panzi (BUTAKOFF, 1939). Un autre petit centre trachytique est connu à l'est de Bukavu (Shangugu) et un troisième à l'ouest de Kalehe.

b) Les basaltes réapparaissent à Gandu, au sud-ouest de Gweshe, en lambeaux discontinus morcelés par l'érosion et se poursuivent jusqu'à Kamituga où ils recouvrent d'anciennes alluvions aurifères. C'est dans celles-ci qu'on a découvert en 1943 la plus grosse pépite connue au Congo (67 kilos).

c) Enfin, une coulée du même basalte s'allonge sur environ 55 km à l'ouest du Kahusi.

d) Les volcans Kahusi et Biega, au nord de Bukavu, édifiés beaucoup plus tardivement sur les anciens appa-

reils basaltiques, ont émis des laves visqueuses de nature rhyolitique, en coulées courtes et épaisses. Bien que très disséqués par l'érosion, ils ont conservé une forme en dôme caractéristique. On y a distingué deux phases d'activité.

A la première appartiennent des coulées de rhyolites aphyriques ou porphyriques, à phénocristaux de quartz, épaisses de 500 m. La seconde phase a édifié l'aiguille terminale du Kahusi dont le sommet atteint 3.308 m. Les rhyolites de ce volcan ont un caractère potassique. Certaines d'entre elles, à phénocristaux d'orthose noire, chargés de carbone, sont connues sous le nom de « kanzi-bite », tandis que d'autres, très siliceuses et riches en magnétite, sont désignées sous le nom de « kahusite » (SOROTCHINSKY, 1934).

Les émissions de ces laves ont été accompagnées de tufs blancs schisteux, à éclat soyeux.

Un pointement de rhyolite de même nature que les précédentes injecte les couches de Panzi, dans la Ruzizi.

Région Nord: les Virunga.

Les laves des Virunga, qui ont comblé le graben au Nord du lac Kivu, couvrent une superficie estimée de 2.300 à 2.500 km² entre les méridiens de Sake (à l'Ouest) et du lac Bulera (à l'Est), les parallèles de Goma (au Sud) et de Rutshuru (au Nord). Leur accumulation atteint une épaisseur d'environ 12 à 1.300 mètres. Elles couvrent, outre le Kivu, une partie du Ruanda et de l'Uganda.

Huits grands volcans, accompagnés d'une foule de cônes satellites, dominant la plaine de lave (Fig. 1). Ils forment trois groupes principaux, comprenant, d'Est en Ouest :

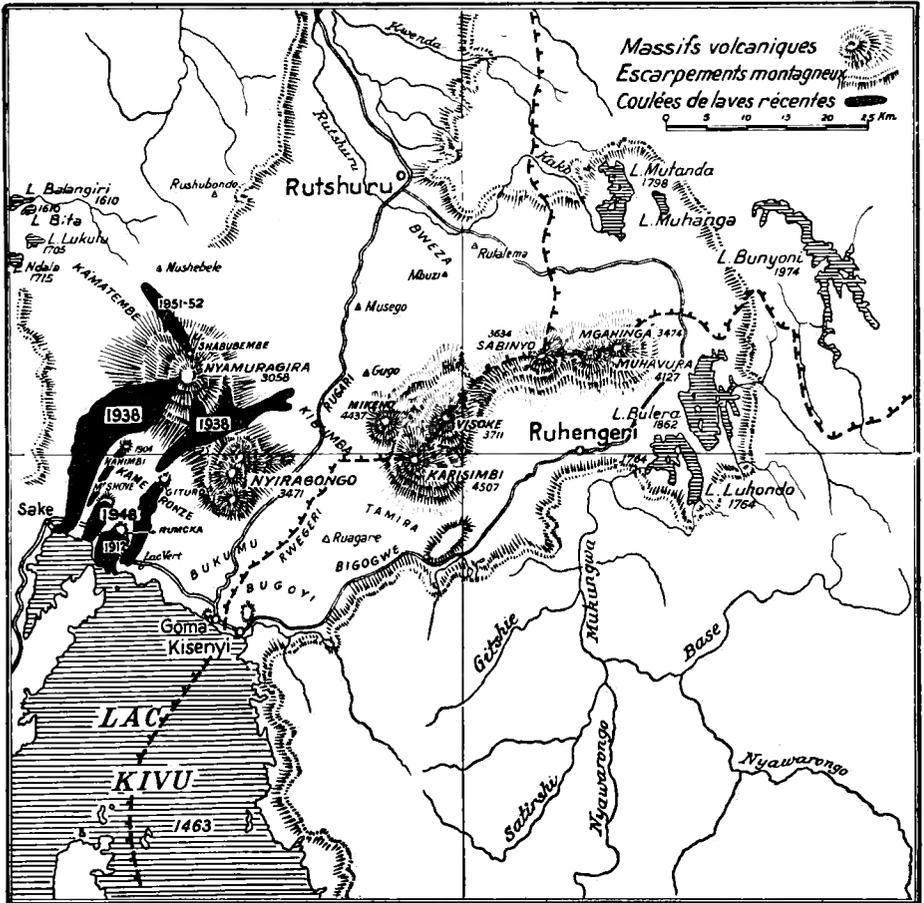


FIG. 1. — Les Virunga et les coulées récentes du Nyamuragira.

- a) Le Muhavura (4.200 m), le Mgahinga (3.450 m) et le Sabinyo (3.535 m) ;
- b) Le Visoke (3.700 m), le Mikeno (4.433 m) et le Karisimbi (4.503 m) ;
- c) Le Nyiragongo-Baruta (3.470 m) et le Nyamuragira (3.050 m).

Deux de ces volcans sont en activité permanente : le Nyiragongo et le Nyamuragira.

Le Nyiragongo est un gigantesque cône à pentes assez raides. Il est terminé par un cratère de 1 km de diamètre couronné d'un panache de fumée ; au fond du cratère bouillonne de la lave incandescente qui fait rougeoyer le ciel, la nuit venue.

Le Nyamuragira, en éruption à l'heure actuelle (volcan de Mihaga), est une énorme coupole surbaissée à pentes douces, en forme de bouclier, dont les éruptions récentes sont bien connues (VERHOOGEN, 1948 ; TAZIEFF, 1951 ; MEYER, 1953). Il est couronné par une caldeira d'environ 2 km de diamètre.

La coulée de la Mueso, longue d'environ 90 km, qui s'avance au NW de Nyamuragira jusqu'en aval de Pinga, appartient probablement à ce volcan.

Les éruptions bien datées du système Nyamuragira-Nyiragongo, depuis l'occupation européenne, sont les suivantes (Pl. II) :

1901 : Coulée issue d'un point situé au NE du Nyiragongo.

1904 : Édification du cône de Nahimbi dans la plaine de lave, au NE de Sake et coulée descendant jusqu'au lac Kivu.

1905 : Éruption du Kanamaharagi, à l'est du Nyamuragira sur le prolongement de l'axe Nyiragongo-Baruta.

1912 : Éruption du Rumoka au nord du lac et au sud du Nahimbi.

1920 : Éruption sous lacustre.

Depuis cette époque, les deux volcans sont en activité permanente et le niveau des laves monte lentement dans la caldeira du Nyamuragira.

1938 : Le 28 janvier, le niveau de la lave atteint le bord de la caldeira du Nyamuragira. Le cône se fend suivant deux génératrices, l'une sur son flanc SW et l'autre sur son flanc SE. Par ces brèches, la lave s'écoule

en puissantes coulées pendant 29 mois consécutifs, jusqu'en juin 1940 (VERHOOGEN, 1948) et l'une d'elle atteint le lac Kivu et ferme la baie de Sake. Elle est issue d'une série de petits cônes adventifs nés au pied SW du volcan.

Ce centre éruptif a reçu le nom de Tshambene.

Depuis lors on n'a plus vu, sauf une fois, de lave liquide au fond de la caldeira du Nyamuragira, mais l'activité fumerollienne y a persisté, ainsi qu'au Tshambene et au Rumoka.

1948: Nouvelle éruption localisée au SSE de la caldeira aux deux extrémités d'une fracture de 6 km de longueur et de direction ENE-WSW. A son extrémité Sud s'édifie un cratère effusif: le Muhuboli qui, du 1^{er} mars au 15 avril, envoie une coulée qui se déverse dans le lac et coupe à nouveau la route de Goma. A l'extrémité nord s'élève le volcan à la fois émissif et explosif appelé Gituro par H. TAZIEFF et Vovo ya Biti par l'Administration des Parcs Nationaux. Son activité persiste jusqu'en juillet de la même année et donne lieu à une deuxième coulée de lave qui barre également la route de Goma un peu à l'ouest du lac Vert (TAZIEFF, 1951).

1951-52: En juillet 1951, le Gituro donne des signes d'activité et rejette des cendres. Le 17 novembre, sur le flanc nord de la grande caldeira du Nyamuragira, prend naissance un petit volcan adventif: le Shabubembe, caractérisé par l'apparition d'une série de centres actifs le long d'une zone de faiblesse du volcan, tandis qu'une langue de lave incandescente apparaît au fond d'un grand puits d'effondrement (sink hole) à l'intérieur même de la caldeira. L'activité du Shabubembe comprend une phase explosive suivie d'un épanchement de lave en direction de la trouée de Kamatembe. L'activité cesse brutalement vers la mi-janvier 1952 (MEYER, 1952).

Les laves des Virunga ont presque toutes l'aspect de basaltes, mais contrairement aux laves de basaltes

francs de la région sud du lac Kivu, celles de la région nord ⁽¹⁾ sont très généralement caractérisées par leur faible teneur en silice et leur richesse en alcalis avec prédominance fréquente de la potasse sur la soude ou l'égalité en poids de ces deux oxydes. Ces caractères chimiques entraînent la cristallisation de minéraux caractéristiques, tels que la leucite et la néphéline qui font rentrer ces laves dans les familles des vésuvites, des basanites, des néphélinites et des leucitites. Plusieurs types pétrographiques ont été créés d'après les laves du Kivu, tels que la « kivite », la « mikénite », etc... (FINCKH, 1912 ; LACROIX, 1923 ; HOLMES et HARWOOD, 1937). Ils seront analysés dans le Chapitre V.

Il est remarquable que les laves du Nyamuragira (kivite) soient très voisines de celles des coulées récentes du Muhavura, alors que celles du Nyiragongo sont caractérisées, de même que celles du Mont Goma, par une grande pauvreté en silice, une très grande richesse en alcalis (environ 15 %) et la présence d'un silicate particulier : la mélilite.

L'activité volcanique des Virunga semble avoir débuté avec le Pleistocène et s'être manifestée sans interruption majeure jusqu'à nos jours. Les coulées des volcans du groupe occidental recouvrent les couches de Kaiso, d'âge pleistocène moyen, au sud de Rutshuru, et sont recouvertes ⁽¹⁾ par des dépôts du Pleistocène supérieur.

Par contre, le Sabinyo et le Mikeno sont profondément disséqués par l'érosion et ce fait indiquerait un âge plus reculé, pleistocène inférieur ou même pliocène.

Annexe : le volcan de Karibumba.

A peu de distance au sud de Beni, la route Congo-

⁽¹⁾ Il existe, semble-t-il, des basaltes francs, à olivine, sur le plateau de Bishusha, près du sommet du Mont Mushebele. Ils représentent peut-être les laves anciennes des Virunga.

Nil traverse le flanc est d'un petit cône volcanique isolé, le Karibumba, entièrement formé de tufs gris-bruns. La composition minéralogique des lapilli incorporés à ces tufs rattache ce volcan aux groupes volcaniques de l'Uganda des régions de Katwe, Bunyaruguru, Katunga, Fort Portal, etc... Ces lapilli appartiennent très probablement à cette variété de lave dénommée « katungite » par A. HOLMES et caractérisée par l'association olivine-kalsilite-mélilite-pérowskite (DENAËYER, 1952).

Cendres et tufs volcaniques.

Les éruptions explosives des volcans satellites des Virunga ont émis des quantités importantes de cendres et de lapilli qui recouvrent, sur de grandes étendues, les champs de lave et le socle précambrien. Les couches cendreuses ont été reconnues, à l'ouest et au sud-ouest de Sake, jusqu'à la Gunga et la Mumba et, au nord de Sake, jusqu'au lac Ngesha. Elles alternent parfois avec des limons et des travertins (BURNOTTE, 1952).

Les tufs volcaniques sont des cendres et des lapilli agglomérés. Ce sont des roches friables, poreuses et légères. Les tufs formés en bordure des Virunga, par exemple ceux du Lac Vert et du Mont Goma, sont généralement cimentés par de la calcite et des zéolites. Ce sont des produits d'éruptions sous-lacustres datant de l'époque où le lac Édouard et le lac Kivu formaient probablement un lac d'une seule venue (F. DELHAYE, 1941). Les tufs de la série de la Semliki et ceux du Karibumba doivent avoir la même origine.

Le massif du Biega et du Kahusi contient des tufs très fins et bien stratifiés.

Les cendres volcaniques projetées loin des centres d'émission, peuvent avoir été complètement altérées en produits secondaires mélangés à des éléments détritiques et n'avoir laissé d'autre témoignage de leur origine

que quelques minéraux caractéristiques inaltérables. Tel est le cas des alluvions fluvio-lacustres de la série de la Semliki-lac Édouard qui contiennent une multitude de minuscules cristaux de pérowskite. Ce minéral qui, de plus, est caractéristique des laves des volcans de Karimbumba et de l'Uganda, voisins du Ruwenzori, indique que les cendres déposées dans la vallée de la Semliki et la plaine du lac Édouard proviennent des éruptions de ces derniers et non des volcans des Virunga plus éloignés et où la pérowskite est plutôt rare (DENAEYER, inédit).

TRAVERTINS.

Les travertins sont des dépôts de sources thermominérales, carbonatées, calcomagnésiennes et alcalines. Ils sont friables, leur texture est spongieuse et concrétionnée. Ces dépôts sont très nombreux au Kivu. Ils sont généralement localisés le long des escarpements de failles et constituent aussi des barrages dans les vallées des rivières. On les voit encore actuellement se former autour des sources chaudes (60° C en moyenne) par exemple à May ya Moto, au sud du camp de la Ruindi (près de 100° C). Ces formations récentes et actuelles jalonnent les fractures du graben. On en connaît — pour ne citer que les régions parcourues par la mission — dans les vallées de la Ruzizi et de la Kadubu, sur les rivages du lac Kivu où ils déterminent notamment les cascades des « Eaux Chaudes », près de Katana, au nord de Sake où ils alternent avec des cendrées volcaniques, aux environs de Rwaza, et dans la vallée de la Mukungwa, à Rumangabo, dans la vallée de la Rutshuru, etc... (Pl. I).

Ces dépôts sont souvent riches en débris de végétaux, mollusques et insectes ; des grottes profondes y sont creusées où circule l'eau bouillonnante et stagne du gaz carbonique (PASSAU, 1933 ; BUTAKOFF, 1939).

Les eaux du Lac Kivu, alimentées partiellement par ces eaux thermales sont elles-mêmes très carbonatées, magnésiennes et alcalines et abandonnent sur leurs rivages un calcin parfois épais d'un décimètre

TOURBES.

Dans le haut cours des rivières du Kivu, les alluvions fluviatiles sont souvent très étendues et dans les vallées des rivières marécageuses, non encore rajeunies par l'érosion régressive dues aux failles récentes, des tourbières se sont installées. La tourbe y atteint parfois plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur (environ 40 m au Marais Cardoen, Tshitshi). Des tourbières existent sur les terrasses alluviales à des niveaux moins élevés, mais elles sont alors de plus faible extension (Shangugu, Tshamfu). Elles constituent une source intéressante, mais limitée, de combustible.

B. — Tectonique (Pl. I).

L'esquisse tectonique du Congo belge et du Ruanda-Urundi publiée par la Commission de Géologie du Ministère des Colonies en 1952 montre que dans la majeure partie des régions sous revue, le socle précambrien a été affecté par deux tectogénèses successives. La première intéresse le groupe de la Ruzizi : c'est le *plissement ruzizien* ; la seconde, le groupe de l'Urundi : c'est le *plissement urundien*. C'est d'ailleurs sur la base de ces deux tectogénèses que la division en deux groupes est actuellement admise (CAHEN, 1952).

D'une manière générale, les directions tectoniques (directions axiales des plis) se répartissent en deux ensembles : NW-SE à WNW-ESE en ce qui concerne le groupe de la Ruzizi, NE-SW en ce qui concerne celui de l'Urundi. Ces deux directions se coupent pres-

qu'orthogonalement dans la région de l'Itombwe (LOHEST 1946 ; SAFIANIKOFF, 1950).

Toutefois, elles subissent des inflexions remarquables. Ainsi, la direction des couches du groupe de la Ruzizi se redresse vers le Nord dans la partie occidentale du Ruanda-Urundi proche de la Ruzizi. Ensuite, ces couches traversent le lac Kivu et se retrouvent en direction NW sur la rive ouest du lac.

Vers le Sud, au Maniema, les plis de l'Urundi sont en continuité tectonique avec les plis du groupe des Kibara, au Katanga. Vers le Nord, le plissement urundien se poursuit au Ruanda-Urundi et en Uganda, mais l'ensemble dessine une vaste virgation vers le NW. Il en est de même du synclinal urundien de l'Itombwe. De telle sorte qu'au nord du parallèle de Bukavu, les deux groupes de la Ruzizi et de l'Urundi sont sensiblement parallèles.

La distinction entre ces deux groupes devient alors difficile. Cependant l'examen du rejet des failles qui ont affecté postérieurement tout le Précambrien permet de constater que le Groupe de la Ruzizi « affleure uniquement dans les régions surélevées » (horst ou flexures). « Dans ces régions surélevées, le groupe de l'Urundi n'existe qu'en lambeaux généralement de peu d'importance, tandis que dans les régions déprimées ou, au moins, non surélevées, il se manifeste avec une puissance et une continuité remarquables » (CAHEN, 1952).

Quant au groupe du Kibali qui apparaît dans le nord du Kivu, ses directions axiales sont, dans l'ensemble, WNW-ESE à WSW-ENE, donc distinctes des directions principales des deux groupes précédents. Il semble correspondre à une tectogenèse également distincte qui se placerait entre la tectogenèse ruzizienne et la tectogenèse urundienne.

Chacune des trois tectogenèses est accompagnée de granites dans lesquels on peut distinguer des granites pré-tectoniques qui, repris dans le plissement, sont forte-

ment laminés, des granites syntectoniques ou contemporains du plissement dont les massifs sont grosso-modo allongés suivant les directions structurales et enfin, des granites post-tectoniques dont l'ascension et la mise en place s'est effectuée postérieurement au plissement. Ces derniers apparaissent en massifs circonscrits sub-circulaires ou elliptiques sans rapports structuraux apparents avec les couches qui les encadrent.

Depuis la fin de la tectogenèse et de la granitisation urundienne, la région désormais consolidée du Kivu et du Ruanda-Urundi n'a plus subi que des dislocations à grand rayon de courbure. Mais ce sont celles-ci qui ont déterminé sa surélévation ainsi que les grandes et nombreuses failles radiales et flexures, créatrices de la branche occidentale du graben africain.

Certaines d'entre elles sont anté-Karroo et recouvertes par des dépôts de ce système, mais la majeure partie est relativement récente et rejoue encore de nos jours, témoins les fréquents tremblements de terre et l'activité volcanique actuelle.

La fracturation s'est produite, en particulier, lors du relèvement général de la pénéplaine miocène entre 900 et 3.000 m au-dessus du niveau de la mer. Elle a été dirigée en grande partie par les structures anciennes (CAHEN, 1952). Le résultat de ces mouvements épirogéniques a été le découpage de la région en une série de compartiments ou voussoirs, les uns surélevés (horst) dont le plus majestueux exemple est le massif du Ruwenzori, les autres effondrés (graben) en gradins disposés en relais. Au Kivu, les blocs surélevés sont souvent limités vers l'Est par d'imposants escarpements de failles (Kamaniola, Nyamukubi, Sake, Mt. Kisale, Kabasha, Beni) qui ont leur réplique, plus atténuée, sur l'autre rive du graben, au Ruanda et en Uganda. Vers l'Ouest, au contraire, les pentes sont souvent plus douces et correspondent à des flexures. De sorte que tout le

bord occidental du graben semble basculé vers l'Ouest et se raccorde au bassin de Lualaba. Symétriquement, le Ruanda-Urundi est une pénéplaine basculée vers l'Est.

Dans l'ensemble, failles et flexures dessinent une vaste croix de Saint-André dont les branches sont orientées NE-SW d'une part et NW-SE d'autre part. Le centre de cette croix se situe immédiatement à l'Ouest du lac Kivu, dans les massifs volcaniques de Kahusi et du Biega.

Les deux branches orientales de la croix correspondent au grand graben occidental au creux duquel sont logés les grands lacs, la Semliki, la Ruzizi et les champs de lave. La disposition en escalier du graben indique le morcellement récent de son fond primitif en une série de tranchées emboîtées les unes dans les autres et d'autant plus étroites et profondes qu'elles sont plus récentes (ASSELBERGHS, 1953). Les branches occidentales, à rejet très important près du lac Kivu, s'atténuent vers l'Ouest. La branche nord loge, notamment, le graben de la vallée de la Luhoho.

Des fractures moins importantes se greffent obliquement ou perpendiculairement sur les failles principales. Tel est le cas du graben latéral de Mufumbira, sur la branche nord-orientale de la croix, où se sont édifiés les volcans Mikeno et Sabinyo.

Ainsi que nous l'avons dit plus haut (A. 2), ce furent principalement les facteurs tectoniques qui déterminèrent les dépôts récents (pliocènes à actuels) ainsi que l'orographie, l'allure du réseau hydrographique du Kivu et son rajeunissement. Nous ne pouvons aborder ici ce sujet d'un intérêt captivant, mais il est un trait remarquable qui doit pourtant être signalé : c'est l'inversion du cours de la Ruzizi et le barrage de l'ancien lac Kivu-Édouard.

Si nous considérons les niveaux *actuels* des eaux dans les trois lacs Tanganika, Kivu et Édouard, ils s'établis-

sent respectivement aux cotes 773, 1463 et 913 m au-dessus du niveau de la mer. Le plan d'eau du deuxième occupe donc un niveau considérablement plus élevé que les deux autres. Or, l'étude approfondie des couches de Panzi, des terrasses anciennes de la Ruzizi et du Tanganika et de celles du lac Kivu et de la plaine du lac Édouard a montré que les eaux ont atteint au Pleistocène l'altitude de 1650 m. Il est complètement démontré (BUTAKOFF, 1937) qu'avant le barrage récent du graben occidental par les volcans des Virunga, les eaux s'écoulaient au fond de celui-ci du Sud vers le Nord, c'est-à-dire du lac Tanganika vers le lac Édouard en passant par le lac Kivu. Le lac actuel avec ses côtes découpées et ses chapelets d'îles représente un bassin hydrographique noyé où les principales rivières affluentes ont encore conservé le sens sud-nord de leur écoulement primitif. L'approfondissement de la fosse du Tanganika serait tout récent (de même que la fosse du Lac Albert) et postérieur au barrage des Virunga et c'est lors de la crue du Kivu que les eaux montantes du lac ont trouvé un exutoire vers le Sud, au niveau du seuil de Panzi (1650 m) avec création de l'actuelle Ruzizi et rattachement du lac Kivu au bassin du Lualaba-Congo.

L'érosion rapide de ce barrage friable et la régression vers le Nord du déversoir de la Ruzizi ont abaissé le lac Kivu à son niveau actuel de 1463 m.

BIBLIOGRAPHIE

- ASSELBERGHS, A., Les grandes lignes de la Géologie du Kivu (Comité national du Kivu, 1928-1953, Bruxelles, 1953, 47 pp., 1 pl.).
- BURNOTTE, J. L., Les sols du Kivu. I. Les sols de cendrées volcaniques (Comité national du Kivu, Bruxelles, 1952, 69 pp., 1 pl., N^elle série, N^o 3).
- BUTAKOFF, N., Sur l'écoulement vers le Nord du lac Tanganika au Pleistocène (*Ac. R. de Belg.*, 5^e s., t. XXIII, 1937, pp. 703-715).
- BUTAKOFF, N., Géologie des territoires situés à l'ouest et au nord-ouest

- du fossé tectonique du Kivu (Résultats scientifiques de la mission géologique du Comité National du Kivu, A. SALÉE, B. BUTAKOFF, J. DE LA VALLÉE POUSSIN, publiés par E. ASSELBERGHS, *Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain*, t. IX, fasc. I, 1939).
- CAHEN, L., Chronologie des terrains anté-Karoo de l'Est du Bassin du Congo (*Bull. Soc. Belge de Géol. Pal. et Hydrol.*, t. IX, 1951, pp. 97-113).
- CAHEN, L., Les groupes de l'Urundi, du Kibali et de la Ruzizi au Congo oriental et nord-oriental (*Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. LXXV, 1952, pp. M. 1-72).
- COMMISSION DE GÉOLOGIE DU MINISTÈRE DES COLONIES, Carte géologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi. Légende générale (4^e éd., Bruxelles, 1951).
- COMMISSION DE GÉOLOGIE DU MINISTÈRE DES COLONIES, Carte géologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi au 1/2.000.000 dressée par L. CAHEN et J. LEPERSONNE (Bruxelles, 1951).
- COMMISSION DE GÉOLOGIE DU MINISTÈRE DES COLONIES, Esquisse tectonique du Congo belge et du Ruanda-Urundi au 1/3.000.000, dressée par L. CAHEN et Notice explicative (Bruxelles, 1952).
- DELHAYE, F., Les volcans au nord du lac Kivu (*Bull. Inst. R. Colonial belge*, t. XII, 1, 1941, pp. 409-459).
- DELHAYE, F. et SALÉE, A., Carte géologique du Ruanda-Urundi en 6 feuilles, au 1/200.000 (Établ. Cartogr. Patesson, Uccle, 1928).
- DENAËYER, M.-E., A propos des phases de la mise en place des roches granitiques au Kivu (*Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. LXXXIII, pp. M. 97-110).
- DENAËYER, M.-E., et PETITJEAN, A., Le volcan éteint de Karibumba (Kivu Nord) et son substratum cristallin (*Bull. Soc. Belge de Géol., Pal. et Hydr.*, t. LX, 1951, pp. 303-320).
- HOLMES, A. et HARWOOD, H. E., The Volcanic Area of Bufumbiro. The Petrology of the Volcanic Field of Bufumbiro, South-West Uganda (*Geol. Survey Uganda*, Mem. III, Part II, Entebbe, 1937).
- HOPWOOD, A. T. et LEPERSONNE, J., Présence de formations d'âge miocène inférieur dans le fossé tectonique du Lac Albert et de la Basse-Semliki (Congo belge) (*Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. LXXVII, 1953, pp. M. 85-113).
- LACROIX, A., Minéralogie de Madagascar, vol. III (Paris, 1923).
- LEPERSONNE, J., Le fossé tectonique Lac Albert-Semliki-Lac Édouard (*Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. LXXII, 1949, pp. M. 3-92).
- LOHEST, A., Une coupe remarquable des couches de base de l'Urundi dans l'Itombwe (Congo belge) (*Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. LXIX, 1946, pp. B. 250-256).
- MEYER, A., Le volcan Nyamuragira et son éruption de 1951-1952 (*Bull. Inst. R. Col. Belg.*, t. XXIV, 1, 1953, pp. 233-286, 5 pl., 2 tabl.).
- PASSAU, G., Les sources thermales de la province orientale (Congo belge) (*Bull. Inst. R. Col. Belge*, t. IV, 3, 1933, pp. 778-814).

- SAFIANIKOFF, A., Les systèmes de l'Urundi et de la Ruzizi au Kivu et les intrusions granitiques (*Ann. Soc. Géol. Belg. Mém.*, t. 79, 1949-50, pp. 87-96).
- SALÉE, A., Constitution géologique du Ruanda oriental (*Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain*, t. V, fasc. 2, 1928, 2 pl.).
- SOROTCHINSKY, C., Étude pétrographique de l'édifice volcanique du Kahusi et du Biega (Kivu) (Résultats scientifiques de la mission géologique du Comité National du Kivu, A. SALÉE, N. BUTAKOFF, J. DE LA VALLÉE POUSSIN, publiés par E. ASSELBERGHS (*Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain*, t. IX, fasc. VI, 1934, 5 pl.).
- TAZIEFF, H., L'éruption du volcan Gituro (Kivu, Congo belge) de mars à juillet 1948 (*Mém. du Service Géologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi*, n° 1, 1950, 158 pp., 22 pl., 2 tabl.).
- VERHOOGEN, J., Les éruptions de 1938-1940 du volcan Nyamuragira (Exploration du Parc National Albert, Missions J. VERHOOGEN (1938 et 1940), *Institut des Parcs nationaux du Congo belge*, Bruxelles, fasc. 1, 1948, 187 pp., 27 pl.).

CHAPITRE III

Introduction

à l'étude des liants hydrauliques

(rédigée d'après les notes de H. HART).

1. — Définition et classification des pouzzolanes.

Les pouzzolanes sont des matières silicatées ou siliceuses qui, bien que ne possédant pas par elles-mêmes les propriétés des ciments, sont cependant capables de réagir avec la chaux en présence d'eau et sous l'eau, à la température ordinaire, pour former des composés très peu solubles ayant les caractères des liants (F. M. LEA, 1939, p. 460).

On les divise en :

1^o *Pouzzolanes naturelles* comprenant les cendres et les tufs volcaniques, les terres à diatomées et des roches très siliceuses telles que les gaizes ⁽¹⁾.

2^o *Pouzzolanes artificielles* comprenant des argiles torréfiées, des schistes cuits et divers sous-produits siliceux hydratés.

De même que les argiles et les schistes, les gaizes doivent subir un traitement thermique préalable.

(1) Grès tuffacés opalifères à diatomées, radiolaires et spicules d'éponges.

2. — Les pouzzolanes volcaniques et leur composition chimique.

Nous ne nous occuperons ici que des pouzzolanes volcaniques qui sont les plus estimées. Mais il n'est pas inutile de signaler qu'il existe, au Kivu, des terres à diatomées en gisements probablement de faible importance et que les argiles et les schistes y abondent.

Les pouzzolanes les plus célèbres sont les pouzzolanes des Champs Phlégréens (au nord de Pouzzoles, baie de Naples) et les pouzzolanes romaines (Viterbo) exploitées depuis l'Antiquité. Le trass rhénan (région du Laacher See) a acquis de nos jours une réputation non moins méritée. Citons encore la terre de Santorin (Cyclades).

Il existe cependant des pouzzolanes dans la plupart des régions volcaniques d'âge récent. On les extrait pour les industries de la construction, notamment en Bavière, en Roumanie, aux îles Lipari, en Nouvelle Zélande et à Ténériffe.

Les produits pouzzolaniques comprennent les ejecta volcaniques meubles (*cendre* et *lapilli*) ou plus ou moins consolidés par des produits secondaires et désignés alors uniformément, en géologie, sous le nom de *tufs*.

La nature pétrographique et la composition chimique de ces produits varie dans une très large mesure. Les pouzzolanes phlégréennes et le trass rhénan sont des tufs trachytiques, phonolitiques ou leucitiques de teinte claire qui renferment des fragments de ponce et des poussières volcaniques. La pouzzolane romaine est un tuf riche en leucite, tandis que la terre de Santorin est formée d'une substance amorphe granulaire englobant des fragments de ponce et d'obsidienne.

Les analyses ci-dessous (F. M. LEA, 1939, p. 462) donneront une première idée des variations de la composition chimique de quelques pouzzolanes classiques.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	P. F.
Segni, Latium	48,20	21,91	9,55	n. d.	7,50	3,15	4,14		0,25	5,30
Bacoli (Pouzzoles)	56,75	16,92	6,34	n. d.	3,60	0,54	2,87	4,06	n. d.	7,18
Santorin	63,25	13,21	4,92	0,97	3,95	2,10	2,58	3,90	0,65	4,91

Il s'agit ici de tufs blancs. Cependant la plupart des volcans ont rejeté des masses de laves poreuses et de lapilli ponceux de couleur noire ou rouge que l'on peut également employer dans la fabrication de matériaux pouzzolaniques. C'est précisément le cas des volcans du Kivu, à très peu d'exception près.

Ces lapilli noirs et leurs tufs se distinguent des tufs blancs par leur teneur plus élevée en magnésie et en oxydes de fer auxquels ils doivent leur couleur sombre et par une teneur plus faible en silice. L'analyse ci-dessous montre la composition de lapilli de cette nature.

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃	H ₂ O+	H ₂ O-
37,83	25,43	8,62	2,26	0,18	8,94	6,43	3,72	3,63	tr.	2,50	0,00

3. — Origine des propriétés pouzzolaniques.

On admet généralement que les propriétés hydrauliques des pouzzolanes, trass, etc... sont dues à l'état partiellement vitreux et hydraté ou amorphe des ejecta volcaniques qui les constituent et (dans une moindre mesure) à la nature de leurs produits secondaires d'altération.

De plus, on attache, à juste titre, une grande importance à la texture ponceuse ou poreuse des *ejecta*, grâce à laquelle ils offrent une grande surface interne par rapport à leur volume. Ceci a pour conséquence de mul-

tiplier les surfaces de contact et de favoriser de la sorte les réactions entre la lave et la chaux.

Les *ejecta* vitreux sont ainsi de véritables *aérogels* produits par la pulvérisation de la lave sous l'action des gaz qui se détendent au cours des éruptions explosives.

L'état physique des pouzzolanes jouerait, par conséquent, un rôle au moins aussi important que leur composition chimique. Cette dernière est très variable, comme nous venons de le voir.

On pourrait s'exprimer schématiquement en disant que les parties vitreuses actives des *ejecta* sont des silicogels de sesquioxides et d'alcalis ($\text{SiO}_2 - \text{R}_2\text{O}_3 - \text{R}_2\text{O} - \text{H}_2\text{O}$) ou, — d'une manière plus concise encore —, des « alumo-silicates alcalins hydratés ».

Ces silocogels sont solubles dans les acides et les lessives dilués. Ainsi, le trass rhénan, après digestion dans l'acide chlorhydrique, puis dans une solution de carbonate de soude, fournit en produits solubles :

SiO_2	Al_2O_3	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	H_2O
53 %	24 %	10 %	13 %

H. HART a suggéré jadis (1931) qu'en raison de la composition de cet extrait, la partie active des pouzzolanes serait un composé du type leucite ($\text{K}_2\text{O} - \text{Al}_2\text{O}_3 - 4 \text{SiO}_2$) dans lequel K_2O a été partiellement remplacé par H_2O combiné. Les tufs leucitiques ont en effet une grande énergie hydraulique latente.

H. HART pense aussi, avec plusieurs autres auteurs, que sous l'action de la vapeur d'eau, l'alumosilicate s'altère en perdant une partie de ses alcalis qui s'intègrent à de nouvelles combinaisons hydratées cristallisées dont les principales sont les zéolites. Les zéolites sont, en effet, toujours présentes, tant dans le ciment

interstitiel des tufs qu'à l'intérieur des lapilli et des fragments de ponce partiellement altérés, comme nous le verrons dans l'étude des tufs des volcans du Kivu.

4. — Énergie hydraulique latente des pouzzolanes.

On appelle *énergie hydraulique latente* ou *hydraulicité latente* des matières pouzzolaniques (laves, cendres, tufs) leur degré d'aptitude à réagir et à acquérir de la résistance quand on les mélange avec de la chaux, du ciment ou du gypse, en présence d'eau.

5. — Évaluation de la capacité réactionnelle des matières pouzzolaniques.

Le critère de l'énergie hydraulique latente des pouzzolanes semble être leur teneur en *eau d'hydratation* (« chemisch gebundenes Wasser ») et en *facteurs hydrauliques* solubles dans les acides et les lessives alcalines.

Les principaux facteurs hydrauliques seraient la silice (SiO_2) et les sesquioxydes d'alumine et de fer ($\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$).

L'expérience montre, en effet, que la résistance initiale des mortiers pouzzolaniques est d'autant plus élevée que la teneur en eau d'hydratation des tufs, cendres, etc... est plus grande. Par contre, pour de faibles teneurs en eau et de grandes teneurs en facteurs hydrauliques, les résistances initiales sont faibles, mais croissent régulièrement avec le temps.

Les méthodes utilisées pour la détermination des facteurs hydrauliques supposés capables de réagir avec la chaux sont très variées et donnent des résultats qui ne s'accordent pas toujours avec l'hydraulicité latente des tufs, etc.

Aussi H. HART a-t-il recommandé l'adoption d'une méthode de dosage empirique, mais uniforme, dont

l'application donne des valeurs toujours comparables avec l'énergie de durcissement des matières pouzzolaniques.

Méthode H. Hart.

Sur un poids p donné de matières pouzzolaniques moulues, passant au tamis de 900 M/S (mailles de 0,02 mm de côté), on dose l'eau d'imbibition i à 100°C (eau de carrière ou H₂O-), puis la perte au feu h (eau d'hydratation ou chimiquement liée ou H₂O + et, éventuellement, anhydride carbonique).

On rapporte la perte au feu, sous le titre « eau d'hydratation » H, à 100 % de matière sèche. On a

$$H = \frac{h \times 100}{p - i}$$

Ensuite, on traite 1.000 gr de matière sèche moulue par une solution de 10 cc d'acide chlorhydrique 1,19 dans 200 cc d'eau. On fait bouillir dans un becher couvert pendant 3 minutes, puis on filtre immédiatement et on lave le résidu à l'eau distillée chaude. On pèse le résidu insoluble et l'on dose dans le filtrat : la silice (SiO₂), les sesquioxydes R₂O₃ (Al₂O₃ + Fe₂O₃), la chaux (CaO), la magnésie (MgO) et l'anhydride sulfurique (SO₃). Les alcalis (K₂O + Na₂O) sont déduits par différence.

Remarque.

Le dosage de l'anhydride sulfurique a une importance particulière, car les sulfates sont nocifs dans la fabrication des matériaux de construction, surtout si on les lie avec du ciment. Heureusement, les laves, cendres et tufs volcaniques ne contiennent généralement que très peu ou pas de sulfates (HART, 1952).

6. — Mesure de l'énergie hydraulique latente.

Vu l'importance des pouzzolanes dans le domaine de la construction, en Allemagne, une méthode standard a été élaborée pour déterminer leur énergie hydraulique par des essais techniques comparables entre eux.

Les Allemands ont adopté les *Trassnormen Prüfungen* DIN 1043 suivant lesquelles les mortiers de tufs volcaniques sont soumis à des essais de résistance à la compression et à la traction, comme les ciments.

Pour effectuer ces essais comparatifs, on fabrique un mortier composé de

tuf moulu	1.000 parties en poids ;
Hydrate de chaux pur de norme ..	800 parties en poids ;
Sable de norme	1.500 parties en poids.

Le tuf doit contenir au moins 7 % d'eau d'hydratation. La fabrication de la chaux de norme est contrôlée officiellement par des spécialistes, de façon à employer pour tous les essais une chaux de même composition et de même activité. De même, le sable de norme doit présenter des qualités constantes.

Les mortiers de pouzzolanes doivent, d'après DIN 1043, durcir dans l'eau et atteindre les *résistances minima* suivantes :

Résistances	après 7 jours	après 28 jours
à la compression	45 kg/cm ²	140 kg/cm ²
à la traction	5 kg/cm ²	16 kg/cm ²

Durcissement *dans l'eau*, signifie que l'éprouvette est d'abord placée, pendant les 3 premiers jours, dans une enceinte saturée d'humidité, entre 17 et 20°C, puis, du 4^e au 25^e jour, immergée dans l'eau, à la même température.

Les tufs et cendres du Kivu ont tous été testés conformément à ces méthodes pour la détermination de leurs capacités réactionnelles et de leur énergie hydraulique latente.

7. — Cohésion des bétons et des mortiers de pouzzolane.

On doit cependant signaler ici qu'aucun mortier n'est fabriqué ni qu'aucun édifice n'est bâti pour un temps court, par exemple 28 jours, mais bien pour des années et des décades. Le facteur important des liants pouzzolaniques, c'est leur capacité de *durcissement ultérieur*.

Les résistances initiales des mortiers pouzzolane-chaux ne sont donc pas aussi décisives que pour les ciments actuels finement moulus et fortement calcinés utilisés dans le béton armé.

Dans la pratique, les tufs qui n'atteignent pas les valeurs minima de cohésion prescrites sont cependant des pouzzolanes utilisables dans la fabrication des mortiers et des pierres à bâtir.

La pouzzolane romaine en est un exemple bien typique. Elle est utilisée depuis des millénaires pour la construction des ouvrages d'art et pourtant, elle ne remplit pas les conditions de cohésion minima fixées au XX^e siècle par DIN 1043. Néanmoins elle a fourni des mortiers qui ont résisté pendant deux mille ans aux intempéries et aux attaques de l'eau de mer agressive ($MgSO_4$). Témoin les installations du port d'Ostie dont on peut encore admirer la grande résistance et la solidité, supérieures à celles des ciments Portland.

Jusqu'en 1952, les « briques de gravier de ponce » (béton pouzzolanique associant à du tuf moulu, des lapilli ponceux) ne devaient atteindre, pour être conformes aux normes allemandes DIN 1059, qu'une résistance à la compression de 20 kg/cm². Ensuite, on mit

en application les normes DIN 18152, suivant lesquelles « la pierre de béton léger de ponce naturelle » devait atteindre une résistance minima de 25 kg/cm².

Malgré ces conditions plus sévères, la pierre de béton léger pouzzolanique dont la fabrication est envisagée au Kivu, répondrait parfaitement aux exigences actuelles, comme les résultats de nos essais le démontrent, et il serait même inutile qu'elle présentât une résistance supérieure à 25 kg/cm².

Des essais sur mortier ont été faits avec une cendrée noire analogue aux cendrées du Kivu, provenant du volcan éteint Herschenberg (Brohltal). Le mélange composé de :

- 1 partie de cendre moulue ;
- 2 parties de chaux blanche pulvérisée ;
- 3 parties de sable de norme ;

a donné des résistances croissantes à la compression de :

- 11,0 kg/cm² après 7 jours ;
- 47,0 kg/cm² après 28 jours ;
- 61,0 kg/cm² après 90 jours ;
- 189,0 kg/cm² après 2 ans.

Ces résultats montrent bien que la valeur des mortiers pouzzolaniques réside moins dans leur résistance initiale que dans leur grande énergie hydraulique latente qui se développe lentement au cours des années.

Des essais analogues ont été exécutés avec le tuf du volcan de Karibumba (au sud de Beni). L'analyse de ce tuf a donné :

Eau d'hydratation	6,13 %
Silice soluble dans HCl	11,00 %
Sesquioxyde d'alumine et de fer solubles dans HCl	12,26 %
Oxydes de calcium et de magnésium solubles dans HCl ..	23,00 %

La résistance initiale, assez médiocre, a quintuplé,

après 84 jours. En effet, on a obtenu des résistances à la compression de :

27 kg/cm² après 7 jours ;
 98 kg/cm² après 28 jours ;
 130 kg/cm² après 84 jours.

D'autres pouzzolanes peuvent être 14 fois plus résistantes dans le même laps de temps.

Il convient de rappeler ici que ce que l'on demande au ciment Portland est une grande puissance de durcissement dans le laps de temps le plus court. Par exemple, les ponts construits sur le Danube et d'autres encore, entre 1890 et 1900, avec les ciments Portland produits à l'époque, n'atteignaient, après 28 jours, que des résistances à la compression de l'ordre de 150 kg/cm² et ils remplissent encore parfaitement leur rôle après 60 ans d'âge.

Actuellement, les mortiers de pouzzolanes atteignent, comme on l'a vu, des résistances du même ordre.

8. — Réaction des pouzzolanes avec la chaux.

La question théorique, à savoir : *Quels sont les produits de la réaction entre les pouzzolanes et la chaux ?* a suscité de nombreuses discussions. Car il n'est pas facile d'isoler ces produits. Il ne peut être question de résumer ici les opinions en présence. Cependant, les résultats obtenus à la suite de nombreuses expériences indiquent qu'il se forme, au contact pouzzolane-chaux, des silicates et des aluminates calciques hydratés, pour les uns, des alumosilicates de calcium hydratés, pour les autres.

Dans la première hypothèse, avec des solutions concentrées d'hydrate de chaux (Ca(OH)₂), il se formerait des composés très peu solubles : silicate tricalcique hydraté (3CaO₂ SiO₂ — Aq.) et aluminates tri- et tétracalciques hydratés (3CaO Al₂O₃ — 6H₂O, cubique, et

$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 13\text{H}_2\text{O}$, monoclinique pseudo-hexagonal). D'autres silicates et aluminates peuvent aussi se former aux faibles concentrations.

Ces réactions sont des réactions de surface entre solide et solution. Néanmoins l'aluminate tétracalcique cristallisé a pu être identifié. Par contre, les silicates calciques sont des composés gélatineux indéterminables au microscope (F. M. LEA).

A. STEPOPOE a exposé dans une série de publications, depuis 1932 jusqu'en 1937, une théorie qui considère que, sous l'action des eaux agressives (MgSO_4), les silicates et aluminates calciques hydratés sont décomposés. La chaux est remise en mouvement et il se dépose finalement des gels inertes de silice et d'alumine, capables de développer une grande résistance. Ce serait, en somme, au silicogel et à l'alumogel qu'il faudrait attribuer l'action liaisonnante progressivement croissante sous l'eau de mer.

H. HART a, de son côté, effectué des recherches (1931, 1932) en s'inspirant d'une ancienne théorie de A. HAMBLOCH (1912) suivant laquelle :

« En plus d'une carbonatation accessoire par absorption d'acide carbonique de l'air ou en dissolution dans l'eau, le durcissement du mortier dépend de la formation, en présence d'eau, d'hydrosilicates dans lesquels la silice soluble forme, avec l'alumine, la chaux et les alcalis, des combinaisons que l'on peut comparer aux zéolites naturelles ».

Pour vérifier cette thèse, H. HART a préparé, d'abord, une substance pouzzolanique pure et très active par fractionnement du tuf leucitique du Nettetal, à l'aide d'un mélange de bromoforme et de benzène, de façon à obtenir cinq fractions dont les densités étaient comprises entre 2,30 et 2,64.

Par traitement de ces fractions à l'eau saturée d'acide carbonique, il a obtenu un produit zéolitique contenant 8 à 10 % d'eau et répondant à la composition $\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{aq}$.

Il a ensuite étudié le chimisme de l'union de cette pouzzolane à l'hydrate de chaux sur des mélanges pauvres en chaux (méthode déjà préconisée par OSTENDORF, en 1927, pour l'étude de mortiers utilisés dans la construction d'écluses).

Un mortier liquide composé de 75 % de pouzzolane du Nettetal et de 25 % d'hydrate de chaux est gâché avec de l'eau distillée et mélangé à 300 parties de sable de norme. Il est placé dans une enceinte hermétique en atmosphère humide.

Les résistances obtenues étaient, en kg/cm², après 7 jours, à la compression : 41,6; à la traction : 6,5; après 28 jours, à la compression: 120,0; à la traction: 21,0.

Ces résistances et leur développement doivent être attribuées à un durcissement hydraulique. Le mélange pouzzolane-chaux avait la composition chimique suivante :

	Partie soluble dans HCl	Partie insoluble dans HCl
Eau (H ₂ O)	12,41 %	—
Anhydride carbonique (CO ₂)	9,39	—
Silice (SiO ₂)	23,19	13,04 %
Alumine (Al ₂ O ₃)	10,20	3,98
Oxyde ferrique (Fe ₂ O ₃)	2,40	0,28
Oxyde de titane (TiO ₂)	traces	traces
Oxyde de manganèse (MnO)	traces	traces
Chaux (CaO)	18,37	0,59
Magnésie (MgO)	0,60	0,20
Alcalis (en K ₂ O)	5,00	0,80
Anhydride sulfurique (SO ₃)	—	(par différence)
Chlore (Cl ₂)	—	—
	81,56 %	18,89 %

Dans ce mélange, H. HART a déterminé, en cours de durcissement, la quantité de chaux non combinée après 1 jour, et après 4, 10 et 16 semaines. Pour cela, il a dosé la chaux non combinée dans une solution obtenue

en agitant 2000 g de mélange dans 1000 cm³ d'eau distillée, pendant 4 heures.

Le diagramme 1 montre les résultats de ces dosages. Il n'y avait pas de trace de silicate dans la solution.

Malgré le grand pouvoir dissolvant de l'eau, les résultats ci-dessus ont été corroborés en utilisant comme solvant une solution d'acide acétique alcoolique 1/10 normale (diagramme 2).

On voit que la quasi-totalité de la chaux a été fixée au bout de 16 semaines. Il s'est vraisemblablement formé un minéral entièrement nouveau, très résistant à l'eau et aux acides faibles, auquel H. HART attribue la formule :



qui correspond à la composition centésimale suivante :

H ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	K ₂ O
17,79	41,67	20,17	11,07	9,30

Or, cette composition est assez voisine de celle de la Phillipsite, qui est une zéolite calcique. On peut donc supposer qu'un composé analogue se forme par cristallisation du verre volcanique hydraté à composition leucitique, des pouzzolanes, lors de l'absorption de la chaux.

Pratiquement, pour éveiller au maximum les propriétés hydrauliques latentes des pouzzolanes, il semble nécessaire de leur donner un excès considérable de chaux, surtout quand il s'agit de constructions à l'air libre. Car il se forme, secondairement, sous l'action de l'acide carbonique de l'air, du carbonate de chaux (CaCO₃) qui contribue d'ailleurs à l'accroissement de la résistance.

De plus, bien que la quantité totale de chaux (CaO) combinée à partir d'une solution concentrée d'hydrate de chaux Ca(OH)₂ puisse atteindre 30 à 40 % en 130 jours (et même 50 % en un an, obtenus par F. M.

Diagramme 1

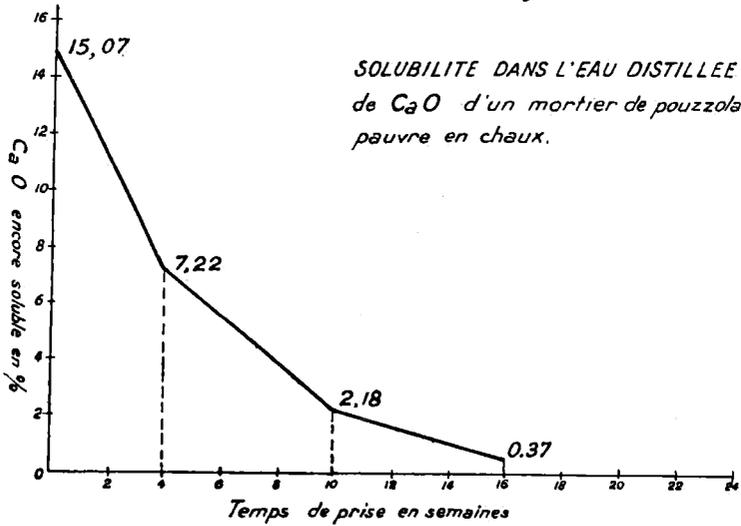
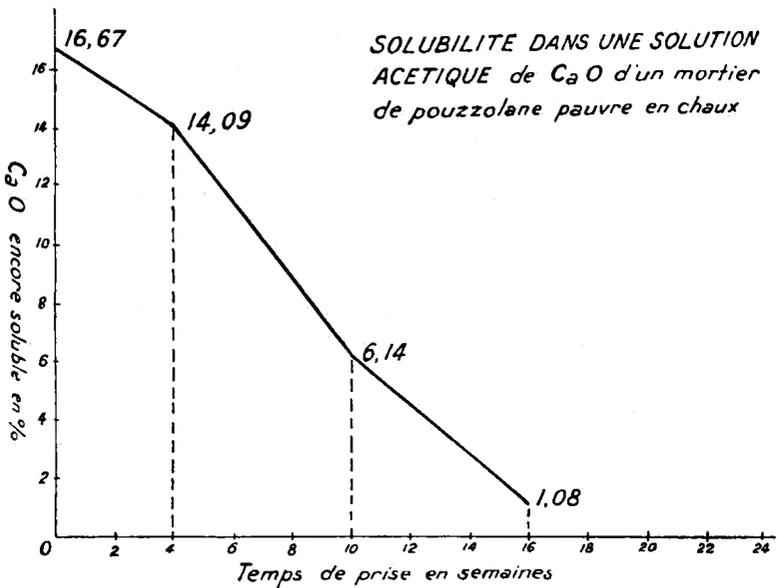


Diagramme 2



LEA), dans la pratique, il semble qu'une pouzzolane ne se combine pas à plus de 20 % de son poids de CaO.

9. — Emploi des chaux magnésiennes.

A. STEPOE (1936) a montré que l'hydroxyde de magnésie $Mg(OH)_2$ réagit avec le trass d'une façon analogue à celle de $Ca(OH)_2$, mais qu'il n'y a pas de durcissement et qu'après 28 jours le mortier est encore tendre.

En contradiction complète avec ce résultat, H. HART, ayant pour objectif l'emploi des calcaires magnésiens du Kivu (marbres dolomitiques d'Iwinza et dolomies de Kirotshe) situés dans des sites favorables au bord du lac, entreprit au retour de la Mission, en juillet 1952, une série d'essais inédits qui ont été couronnés d'un succès complet. Ne devant entrer en possession des échantillons de dolomies et de tufs du Kivu que beaucoup plus tard, il effectua d'abord ses expériences avec les matières européennes prescrites par les « Trassnormen » DIN 1043, de même que tous ses essais ultérieurs, de façon à obtenir des résultats comparables. Deux séries d'essais ont été menées parallèlement. Dans la première série, on utilisait de l'hydrate de chaux pur, du sable de norme et du trass de Rottergrube. Dans la seconde, l'hydrate de chaux était remplacé par le produit commercial : « Chaux d'enduit DOLOMIT » (chaux magnésienne). Chacun des chiffres ci-dessous représente la moyenne de trois essais concordants.

Composition des mélanges.

A. Liant	1 kg trass moulu
	0,8 kg chaux pure ($Ca(OH)_2$)
	1,5 kg sable de norme
B. Liant	1 kg trass moulu
	0,8 kg chaux magnésienne ($Ca(OH)_2 + Mg(OH)_2$)
	1,5 kg sable de norme.

Résistances				
après	à la traction		à la compression	
	A	B	A	B
7 jours	15,7 kg/cm ²	12,7 kg/cm ²	95,7 kg/cm ²	85,8 kg/cm ²
28 jours	26,6 kg/cm ²	19,8 kg/cm ²	181,2 kg/cm ²	194,3 kg/cm ²
56 jours	26,7 kg/cm ²	31,5 kg/cm ²	215,1 kg/cm ²	230,1 kg/cm ²

De multiples essais effectués ultérieurement avec la dolomie de Kirotsche et le marbre d'Iwinza mélangés aux pouzzolanes du Kivu ont donné des résultats très satisfaisants. Par exemple, un béton léger essayé en vue de la fabrication de briques économiques, composé de :

1 partie de liant (chaux dolomitique + pouzzolane moulue) et 4 parties de lapilli poreux, a atteint :

après 25 jours, une résistance à la compression de 25 kg/cm² ;

après 2 1/2 mois, une résistance à la compression de 44 kg/cm².

La densité apparente était de 1,24 kg/dm³.

10. — Choix, préparation et usages des mortiers pouzzolaniques.

A Ténériffe, aux abords du Vésuve près de Pompéi et dans les Champs phlégréens, les pouzzolanes se trouvent fréquemment sous forme de cendres pulvérentes et, dans ce cas, elles peuvent être utilisées directement.

En Allemagne, les trass sont des tufs assez fermes. Ils doivent être moulus dans des moulins pour la fabrication du mortier pouzzolanique.

Les tufs du Kivu devront aussi être partiellement moulus.

Mélangés avec de la chaux et du sable ou des lapilli

ponceux d'une granulométrie appropriée, les mortiers obtenus répondront à toutes les exigences techniques.

Granulométrie.

La granulométrie désirable pour les lapilli dépend de l'usage envisagé (mortier ou blocs de béton) et du mode de fabrication. En général, elle devra être assez étalée (à grains mal classés) et comprise entre des limites allant de quelques dixièmes à 5 ou 6 mm de diamètre par exemple. Il faudra éviter une quantité importante de grains très fins de même que des lapilli trop volumineux.

Nous verrons, dans l'exposé des résultats, que les cendres du Kivu répondent en général très bien à ces conditions.

Par exemple, avec les cendres du Rumoka, nous avons obtenu les résultats suivants :

Refus du tamis de 15 mm	1,0 %
Refus du tamis de 7 mm	3,5 %
Refus du tamis de 3 mm	33,0 %
Refus du tamis de 1 mm	54,0 %
Refus du tamis de 0,2 mm	8,5 %
Passe au tamis de 0,2 mm	0,5 %

Les indices granulométriques déduits de la courbe cumulative ⁽¹⁾ sont :

Grain moyen	2,5 mm
Indice de classement	0,40 mm
Indice d'assymétrie	— 0,03 mm

Quant aux sables dont l'emploi est également à envisager, ils doivent répondre sensiblement aux mêmes conditions granulométriques. De tels sables existent sur les bords du lac Kivu, à l'embouchure de quelques rivières. Ce sont des résidus de l'altération des granites et des schistes cristallins du socle précambrien et de ce

⁽¹⁾ Pour la signification de ces indices, voir chapitre VI.

fait, leurs éléments sont mal classés. Un sable provenant de l'embouchure de la Sebaya (Ruanda, près de Kysenyi) a donné les indices suivants :

Grain moyen	0,43 mm
Indice de classement	0,30 mm
Indice d'assymétrie	— 0,09 mm

Les mortiers de pouzzolanes ne conviennent pas seulement à la fabrication des pierres à bâtir. Ils peuvent aussi être utilisés comme mortiers de maçonnerie, mortiers d'enduits, mortiers de fondations, etc. ; bref, ils peuvent, en maintes occasions, remplacer le ciment, à moindres frais.

11. — Conductibilité thermique des matériaux pouzzolaniques.

Jusqu'à présent, l'indigène des régions tropicales a construit ses huttes avec des produits végétaux. Il utilise, par exemple, des tiges de bambou pour la charpente, de l'herbe à éléphant pour tresser les parois et des feuilles de bananiers pour couvrir le toit. Bien que cela nous paraisse « primitif », une habitation de ce type est parfaitement adaptée au climat. Elle offre le maximum de protection thermique contre les ardeurs du soleil et la fraîcheur nocturne à cause du matelas d'air enfermé dans la masse végétale finement poreuse. De plus, les murs sont souvent protégés par un enduit en pisé argileux et blanchis extérieurement. Un mur végétal de 25 à 30 cm d'épaisseur possède un coefficient de conductibilité thermique qu'on peut estimer à environ 0,10 kcal/m.h.°C. Celui de l'air au repos est de 0,03 kcal/mh°C.

Il n'y a point de matériaux, si ce n'est la brique pouzzolanique, qui puissent rivaliser à cet égard avec la matière végétale. Mais elle est supérieure à celle-ci au point de vue de la résistance, de la durée, de l'hygiène et du confort.

Les lapilli ponceux renferment une grande quantité d'air occlus, donc au repos, en plus de l'air qui remplit leurs cavités ouvertes. Leur porosité s'exprime par environ 80 % de vides et leur coefficient de conductibilité thermique, à l'état parfaitement sec, varie de 0,07 à 0,12 kcal/m h°C. Leur densité apparente est également très faible : 0,4 à 0,8 kg/dm³.

Les matériaux de construction à base de ponces liées par du ciment ou du mortier pouzzolanique auront, après un durcissement approprié, des propriétés favorables que l'on peut exprimer, à titre exemplatif, par les chiffres suivants :

Densité apparente : 0,7 à 0,9 kg/dm³ ;

Coefficient de conductibilité thermique : 0,16 à 0,25 kcal/m h°C ;

Résistance à la compression : plus grande que 20 kg/cm².

La faible densité permet la confection de briques préfabriquées d'assez grandes dimensions et, par conséquent, l'accélération de la construction et aussi, à volumes égaux, une plus grande facilité de transport. Leur faible conductibilité thermique permet aussi de prévoir des murs de moindre épaisseur.

Ces qualités reconnues du béton léger ont conduit au développement d'une industrie florissante en Allemagne, sur les bords du Rhin. Dans la région de Coblenz-Andernach-Neuwied on compte plus de 600 chantiers employant plus de 7.000 ouvriers occupés à la fabrication de briques, hourdis et toitures en matériaux de ponce. En Italie, également, commence à se développer une industrie similaire qui utilise la ponce de Lipari et de Viterbo. Elle a des usines à Milan, Carrara, Avenza, Lerici, Turin, etc.

Au Kivu, les lapilli poreux de ponce noire abondent

aux environs de Sake (cendres du Rumoka) ainsi qu'aux environs de Kisenyi, dans le Kibumba, etc.

Propriétés thermiques des laves poreuses.

Les énormes masses de laves épanchées des volcans du Kivu, présentent dans certains districts une texture fortement vacuolaire, poreuse ou scoriacée. Ces laves pourraient être employées directement comme matériaux de construction naturels, sans liant. L'examen d'une lave très poreuse de la coulée du Rumoka a donné les résultats suivants :

Densité apparente : 1,0 kg/dm³

Résistance à la compression : 86 kg/cm²

Coefficient de conductibilité thermique : 0,25 kcal/mh°C

On a calculé *le coefficient de transmission thermique*

a) Pour un mur sans enduit de 15 cm d'épaisseur :

$$\frac{0,15}{0,25} = 0,600 + 0,190 = 0,790$$

$$\frac{1}{0,700} = 1,263 + 10 \% \text{ de coefficient de sécurité} = 1,389 \text{ kgcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

b) Pour un mur sans enduit de 20 cm d'épaisseur, on obtient de même 1,111 kcal/m²h°C.

En Europe, on admet un coefficient maximum de 0,1 kcal/m²h°C pour un mur de maison d'habitation, pour assurer les conditions de salubrité du logement.

La lave de Rumoka pourrait donc être utilisée telle quelle, découpée en blocs, sans égards aux irrégularités de sa texture poreuse qui sont sans grande importance.

Les valeurs ci-dessus sont très suffisantes, même en tenant compte des exigences européennes.

On peut calculer qu'un mur en briques de lave de 15 cm d'épaisseur correspond à un mur en briques cuites

de 20 cm, et qu'un mur en briques de lave de 20 cm correspond à un mur en briques cuites de 30 cm.

Suivant la porosité de la lave, celle-ci peut être, soit découpée au fil d'acier, soit taillée avec des outils à main : marteau ou machette. Elle peut aussi être utilisée sous forme de moellons maçonnés.

La composition du mortier serait par exemple, la suivante :

- 1 partie de chaux ou dolomie cuite ;
- 1 partie de cendres ou de tufs moulus ;
- 6 ou 8 parties de sable ou cendre volcanique à grain fin.

12. — La chaux.

Le ciment étant très cher au Kivu, il y aura un immense avantage à travailler les matières pouzzolaniques uniquement avec de la chaux comme agent liaisonnant.

Celle-ci peut être obtenue par cuisson des calcaires massifs, dolomitiques ou non, du socle précambrien ou bien des travertins récents qui abondent aux flancs du graben.

Ces derniers sont parfois assez magnésiens, mais nous avons vu que la magnésie n'entrave nullement les réactions au contact des pouzzolanes.

Il faudra seulement éviter les chaux trop riches en matières insolubles. Ainsi, le calcaire dolomitique de Kirotsche si favorablement situé au bord du lac et à proximité des champs de cendres du Rumoka, est en partie siliceux et peut contenir jusqu'à 45 % de silice. Dans l'éventualité d'une exploitation de ce gisement, les bancs siliceux devront être évités soigneusement.

Une autre condition fondamentale pour la production d'une bonne chaux active est sa cuisson parfaite à des températures voisines de 1000° C. Le produit utilisé doit être une chaux à consistance de fleur de farine, bien coulante.

Il faudra donc construire des fours modernes, par exemple des fours à cuve avec amenée d'air, et installer des concasseurs ainsi que des tambours à extinction et des tamis.

Le four à chaux maçonné de la SAAK que nous avons vu, près de Rumangabo, est bien conditionné. Il possède 4 orifices de tisonnage qui servent en même temps d'amenée d'air, et un court raccord de cheminée pour activer le tirage du four. Le rendement est économique et laisse très peu de déchets.

Les tambours à éteindre la chaux vive, ainsi que les jeux de tamis pourraient être facilement actionnés au Kivu, en utilisant l'énergie hydraulique des ruisseaux au moyen de roues à aubes.

* * *

ANNEXE.

Utilisation des tourbes comme combustibles économiques.

Le procédé qui consiste à brûler les travertins et les calcaires dans des fours chauffés au bois, comme c'est à présent le cas au Kivu, ne manquera pas de produire des difficultés à plus ou moins bref délai dans ces régions à peu près dépourvues de forêts.

Cette remarque a d'ailleurs une portée générale, car elle concerne aussi le bois de chauffage.

Sans parler des conséquences néfastes du déboisement au point de vue du sol, de l'érosion, etc., il suffit d'indiquer que le transport à pied d'œuvre de bois humide et de faible rendement calorifique, est une opération onéreuse.

Or, nous avons été amenés à constater qu'il existe

dans les environs du lac Kivu des dépôts de tourbe dont certains sont assez puissants.

Des essais nous ont montré que la tourbe des marais du Kivu possède une bonne valeur calorifique (3.000 à 4.700 cal.) et qu'elle peut convenir pour la fabrication de briquettes dont le transport sur barges, par le lac, peut s'effectuer dans des conditions très avantageuses.

Les couches les plus profondes des dépôts de tourbe étant les plus compactes et les plus incarbonisées, seront celles qui présenteront le pouvoir calorifique le plus élevé. Or, selon les dires de M. CARDOEN, planteur à Tshitshi près de Kakeno, la tourbe de son grand marais atteint 30 à 40 mètres de puissance, comme l'a démontré un sondage. M. CARDOEN utilise d'ailleurs cette tourbe comme combustible pour son usage personnel (cuisson de travertin dans un four à chaux maçonné, pour désacidification des terres).

La fabrication des briquettes de tourbe peut se faire mécaniquement de la manière la plus simple et peut être confiée aux indigènes.

La tourbe est le type du combustible à bon marché et présente entre autres avantages, celui de ne pas se scorifier et de laisser un résidu de cendre qui constitue un bon engrais.

Bien entendu, toute exploitation de tourbe, au Kivu, devra débiter par le drainage et l'assèchement des marais tourbeux. Ce travail initial a notamment été effectué déjà à Tshitshi et Tshamfu.

Conclusions.

En conclusion à ce préambule, on peut affirmer que la nature, qui a doté le Kivu de cendrées, de tufs et de lapilli poreux volcaniques, et également de calcaires, de dolomies, de travertins et de sables, lui a aussi donné un combustible économique.

La réunion de ces matières premières, au voisinage ou sur les bords mêmes du lac Kivu, qui est une voie de transport également très économique, peut et doit être mise à profit.

Elle permet la fabrication de liants hydrauliques et d'éléments de constructions légers et hygiéniques, répondant parfaitement aux normes européennes. Et cela peut être fait au moyen d'installations industrielles et mécaniques des plus simples, n'exigeant pas d'investissements importants.

BIBLIOGRAPHIE

- AHRENS, W., Geologische Skizze der Vulkangebiete des Laachersee (*Jahrb. Preuss. Geol. Landesanstalt*, 1930).
- BACH, Zur Bewertung und Verwendung des Trasses (*Tonindustrie-Zeitung*, 68, 1924).
- BURNOTTE, J. L., Les sols de cendrées volcaniques (Éd. du Comité National du Kivu, 1952).
- BIEHL, K. et WITTEKIND (*Tonindustrie-Zeitung*, 58, 1934, pp. 499, 515).
- BUDNIKOFF, P. P., Bericht d. Deutschen Keram. Gesellschaft (1935, 16, p. 349).
- ENGLER, R., Geomechanische Betrachtungen über die Entstehung von Bims u. Tuff im Neuwieder Becken (1925).
- FERRARI, F., *Le Industrie del Cemento*, 28 (11), 86 (1931).
- FRECHEN, J., *Der Rheinische Bimsstein* (G. Fischerverlag, Wittlich, 1953).
- FREDL, Beiträge zur Kenntnis des Trasses (*Tonindustrie-Zeitung*, 26, 1930).
- HAMBLOCH, A., *Der Rheinische Trass als hydraulischer Zuschlag* (1903).
- HAMBLOCH, A., *Mikrographische Darstellung des Erhärtungsvorganges von « Trassmörteln »* (1912).
- HART, H., Vom Chemismus der Masse des rheinischen Trasses (*Tonindustrie-Zeitung*, 5 u. 6, 1931).
- HART, H., Über die Bindung von Kalkhydrat durch die Trassmolekel und über das Trasskalk-Erhärtungsproblem. (Strüdersche Buchdruckerei, Neuwied, 1932).
- HART, H., Über die freie Kieselsäure im Trass und über Trasskalkerhärtung (*Vulkanische Baustoffe*, Neuwied, 5 (77), 1928).
- HART, H., Vom Sulfatgehalt der für Bausteine verwendbaren vulkanischen Gesteine (*Beton-Zeitung*, H 1. Januar, 1952).

- INSLEY, H. et EWELL, H. (*Bur. Stand. Res. Pap.*, 14, 615, 1935).
- KUHL, H., Zement-Chemie, Band 1-3 (Verlag Technik, Berlin, 1952).
- LEA, F. M. et DESCH, C. H., Die Chemie des Zementes und Betons (Berlin, 1937).
- LEA, F. M., The Chemistry of Pozzolane (*Proceed. of the Symposium on the Chemistry of Cements*, Stockholm, 1938).
- MECKE, P., (*Tonindustrie-Zeitung*, 52, 1928, p. 1498).
- MECKE, P., Das chemische Verhalten von Si-Stoffen, Trass und Kieselgur in Kalk-u. Zementmörtel (*Tonind. Ztg.*, 26, 1930).
- MORAN, W. T. et GILLILAND, J. L., Summary of methods for determining pozzolanic activity (*Symposium on use of pozzolanic materials in mortars and concretes*, Amer. Society for testing materials, Philadelphia, n° 99, 1949, p. 109).
- MORDIZOL, Der Laacher See und seine Bimsteindecke (Vulkanische Baustoffe, 10, 1929).
- OSTENDORF, Zweckmässige und wirtschaftliche Betonmischungen für Wasserbauten im besonderen den Zement-Kalk-Trass-Beton (Verlag W. Ernst et Sohn, Berlin, 1927).
- STEOPOE, A., Untersuchungen über die chemischen und technischen Eigenschaften der rumänischen Trasse (1932).
- STEOPOE, A. (*Tonindustrie-Zeitung*, 1936, pp. 60 et 944).
- TAVASCI, B. (*Zement*, 1941, pp. 30 et 43).
- VITTORI, C. (*Chimie et Industrie*, Numéro Spécial, Avril, 1934).
- WITTEKIND, W. (*Tonindustrie-Zeitung*, 1935, pp. 60 et 1183).

CHAPITRE IV

Étude pétrographique et chimique des laves, cendres et tufs volcaniques

(M.-E. DENAEYER et D. LEDENT)

Introduction.

La pétrographie et la pétrochimie des *laves* du Kivu ont fait l'objet d'un certain nombre de mémoires parmi lesquels nous citeront ceux de L. FINCKH (1912), A. LACROIX (1923), C. SOROTCHINSKY (1934), A. HOLMES et H. F. HARWOOD (1937), J. THOREAU et J. CHEN (1943), A. HOLMES (1940), C. FRIEDLÄNDER (1949), H. TAZIEFF (1951), SAHAMA (1953) et le *Summary of Progress of the Geological Survey of Uganda* (1949). Le magistral mémoire de A. HOLMES et H. F. HARWOOD est, de loin, le plus complet et le plus documenté en ce qui concerne les Virunga.

Il serait donc hors de propos de refaire ici une étude de toutes les laves que la mission a récoltées comme matériaux de référence. Une telle étude ne ferait que répéter ce qui est déjà publié en grande partie. Il y a cependant lieu de faire remarquer que les champs volcaniques des Virunga sont encore très imparfaitement connus dans le détail et que la plupart des petits volcans satellites des grandes unités ne sont pas étudiés.

Par ailleurs, le but de la Mission était, en ordre principal, l'examen des cendres et des tufs. Toutefois,

l'émission des laves et des cendres et le dépôt des tufs volcaniques sont des phénomènes trop intimement liés pour qu'on puisse dissocier leur étude. De plus, les laves, cendres et tufs provenant d'un même système éruptif présentent de fortes analogies pétrographiques et chimiques.

Il nous a donc paru justifié et nécessaire de décrire, au début de ce chapitre, quelques laves typiques, les plus représentatives des Virunga ainsi qu'à titre d'exemples, quelques-unes des laves des environs de Bukavu, du massif du Kahusi-Biega et des volcans situés au sud-est du Ruwenzori, en Uganda.

En revanche, il n'existe, jusqu'à présent, aucune étude pétrographique et chimique des *cendres*, *lapilli* et *tufs* des Virunga, de la plaine du lac Édouard et de la Semliki. En comblant ici cette lacune (tout au moins en partie), nous répondrons à l'objectif principal de la mission.

Nous nous limiterons, cependant, dans l'étude des tufs, à ceux des Virunga et à deux autres, pris en dehors de cette région, qui sont également étudiés au point de vue technique, dans le chapitre VII.

S'il était nécessaire de justifier l'intérêt de l'étude pétrochimique des cendres et des tufs, au point de vue de leurs propriétés pouzzolaniques, comme, par exemple, de leur capacité réactionnelle, de leur teneur en verre, de leur degré de porosité, etc., nous citerions volontiers ces lignes de W. T. MORAND et J. L. GILLILAND (1949), ingénieurs au *U. S. Bureau of Reclamation* de Denver, Colorado, publiées par l'*American Society for Testing Materials* :

« Petrographic examination and analysis of pozzolans provide valuable information supplementary to that obtained from standard physical and chemical tests. Through microscopical observation, the mineralogic composition, petrographic identity, and particle size of a proposed pozzolan may be established. By this means, the constituent known to contribute to pozzolanic activity are identified and

their amounts estimated. Through identification of the active ingredients and determination of particle size ⁽¹⁾ the potential activity of the material and the need for preliminary treatment or grinding can be established prior to initiation of time consuming tests.

» Microscopical study is particularly useful for pozzolans containing amorphous materials, such as opal and volcanic glass, which yield no characteristic X-ray pattern. Weathering and alteration, factors which affect the chemical activity of pozzolans, are recognizable when the materials are examined petrographically. Natural materials may also be distinguished from industrial products such as fly ash and finely divided amorphous silica ».

La plupart des descriptions pétrographiques des laves et des analyses chimiques qui figurent dans le présent chapitre ont été puisées dans les mémoires des auteurs cités plus haut. Quelques analyses sont reproduites des bulletins d'analyses inédites effectuées et mises obligeamment à notre disposition par le Service géologique du Congo belge. Les autres ont été exécutées au Laboratoire de Minéralogie de l'Université de Bruxelles (D. LEDENT) à l'Institut de Neuwied (H. HART).

La nomenclature des laves utilisée ici est celle de A. LACROIX (1933). Elle peut différer de celle qui figure dans les travaux originaux.

Les analyses chimiques globales des objets fort complexes que sont les roches sont d'une interprétation assez malaisée. Il existe plusieurs procédés de calcul, destinés à rendre maniables et comparables les résultats des analyses globales.

Le procédé que nous utiliserons dans ce chapitre est le calcul dit « américain » : C. I. P. W. (sigle tiré des noms de ses auteurs : CLARKE, IDDINGS, PEARSON et WASHINGTON). Il a pour but d'établir, à partir de la composition chimique centésimale en oxydes d'une lave ou de tout autre roche silicatée, une « composition miné-

⁽¹⁾ La détermination des dimensions des particules, c'est-à-dire la granulométrie des cendres et lapilli fait l'objet du Chapitre V de ce Mémoire.

ralogique virtuelle » quelque peu simplifiée, ou « norme », en fonction de molécules simples et calculée suivant des règles fixes. Cette composition virtuelle sert de base de comparaison et peut donner, notamment, une idée de ce qu'aurait pu être sensiblement la composition minéralogique d'une lave vitreuse ou semi-vitreuse si elle avait pu cristalliser complètement à la faveur d'un refroidissement lent.

De plus, on calcule certains rapports moléculaires et minéralogiques dont les valeurs, exprimées en symboles numériques, ou « paramètres », permettent de représenter les principales caractéristiques chimico-minéralogiques de n'importe quelle roche silicatée.

L'explication de ces calculs et de ces symboles, dont l'emploi est familier à tous les pétrographes, est exposée en détail dans les *Tableaux de Pétrographie* de M.-E. DENAEYER (1951) auxquels nous renvoyons le lecteur.

La plupart des analyses de laves qui figurent dans ce chapitre ont été recalculées, soit parce que les auteurs ont utilisé un autre système de calcul, soit parce que leurs calculs originaux sont entachés d'erreurs.

A. — Laves.

I. — Laves du sud du lac Kivu.

Les laves du sud du Kivu sont, en majorité, représentées par des roches basaltiques. Des venues plus récentes sont trachytiques.

Les basaltes comprennent deux catégories : *a*) des basaltes doléritiques, *b*) des basaltes à grain fin. Ces derniers semblent être surtout des basaltes francs. Mais on connaît aussi des basaltes basanitoïdes et des basanites.

Nous ne donnerons ici que les analyses d'une lave basaltique et d'un trachyte des environs immédiats de Bukavu.

1. BASALTE DE KABARE (BUKAVU).

Basalte à grain fin, gris foncé, porphyrique.

Référence : C. FRIEDLÄNDER (1949), K 3, pp. 156 à 159.

Composition minéralogique.

Phénocritaux : pyroxène, olivine serpentinisée, labrador à 70 % An, enstatite subordonnée ;

Pâte : microlites de labrador à 50-70 % An, pyroxène, feldspathoïde intersertal non identifié ;

Minéraux accessoires : magnétite, rhönite.

Composition chimique

Analyste : J. JAKOB	
SiO ₂	44,43
Al ₂ O ₃	13,16
Fe ₂ O ₃	3,50
FeO	7,78
MnO	0,17
MgO	10,28
CaO	11,21
Na ₂ O	3,26
K ₂ O	1,28
TiO ₂	2,45
P ₂ O ₅	0,89
H ₂ O +	1,30
H ₂ O —	0,40
CO ₂	0,00
	<u>100,11</u>

Composition virtuelle

Orthose	7,78
Albite	11,53
Anorthite	17,24
Néphéline	8,80
Diopside	26,62
Olivine	14,48
Apatite	2,02
Ilménite	4,56
Magnétite	5,10
H ₂ O	1,70
	<u>100,19</u>

Paramètres : III.6.3.4[2.2(3).2.2]

Al/Calc = 0,48, An % = 60

Position systématique : Basanite labradorique.

2. TRACHYTE DU DÉVERSOIR DU LAC KIVU (SHANGUGU).

Trachyte compact, gris-verdâtre, peu porphyrique.

Référence : N. L. BOWEN (1938), Tab. III, II, pp. 30 et 31.

Composition minéralogique :

Phénocristaux : albite-oligoclase ;

Pâte : microlites de feldspath alcalin, augite aegyri-
nique, barkévicité ;

Minéraux accessoires : apatite, magnétite, quartz (?).

Composition chimique

Analyste : A. WILLMAN	
SiO ₂	60,29
Al ₂ O ₃	19,55
Fe ₂ O ₃	3,60
FeO	0,60
MnO	0,16
MgO	0,50
CaO	0,61
Na ₂ O	5,68
K ₂ O	5,33
TiO ₂	0,84
P ₂ O ₅	0,27
H ₂ O +	1,77
H ₂ O —	0,50
	<u>99,70</u>

Composition virtuelle

Quartz	5,64
Orthose	31,14
Albite	48,21
Anorthite	1,39
Corindon	3,98
Hypersthène	1,20
Ilménite	1,52
Hématite	3,68
Rutile	—
Apatite	0,67
H ₂ O	<u>2,27</u>
	99,64

Paramètres : I(II). 5.1.3(4)

Al/Alc = 1,3 ; Al/Calc = 1,2 ; An % = 2,9

Position systématique : Trachyte alcalin quartzifère
hyperalumineux.

II. — Laves du Kahusi et du Biega.

1. BASALTES (1^{re} phase volcanique).

Lave compacte, noire, aphyrique, à grain fin.

Références : G. SOROTCHINSKY (1934), pp. 24, 28 et 88 ;
A. HOLMES (1940), table V, p. 97.*Composition minéralogique :*

Phénocristaux : olivine, augite ;

Pâte : augite, microlites de plagioclase ;

Minéraux accessoires : magnétite, ilménite ;

Minéraux secondaires : hématite, limonite, calcite, serpentine.

<i>Composition chimique</i>		<i>Composition virtuelle</i>	
Analyste : W. H. HERDSMAN			
<i>in HOLMES</i>			
SiO ₂	43,56	Orthose	5,45
Al ₂ O ₃	15,04	Albite	16,79
Fe ₂ O ₃	2,74	Anorthite	23,54
FeO	8,84	Néphéline	5,89
MnO	0,23		
MgO	8,01	Diopside	18,97
CaO	10,95	Olivine	14,85
Na ₂ O	3,28	Magnétite	3,98
K ₂ O	0,92	Ilménite	5,35
TiO ₂	2,82	Apatite	2,37
P ₂ O ₅	0,79	Eau	2,66
H ₂ O +	1,82		99,85
H ₂ O —	0,84	<i>Paramètres</i> : III.5(6).3'.4'	
CO ₂	0,00	Al/Calc = 0,57, An % = 58	
	99,84		

Position systématique : basalte basanitoïde labradorique.

2. RHYOLITE SILICEUSE FELSITIQUE DU BIEGA (2^e phase volcanique)

Rhyolites compactes grises à rougeâtres, aphyriques, parfois fluidales, sphérolitiques ou perlitiques.

Référence : C. SOROTCHINSKY (1934), pp. 30 à 34, an. n° 444.

Composition minéralogique :

Pâte très fine formée de quartz et de feldspaths alcalins, avec paillettes de biotite et oxydes de fer ;

Minéraux accessoires : apatite, zircon ;

Minéraux secondaires : séricite, chlorite.

<i>Composition chimique</i>		<i>Composition virtuelle</i>	
Analyste : M. RAOULT		Quartz	68,6
SiO ₂	84,00	Orthose	17,8
Al ₂ O ₃	5,72	Albite	2,1
Fe ₂ O ₃	1,85	Anorthite	0,9
FeO	3,47	Corindon	1,7
MnO	0,04		
MgO	0,00	Hypersthène	4,6 (FeSiO ₃)
CaO	0,24	Magnétite	2,6
Na ₂ O	0,23	H ₂ O	1,26
K ₂ O	3,03		<u>99,56</u>
TiO ₂	0,28	<i>Paramètres : I'.2.1'.1(2)</i>	
P ₂ O ₅	0,05	Al/Calc = 1,44, An % = 30 %	
H ₂ O +	1,04		
H ₂ O —	0,22		
	<u>100,17</u>		

Position systématique: Rhyolite hypersiliceuse, potassique et hyperalumineuse.

3. MICROGRANITE DU KAHUSI (3^e phase volcanique).

La troisième phase volcanique comprend, en majeure partie, des microgranites potassiques (alias « quartz-porphyrès ») ainsi que des rhyolites, moins abondantes. C. SOROTCHINSKY a distingué des variétés particulières qui ont reçu des noms spéciaux : la kanzibite est un microgranite potassique à orthose noire ; la kahusite est une rhyolite siliceuse à magnétite.

Nous donnerons, ici, la composition des microgranites normaux. Ce sont des roches porphyriques à pâte généralement grise, à éclat vitreux, englobant des phénocristaux de quartz bleuté et de feldspath blanc.

Référence: C. SOROTCHINSKY (1934), pp. 41 à 47, an. n° 275.

Composition minéralogique:

Phénocristaux : quartz, orthose ou microcline dans les variétés roses ;

Pâte : quartz et séricite ; structure microgrenue, parfois felsitique, fluidale, sphérolitique ou micropegmatitique, avec fissures perlitiques ;

Minéraux accessoires dans la pâte : hématite, magnétite, zircon, apatite, biotite et graphite (ce dernier dans les variétés noires).

<i>Composition chimique</i>	<i>Composition virtuelle</i>
Analyste : M. RAOULT	Quartz 37,44
SiO ₂ 76,82	Orthose 40,59
Al ₂ O ₃ 11,24	Albite 16,77
Fe ₂ O ₃ 0,67	Anorthite 1,39
FeO 1,42	
MnO traces	Diopside 2,13
MgO 0,00	Magnétite 0,93
CaO 0,38	Ilménite 0,15
Na ₂ O 1,95	H ₂ O 0,59
K ₂ O 6,88	99,99
TiO ₂ 0,11	<i>Paramètres</i> : I.3(4).1.2
P ₂ O ₅ 0,00	Al/Alc = 1,05 ; Al/Calc = 0,98, An % = 7,6
H ₂ O + 0,40	
H ₂ O — 0,19	
100,06	

Position systématique : Microgranite alcalin potassique.

III. — Laves des Virunga.

Nous décrirons, dans ce paragraphe, les caractères chimico-minéralogiques des laves que l'on peut considérer comme les plus représentatives des principaux appareils ou groupes d'appareils volcaniques de la chaîne des Virunga. Les descriptions se feront en allant de l'Ouest vers l'Est (voir planche II, chapitre II).

1. GROUPE DU NYAMURAGIRA.

Les laves émises par le Nyamuragira présentent des caractères assez constants, mais on y constate toutefois des variations notables du rapport des alcalis (K₂O/Na₂O)

variations qui semblent en relation avec leur âge (A. MEYER, 1953, p. 281).

La *composition minéralogique* moyenne de ces laves se rapproche toujours plus ou moins de celle-ci (A. LACROIX, 1923, p. 265) :

Phénocristaux : plagioclase basique (bytownite), leucite, olivine, biotite, augite titanifère, magnétite ;

Pâte microlitique comprenant : labrador, leucite, augite, minerais.

Structure : vitreuse à doléritique.

Lorsque la potasse est égale ou à peine supérieure en poids à la soude, A. LACROIX leur donne le nom de « Kivite » qui a été étendu quelque peu abusivement à l'ensemble des laves du Nyamuragira et des environs.

a) *Kivite antérieure à 1907.*

On peut prendre comme exemple d'une telle lave celle qui figure dans le mémoire de L. FINCKH.

Références : L. FINCKH (1912), IV, p. 18 ; A. LACROIX (1923), III, j, p. 267 ; A. HOLMES et H. F. HARWOOD (1937), p. 117, an. n° 69.

<i>Composition chimique</i>		<i>Composition virtuelle</i>	
Analyste : Dr. EYME		Orthose	22,24
SiO ₂	43,69	Albite	7,70
Al ₂ O ₃	16,08	Anorthite	17,79
Fe ₂ O ₃	6,95	Néphéline	11,22
FeO	7,02		
MgO	4,55	Diopside	16,36
CaO	8,87	Olivine	3,39
Na ₂ O	3,34	Magnétite	10,21
K ₂ O	3,75	Ilménite	6,84
TiO ₂	3,59	Apatite	2,02
P ₂ O ₅	0,80	Eau	1,48
H ₂ O	1,48		<hr/> 99,25
SO ₃	0,26	<i>Paramètres</i> : II(III).6.(2)3.3'	
	<hr/> 100,32	Al/Alc = 1,05 ; Al/Calc = 0,62 ; An % = 70	
Densité	2,913		

Position systématique : Kivite labradorique (alias « leucitbasanite », FINCKH).

b) *Limburgite du Nahimbi.*

(ex-Adolf Frederick Kegel) (Éruption de 1904)

Lave basaltique gris-bleu foncé à noire ou brunâtre, à phénocristaux abondants d'augine et d'olivine.

Références : L. FINCKH (1912), p. 20 et n° II, p. 22 ; A. LACROIX (1923), III, *d*, p. 265 ; A. HOMES et H. F. HARWOOD (1937), p. 202, an. n° 125.

Composition minéralogique :

Phénocristaux : augite titanifère, olivine ;

Pâte : augite, minerai, olivine, verre brun intersertal.

<i>Composition chimique</i>		<i>Composition vitruelle</i>	
Analyste : Dr. HAUSER		Orthose	6,12
SiO ₂	44,98	Albite	8,38
Al ₂ O ₃	14,77	Anorthite	26,13
Fe ₂ O ₃	3,70	Néphéline	6,82
FeO	7,69	Diopside	38,02
MnO	0,39	Olivine	2,32
MgO	5,35	Magnétite	5,34
CaO	15,40	Ilménite	4,10
Na ₂ O	2,51	Apatite	1,34
K ₂ O	1,02	Eau	1,13
TiO ₂	2,19		99,70
ZrO ₂	0,05	<i>Paramètres</i> : III.(5)6.(3)4.4	
P ₂ O ₅	0,51	Al/Calc = 0,44 ; An % = 76	
H ₂ O (P. F.)	1,13		
	99,69		

Position systématique : Limburgite bytownitique.

c) *Basanitoïde du Rumoka.*

(alias Kateruzi) (Éruption de 1912).

Lave basaltique noir-grisâtre porphyrique, scoriacée et vacuolaire, à phénocristaux d'augite et d'olivine.

Références : A. LACROIX (1923), A, p. 265 ; A. HOLMES et H. F. HARWOOD (1937), p. 202 et n° 139, p. 205.

Composition minéralogique (Détermination M.-E. DENAEYER) :

Phénocristaux : augite, olivine ;

Pâte : plagioclase basique microlitique, augite, minerai à fine structure dentritique, abondant.

<i>Composition chimique</i>	<i>Composition virtuelle</i>
Analyste : M. RAOULT	Orthose 12,79
SiO ₂ 44,42	Anorthite 15,57
Al ₂ O ₃ 14,27	Leucite 1,31
Fe ₂ O ₃ 3,39	Néphéline 16,47
FeO 8,68	
MgO 7,23	Diopside 36,24
CaO 12,36	Olivine 5,83
Na ₂ O 3,64	Magnétite 4,87
K ₂ O 2,44	Ilménite 6,54
TiO ₂ 3,42	Apatite 0,34
P ₂ O ₅ 0,13	H ₂ O 0,24
H ₂ O + 0,15	<u>100,20</u>
H ₂ O — 0,99	<i>Paramètres</i> : III.(6)7.(2)3.4
<u>100,22</u>	Al/Calc = 0,45 ; An % = 100

Position systématique : Basanitoïde anorthitique, riche en potasse (passage à kivite).

d) *Kivite du Tshambene.*

(Éruption de 1938) (coulée occidentale)

Lave vitreuse, massive, non vésiculaire, bleu noir (tachylite).

Référence : J. VERHOOGEN (1948), C. B. I. 12, pp. 159 et 161.

Composition minéralogique :

Phénocristaux : labrador à 70 % An, olivine, augite, minerai ;

Pâte vitreuse à microlites de plagioclase, à texture fluidale, verre brun limpide d'indice 1,585.

<i>Composition chimique</i>	<i>Composition virtuelle</i>
Analyste : F. W. HERDSMAN	Orthose 20,57
SiO ₂ 45,64	Albite 2,10
Al ₂ O ₃ 18,96	Anorthite 23,91
Fe ₂ O ₃ 0,19	Néphéline 16,76
FeO 10,70	
MnO 0,16	Diopside 16,89
MgO 4,32	Olivine 14,03
CaO 9,63	Magnétite 0,23
Na ₂ O 3,88	Ilménite 3,95
K ₂ O 3,54	Apatite 1,34
TiO ₂ 2,12	H ₂ O 0,34
P ₂ O ₅ 0,51	<u>100,12</u>
H ₂ O + 0,18	
H ₂ O — 0,16	
CO ₂ 0,00	<i>Paramètres : II(III).6.4.(3)4</i>
Cl 0,42	Al/Calc = 0,68 ; An % = 92 %
F 0,05	
Ba 0,04	
Sr 0,00	
S 0,13	
—0 = F, Cl, S — 0,28	
<u>100,35</u>	
Densité 2,70	

Position systématique : Kivite bytownitique.

Remarque : La coulée orientale de Mushumangabo, contemporaine de la coulée occidentale, possède sensiblement la même composition que celle-ci.

e) *Kivite du Gituro.*

(Éruption de 1948) (Km 192 route Sake-Goma)

Lave noir-grisâtre à cassure mate, peu vésiculaire.

Référence : H. TAZIEFF (1951), p. 66 et 67.

Composition minéralogique :

Phénocristaux : olivine rare, rares et très petites

taches de leucite à contours diffus, englobant des inclusions de magnétite, d'augite et, parfois, de plagioclase ;

Pâte vitreuse, opaque, englobant de rares microlites de plagioclase et d'augite. En poudre très fine : verre d'indice voisin de 1,58 obscurci par des cristallites arborescents de minerai et des cristallites d'augite.

Composition chimique

Analyste : M ^{me} S. GASTELLIER	
SiO ₂	44,95
Al ₂ O ₃	17,02
Fe ₂ O ₃	2,10
FeO	9,81
MnO	0,06
MgO	4,10
CaO	9,86
Na ₂ O	3,45
K ₂ O	3,68
TiO ₂	3,87
P ₂ O ₅	0,57
P. F. corr.	0,25
H ₂ O —	0,02
CO ₂	0,00
Li ₂ O	0,00
S	0,08
	<u>99,82</u>

Composition virtuelle

Orthose	21,68
Albite	5,24
Anorthite	20,57
Néphéline	12,50
Thénardite (?)	0,28
Diopside	20,47
Olivine	7,17
Magnétite	3,24
Ilménite	7,30
Apatite	1,34
Eau	0,27
	<u>100,06</u>

Paramètres : (II)III.6.3.3'

Al Calc = 0,61 ; An % = 76

Position systématique : Kivite bytownitique.

Remarque : la lave de la coulée occidentale du Muhuboli, contemporaine de la coulée du Gituro, présente les mêmes caractères chimiques. Mais ses caractères minéralogiques sont mieux représentés : le plagioclase (bytownite), la leucite, l'augite et la magnétite y sont bien cristallisés.

f) *Basanite du Shabubembe.*

(Éruption de 1951/52) (lave du 17.12.1951).

Les laves émises par le Shabubembe montrent de grandes variations du rapport des alcalis. D'après les analyses publiées par A. MEYER (1953), la plupart de

ces laves seraient plus riches en soude qu'en potasse. L'une d'elles (an. VI) pourrait même se rapporter exceptionnellement à une phonolite mésocrate à rapprocher de la murite. Ses paramètres, que nous avons calculés, sont III.7'.1(2).4.

Nous prendrons ici, comme exemple, la composition de la lave semi-vitreuse (an. III) émise au début de l'éruption, le 17 ou le 18 novembre 1951. La description minéralogique ci-dessous est celle d'un échantillon vacuolaire noir bien cristallisé que nous avons récolté sous le n° Dn 52.119. Il représente probablement la lave en question.

Référence: A. MEYER (1953), p. 278, an. III.

Composition minéralogique:

Phénocristaux : Cristaux isolés ou glomérophyriques d'augite titanifère et de plagioclase basique, olivine rare ;

Pâte : plagioclases microlitiques, augite microlitique et en grains, plages xénomorphes de néphéline englobant des plagioclases, verre brun intersertal riche en granules de minerai.

<i>Composition chimique</i>		<i>Composition virtuelle</i>	
Analyse du Service géologique		Orthose	15,01
de Bukavu		Albite	13,89
SiO ₂	47,31	Anorthite	19,18
Al ₂ O ₃	16,79	Néphéline	12,36
Fe ₂ O ₃	1,93		
FeO	10,25	Diopside	22,48
MnO	0,19	Olivine	8,74
MgO	4,02	Magnétite	2,78
CaO	9,63	Ilménite	5,47
Na ₂ O	4,26	Apatite	0,67
K ₂ O	2,45		100,58
TiO ₂	2,91	<i>Paramètres</i> : (II)III.6.'3.4	
P ₂ O ₅	0,31	Al/Calc = 0,62 ; An % = 58	
	100,05		

Position systématique: Basanite riche en potasse (passage à Kivite).

2. GROUPE DU NYIRAGONGO.

(alias Tshaninagongo, Ninagongo et Niligongo).

Ce groupe ne comporte que des laves à feldspathoïdes, sans feldspath.

a) *Leucitite néphélinique (Niligongite) du Nyiragongo.*
(Coulée du flanc sud-est).

Lave porphyrique vacuolaire gris foncé, à phénocristaux de feldspathoïdes en agrégats blancs, arrondis.

Références : L. FINCKH (1912), pp. 23 à 25 ; A. LACROIX (1923), n, p. 267 ; A. HOLMES et H. F. HARWOOD (1937), pp. 84, 93 et 95 ; TH. G. SAHAMA (1953), pp. 1 à 25.

Composition minéralogique :

Phénocristaux : néphéline, leucite, mélitite, augite titanifère ;

Pâte : néphéline, leucite, mélitite, augite titanifère, magnétite, calcite, olivine, apatite ;

Structure semi-vitreuse à microgrenue.

Composition chimique

Analyste : D ^r KLUSS	
in L. FINCKH	
SiO ₂	39,50
Al ₂ O ₃	21,58
Fe ₂ O ₃	3,22
FeO	6,10
MgO	2,61
CaO	8,60
Na ₂ O	7,19
K ₂ O	8,13
TiO ₂	1,88
P ₂ O ₅	0,20
H ₂ O	0,42
SO ₃	0,05
S	0,18
	<hr/> 99,66

Densité : 2,80

Composition virtuelle

Anorthite	2,78
Leucite	22,67
Kaliophyllite	10,74
Néphéline	32,94
Olivine	8,83
Orthosilicate de Ca	12,21
Magnétite	4,64
Ilménite	3,65
Apatite	0,34
Eau	0,42
	<hr/> 99,22

Paramètres : II.9.1.3'

Al/Alc = 1,05 ; Al/Calc = 0,59

Position systématique : Niligongite.

b) *Néphéline mélilitique du Mont Goma.*

Lave grise porphyrique.

Références: N. L. BOWEN (1938), p. 27.

Remarque: L'analyse de O. HAUSER, in L. FINCKH (1912), p. 26, reproduite par A. LACROIX (1923), e, p. 265 et A. HOLMES et H. F. HARWOOD (1937), n° 42, pp. 82-83 est erronée.

Composition minéralogique:

Phénocristaux: mélilite, néphéline, olivine;

Pâte: mélilite, augite, néphéline, leucite, minéral, pèrowskite, verre jaune brunâtre.

Composition chimique

Analyste: R. B. ELLESTAD	
SiO ₂	37,70
Al ₂ O ₃	13,83
Fe ₂ O ₃	4,27
FeO	7,09
MnO	0,26
MgO	5,41
CaO	15,02
Na ₂ O	4,50
K ₂ O	4,92
TiO ₂	3,18
P ₂ O ₅	1,86
H ₂ O +	1,22
H ₂ O —	0,61
CO ₂	0,12
	<u>99,99</u>

Composition virtuelle

Anorthite	2,78
Néphéline	20,73
Leucite	22,67
Diopside	13,85
Olivine	8,32
Orthosilicate de Ca	12,99
Magnétite	6,26
Ilménite	6,08
Apatite	4,87
Calcite	0,20
Eau	1,83
	<u>100,08</u>

Paramètres: III.9.1'.3' [2.3(4).3.'3]

Al/Alc = 1,08; Al/Calc = 0,51

Position systématique: Niligongite mésocrate.

c) *Néphéline mélilitique du Niamutsibu (Lac Vert).*

Une lave du Niamutsibu, examinée en lame mince, présente une composition presque identique à celle de la lave du Mont Goma. Elle a été prélevée à hauteur du Km 191,400 de la route de Goma.

C'est une lave porphyrique compacte d'aspect basaltique à pâte noir-grisâtre, riche en phénocristaux d'olivine vert clair et d'augite noire.

Composition minéralogique (échantillon Dn 52.55) :

Phénocristaux : olivine, augite titanifère brune ou brun-verdâtre en cristaux zonaires ou en amas glomérophyriques.

Pâte : nombreuses lattes de mélilite et petits cristaux de leucite, de pyroxène, d'olivine et de magnétite se détachant sur une mésostase pilotaxitique de néphéline criblée de microlites et de cristallites pyroxéniques et de magnétite dentritique. On observe quelques vacuoles sphériques garnies de natrolite fibroradiée. On n'a pas constaté la présence de pérowskite.

Composition chimique

Composition virtuelle

Analyste : M^{me} D. LEDENT

SiO ₂	40,10	Anorthite	11,95
Al ₂ O ₃	11,50	Leucite	11,34
Fe ₂ O ₃	4,30	Néphéline	12,50
FeO	8,81		
MnO	0,33	Diopside	26,96
MgO	8,22	Olivine	11,10
CaO	18,09	Orthosilicate de Ca	13,07
K ₂ O	2,40	Ilménite	5,93
Na ₂ O	2,69	Magnétite	6,26
P ₂ O ₅	0,25	Apatite	0,67
TiO ₂	3,14	Eau	0,68
H ₂ O +	0,04		<u>100,46</u>
H ₂ O —	0,64	<i>Paramètres</i> : (III)IV.'8.(2)3.(3)4 [2.3.3.(2)3]	
	<u>100,51</u>	Al/Alc = 1,61 ; Al/Calc = 0,28.	

Position systématique : Niligongite mésocrate.

3. GROUPE DU MIKENO.

a) *Mikénite du Mikeno*

(alias « leucite à olivine »).

Lave grise faiblement poreuse, criblée de cristaux de leucite et montrant quelques cristaux d'augite.

Références : L. FINCKH (1912), pp. 28 et 29, A. HOLMES et H. F. HARWOOD (1937), pp. 89 à 91.

Composition minéralogique :

Phénocristaux : leucite, augite titanifère, minerai ;
Pâte : pyroxène, minerai, feldspaths, néphéline, leucite ;

Minéraux accessoires : olivine, pérowskite, mélilite, apatite.

<i>Composition chimique</i>		<i>Composition virtuelle</i>	
Analyste : H. F. HARWOOD		Orthose	36,56
SiO ₂	47,68	Anorthite	4,23
Al ₂ O ₃	17,08	Leucite	1,22
Fe ₂ O ₃	3,45	Néphéline	23,86
FeO	5,26	Halite	0,23
MnO	0,14		
MgO	2,90	Diopside	20,95
CaO	7,17	Wollastonite	0,32
Na ₂ O	5,33	Magnétite	5,00
K ₂ O	6,45	Ilménite	4,82
TiO ₂	2,54	Pyrite	0,02
ZrO ₂	0,00	Fluorite	0,02
P ₂ O ₅	0,77	Apatite	1,82
H ₂ O +	0,37	Calcite	0,04
H ₂ O —	0,24	Eau	0,61
CO ₂	0,02		<u>99,70</u>
	<u>99,92</u> (1)	<i>Paramètres</i> : II'.(6)7.1'.3	
<i>Densité</i>	2,90	Al/Alc = 1,08 ; Al/Calc = 0,60	

Position systématique : Mikénite (hétéromorphe d'ottajanite).

b) *Mikénite de Rumengabo.*

Croûte externe d'une bombe riche en leucite.

Référence : Dossier 43.62.92.4. *Bulletin* 194, 1952. Service géologique du Congo belge.

(1) Y compris Cl, F, S, V₂O₃, BaO, SrO, Li₂O, etc.

Composition minéralogique (d'après échantillon Dn 52.74).

Phénocristaux : leucite abondante, augite titanifère ;

Pâte : feldspath microlitique, cristaux de leucite chargés d'inclusions opaques, augite, olivine rare, minéral, verre brun clair intersertal.

*Composition chimique**Composition virtuelle*

Analyse du Service Géologique
de Bukavu

SiO ₂	43,22	Orthose	25,58
Al ₂ O ₃	15,20	Anorthite	5,84
Fe ₂ O ₃	5,67	Leucite	8,72
FeO	5,81	Néphéline	15,05
MnO	0,19		
MgO	4,63	Diopside	23,24
CaO	9,58	Olivine	0,98
Na ₂ O	3,25	Magnétite	8,35
K ₂ O	6,01	Ilménite	6,54
TiO ₂	3,43	Apatite	2,02
P ₂ O ₅	0,89	Calcite	2,30
CO ₂	0,96	H ₂ O	1,17
SO ₃	0,09		<u>99,79</u>
Cl ₂	0,00	<i>Paramètres : III.7.(1)2.3</i>	
H ₂ O +	0,49	Al/Alc = 1,26 ; Al/Calc = 0,51	
H ₂ O -	0,68		
	<u>100,10</u>		

Position systématique : Mikénite.

4. GROUPE DU VISOKE.

Leucitite du Visoke.

Lave gris-bleu ou brun-violacé, porphyrique, à phénocristaux de leucite.

Références : L. FINCKH (1912), p. 30, A. LACROIX (1923), III, pp. 266 et 267 ; A. HOLMES et H. F. HARWOOD (1937), p. 85.

Composition minéralogique :

Phénocristaux : leucite, augite titanifère, biotite brun-rougeâtre, olivine peu abondante ;

Pâte : augite, augite aegyrienne, leucite, néphéline, biotite, magnétite titanifère, pérowskite.

<i>Composition chimique</i>		<i>Composition virtuelle</i>	
Analyste : D ^r KLUSSE in L. FINCKH			
SiO ₂	39,98	Orthose	9,45
Al ₂ O ₃	12,47	Albite	0,00
Fe ₂ O ₃	7,06	Anorthite	15,29
FeO	6,43	Leucite	10,03
MgO	6,59	Néphéline	7,67
CaO	11,85		
Na ₂ O	1,70	Diopside	32,40
K ₂ O	3,80	Olivine	1,12
TiO ₂	5,42	Magnétite	4,87
P ₂ O ₅	0,73	Ilménite	10,34
H ₂ O	3,71	Hématite	3,68
SO ₃	0,14	Apatite	1,68
	<u>99,88</u>	Eau	<u>3,71</u>
<i>Densité :</i>	2,90		<u>100,24</u>

Paramètres : III'.8.3.(2)3

Al/Alc = 1,84 ; Al/Calc = 0,69 ; An % = 100

Position systématique : Leucitite mésocrate.

5. GROUPE DU KARISIMBI.

Shoshonites et absarokites shoshonitiques dominantes, trachytes.

a) *Shoshonite* (alias « trachydolérite » et « banakite »)
(cône du Karisimbi)

Références : L. FINCKH (1912), pp. 8-13 ; A. LACROIX (1923), III, p. 267 ; A. HOLMES et H. F. HARWOOD (1937), pp. 176-177.

Composition minéralogique :

Phénocristaux : sanidine, plagioclases zonés, augite titanifère, olivine, apatite ;

Pâte : plagioclase, sanidine, augite, minerai, biotite, leucite, apatite ;

Structure : pilotaxitique.

Composition chimique

Analyste : EYME in L. FINCKH	
SiO ₂	51,00
Al ₂ O ₃	18,50
Fe ₂ O ₃	3,10
FeO	5,99
MgO	2,56
CaO	6,32
Na ₂ O	3,86
K ₂ O	4,69
TiO ₂	2,11
P ₂ O ₅	0,62
H ₂ O	1,25
SO ₃	0,16

Densité 2,745

Composition virtuelle

Orthose	27,80
Albite	24,10
Anorthite	21,26
Néphéline	4,54
Diopside	4,80
Olivine	6,63
Magnétite	4,41
Ilménite	3,95
Apatite	1,34
Eau	1,25
	<u>100,08</u>

Paramètres : II.5.'3.3

Al/Calc = 0,80 ; An % = 47 %

Position systématique : Shoshonite leucitifère.

b) *Trachyte* (coulée du flanc sud-est).

Trachyte gris clair ou rose, poreux, à grands cristaux de sanidine.

Références : L. FINCKH (1912), pp. 3-4 ; A. LACROIX (1923), III, p. 267 ; A. HOLMES et H. F. HARWOOD (1937), p. 185.

Composition minéralogique :

Phénocristaux : sanidine, plagioclase zoné à 25-40 % An, augite, augite aegyrienne ?

Pâte : sanidine, diopside, augite aegyrienne, néphéline, minerai ;

Minéraux accessoires : biotite résorbée, apatite, magnétite, zircon ;

Structure : trachytique.

Composition chimique

Analyste : EYME, in FINCKH	
SiO ₂	58,89
Al ₂ O ₃	17,61
Fe ₂ O ₃	2,44
FeO	3,47
MgO	0,65
CaO	2,11
Na ₂ O	4,57
K ₂ O	7,86
TiO ₂	0,58
P ₂ O ₅	0,11
H ₂ O	1,80
	<u>100,90</u>

Densité :

2,64

Composition virtuelle

Orthose	46,70
Albite	32,49
Anorthite	4,17
Néphéline	4,31
Diopside	4,74
Olivine	2,06
Magnétite	3,48
Ilménite	1,06
Apatite	0,34
Eau	1,80
	<u>100,25</u>

Paramètres : I(II).5.1'.3

Al/Alc = 1,09 ; Al/Calc = 0,88 ; An % = 11

Position systématique : Trachyte néphélinifère potassique.

6. GROUPE DU SABINYO.

Les laves de ce volcan sont des latites et des shoshonites potassiques et magnésiennes.

Latite.

Lave gris clair à phénocristaux d'augite.

Référence : A. HOLMES et H. F. HARWOOD (1937) pp. 192-194.

Composition minéralogique :

Phénocristaux : augite et agrégats de :

a) augite, hypersthène, plagioclase, minerai ;

b) augite, biotite, plagioclase, minerai ;

c) hypersthène, plagioclase, minerai, apatite ;

d) hypersthène, biotite, plagioclase, minerai, apatite.

Pâte : oligoclase microlitique, feldspath alcalin, augite, tridymite intersertale.

<i>Composition chimique</i>		<i>Composition virtuelle</i>	
Analyste : H. F. HARWOOD		Quartz	11,61
SiO ₂	61,09	Orthose	29,38
Al ₂ O ₃	15,36	Albite	25,38
Fe ₂ O ₃	1,34	Anorthite	13,79
FeO	4,60		
MnO	0,10	Diopside	4,73
MgO	2,47	Hypersthène	8,49
CaO	4,45	Magnétite	1,91
Na ₂ O	3,00	Ilménite	3,28
K ₂ O	4,97	Apatite	0,94
TiO ₂	1,73	Fluorite	0,06
P ₂ O ₅	0,40	Eau	0,34
H ₂ O +	0,29		<hr/>
H ₂ O —	0,05		99,91
	<hr/>	<i>Paramètres</i> : II.4.2.3.	
	100,07 ⁽¹⁾	Al/Calc = 0,8 ; An % = 35%	
<i>Densité</i> :	2,76		

Position systématique : Latite quartzifère magnésienne à hypersthène.

7. GROUPE DU MGAHINGA.

Les laves de ce volcan sont principalement des absarokites shoshonitiques et des kivites avec peu de ou sans leucite.

Absarokite shoshonitique (coulée nord).

Lave basaltoïde grise ou noire, vacuolaire, constellée de groupements radiaires de plagioclases blancs et d'agrégats d'augite noire.

Référence : A. HOLMES et H. F. HARWOOD (1937), C. 1894, pp. 161-162.

Composition minéralogique :

Phénocristaux : cristaux et agrégats d'augite titani-fère et d'olivine, groupements radiaires ou réticulés de labrador zoné, sanidine, minerai ;

(1) Y compris Cl₂, F₂, Cr₂O₃, V₂O₅, BaO, SrO, etc.

Pâte : entrelacs de microlites d'andésine-oligoclase, augite titanifère, olivine rare, minéral, feldspath alcalin intersertal.

<i>Composition chimique</i>		<i>Composition virtuelle</i>	
Analyste : H. F. HARWOOD		Orthose	24,76
SiO ₂	48,51	Albite	15,94
Al ₂ O ₃	15,83	Anorthite	21,30
Fe ₂ O ₃	2,01	Néphéline	1,16
FeO	8,56		
MnO	0,19	Diopside	13,91
MgO	5,56	Olivine	12,12
CaO	8,41	Magnétite	2,92
Na ₂ O	2,14	Ilménite	5,53
K ₂ O	4,19	Pyrite	0,02
TiO ₂	2,92	Apatite	1,34
P ₂ O ₅	0,57	Calcite	0,02
H ₂ O +	0,75	Chromite	0,02
H ₂ O —	0,26	Fluorite	0,01
CO ₂	0,01	Eau	1,01
	100,24 (1)		100,96
<i>Densité :</i>	2,90	<i>Paramètres :</i>	111.5.3.3
		Al/Calc =	0,68 ; An % = 57 %

Position systématique : absarokite shoshonitique.

8. GROUPE DU MUHAVURA.

Les laves du Muhavura comprennent un grand nombre de variétés. Les absarokites shoshonitiques et les kivites sont dominantes. Les autres sont des basanites leucitiques, des leucitites à olivine, des murambites et des absarokites.

a) *Absarokite shoshonitique.*

(Rusagara, pied est du Muhavura).

Lave compacte noire à cristaux d'augite et d'olivine.

Référence : A. HOLMES et H. F. HARWOOD (1937), C. 2794, pp. 165-166.

(1) Y compris : ZrO₂, Cl₂, F₂, S, Cr₂O₃, V₂O₅, BaO, SrO, etc.

Composition minéralogique :

Phénocristaux : augite et olivine en cristaux corrodés et en agrégats, minéral.

Pâte : plagioclases en grumeaux et en microlites, minerais auréolés de biotite, leucite, feldspath alcalin intersertal et apatite.

*Composition chimique**Composition virtuelle*

Analyste : A. W. GROVES in
HOLMES et HARWOOD

SiO ₂	50,05	Orthose	26,32
Al ₂ O ₃	16,82	Albite	17,51
Fe ₂ O ₃	2,99	Anorthite	19,91
FeO	7,00	Néphéline	3,69
MnO	0,17	Halite	0,05
MgO	4,35	Diopside	14,53
CaO	8,63	Olivine	8,58
NaO	2,88	Magnétite	4,33
K ₂ O	4,46	Ilménite	3,16
TiO ₂	1,67	Pyrite	0,02
P ₂ O ₅	0,73	Apatite	1,72
H ₂ O +	0,21	Fluorite	0,13
H ₂ O —	0,12	Chromite	0,01
CO ₂	0,65	Calcite	0,11
		Eau	0,33
	100,60 ⁽¹⁾		100,40

Densité : 2,89

Paramètres : III.5.3.3

Al/Calc = 0,66 ; An % = 53

Position systématique : Absarokite shoshonitique.

b) *Kivite.*

(Flanc oriental du Muhavura).

Lave grise à cristaux et agrégats d'augite.

Références : L. FINCKH (1912), pp. 14 à 18, an. II ; A. LACROIX (1923), III, p. 267 ; A. HOLMES et H. F. HARWOOD (1937), pp. 133 et 1923, an. 71.

Composition minéralogique :

Phénocristaux : augite titanifère en cristaux et en agrégats, olivine, plagioclases basiques ;

(1) Y compris Cl₂, F₂, S, Cr₂O₃, V₂O₃, CuO, BaO, SrO.

Pâte : feldspaths alcalins (?), leucite, augite, mésotase de plagioclases zonés ;

Minéraux accessoires : minerais, apatite.

<i>Composition chimique</i>		<i>Composition virtuelle</i>	
Analyste : Dr. KLÜSS in FINCKH			
SiO ₂	48,05	Orthose	22,80
Al ₂ O ₃	13,42	Albite	14,15
Fe ₂ O ₃	3,54	Anorthite	11,68
FeO	7,68	Néphéline	6,25
MgO	6,41		
CaO	9,05	Diopside	23,91
Na ₂ O	3,06	Olivine	7,91
K ₂ O	3,85	Magnétite	5,10
TiO ₂	2,96	Ilménite	5,62
P ₂ O ₅	0,58	Apatite	1,34
H ₂ O	1,55	Eau	1,55
SO ₃	0,12	SO ₃	0,12
	<u>100,27</u>		<u>100,43</u>
<i>Densité :</i>	2,27	<i>Paramètres :</i>	III.(5)6.2'.3
			Al/Calc = 0,52 ; An % = 45

Position systématique : Kivite.

IV. — Laves du sud-ouest de l'Uganda, région du Ruwenzori.

La série des laves potassiques ultrabasiques voisines du lac Édouard et du Ruwenzori comporte des types variés : ugandite, mafurite, katungite, katungite à kalsilite (A. HOLMES, 1949). Ces laves sont toutes riches en olivine et appartiennent à la division des roches à feldspathoïdes sans feldspaths.

La pérowskite y est constante. Le schéma ci-dessous résume leurs caractères minéralogiques distinctifs.

Olivine abondante	}	+	augite + leucite = <i>ugandite</i>
+ pérowskite			augite + kalsilite = <i>mafurite</i>
+ minerais			mélilite + leucite (ou verre leucitique) = <i>katungite</i>
			mélilite + kalsilite = <i>katungite kalsilitique</i> .

De ces quatre variétés, la katungite et peut-être la katungite kalsilitique, est, à peu de chose près, repré-

sentée dans le nord du Kivu par les lapilli constituant le tuf du volcan de Karibumba. Nous prendrons comme type la *katungite du volcan de Katunga* (Uganda). C'est une lave gris-bleu, compacte, porphyrique, à cristaux d'olivine et de mélilite.

Référence: A. HOLMES (1937).

Composition minéralogique:

Phénocristaux : olivine, mélilite;

Pâte : verre brun, jaune ou vert chargé de minerai, avec microlites de mélilite, cristaux d'olivine et de pérowskite. Vacuoles garnies de zéolites;

Minéraux accessoires : leucite rare, apatite.

Composition chimique

Composition virtuelle

Analyste : A. W. GROVES

SiO ₂	35,37	Néphéline	5,96
Al ₂ O ₃	6,50	Leucite	18,75
Fe ₂ O ₃	7,23		
FeO	5,00	Diopside	13,39
MnO	0,24	Olivine	20,30 (Mg ₂ SiO ₄)
MgO	14,08	Orthosilicate de	
CaO	16,79	Ca	18,40
Na ₂ O	1,32	Magnétite	5,34
K ₂ O	4,09	Ilménite	7,45
TiO ₂	3,87	Hématite	3,52
P ₂ O ₅	0,74	Fluorine	0,39
H ₂ O +	2,78	Apatite	2,02
H ₂ O —	1,15	Calcite	0,20
CO ₂	0,09	Eau	3,92
F ₂	0,16		99,65
	100,12 ⁽¹⁾		

Paramètres: IV.9.1.2' (2.4.'3.'2)

Al/Alc = 1; Al/Calc = 0,17

B. — Cendres et lapilli.

I. — Introduction.

Les grands volcans des Virunga sont du *type hawaïen* tandis que leurs innombrables satellites sont du *type stromboliën*.

(1) Y compris S, Li₂O, BaO, SrO, CuO, Cr₂O₃, V₂O₅, etc.

Chacun des grands volcans a son domaine propre dans les limites duquel il forme, avec l'ensemble de ses satellites, une entité volcanique et, souvent, pétrographique.

Le grand volcan possède un cratère central caractérisé par sa fixité et les produits qu'il émet en période paroxysmale sont à très haute température et très fluides.

Au contraire, les petits volcans satellites alimentés par le volcan central n'ont qu'une durée éphémère. Leurs bouches d'éruption se modifient et se déplacent constamment. Leurs *ejecta* sont émis à une température moins élevée et sont déjà moins fluides.

Ces différences de température et de viscosité des produits volcaniques rendent compte du dynamisme particulier à chacun des types hawaïen et strombolien (F. DELHAYE, 1941).

1. MORPHOLOGIE DES LAVES ET DES PRODUITS PYROCLASTIQUES.

Dans le *dynamisme hawaïen*, la lave, très fluide à haute température, forme des coulées étendues à *surface continue* (« pahoehoc ») souvent *cordée*. A température un peu plus basse, les coulées de laves sont dites *en graton* (« aa »), c'est-à-dire formée de blocs chaotiques et de fragments scoriacés.

Le volume des matériaux pyroclastiques rejetés par les explosions est de faible importance dans le dynamisme hawaïen. Ces matériaux sont constitués exclusivement par du verre volcanique. Ce sont tantôt de petits bombes (< 10 cm), tantôt des bombes « en bouse de vache », ou encore des larmes, des gouttelettes, des fils étirés ou « cheveux de Pélée » et des ponces très légères. *Ils ne sont accompagnés ni de lapilli, ni de cendres, ni de poussières volcaniques.*

Dans le *dynamisme strombolien*, les coulées sont formées de laves scoriacées et cavernueuses. Les maté-

riaux des projections pyroclastiques sont des blocs, des scories, des bombes sphériques, piriformes ou fusi-formes, souvent tordues et de grandes dimensions, des lapilli et des cendres scoriacés, vacuolaires. Les lapilli sont irréguliers ou arrondis. *Ces produits ne sont pas accompagnés de poussières volcaniques*

Ces dernières ne se produisent que dans le *dynamisme vulcanien* ou ultra-vulcanien qui correspond à des phénomènes essentiellement explosifs marquant le début et la fin des éruptions.

Les projections stromboliennes sont abondantes et s'accumulent autour des cratères en subissant dans leur trajet aérien un classement par ordre de taille. L'absence de poussières rend ces accumulations de matériaux pyroclastiques très poreuses et meubles tant que des produits secondaires ne leur donnent pas un début de cohésion.

Les volcans de type strombolien qui « se sont développés comme des taupinières dans la vaste plaine recouverte par les épanchements des grands volcans » (F. DELHAYE) se comptent par centaines. Ce sont leurs produits pyroclastiques (scories, cendres, lapilli) que la mission a principalement récoltés en vue de leur étude et de leurs applications.

2. VOLUME DES MATÉRIAUX PYROCLASTIQUES.

Le chapitre suivant sera consacré à l'étude granulométrique des produits pyroclastiques (cendres et lapilli). Mais on peut en cette matière, adopter dès à présent la classification suivante basée sur la taille de ces produits.

Bloc, bombes, scories	> 20 mm
<i>lapilli</i>	de 20 à 2 mm
Sables et cendres ..	de 2 à 0,02 mm
Poussières	< 0,02 mm

Il faut noter que cette terminologie interfère avec

celle qui est tirée de la notion de forme. Telle « bombe » minuscule qui doit son nom à son profil fusiforme peut, au point de vue granulométrique, appartenir à la classe des lapilli ou des cendres, suivant sa taille.

3. CARACTÈRES PÉTROGRAPHIQUES DES MATÉRIAUX PYROCLASTIQUES.

a) *Matériaux exclusivement formés de lave* : Quant il s'agit de blocs, ceux-ci sont constitués par la lave même du volcan, et ils en possèdent tous les caractères pétrographiques. Mais, dans le cas des bombes, des scories, des lapilli et des cendres projetés à l'état liquide ou pâteux et rapidement figés au contact de l'atmosphère, la texture des produits est généralement vitreuse. Néanmoins, dans ces verres volcaniques on observe souvent des cristaux naissants (cristallites).

Il arrive fréquemment que les projections vitreuses renferment un noyau entièrement cristallin. S'il s'agit d'un constituant normal de la lave, celui-ci était préformé et à été simplement entraîné par la lave fluide.

b) *Matériaux hétérogènes* : Tout autre est le cas des matériaux de projection qui comportent, à l'intérieur d'une enveloppe de lave, un noyau cristallin formé d'un fragment de roche ou bien des minéraux arrachés aux terrains au travers desquels la lave s'est frayé passage. La nature de ce noyau est alors totalement différente, génétiquement et pétrographiquement, de celle de son enveloppe. Tel est le cas d'une bombe récoltée par la mission (Dn 52.77) parmi les projections du volcan Muhungwe (volcan Classe de la carte de DELHAYE et SALÉE) au Km 19,5 de la route de Kisenyi à Ruhengeri (Ruanda). Il s'agit d'une bombe basaltique renfermant une plaque de micaschiste arrachée au socle précambrien affleurant non loin de là (Ph. 1).

II. — Cendres et lapilli.

Nous allons maintenant passer en revue la morphologie et la composition pétrographique et (dans certains cas) chimique, des cendres et des lapilli des volcans des Virunga, prélevés par la Mission. Leur granulométrie fera l'objet du chapitre suivant, comme nous l'avons dit plus haut. Toutefois, nous joindrons aux analyses qui suivent, les indices granulométriques, de manière à donner la physionomie complète de ces *lapilli* et de ces cendres. La signification des indices granulométriques dont nous faisons usage est exposée en tête du chapitre correspondant.

TECHNIQUE OPÉRATOIRE.

Nous avons utilisé pour l'étude des cendres et des *lapilli* les techniques suivantes :

1. Examen au microscope binoculaire pour la détermination de la forme, de la texture et de l'état de la surface des grains.
2. Examen au microscope polarisant des lapilli suffisamment gros pour se prêter à la taille directe des lames minces.
3. Dans le cas des petits lapilli et des cendres que leur taille exigüe ne permet pas de manipuler, on a fait un semis sur une lame porte-objet enduite de baume de Canada. Après cuisson et consolidation, on a usé les grains en relief, de façon à obtenir l'épaisseur standard de 0,03 mm usitée dans la technique pétrographique. Après avoir recouvert cette préparation d'une lamelle couvre-objet, on l'a étudiée comme les lames minces ordinaires.

Dans beaucoup de cas, on s'est contenté de prendre les fractions de 1, 2 ou 3 dixièmes de millimètre passant

aux tamis les plus fins et de les monter telles quelles dans le baume de Canada, entre lame et lamelle. Cette technique, dite du semis, est généralement très suffisante, les grains vitreux étant encore complètement transparents à ces dimensions. Outre l'avantage d'être expéditive, cette technique permet de mieux étudier la forme des inclusions de toute nature que renferment les verres volcaniques.

* * *

Dans cette étude des cendres et des lapilli, comme dans celle qui suit, nous avons décrit les échantillons dans l'ordre numérique de leur récolte.

DN 52.48. — CENDRES ET LAPILLI DU RUMOKA.

Situation : Cendres et lapilli de l'éruption de 1912, récoltés à la colline Matsha, Km 181.200 de la route de Goma, près de Sake. Ces cendres ont une grande extension et constituent une importante réserve. Elles sont recouvertes par les laves des éruptions portérieures (Ph. 2).

Caractères macroscopiques : Lapilli et cendres à texture scoriacée, vacuolaire, à surface noire, luisante. Les éléments des cendres sont entièrement libres (Ph. 3).

Indices granulométriques : $M = 2.5$ mm, $C_2 = 0.40$, $A_2 = - 0.03$.

Caractères microscopiques :

1. — *Examen en lame mince d'un lapilli* d'environ 5 mm de diamètre (Ph. 4).

Phénocristaux abondants d'augite zonaire brun verdâtre parfois glomérophyriques, englobant de nombreuses inclusions vitreuses.

Pâte semi-vitreuse très vacuolaire formée de verre

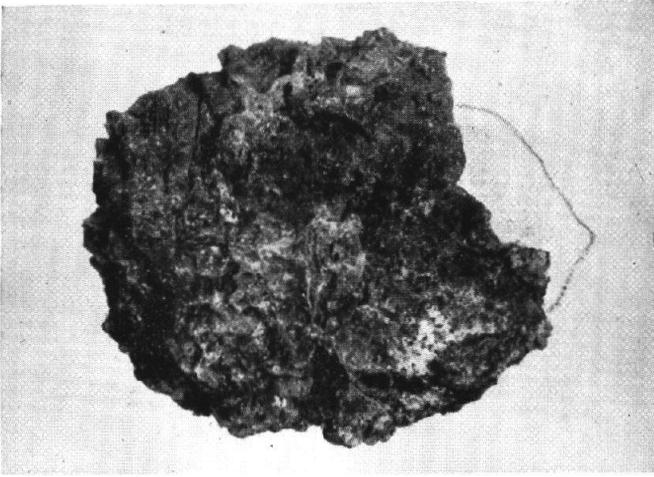


Photo 1. — Bombe volcanique à noyau de micaschiste. — Dn 52.77. Volcan Muhungwe, Ruanda. Réduction env. 1/2.



Photo 2. — Coulées de laves et cendres volcaniques superposées. Km 184 de la route de Goma. De haut en bas : Coulée du Gituro de 1918 ; Coulée du Nyamuragira de 1938 ; Cendres du Rumoka de 1912 ; Lave du Nahimbi de 1904.

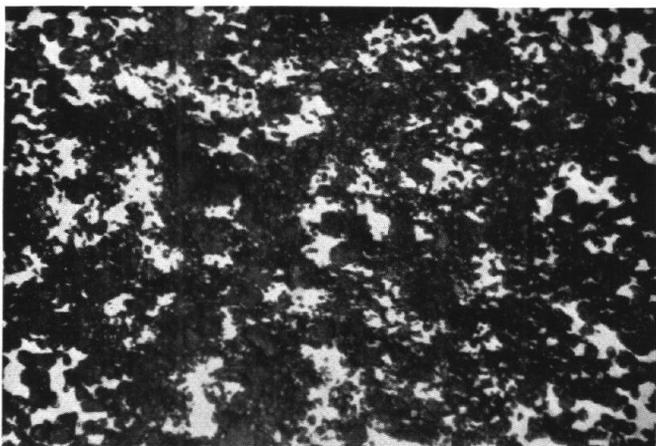


Photo 3. — Cendre et lapilli du Rumoka. — Dn 52.48.

Réduction env. 1/2.

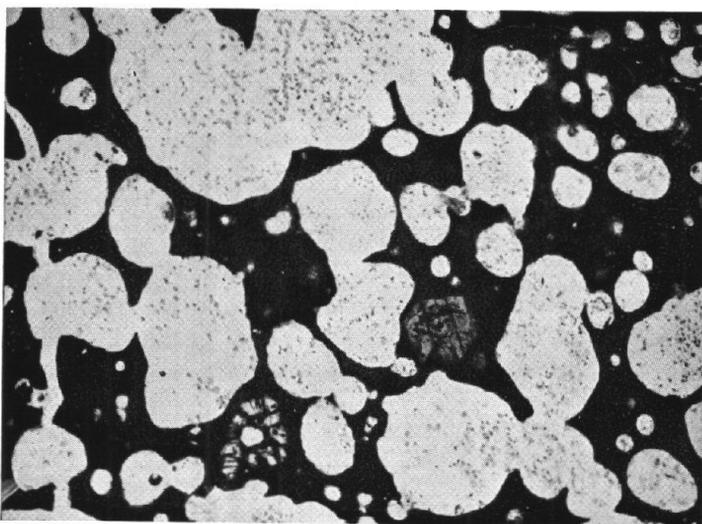


Photo 4. — Texture vacuolaire d'un lapilli scoriacé du Rumoka. — Dn 52.48.
Microphoto. Grossissement 22 ×.

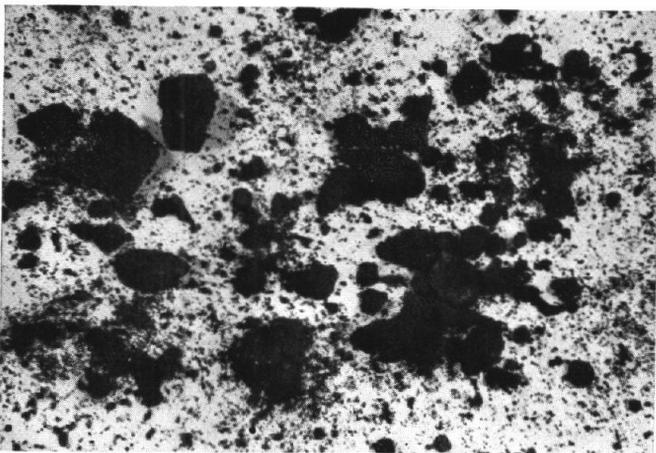


Photo 5. — Cendre agglomérée du Niamutsibu. — Dn 52.54.

Réduction env. 1/2.

brun parfaitement transparent d'indice supérieur à 1.54, riche en microlites d'augite brun verdâtre et en cristallites de plagioclase très basique (bytownite à 90 % An).

2. — *Examen des cendres sur semis* (refus du tamis de 0.120 mm) :

Grains irréguliers comprenant :

- a) Grains de verre brun transparent à vacuoles plus ou moins étirées, renfermant des microlites de pyroxène brun-verdâtre et des cristallites feldspathiques ;
- b) Grains vitreux opaques chargés de minéral.
- c) Débris de cristaux d'augite et d'olivine ;
- d) Rares cristaux détritiques de plagioclase acide maclé (oligoclase) et de calcite à macles polysynthétique (un seul cristal de chaque espèce dans toute une préparation). Ces minéraux représentent des débris du socle précambrien entraînés avec la projection des cendres.

Analyse chimique. Analyse effectuée au Service géologique de Bukavu, par G. HAINE, sur la cendre provenant de Sake (*Bulletin d'analyse* 28, 1951, N° d'Archives : S. A. 35.12 (C) 20).

SiO ₂	41,40	<i>Composition virtuelle</i>	
Al ₂ O ₃	10,84	Anorthite	16,68
Fe ₂ O ₃	3,93	Leucite	8,28
FeO	9,03	Néphéline	7,67
MnO	0,18		
MgO	13,66	Diopside	32,12
CaO	13,68	Olivine	20,03
Na ₂ O	1,68	Orthosilicate	
K ₂ O	1,77	de Ca	3,10
TiO ₂	2,80	Magnétite	5,57
P ₂ O ₅	0,02	Ilménite	5,32
CO ₂	0,18	Calcite	0,50
H ₂ O +	0,27	Eau	0,28
H ₂ O —	0,01		99,55
S	0,00	<i>Paramètres : 'IV.7.3'.3'('2.'3.2.2)</i>	
Cl	traces	Al/Calc = 0,36 ; An % = 100	
	99,45		

Observations. La composition minéralogique de la lave du Rumoka (cf. A. III. l. c) et celle de ses cendres sont qualitativement identiques. Les seules différences résident dans la rareté de l'olivine et la prédominance du verre dans les cendres.

Au point de vue chimique, la composition virtuelle de ces dernières montre l'absence d'orthose calculée et une diminution de la néphéline au profit de la leucite. Cela résulte du fait que la cendre est légèrement plus riche en potasse qu'en soude tandis que la lave est sensiblement plus riche en soude qu'en potasse.

A part son caractère plus mélanocrate et sa richesse en feldspathoïdes, cette quasi-égalité en poids des alcalis rapproche la cendre du Rumoka des kivites. Il résulte de l'absence d'olivine et de feldspathoïdes exprimés dans les cendres et lapilli du Rumoka que leur verre est riche en olivine, leucite et néphéline potentielles.

DN 52.54. — CENDRE DU NIAMUTSIBU.

Situation. Dépôt de cendres, au nord de la route de Goma, Km 191,400, rejetées par le cratère du Niamutsibu et recouvrant les tufs (Fig. 2, p. 119).

Caractères macroscopiques. Cendre stratifiée d'un noir mat, fine et très friable, mais à éléments légèrement agglomérés et incomplètement dissociables (Ph. 5).

Dans ces conditions, l'analyse granulométrique donne une courbe aberrante.

Caractères microscopiques.

1. — *Examen au microscope binoculaire:* Entre les grains vitreux, on observe de petits cristaux d'augite noire et des grains détritiques de quartz et de feldspath.

2. — *Examen des cendres sur semis*: Grains de verre brun havane transparents, arrondis à subanguleux, de 0,15 à 0,25 mm de diamètre, en moyenne. Quelques-uns sont allongés ou étirés et présentent des effets de polarisation dus à la trempe du verre. Celui-ci est presque toujours dépourvu de vacuoles. Son indice est supérieur à 1,54. On observe, en outre, quelques cristaux d'augite brune et quelques fragments de quartz détritiques.

3. — *Examen en lame mince*: Un fragment assez ferme de l'agglomérat a été imprégné de méthylméta-crylate, puis taillé. L'aspect de la préparation est totalement différent de celui de semis. Ici, le verre brun apparaît comme une trame continue englobant une foule de grains détritiques, de taille variable, qui lui ont servi de support. Ces grains détritiques se composent de quartz, de feldspaths (microline et plagioclases), de tourmaline verte et de lamelles, peu abondantes, de mica blanc (muscovite). Ces éléments sont ceux d'un granite ou d'un gneiss provenant du socle précambrien. Le mélange de ces éléments avec le magma volcanique a été très intime, car on voit le verre s'insinuer dans les clivages des feldspaths. Par ailleurs, ce verre est assez opaque ou simplement trouble et chargé de minuscules cristaux de magnétite et de cristallites (bacculites) feldspathiques et pyroxéniques.

Il s'agit, en somme, d'une bombe hétérogène d'une espèce très particulière.

DN 52.60. — CENDRES ET LAPILLI DU KM 58,450
DE LA ROUTE DE SAKE À LUOFU.

Caractères macroscopiques. Lapilli très scoriacés gris.

Indices granulométriques. $M = 5,86$ mm ; $C_2 = 0,42$; $A_2 = 0,08$.

Il s'agit d'une cendrée grossière, à gros lapilli.

Caractères microscopiques.

L'examen sur semis du refus du tamis de 0,28 mm montre des grains de verre brun transparent, peu vacuolaires, dont l'indice est supérieur à 1,54. Ce verre contient des cristallites feldspathiques se rapportant au labrador à 70 % An. On n'a pas noté de cristaux d'augite ni d'olivine. Par contre, de nombreux grumeaux de calcite, associés à cette cendre, indiquent peut être une origine en partie sous-lacustre ou la proximité d'une source thermique.

DN 52.61. — CENDRES DU KM 57,600 DE LA
ROUTE DE SAKE À LUOFU.

Caractères macroscopiques. Cendre noire-brunâtre, à grains en général assez arrondis, très vacuolaires. Voisinant avec les grains vitreux, on observe également un certain nombre de cristaux brisés d'olivine claire et d'augite noire. La teinte brune de la plupart des grains est due à l'existence d'une patine ocreuse.

Indices granulométriques. $M = 1,75$ mm ; $C_2 = 0,55$; $A_2 = + 0,05$.

Caractères microscopiques.

Examen sur semis taillé en lame mince du refus du tamis de 0,52 mm : les grains sont tantôt anguleux, tantôt arrondis ; 50 à 60 % des grains sont opaques. Les grains transparents sont constitués par un verre brun d'indice supérieur à 1,54 ; ils sont peu ou pas vacuolaires. On y observe de rares cristallites ou trichites à extinction oblique qui paraissent pouvoir être rapportés à l'augite.

Libres ou en phénocristaux dans les grains vitreux,

on identifie des cristaux d'augite brune, d'olivine avec ses formes caractéristiques, de plagioclase à extinction oblique, peut-être de la mélilite et, enfin, un minéral isotrope à relief faible ($< 1,54$) qui peut être rapporté à la leucite.

En outre, il existe du quartz et du disthène détritiques provenant du socle cristallin, des grumeaux de calcite et des diatomées.

Observation. L'association plagioclase — leucite — augite rappelle celle qui constitue les kivites (cf. A. III. 1. a).

DN 52.67. — CENDRES DU MONT GOMA (Fig. 2, p. 123).

Situation. Cendre recueillie sur le flanc nord du Mont Goma, à la cote 50, dans une gravière ouverte au bord de la route de Sake à Goma.

Caractères macroscopiques. Cendre noire, fine, faiblement agglomérée, friable, dont les grains se libèrent entièrement quand on la triture entre les doigts (Ph. 6).

Au microscope binoculaire, les fractions grossières sont formées de grains noirs luisants et très vacuolaires. Les grains des fractions fines ont des formes beaucoup moins régulières. Ceux des fractions inférieures à 0,075 mm sont bruns.

Indices granulométriques: $M = 0,24$ mm ; $C_2 = 0,205$; $A_2 = - 0,045$.

Caractères microscopiques.

L'examen sur semis de la fraction passant au tamis de 0,075 mm montre des grains anguleux de verre brun homogène et transparent sans trace de cristallites ; leur indice est supérieur à 1,54. Font exception un cer-

tain nombre de grains qui renferment des vacuoles étirées ou de minuscules cristaux de magnétite. Le seul élément cristallin isolé qui ait été observé est un cristal très frais de mélilite.

Par contre, cette cendre renferme des diatomées nombreuses et variées.

Analyse chimique. Analyse effectuée au Service géologique de Bukavu, par G. HAINE (*Bulletin* 29, 1951).

SiO ₂	36,27		
Al ₂ O ₃	18,01		
Fe ₂ O ₃	4,04		
FeO	9,62		
MnO	0,30		
MgO	4,82		
CaO	12,47		
Na ₂ O	5,36		
K ₂ O	3,62		
TiO ₂	3,20		
P ₂ O ₅	0,75		
CO ₂	0,55		
H ₂ O +	0,02		
H ₂ O —	0,48		
S	traces		
Cl	traces		
	<u>99,51</u>		
		<i>Composition virtuelle</i>	
		Anorthite	14,18
		Leucite	16,57
		Néphéline	24,71
		Diopside	2,46
		Olivine	14,92
		Orthosilicate de	
		de Ca	11,01
		Magnétite	5,80
		Ilménite	6,08
		Apatite	2,02
		Calcite	1,30
		Eau	0,50
			<u>99,80</u>
		<i>Paramètres : III.8.2.4</i>	
		Al/Alc = 1,4 ; Al/Calc = 0,50 ; An % = 100	

Observations. Par sa composition chimique et sa composition virtuelle, la cendre du Mont Goma offre d'étroites analogies, d'une part avec la néphéline mélilitique de ce même volcan et d'autre part avec la niligongite du Nyragongo. Les paramètres exprimant les rapports entre l'alumine, les alcalis et la chaux sont les mêmes que ceux de la néphéline mélilitique, mais à cause de la faible teneur en silice, l'orthose est remplacée par de la leucite virtuelle. A cet égard, cette cendre est plus voisine de la niligongite ; elle se rapproche encore de cette dernière par sa teneur notable en olivine et en orthosilicate de calcium calculés et l'absence ou la faible

teneur en diopside. La prédominance de la soude sur la potasse, en poids, et la présence d'une quantité notable d'anorthite virtuelle rapprochent la cendre du Mont Goma de l'étindite du Cameroun, dont les paramètres sont les mêmes : III.8 ou 9.2.4. Mais l'étindite contient plus de pyroxène que d'olivine et est beaucoup plus riche en magnésie qu'en fer. En résumé, la cendre du Mont Goma se rattache, comme l'étindite, à la famille des Ijolites.

DN 52.75. — CENDRES ET LAPILLI ALTÉRÉS
DE RUMENGABO.

Situation. La matière première des blocs de pouzzolane fabriqués à Rumengabo par le P. N. A. est la couche superficielle décomposée et rubéfiée des cendres et lapilli de mikénite qui constituent le sous-sol. Les analyses ci-dessous ont été faites sur le produit que les indigènes appellent « *yunga buya* », prélevé dans la carrière.

Caractères macroscopiques. Gravier de teinte ocre clair, argileux, plus ou moins aggloméré, tachant les doigts.

Indices granulométriques. $M = 4,7$ mm ; $C_2 = 0,31$; $A_2 = - 0,05$.

Caractères microscopiques. Une lame mince taillée dans un semis de la fraction passant au tamis de 0,075 mm ne montre que des grains de verre rubéfié d'indice supérieur à 1,54, quelques débris de cristaux d'augite et d'olivine et quelques Diatomées. Absence de leucite.

Analyse chimique. Analyse effectuée au Service géologique de Bukavu, par G. DELMOTTE (*Bulletin* 188, 1952 ; dossier 43.62.92.4)

SiO ₂	42,30	<i>Composition virtuelle</i>	
Al ₂ O ₃	14,92	Orthose	22,24
Fe ₂ O ₃	7,21	Albite	9,96
FeO	3,62	Anorthite	20,85
MnO	0,17	Néphéline	3,41
MgO	4,83		
CaO	9,51	Diopside	16,85
Na ₂ O	1,94	Olivine	3,08
K ₂ O	3,84	Magnétite	2,32
TiO ₂	3,36	Ilménite	6,54
P ₂ O ₅	0,67	Hématite	5,60
CO ₂	0,03	Apatite	1,68
H ₂ O +	4,33	H ₂ O	7,49
H ₂ O —	2,96		<u>100,02</u>
	99,89		

Paramètres: (II)III.5.3.'3

Al/Calc = 0,60 ; An % = 68

Observations. Comparée à la composition de la mikérite fraîche de Rumangabo (A. 111.3.b), cette analyse du « *yunga buya* » montre que le seul changement important consiste en une diminution de près de 40 % des alcalis, compensée par une teneur 9 fois plus forte en eau d'hydratation (H₂O +). Parallèlement, une partie du fer ferreux (FeO) s'est oxydée à l'état ferrique.

Ces changements, dus à l'action de l'atmosphère humide, expliquent aisément les modifications de la composition virtuelle (augmentation d'anorthite, diminution de néphéline et de magnétite, apparition d'albite et d'hématite, disparition de la leucite) et, par conséquent, celles des paramètres.

DN 52.76. — LAPILLI DE KISENYI (Ruanda).

Situation. Les *lapilli* analysés ici ont été probablement émis par le volcan Mudikombe. Ils recouvrent le socle granitique et s'étalent sur les deux rives de la Sebaya. L'échantillonnage a été effectué à un kilomètre au sud de Kisenyi, dans la propriété de M. VAN HOUTEGHEM.

Caractères macroscopiques. Lapilli noirs-brunâtres, scoriacés, très vacuolaires, assez volumineux (Ph. 7).

Indices granulométriques: $M = 8,7$ mm ; $C_2 = 0,51$; $A_2 = 0,01$.

Caractères microscopiques.

Examen en lame mince d'un lapilli :

Phénocristaux d'olivine et d'augite brune (cristaux isolés ou glomérophyriques).

Pâte vitreuse riche en vacuoles sphériques de toutes dimensions parfois garnies de calcite sphérolitique. Le verre est transparent, de teinte brune ; son indice est supérieur à 1.54. On y observe des microlites maclés de bytownite à 80 % d'An.

Une *réaction microchimique* effectuée sur un fragment de verre (attaque par HCl à 50 %) semble indiquer la présence de silicate soluble potassique (leucite ?).

Observation. Les caractères ci-dessus sont insuffisants pour permettre de faire un rapprochement entre ces lapilli et les laves d'un des grands volcans. Toutefois la présence de la bytownite et la possibilité de l'existence de leucite potentielle, jointes à l'existence de phénocristaux d'augite et d'olivine autorisent à penser qu'il s'agit de produits pyroclastiques émis par un volcan dépendant du Karisimbi, plutôt que du Nyiragongo (Cf. A. 111.5.a).

DN 52.78. — LAPILLI DU MUHUNGWE (Ruanda).

Situation. Volcan Classe de la carte DELHAYE et SALÉE, Km 19,500 de la route de Kisenyi à Ruhengeri. Prélèvement effectué dans une gravière en bordure de la route.

Caractères macroscopiques. Lapilli noir-bleuâtres, scoriacés. Quelques débris ligneux y sont mêlés.

Indices granulométriques: $M = 5,6$ mm ; $C_2 = 0,64$; $A_2 = 0,12$.

Caractères microscopiques.

Examen sur semis (refus du tamis de 0,280 mm). Grains très vacuolaires et très anguleux, souvent étirés, à contours très découpés. Le verre, d'indice supérieur à 1,54, renferme de nombreux cristallites feldspathiques. Grumeaux de calcite assez nombreux.

DN 52.81. — SABLE TRACHYTIQUE DE RUHENGERI
(Ruanda).

Situation. Sable prélevé au front de la coulée de trachyte du Karisimbi, au Km 55,500 de la route de de Kisenyi à Ruhengeri.

Caractères macroscopiques: Sable volcanique gris.

Indices granulométriques: $M = 4,65$ mm ; $C_2 = 0,27$; $A_2 = - 0,05$.

Caractères microscopiques.

Examen sur semis (fraction passant au tamis de 0,075 mm) : myriades de cristaux tabulaires de sanidine ou d'isorthose, nombreux petits prismes d'augite aegyrienne et, accessoirement, cristaux de magnétite et d'apatite prismatique.

Observations. Cette composition minéralogique est, à peu de chose près, identique à celle de la pâte de la coulée de trachyte néphélinifère du Karisimbi (A. 111.5.b), mais, il y a lieu de remarquer qu'il s'agit ici plutôt des éléments désagrégés du trachyte que d'une véritable cendre.

DN 52.121. — LAPILLI DU MONT NYUNDO.

Situation. Le Mont Nyundo s'élève, à environ 1.500 km à l'est du Km 232,400 de la route de Goma à Rutshuru, dans le Kibumba.

Caractères macroscopiques. *Lapilli* noirs, mats, scoriacés et très vacuolaires.

Indices granulométriques: $M = 4,65$ mm ; $C_2 = 0,775$; $A_2 = + 0,065$.

Caractères microscopiques.

Examen sur semis taillé en lame mince (semis de la fraction passant au tamis de 2 mm). La plupart des grains sont opaques ou ocreux, à contours anguleux. Ils sont chargés de magnétite ou de limonite et magnétiques. Ils sont dépourvus de vacuoles.

Quelques grains transparents sont formés d'un verre brun d'indice supérieur à 1,54. Ils contiennent de rares cristallites et trichites à extinction oblique et quelques microlites feldspathiques à extinction droite (oligoclase ?)

Les phénocristaux sont représentés par des cristaux complets ou des débris d'augite brune, d'olivine et de plagioclases.

Enfin, on note la présence de fragments détritiques de quartz et de disthène, provenant du socle précambrien.

Observation. Cette composition et l'absence de leucite rapproche ces lapilli des absarokites shoshonitiques ou des shoshonites du Karisimbi, et semble exclure une parenté avec le Mikenno ou le Nyiragongo.

DN 52.126. — LAPILLI DU MONT MUDENDE (Ruanda).

Situation. Le volcan Mudende est situé à 14 km au sud-ouest du sommet du Karisimbi, dans le circuit du Bugoyi.

Caractères macroscopiques. Lapilli noir-grisâtres, mats, en partie rubéfiés. Les plus grands sont vacuolaires et scoriacés. Les fractions fines passant au tamis de

3,327 mm sont formées de fragments allongés, débris de bombes minuscules.

Indices granulométriques: $M = 4,2$ mm ; $C_2 = 0,55$; $A_2 = - 0,03$.

Caractères microscopiques.

Examen sur semis (fraction passant au tamis de 0,99 mm) : les grains irréguliers, plus ou moins vacuolaires et scoriacés, sont formés de verre brun transparent d'indice supérieur à 1,54. La plupart sont partiellement rendus opaques par la magnétite. On observe quelques rares cristallites dans le verre. Les vacuoles sont garnies d'une matière de teinte brun pâle, plus ou moins zonaire, très faiblement biréfringente et d'indice inférieur à 1,54. Il s'agit probablement d'opale.

Enfin, il existe quelques rares microlites d'olivine isolés ou inclus dans le verre. L'un d'eux présente un réel intérêt au point de vue du mécanisme de sa croissance au sein d'un verre chargé de magnétite. Il est de forme rectangulaire et, aux deux extrémités du rectangle, on voit subsister, dans le cristal limpide, deux trapèzes de verre opaque opposés par leurs petits côtés, lesquels sont prolongés par deux minuscules appendices piri-formes dirigés vers le centre du cristal d'olivine.

On n'a pas observé de minéraux détritiques du socle.

DN 52.129. — LAPILLI DU MONT BIHE (Ruanda).

Situation. Le Mont Bihe est un volcan situé à 3 km au sud-ouest du précédent.

Caractères macroscopiques. Lapilli noir grisâtres, mats, très vacuolaires et scoriacés.

Indices granulométriques: $M = 4,55$ mm ; $C_2 = 0,58$; $A_2 = + 0,10$.

*Caractères microscopiques :**Examen en lame mince* d'un lapilli :

Phénocristaux d'augite brun-verdâtre et d'olivine dans le rapport 3/1.

Pâte : verre brun assez opaque (magnétite) d'indice supérieur à 1,54, riche en cristallites feldspathiques (plagioclase) et en microlites d'augite brune. Nombreuses vacuoles rondes, sans remplissage secondaire, et bordées d'un étroit liséré biréfringent, attribuable à la tension superficielle et non à une cristallisation naissante.

Pas de produits détritiques.

DN 52.142. — LAPILLI ET CENDRES D'ITSHIBANZU.

Situation. A proximité du gîte d'Itshibanzu (ou Itshanzu), à 5,300 km au sud de la Mission de Djomba, dans le Bueza.

Caractères macroscopiques. Lapilli et cendres noir-grisâtres, mats, vacuolaires, mais peu scoriacés. Les refus des tamis de 2 à 0,28 mm sont en majeure partie constitués par des fragments allongés de verre étiré appartenant à de très petites bombes. On y observe aussi des fils de verre.

Indices granulométriques : $M = 2,4$ mm ; $C_2 = 0,48$; $A_2 = - 0,08$.

Caractères microscopiques :

Examen sur semis (fraction passant au tamis de 0,120 mm) : verre brun transparent d'indice supérieur à 1,54, très peu vacuolaire et pauvre en cristallites feldspathiques et pyroxéniques. Un certain nombre de grains sont opaques et chargés de magnétite. Les cristaux libres, entiers ou fragmentés, sont représentés par l'olivine

et l'augite. Enfin, quelques globules secondaires de calcédoine sphérolitique (quartzine) sont observables. Les minéraux détritiques sont très rares : ce sont le quartz, le feldspath, la calcite et le disthène.

DN 52.143. — LAPILLI DE KAVUMU.

Situation. Ces *lapilli* ont été recueillis à peu de distance de l'affleurement précédent, au lieu dit « *Kavumu* » par les indigènes.

Caractères macroscopiques. *Lapilli* noirs, légèrement rubéfiés, bleutés et luisants sur les cassures fraîches. Les plus gros (diamètre supérieur à 6,680 mm) sont vacuolaires et scoriacés. Au-dessous de cette dimension, apparaissent de petites bombes canelées. Elles sont abondantes dans les refus des tamis 2 et 0,99 mm.

Indices granulométriques : $M = 5,2$ mm ; $C_2 = 0,465$; $A_2 = + 0,035$.

Caractères microscopiques :

Examen sur poudre de la fraction passant au tamis de 0,99 mm ; la plupart des fragments sont formés de verre brun transparent d'indice supérieur à 1.54 ; ils sont peu vacuolaires, mais parfois étirés, sans polarisation de tension (débris de petites bombes) et rarement pourvus de cristallites et de bacculites de pyroxène et de (?) feldspath. Quelques fragments sont opaques et bourrés de magnétite pulvérulente. On note quelques débris de cristaux d'olivine.

Dans un des grains, on a observé des globules sphérolitiques de quartzine secondaire.

DN 52.145. — CENDRES DU RUNIONI (?).

Situation. Ces cendres sont celles d'un petit volcan dénommé, avec doute, le Runioni, entre le Mulera et la

tête de la rivière Kamira, à proximité immédiate du Mont Rulemba. Bueza.

Caractères macroscopiques. Cendres très fines, agglomérées, mais friables, de teinte noir-brunâtre (Ph. 8).

Caractères microscopiques.

Examen sur semis, passant au tamis de 0,075 mm : les grains de verre, les uns transparents et bruns, plus rarement incolores, et d'indice supérieur 1,54, les autres opaques, sont tous anguleux. Le verre transparent contient des cristallites (trichites ou bacculites) feldspathiques et quelques rares vacuoles rondes et étirées. On a noté la présence d'une petite bombe fusiforme englobant quelques vacuoles très étirées et manifestant une anisotropie de tension. Enfin, on observe quelques fragments de cristaux d'olivine incolore presque orthoaxe.

Observation. Il y a trop peu d'éléments cristallisés pour qu'il soit possible de rapporter les trois cendres du Bueza analysées ci-dessus à un type pétrographique déterminé. Leurs appareils d'émission dépendent fort probablement du Sabinyo dont les laves dominantes sont des latites et des shoshonites (A. 111.6). La présence constante de l'olivine dans ces cendres ferait plutôt pencher la balance en faveur de leur rattachement à la shoshonite.

C. — Tufs volcaniques.

Introduction.

Ainsi que nous l'avons exposé dans l'*Esquisse géologique* (Chap. II), les volcans de tufs de la rive nord du lac Kivu, tels que le Nyamutsibu et le Mont Goma sont d'anciens volcans sous-lacustres. La petite île de Kegera, avec sa lagune interne, en est un autre exemple remarquable. Tous ces volcans sont enveloppés d'un

manteau de cendre et de lapilli qui présentent un classement volumétrique excellent. Cendres et lapilli sont cimentés par les carbonates calcique et magnésien contenus dans les eaux du lac. Celles-ci en déposent également en abondance le long des rivages sous forme d'un calcin épais (F. DELHAYE, 1941).

Ces dépôts travertineux alternent parfois avec des couches de cendres, notamment dans les environs de Sake.

Le verre des cendres et des lapilli basaltiques subit généralement, dans ces conditions, une altération chimique plus ou moins profonde. Il s'hydrate, brunit, jaunit ou verdit et subit un début de cristallisation en substances analogues à la serpentine ou à la chlorite. Ces produits d'altération ont une physionomie spéciale et sont désignés sous le nom de « palagonite » ; les tufs ainsi modifiés sont des « tufs palagonitiques ». Une autre caractéristique fréquente est l'éclatement des lapilli et leur aspect en croissant.

Enfin, à la périphérie des *lapilli* et à l'intérieur de leurs vacuoles, apparaissent des minéraux de la famille des zéolites : mésotype, phillipsite, etc. qui cristallisent en houppes et sphérolites fibroradiés à croix noire de polarisation. Ce sont des alumosilicates hydratés de soude, de potasse et de chaux qui naissent aux dépens des éléments du verre des lapilli, en présence d'eau.

Les propriétés pouzzolaniques des tufs sont probablement liées en grande partie à la « palagonite » et aux zéolites.

Quand l'altération des lapilli est plus prononcée, ces produits peuvent disparaître plus ou moins complètement pour faire place à des gels de silice et d'alumine et à des produits argileux comme nous le verrons à propos des tufs de la Ruindi.

Des minéraux détritiques alluvionnés ou entraînés par les explosions sous-lacustres peuvent être intime-

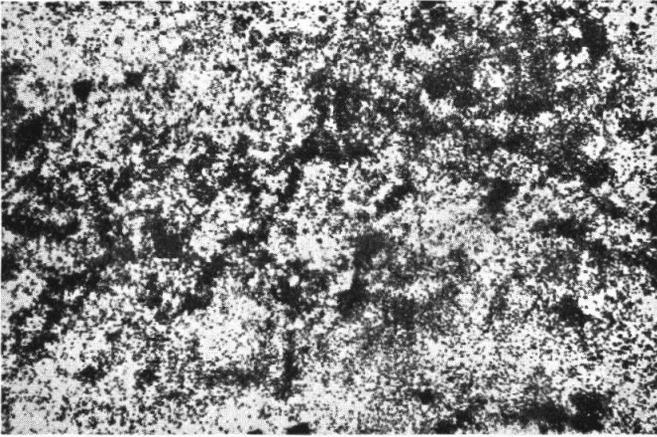


Photo 6. — Cendre du Mont Goma, flanc nord. — Dn 52.67.

Réduction env. 1/2.

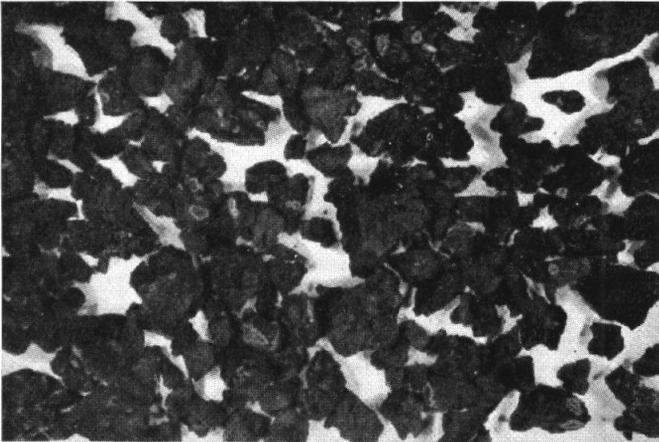


Photo 7. — Lapilli de Kisenyi, Ruanda. — Dn 52.76.

Réduction en 1/2.

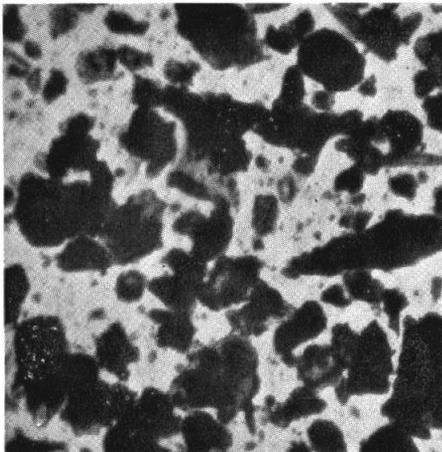


Photo 8. — Cendre fine du Runioni Bueza (?) — Dn 52.145.

Microphoto. Grossissement 102 ×.

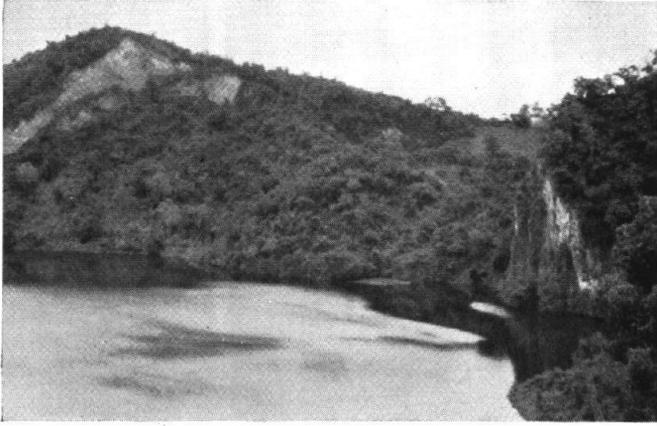


Photo 9. — Cratère-lac du Niamutsibu (« Lac Vert ») dans les tufs palagonitiques. — Dn 52.52.

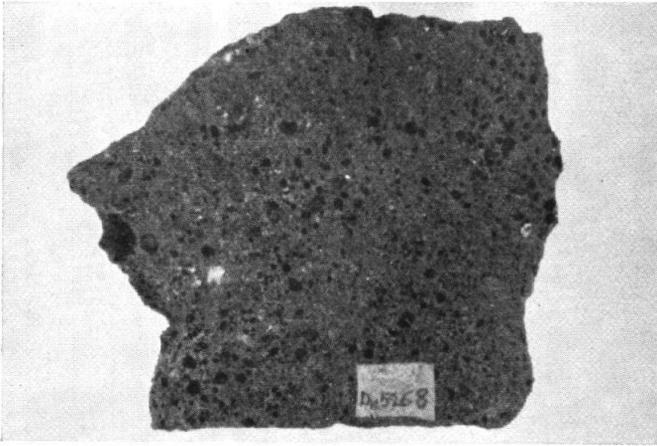


Photo 10. — Tuf palagonitique du Mont Goma, flanc est. — Dn 52.68.

Réduction env. 1/3.

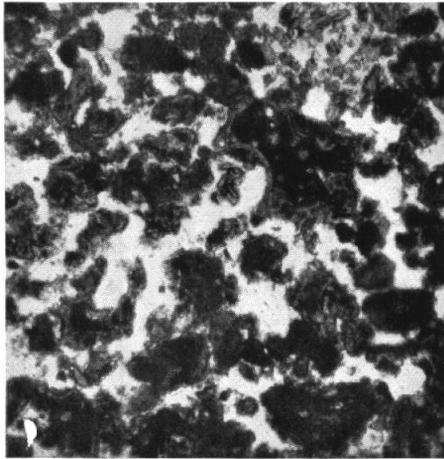


Photo 11. — Tuf palagonitique du Mont Goma, baie des Byungu. — Dn 52.69.

Microphoto. Grossissement 22 ×.

ment mêlés au tufs palagonitiques. Quand ceux-ci sont complètement transformés en produits colloïdaux et dispersés, il ne subsiste plus, comme témoignage de leur existence, que quelques minéraux inaltérables caractéristiques des produits volcaniques, comme la pérowskite. Tel est le cas des sédiments de la vallée de la Semliki et de la plaine du lac Édouard.

Tufs du Niamutsibu.

Situation. Le cône du Niamutsibu ⁽¹⁾ est situé au sud de la route de Sake à Goma, à peu près à hauteur du Km 191. Ses tufs s'étendent à l'Est du côté de la propriété de M. DE MUNCK.

Deux échantillons ont été prélevés : le Dn 52.53 sur la route, à 500 m avant le chemin d'accès à la propriété de Munck et le Dn 52.56 sur la paroi du cratère, appelée « kakombe » par les indigènes.

Caractères du gisement. Les tufs sont en bancs à stratification oblique et assez friables. Sur la paroi du cratère, on a observé que certains bancs sont formés d'une brèche dont les éléments, plus ou moins volumineux, sont des fragments de tuf simplement plus consistants et de couleur plus foncée que le tuf gris friable qui les enveloppe. Il s'agit évidemment de tufs démantelés et repris dans le tuf gris lors des éruptions sous-lacustres (Ph. 9).

DN 52.53. — TUF GRIS DU NIAMUTSIBU (près du chemin de Munck).

Caractères macroscopiques. Tuf gris d'aspect grenu dans lequel on distingue, à la loupe, des lapilli de tonalité

(1) C'est improprement qu'on désigne ce volcan sous le nom de « Lac Vert ». Le Lac Vert est le « maar » qui occupe son cratère et dont le nom indigène est « *Lwabihari* ».

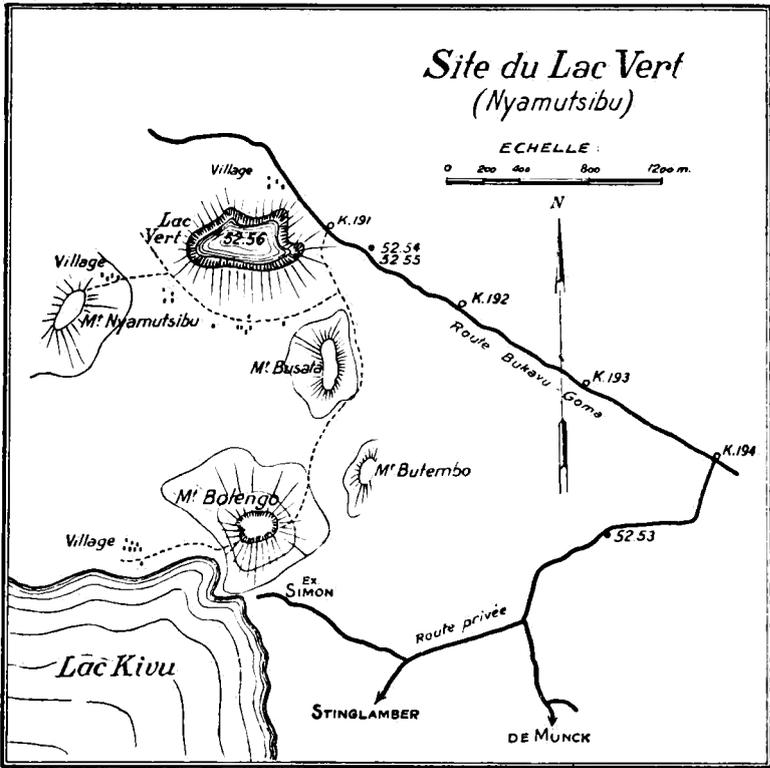


FIG. 2.

brun clair ou bien havane foncé, engagés dans une gangue blanche calcitique.

Caractères microscopiques.

Lapilli: ils ont une structure complexe. Leur masse est constituée par un verre brun havane clair isotrope, d'indice supérieur à 1,54. Ils sont craquelés et contiennent d'assez gros cristaux de magnétite ainsi que des vacuoles assez grandes et rondes remplies de fibres de natrolite.

De larges zones des lapilli bruns sont substituées par un produit jaune d'or, biréfringent dans les tons jaune à orangé du premier ordre. L'indice de ce produit jaune

d'or est inférieur à 1,54. Par endroits, il passe à un produit vert sale à biréfringence basse (tons gris) qui présente l'aspect réticulé de la serpentine ; son indice est supérieur à 1,54 et l'allongement des fibres constituant le réseau est négatif. Le produit jaune d'or est probablement une antigorite à indice faible et biréfringence moyenne signalé par LARSEN ⁽¹⁾ et le produit vert serait de l'antigorite normale ou de la pennine. Ces produits d'altération crytocristallins des verres basaltiques sont désignés sous le nom de « palagonite ».

Il y a lieu de signaler, en outre, que les vacuoles des *lapilli* sont auréolées d'un large liséré du même produit jaune d'or que ci-dessus qui se substitue au verre. Entre nicols croisés, ce liséré est parcouru par les extrémités des bras d'une croix de polarisation d'un sphérolite positif.

Les *lapilli* contiennent, exceptionnellement, des cristaux d'olivine, des prismes d'augite brune titanifère et des tablettes de mélilite.

Gangue : La gangue qui unit les *lapilli* est constituée par la même natrolite fibreuse que celle des vacuoles et par de larges plages de calcite.

Observations. La présence de mélilite associée à l'augite titanifère et à l'olivine est conforme à la composition de la lave du Niamutsibu (A. 111. 2. c) et rapproche aussi ces *lapilli* des laves du Nyiragongo et du Mont Goma (niligongite ou néphéline mélilitique). (cf. A.111.2.a et b).

La natrolite est un produit zéolitique constitué aux dépens du verre des *lapilli*, car elle est le seul produit de remplissage des vacuoles closes tandis que la calcite de la gangue doit son origine principalement à la précipi-

(1) WINCHELL., A. N., Elements of Optical Mineralogy (1932-1939, t. II, p. 280).

tation des carbonates contenus en solution dans les eaux du lac.

DN. 52.56. — TUF GRIS DU CRATÈRE DU NIAMUTSIBU
(« *kakombe* »).

Caractères macroscopiques. Comme Dn 52.53, mais la couleur de la gangue est d'un blanc grisâtre.

Caractères microscopiques.

Lapilli : ils se distribuent en trois catégories :

1. Lapilli de couleur jaune sale à vert ; ce sont les plus abondants ;
2. Lapilli de couleur brune ; ce sont les moins abondants ;
3. Lapilli opaques ; peu nombreux.

Tous ces *lapilli* sont très vacuolaires. Les lapilli transparents (1 et 2) ont un indice supérieur à 1,54 et ont une texture fluidale.

A leur périphérie et en bordure des vacuoles on observe un liséré très faiblement biréfringent à structure sphérolitique (sphérolites positifs à croix noire). Les lapilli bruns sont généralement complètement biréfringents. Dans les autres, le liséré est toujours plus foncé que le verre isotrope et vire au vert brunâtre avec un indice égal ou légèrement supérieur à 1,54. Il s'agit probablement encore d'antigorite naissante.

A l'intérieur des lapilli on observe parfois des micro-lites d'augite et, plus rarement, des cristaux d'olivine et des octaèdres de magnétite.

Gangue : Elle est formée de natrolite sphérolitique à fibres positives et de calcite. Cette dernière englobe des cheveux et des houppes d'un minéral non identifiable, peut être une zéolite. La natrolite sphérolitique garnit également l'intérieur des vacuoles des lapilli.

Analyse chimique. Analyse effectuée au Service géologique de Bukavu, par C. DELMOTTE (*Bulletin d'analyse* 191, 1952, Dossier n° 43.62.92.4).

SiO ₂	30,65	<i>Composition virtuelle</i>	
Al ₂ O ₃	14,10		
FeO ₂	8,51	Orthose	25,02
FeO	1,48	Albite	5,76
MnO	0,19	Anorthite	9,73
MgO	3,99	Néphéline	7,95
CaO	10,39		
Na ₂ O	2,43	Olivine	7,00 (Mg ₂ SiO ₄)
K ₂ O	4,22	Ilménite	3,65
TiO ₂	2,00	Hématite	8,48
P ₂ O ₅	1,03	Pérowskite	0,14
CO ₂	5,61	Corindon	1,94
SO ₃	0,13	Apatite	2,35
Cl ₂	0,10	Eau	15,38
H ₂ O +	3,66	(Calcite	12,70
H ₂ O —	11,72		<hr/>
	<hr/>		100,10
	100,21	<i>Paramètres</i> : II'.6.2.3	

$$\text{Al/Calc} = \frac{138}{59} = 2,34; \text{An \%} = 63$$

Observations. Les paramètres ont été calculés en faisant abstraction de la calcite qui constitue un apport extérieur. Si on les compare aux paramètres de la Néphéline mélilitique du Mont Goma (A.111.2.b), et si on met en regard les compositions virtuelles des deux roches, on voit que les lapilli ont subi une altération chimique consistant surtout en un départ de soude qui a pour conséquence la diminution de la teneur en néphéline et l'apparition d'alumine virtuelle libre (corindon). La potasse prédominant sur la soude, le quatrième paramètre devient 3 au lieu de 4.

DN 52.56 — ÉLÉMENTS DE TUF BRUN DU NIAMUTSIBU
(« kakombe »).

Caractères macroscopiques. Il s'agit des éléments de brèche emballés dans le tuf gris. Leur aspect est brun toncé à noir. A la loupe, on distingue des lapilli bruns et

d'autres d'un noir luisant à éclat vitreux, ainsi que de nombreuses vacuoles sphériques garnies de zéolites fibreuses.

Caractères microscopiques.

Lapilli : ils sont formés de verre isotrope brun havane clair légèrement verdâtre. L'indice de ce verre est supérieur à 1,54. Il contient des vacuoles elliptiques auréolées, de même que la périphérie des lapilli, de verre jaune d'or isotrope d'indice inférieur à 1,54. Un liséré fibreux moyennement biréfringent (jaune orangé du premier ordre) borde les auréoles jaunes. Ce liséré présente des sphérolites positifs à croix noire ; son indice est plus élevé que celui du verre jaune isotrope et que celui de la natrolite, mais il est encore inférieur à 1,54. Les lapilli englobent de rares cristaux de pyroxène brun et d'olivine, ainsi que de la magnétite, plus abondante.

Gangue : Elle est formée exclusivement de natrolite fibreuse. Les vacuoles sont garnies, soit uniquement de natrolite, soit d'un mélange de sphérolites de calcite et de natrolite.

Ce tuf est traversé de fines diaclases cicatrisées par de la calcite, en bordure, et de la natrolite, au centre.

Observation. La faible quantité de calcite contenue dans la gangue de ce tuf contribue à lui donner sa teinte sombre. Les zéolites qui cimentent les lapilli à l'exclusion de la calcite, facilement clivable, confère à ce tuf une cohésion nettement plus élevée que celle des tufs gris.

Tuf du Mont Goma.

DN 52.68 — TUF DU FLANC ORIENTAL.

Situation. Ballastière en exploitation en 1952 qui se situait à quelques mètres de la boucle de la route tenant

à l'avenue Circulaire et s'élevant sur le flanc oriental du Mont Goma.

Caractères macroscopiques. Tuf ferme brun grisâtre à grain assez fin contenant des lapilli disséminés brun-foncés luisants, de 1 à 5 mm de diamètre (Ph. 10).

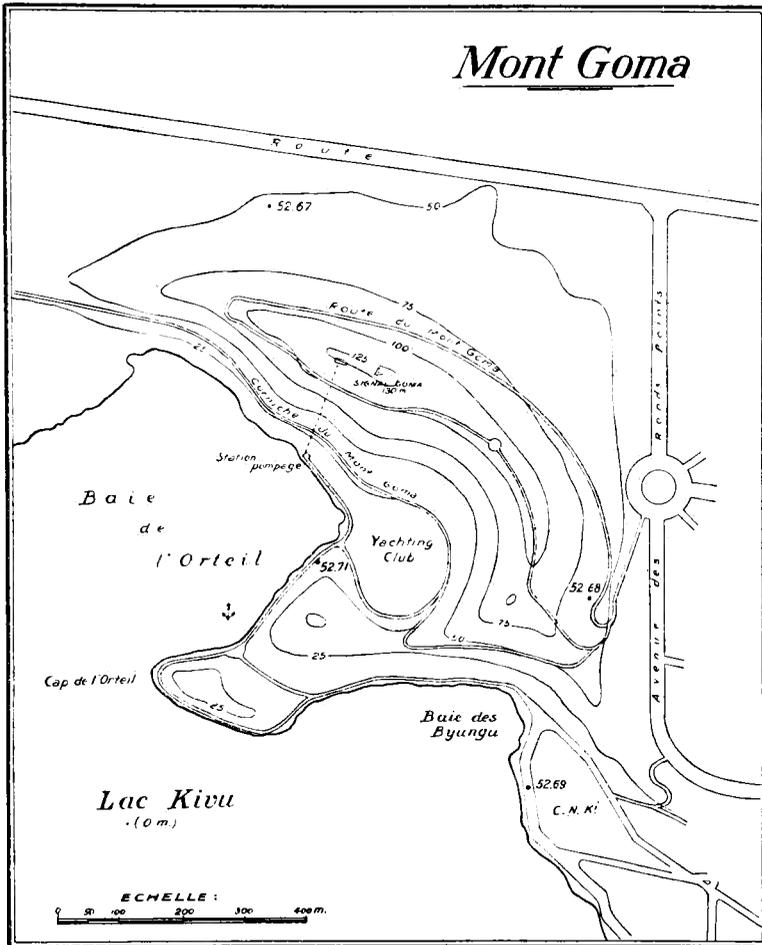


FIG. 3.

Caractères microscopiques.

Lapilli: Ils sont transparents, de forme irrégulière et

sont constitués par les éclats en croissant de lune tout à fait typiques des tufs palagonitiques. Les plus volumineux ont une texture fluidale très prononcée. Tous sont isotropes, de teinte brune et criblés de vacuoles sphériques ou elliptiques garnies de splendides sphérolites de natrolite. Le verre des lapilli est de couleur brun-havane et d'indice supérieur à 1,54. Un étroit liséré jaune d'or d'indice supérieur à celui du verre brun cerne le contour des vacuoles et celui des lapilli; ce liséré est également isotrope.

Les lapilli renferment quelques cristaux d'augite brune, de magnétite et d'apatite, parfois cristallitique.

Gangue: La gangue des lapilli est formée de calcite et de natrolite sphérolitique. Elle a un caractère vacuolaire assez prononcé.

DN. 52.69 — TUF DE LA BAIE DES BYUNGU.

Situation. Prélèvement effectué au flanc de route du terrain de golf.

Caractères macroscopiques. Tuf ferme d'aspect brun-havane clair. A la loupe, on distingue de nombreux *lapilli* noirs luisants, de moins de 1 mm de diamètre, englobés dans une gangue d'un brun terne.

Caractères microscopiques (Ph. 11).

Lapilli: Ils sont transparents, formés d'un verre de teinte brun-havane foncé, d'indice supérieur à 1,54. Le fin liséré jaune d'or qui cerne leur contour et celui de leurs vacuoles sphériques ou ellipsoïdales présente des phénomènes de polarisation qui se manifestent par l'existence de segments de bras noirs caractéristiques de la structure sphérolitique.

Les lapilli renferment des rares cristaux de magnétite, d'augite bronzée et parfois d'olivine. Ces minéraux existent aussi en cristaux indépendants, dans la gangue.

Gangue: Elle est très peu développée et se réduit à un fin liséré de zéolites fibreuses et de calcite autour des lapilli. Entre nicols croisés, cette gangue présente un aspect dentelliforme. Ses produits garnissent également les vacuoles des lapilli.

Observation. Ce tuf ne diffère du précédent que par la biréfringence des produits jaune d'or et par le volume réduit de sa gangue.

DN 52.71 — TUF DE LA BAIE DE L'ORTEIL.

Situation. Prélèvement effectué le long de la route côtière près du rebord méridional du cratère (port).

Caractères macroscopiques. Tuf gris peu friable, à lapilli noirs mats de 1 à 2 mm et à gangue gris clair.

Caractères microscopiques. Ces caractères diffèrent très peu de ceux du tuf Dn 52.68.

Dn 52.162 — Tuf blanc de la Ruindi.

Situation. A peu de distance à l'est du camp de la Ruindi, des bancs de tuf blanc affleurent à la surface du sol, dans la plaine du lac Édouard. D'après les renseignements du colonel VAN COOLS, conservateur principal du P.N.A. en 1952, ces mêmes bancs affleuraient dans le lac Édouard et en Uganda, au delà de Katwe. Le P.N.A. en extrait des blocs pour soubassements et des pierres de petit appareil.

Caractères macroscopiques. Ce tuf se compose de lits alternants, plus ou moins discontinus et d'épaisseurs inégales, formés, d'une part, d'une roche pulvérulente très friable, homogène, gris-rosé très clair, à grain extrêmement fin et, d'autre part, d'une roche constituée par des nodules arrondis ou elliptiques juxtaposés, d'un blanc

crayeux, également très tendres, dont les dimensions sont de l'ordre du millimètre ou du centimètre. Ces nodules sont manifestement des lapilli complètement décomposés dont la gangue est de la même nature que la roche gris-rosé (Ph. 12).

A la partie supérieure du banc de tuf, sont distribuées d'assez grosses concrétions calcaires, sphéroïdales ou aplaties (Dn 52.164) (Ph. 13).

Caractères microscopiques. L'analyse microscopique confirme que la roche homogène peut être considérée comme la gangue, fortement développée, des lapilli. Nous décrirons successivement, d'abord ces derniers, puis la roche homogène (Ph. 14).

Lapilli : Ils sont constitués par une matière isotrope, d'indice très faible, qui, entre nicols croisés, montre une structure réticulée dont la trame est très faiblement biréfringente. Il s'agit probablement d'opale en grande partie, comme le confirme la haute teneur en eau donnée par l'analyse chimique (1). Cette substance isotrope est légèrement trouble et brunâtre. Elle est truffée d'agrégats de microcristaux de calcite, de microlites d'augite aegyrienne et d'apatite, de petits cristaux disséminés de pérowskite, de cristaux assez gros (env. 0,6 mm) d'augite aegyrienne et, très accessoirement, de cristaux de hornblende brune basaltique et de mélilite. On y a observé, en inclusions, un cristal de quartz et un autre de (?) zoïsite.

Vacuoles : entre les lapilli, on voit, outre la gangue décrite ci-dessous, des vacuoles dont la bordure est constituée par une substance brune palagonitique complètement isotrope ou faiblement biréfringente et sphérolitique dont l'indice est voisin de 1,48. Elle est doublée, vers

(1) La discussion de l'analyse nous conduira à une conclusion un peu différente.

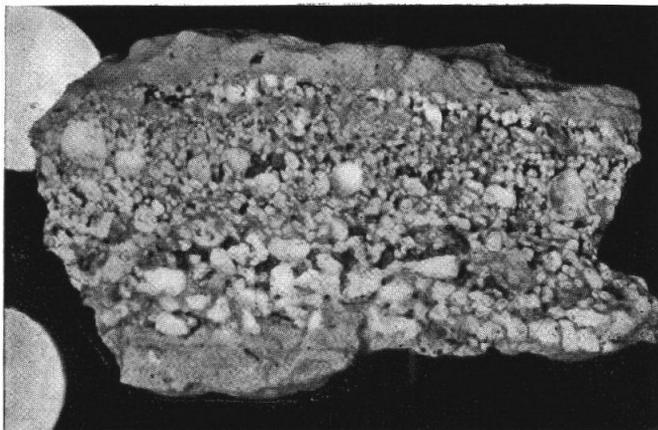


Photo 12. — Tuf blanc de la Ruindi, P. N. A. — Dn 52.162.

Réduction env. 1/1,5.

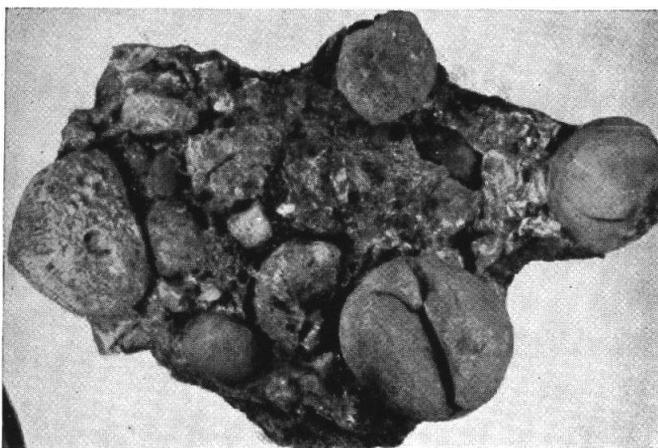


Photo 13. — Concrétions calcaires du tuf de la Ruindi. — Dn 52.164.

Réduction 1/4.



Photo 14. — Idem. — En haut : lapilli truffé de microcristaux et d'un cristal d'augite aegyrinique. — En bas : deux vacuoles avec liseré de palagonite et de calcite. — Entre ces éléments : la gangue. Microphoto. Grossissement 22 ×.



Photo 15. — Tranchée dans le cône de tufs du volcan de Karibumba. Dn 52.178.



Photo 16. — Tufs volcaniques du Salt Lake Krater. Dn 52.239. Katwe (Uganda).

l'intérieur des vacuoles, d'une croûte de calcite cristalline.

Gangue: Elle est formée de minéraux détritiques parmi lesquels domine le quartz en petits éclats anguleux qui renferment parfois, en inclusions, de jolis petits prismes de rutile. La biotite est également abondante. On note, plus rarement, des paillettes de muscovite, de l'apatite et de petits prismes d'augite aegyrienne. Tous ces minéraux sont agglutinés par une mésostase isotrope d'indice très faible, teintée en brun par de l'hydrate de fer floconneux. Il s'agit d'un liant qui a encore les caractères de l'opale.

Analyses chimiques. Les lapilli et la gangue ont fait l'objet d'analyse séparées par M^{me} D. LEDENT, au Laboratoire de Minéralogie de l'Université de Bruxelles. A Neuwied, H. HART a également procédé à une analyse de la matière des lapilli. Mais le pourcentage des alcalis de cette dernière analyse est donné globalement, par différence, de sorte qu'elle n'a pas pu être calculée. Nous la donnons ici, à titre de comparaison.

<i>Analyses des lapilli</i>			<i>Composition virtuelle</i>	
	Analyse de H. HART	Analyse de D. LEDENT		
SiO ₂	44,90	47,67	Orthose	36,14
Al ₂ O ₃	19,43	15,98	Albite	12,58
Fe ₂ O ₃	4,33	3,12	Anorthite	13,90
FeO	0,96	0,51	Néphéline	5,40
MnO	n. d.	0,00		
MgO	1,50	0,46	Diopside	2,38
CaO	4,24	9,55	Wollastonite	12,06
Na ₂ O	7,50	2,64	Ilménite	1,06
K ₂ O		6,14	Hématite	3,04
TiO ₂	n. d.	0,80	Pérowskite	0,41
P ₂ O ₅	n. d.	0,17	Apatite	0,34
H ₂ O +	16,42	7,83	Eau	14,36
H ₂ O —		6,53		<u>101,67</u>
CO ₂	0,72	n. d.	<i>Paramètres</i> : II.5'.2'.(2)3	
SO ₃	traces	n. d.	Al/Calc = 0,56	
	<u>100,00</u>	<u>101,40</u>		

Observation 1. — La minéralogie et le chimisme des lapilli pose un problème complexe. Nous nous bornerons ici à remarquer que la présence de la pérowskite résiduelle, la haute teneur en potasse et la présence de néphéline virtuelle rapproche ces lapilli des laves des volcans de la région du Ruwenzori (Uganda, cf. A IV) et du volcan de Karibumba dont il sera question au paragraphe suivant. Par contre, la haute teneur en alumine les en écarte.

Il a possiblement pu se produire des réactions d'échange entre les minéraux détritiques du socle et les lapilli avec augmentation du titre en silice et alumine de ces derniers. Comme aucun des feldspaths calculés n'est présent ni dans les lapilli, ni dans la gangue, il faut admettre que leurs éléments ont été libérés à l'état d'opale, d'alumogels et peut être d'hallowysite imprégnés par les alcalis à l'état de carbonates, tandis que la chaux a cristallisé en calcite.

Enfin, en ce qui concerne l'augite aegyrienne dont la présence paraît inexplicable, à première vue, il faut se souvenir que les laves et les tufs de l'Uganda renferment des enclaves homœogènes allomorphes de ce minéral (« *cognate subvolcanic xenoliths* », A. D. COMBE et A. HOLMES, 1949, p. 375).

Analyse de la gangue

Analyste : D. LEDENT	
SiO ₂	62,05
Al ₂ O ₃	12,35
Fe ₂ O ₃	2,38
FeO	0,85
MnO	0,00
MgO	0,69
CaO	3,43
Na ₂ O	1,28
K ₂ O	5,84
TiO ₂	1,37
P ₂ O ₅	0,16
H ₂ O +	4,37
H ₂ O —	4,53
	<u>99,30</u>

Composition virtuelle

Quartz	25,32
Orthose	34,47
Albite	11,00
Anorthite	10,84
Diopside	3,02
Hypersthène	0,30 (MgSiO ₃)
Ilménite	1,98
Hématite	2,40
Sphène	0,98
Eau	8,90
	<u>99,55</u>

Paramètres : I(II).4.2'.2
Al/Calc = 0,86

Observations 2. — La prédominance du quartz détritique justifie la teneur élevée en silice de l'analyse. Le deuxième paramètre devient 4 au lieu de 5' déduit de l'analyse des lapilli. Pas plus que dans ceux-ci, on n'a observé de cristaux de feldspaths dans la gangue et l'on peut en conclure que la mésostase colloïdale de celle-ci est également formée d'un mélange d'opale, d'alumogels et peut-être d'halloysite résultant de l'altération des feldspaths du socle cristallin.

La présence de microlites d'augite aegyrinique indique un mélange intime d'éléments volcaniques et détritiques. Il est remarquable que le troisième paramètre (rapport des alcalis à la chaux feldspathisables) reste inchangé. Le quatrième (rapport potasse : soude) subit un léger changement indiquant une régression de la soude. On peut en inférer que la roche du socle qui a fourni les éléments détritiques devait être très potassique et contenir de l'orthose en abondance. La présence simultanée de biotite détritique indiquerait un granite potassique.

De ces brèves observations (1 et 2) et des conditions de gisement, on peut conclure avec une certaine vraisemblance que le tuf de la Ruindi est issu d'un volcan sous-lacustre de nature semblable à ceux de la région ugandaise du Ruwenzori et qu'il s'est fait jour à travers un socle granitique, en incluant sous ce terme, pour abrégé, les formations lacustres qui en dérivent.

Dn 52.177 — Tuf du Karibumba.

Situation. Le Karibumba est un cône de tuf situé à 22 km au sud de Beni par 0°22' de latitude Nord et 29°22' de longitude Est. La route Congo-Nil traverse son flanc oriental entre les Km 574,9 et 576,6 (Ph. 15). L'échantillon Dn 52.177 a été prélevé au bord ouest du cratère

et a servi aux essais techniques exposés dans le chapitre VII.

Les descriptions et l'analyse ci-dessous correspondent au tuf typique Dn 50.14 recueilli au cours d'une précédente mission (M. E. DENAEYER et A. PETITJEAN, 1951) dans la tranchée de la route, au sud du ruisseau de Kahalioma. Nous renvoyons le lecteur au travail précité où il trouvera une description complète du volcan de Karibumba et de son socle cristallin.

Caractères macroscopiques. Tuf ferme gris bleuâtre ou jaunâtre à structure pseudo-oolithique, constitué par de menus lapilli noirs englobés dans une gangue blanchâtre, calcitique. Nombreuses enclaves, grandes et petites, de roches et de cristaux du substratum : granite et amphibolite.

Caractères microscopiques.

Lapilli : ils sont elliptiques et ne dépassent pas 1 mm suivant leur grand axe. Ils sont généralement pourvus d'un seul gros cristal ou de quelques cristaux glomérophyriques d'olivine. Ce noyau est entouré d'une enveloppe plus ou moins épaisse de lave semi-vitreuse au sein de laquelle se développent des lattes et des microlites de mélilite fortement dispersive et, plus rarement, de gros cristaux de magnétite. Sur le fond vitreux, clair et brunâtre, on distingue des myriades de petits octaèdres de magnétite et de pérowskite et, parfois, des microlites d'olivine et des paillettes de biotite. Le résidu vitreux est, en général, peu développé. L'enveloppe semi-vitreuse peut, dans certains cas, se réduire à une simple gaine moulant un noyau d'olivine ou une enclave cristalline et, dans d'autres, elle peut former à elle seule tout le lapilli.

Un autre échantillon, recueilli presque au même endroit que le précédent, s'en distingue par la structure « en

cheville », classique, de la mélilite et par l'épigénie de ce minéral en une zéolite jaune d'or : la deeckéite.

Dans d'autres échantillons de tuf, la mélilite fait partiellement place à de petits microlites difficilement déterminables que de nouvelles observations nous portent à assimiler à la kalsilite, minéral dimorphe de la kaliophilite, caractéristique de la katungite de Katunga et de Katwe (Uganda) (Ph. 16).

Gangue : Elle est formée de natrolite et de calcite développées très irrégulièrement entre les lapilli. Tantôt, la gangue envahit tout l'espace libre, tantôt, elle laisse subsister de nombreux vides. La natrolite forme des houppes et des sphérolites implantés sur les lapilli. La calcite est le dernier minéral formé ; elle enveloppe les lapilli et la zéolite. Ses cristaux sont irréguliers et enchevêtrés et parfois grenus, concrétionnés ou sphérolitiques. Du quartz secondaire peut épigéniser accidentellement la calcite.

Enclaves énallogènes : ce sont des fragments de roches ou des cristaux appartenant aux roches du socle. Celles-ci sont constituées par des granites et des amphibolites. On les trouve, soit dans la gangue, sans connexion avec les lapilli, soit formant le noyau de ceux-ci, comme il a été dit plus haut, soit, enfin, dispersés dans l'enveloppe semi-vitreuse.

Analyse chimique. Plusieurs analyses de ce tuf ont été exécutées au Laboratoire de Minéralogie de l'Université de Bruxelles, par M^{me} D. LEDENT. Nous donnons, ici, celle du tuf à deeckéite Dn 50.14' comme étant la plus représentative.

<i>Analyse chimique</i>		<i>Composition virtuelle</i>	
SiO ₂	34,92	Orthose	10,01
Al ₂ O ₃	6,62	Albite	3,36
Fe ₂ O ₃	7,54	Anorthite	10,01
FeO	3,01	Néphéline	1,25
MnO	0,11		
MgO	17,23	Diopside	19,87
CaO	12,13	Olivine	23,73 (Mg ₂ SiO ₄)
Na ₂ O	0,71	Magnétite	3,25
K ₂ O	1,68	Ilménite	4,41
TiO ₂	2,34	Hématite	5,28
P ₂ O ₅	0,21	Apatite	0,34
H ₂ O +	6,67	(Calcite	8,50)
H ₂ O —	10,37	Eau	10,37
CO ₂	3,75		<u>100,38</u>
	<u>100,62</u>		

Paramètres : IV.[5.3.(2)3]2.3.'2.1'

Al/Calc = 0,407

Observations. Ces paramètres, calculés en faisant abstraction de la calcite secondaire, ne sont guère comparables à ceux de la katungite (A. IV), bien que la composition minéralogique des lapilli du tuf du Karibumba soit très voisine de celle de ce type pétrographique. L'explication de ce désaccord réside essentiellement dans l'abondance des petites enclaves de quartz, de feldspath et d'amphibole qui n'ont pu être éliminées et qui faussent la composition virtuelle déduite de l'analyse.

Néanmoins, il semble que les lapilli de Karibumba se distinguent de la katungite de A. HOLMES (1937) par une teneur beaucoup plus faible en alcalis, ce qui leur confère un caractère mélanocrate très accentué. C'est pourquoi, nous avons proposé pour la lave constituant les lapilli du Karibumba, le nom de *Karibumbite* (M. E. DENAEYER et A. PETITJEAN, 1951, p. 316).

On peut calculer très approximativement une *composition minéralogique centésimale réelle* de ces lapilli en éliminant du calcul les produits secondaires et les enclaves dont la proportion est déterminée par la méthode planimétrique. Le résultat de ce calcul figure dans la

première colonne du tableau ci-dessous. A partir de cette composition on peut ensuite calculer une nouvelle *composition virtuelle*. Elle figure dans la deuxième colonne. On en déduit de nouveaux paramètres qui se rapprochent davantage de ceux de la katungite, malgré des différences encore notables. Celles-ci peuvent justifier une position systématique différente.

<i>Composition minéralogique réelle</i>		<i>Composition virtuelle</i>	
Kalsilite	8,93	Kaliophilite	8,98
Olivine (Mg ₂ SiO ₄)	46,20	Anorthite	15,78
Ménilite	21,43	Forstérite	33,95
Magnétite	12,79	Orthosilicate de Ca	12,47
Hématite	1,01	Ilménite	8,68
Pérowskite	6,22	Magnétite	5,13
Apatite	0,54	Hématite	8,33
	<u>100,12</u>	MgO	7,76
		Apatite	0,54
			<u>101,62</u>

Paramètres : IV[6(7).4.1](2)3.5.'2.1'

Pour terminer, signalons que le Karibumba, perché sur le flanc d'un horst, occupe probablement aujourd'hui une position plus élevée que lors de son activité. Il porte, en effet, les caractères d'un volcan sous-lacustre imprimés dans sa gangue et dans la granulométrie régulière de ses lapilli, bien que ceux-ci ne soient presque pas altérés. Situé à proximité immédiate de la plaine de la Semliki, il a vraisemblablement pris naissance sous ses eaux et le rejeu des failles du graben a dû le porter, peu après, à son altitude actuelle.

ANNEXE

Analyse minéralogique de deux sables du Kivu.

Les deux sables analysés ci-dessous proviennent des bords du lac Kivu. Leur analyse granulométrique figure au Chapitre V.

DN 49.195. — SABLE DE TSHANGWE.

Situation. Rive occidentale du lac, près du dispensaire de Tshangwe, Km 86 de la route de Bukavu à Goma.

Indices granulométriques : $M = 0,91$ mm ; $C_2 = 0,41$; $A_2 = + 0,05$.

Composition minéralogique :

Minéraux de densité inférieure à 2,9 : quartz, orthose, microcline et muscovite.

Minéraux de densité comprise entre 2,9 et 3,33 : biotite, hornblende, tourmalines bleues et brunes, enstatite, augite et apatite.

Minéraux de densité supérieure à 3,33 : magnétite, disthène, staurotide, zircon, rutile et corindon.

La quantité de minéraux lourds (densité $> 2,9$) passe de 5,5 % dans la fraction supérieure à 0,417 mm à 11,5 et 17 % dans les fractions plus fines.

SABLE DE LA SEBAYA (Ruanda)

Situation. Échantillon recueilli par l'O. C. A. à l'embouchure de la rivière Sebaya, près de Kisenyi (Ruanda).

Indices granulométriques : $M = 0,43$, $C_2 = 0,28$, $A_2 = + 0,02$.

Composition minéralogique.

Minéraux de densité inférieure à 2,9 : quartz, feldspaths détritiques, microlites feldspathiques, muscovite.

Minéraux de densité comprise entre 2,9 et 3,33 : biotite, hornblende verte, tourmalines bleue, brune et verte, zoïsite.

Minéraux de densité supérieure à 3,33 : disthène, magnétite.

CONCLUSIONS.

Les compositions minéralogiques très semblables des deux sables montrent que leurs éléments sont ceux des granites et des schistes cristallins qui forment le socle précambrien du Kivu et du Ruanda. Quantitativement, ce sont les éléments légers (quartz, feldspaths et micas) qui constituent la grosse masse de ces sables. Ce sont, en fait, des *arènes granitiques*.

La proximité des volcans des Virunga s'accuse dans la composition du sable de la Sebaya par la présence de microlites feldspathiques. La Sebaya traverse en effet des dépôts de cendres volcaniques.

BIBLIOGRAPHIE

- BOWEN, N. L., Lavas of the African Rift Valleys and their Tectonic Setting (*Amer. Journ. Sc.*, 5^e s., 1938, vol. 35A, pp. 19-33).
- COMBE, A. D. et HOLMES, A., The Kalsilite-bearing Lavas of Kabirenge and Lyakauli, South-West Uganda (*Transact. R. Soc. Edinburgh*, vol. LXI, 1949, pp. 359-380).
- DELHAYE, F., Les volcans au nord du lac Kivu (*Bull. Inst. R. Col. Belge*, t. XII, 1941, pp. 409-459).
- DENAEYER, M. E., Tableaux de Pétrographie (Paris, Ed. Lamarre, 1951).
- DENAEYER, M. E. et PETITJEAN, A., Le volcan éteint de Karibumba (*Bull. Soc. belge de Géol., de Paléont. et d'Hydrol.*, t. LX, 1951, pp. 303-320).
- FINCKH, L., Die jungvulkanischen Gesteine des Kivusee-Gebietes (*Wiss. Ergebn. Deutsch. Zentralafrika Exped. 1907-1908*, Bd. I (1), 1912, 44 pp., Leipzig).
- FRIEDLÄNDER, C., Beitrag zur Petrographie des Kivusee Gebietes (*Bull. Suisse Minéral. et Petrogr.*, t. XXIX, 1949, pp. 156-191).
- HOLMES, A., The Petrology of Katungite (*Geol. Mag.*, Vol. LXXIV, 1937, pp. 200-219).
- , Basaltic Lavas of South Kivu (*Ibidem*, Vol. LXXVII, 1940, pp. 89-101).
- , The Kalsilite-bearing Lavas of Kabirenge and Lyakauli, South-West

- Uganda (Part II) (*Transact. R. Soc. Edinburgh*, vol. LXI, 1949, pp. 364-379).
- HOLMES, A. et HARWOOD, H. F., The Petrology of the Volcanic Area of Bufumbira (*Geol. Surv. Uganda*, Mém. III, part II, 1937, 300 pp.).
- LACROIX, A., Minéralogie de Madagascar, t. III (Paris, 1923).
- , Classification des Roches éruptives (Paris, 1933).
- MEYER, A., Le volcan Nyamuragira et son éruption de 1951-1952 (*Bull. Inst. R. Col. Belge*, t. XXIV, fasc. I, 1953, pp. 233-286).
- MORAN, W. T. et GILLIAND, J. L., Summary of methods for determining pozzolanic activity (Symposium on use of pozzolanic materials in mortars and concretes, publ. by the *Amer. Soc. for testing Materials*, Philadelphia, Spec. techn. publ. n° 99, 1949, p. 113.)
- SAHAMA, Th. G., Mineralogy and Petrology of a Lava Flow from Mt. Nyiragongo (*Ann. Acad. Scient. Fennicae*, ser. A, III (Geologica-geographica), n° 35, Helsinki, 1953).
- SOROTCHINSKY, C., Étude pétrographique de l'édifice volcanique du Kahusi et du Biega (*Mém. Inst. géol. Univ. Louvain*, t. IX, fasc. VI des *Résultats scientifiques de la Mission Géologique du Comité national du Kivu*, 1934, 98 pp.).
- TAZIEFF, H., L'éruption du volcan Gituro (*Publ. Serv. Géol. Congo b. et Ruanda-Urundi*, 1950, 15 pp., 22 pl., 2 tabl.).
- THOREAU, J. et CAHEN, J., Roches éruptives et métamorphiques du Kivu central et oriental (*Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain*, t. IX, fasc. VIII des *Résultats scient. de la Mission Géol. du C. N. Ki.*, 1943, 28 pp.).
- VERHOOGEN, J., Les éruptions de 1938-1940 du volcan Nyamuragira (*Exploration du Parc national Albert*, Missions J. Verhoogen (1938 et 1940), *Institut des Parcs nationaux du Congo belge*, Bruxelles, fasc. I, 1948, 187 pp., 27 pl.).
- Summary of Progress of the Geological Survey of Uganda for the Years 1929 to 1949, with appendix of analysis of Rocks and Minerals from Uganda ⁽¹⁾, 1949, 107 pp.).

(¹) Et du Congo belge.

CHAPITRE V

Étude granulométrique des cendres volcaniques et de quelques sables

(M.-E. DENAEYER et H. HART)

Introduction.

Nous avons vu dans l'« Introduction à l'étude des liants hydrauliques » (chap. III, 10), que les cendres, les lapilli ou les sables que l'on veut incorporer aux mortiers pouzzolaniques doivent répondre à certaines conditions granulométriques suivant le fabricat envisagé. Les courbes de dispersion devront être, en général, assez étalées entre des limites allant, par exemple, de 6 à quelques dixièmes de mm de diamètre.

En vue de préciser les caractères granulométriques des cendres volcaniques des Virunga et de quelques sables granitiques des bords du lac Kivu, nous avons effectué un certain nombre d'analyses par tamisage dont les résultats sont exposés dans le présent chapitre.

I. — Diagrammes granulométriques.

Ces résultats peuvent se traduire graphiquement à l'aide de divers diagrammes : histogrammes en escalier, courbes cumulatives et courbes de fréquence.

Les données expérimentales sont les pourcentages des refus partiels obtenus sur les divers tamis utilisés.

Les *histogrammes en escalier* expriment directement ces pourcentages par la hauteur proportionnelle des gradins successifs. Mais, l'allure de ces diagrammes discontinus varie suivant la série de tamis choisie.

Il y a avantage à représenter les résultats de l'analyse par une courbe continue, indépendante des limites arbitraires des fractions introduites par les ouvertures des mailles des tamis.

La *courbe cumulative* répond à ce desideratum. Elle est construite par points à partir des données de l'expérience (fréquences cumulées des fractions) et elle exprime la probabilité maxima du pourcentage en poids des grains de diamètre supérieur ou inférieur à une certaine dimension.

La *courbe de fréquence* est la dérivée de la courbe cumulative. C'est un histogramme continu, indépendant des limites des fractions, dans lequel la variation de la variable dépendante est une fonction continue de la variable indépendante. On construit la courbe de fréquence à partir de la courbe cumulative par différenciation graphique.

Nous utiliserons ici uniquement la courbe cumulative. Pour sa construction, on porte en abscisse la variable indépendante (dimensions des grains) sur une échelle logarithmique décroissante vers la droite. La variable dépendante (pourcentages des fractions) est portée en ordonnée sur une échelle arithmétique.

En plus de la simplicité de sa construction, cette courbe permet de calculer un certain nombre de valeurs statistiques ou *indices*, capables de caractériser numériquement la granulométrie d'un produit.

2. — Indices granulométriques de Bietlot.

Parmi les divers types d'indices répondant à ce but, les indices de BIETLOT ⁽¹⁾ sont les plus simples à manipuler. De plus, ils ont un sens physique facile à saisir. Ils expriment : le grain moyen (symbole M), le degré de classement d'ordre n (symbole C_n) et l'asymétrie du classement (symbole A_n). On les déduit très rapidement de la courbe cumulative (fig. 4).

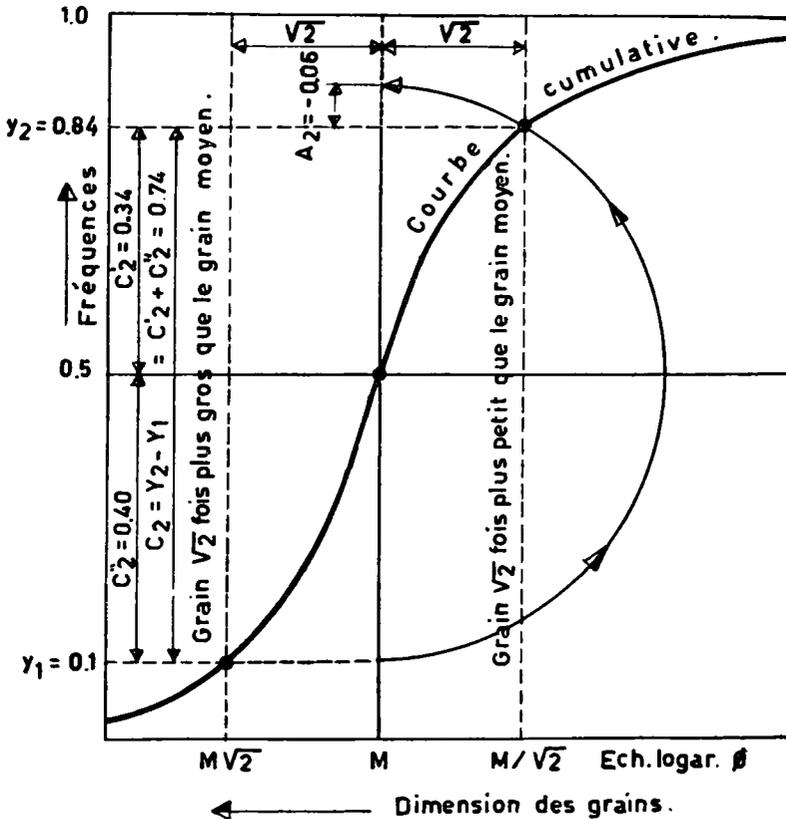


FIG. 4. — Détermination des indices de classement, d'après A. BIETLOT.

⁽¹⁾ BIETLOT, A., Méthodes d'analyse granulométrique (*Ann. Soc. Géol. de Belg.*, t. LXIV, 1941, Mém., pp. 81 à 114).

Le *grain moyen* M est le grain dont la grosseur est déterminée par l'intersection de la courbe cumulative et de l'horizontale correspondant à 50 %.

L'*indice de classement* C_n est le pourcentage des grains compris entre le grain n fois plus grand et le grain n fois plus petit que le grain moyen M , c'est-à-dire l'ensemble des grains compris entre nM et M/n . Pour les cendres et les sables, l'indice C_2 est celui qui caractérise le mieux leur degré de classement. Il correspond à la quantité de cendre ou de sable comprise entre $M\sqrt{2}$ et $M/\sqrt{2}$. Entre ces limites, le plus gros grain sera deux fois plus gros que le plus petit grain.

Pour déterminer C_2 , on élève deux verticales par les abscisses $M\sqrt{2}$ et $M/\sqrt{2}$, équidistantes de M d'une longueur représentant la différence d'ouverture de deux tamis de la série Tyler de raison $\sqrt{2}$. On lit ensuite les pourcentages y_1 et y_2 correspondant à l'intersection de ces verticales avec la courbe cumulative. On a donc $C_2 = (y_2 - y_1) < 1$.

L'*indice d'asymétrie* A_n est la différence entre les pourcentages des grains n fois plus petits et des grains n fois plus gros que le grain moyen M . On donne à cette différence le signe + ou le signe - suivant que les grains fins ou les gros grains sont les mieux classés. En effet, la quantité C_2 se compose de deux parties :

grains plus fins que le grain moyen M , soit $C'_2 = y_2 - 0,5$
grains plus gros que le grain moyen M , soit $C''_2 = 0,5 - y_1$

Si $C'_2 = C''_2$, c'est que la courbe est asymétrique par rapport au grain moyen M . Cette asymétrie peut donc se mesurer par l'indice $A_2 = C'_2 - C''_2$.

Dans l'exemple de la figure 1, on a : $A_2 = 0,34 - 0,40 = -0,06$.

Ces calculs sont indépendants de la série de tamis employée.

L'indice d'asymétrie présente moins d'intérêt pratique que les deux précédents pour le but poursuivi ici.

3. — Conditions expérimentales.

La granulométrie des cendres et des sables du Kivu a été exécutée simultanément et indépendamment sur des produits secs, d'une part, au *Laboratoire de Minéralogie de l'Université Libre de Bruxelles* (M.-E. DENAEYER) et, d'autre part, au *Materialprüfungs- und Versuchanstalt Forschungsinstitut für vulkanische Baustoffe de Neuwied* (H. HART) avec des tamis de deux séries différentes. Les courbes construites et les indices calculés par M.-E. DENAEYER avec les résultats des deux laboratoires, ont montré une bonne concordance.

Les mesures des densités apparentes (« *Raumgewicht* ») ont été effectuées à l'Institut de Neuwied par H. HART. Par densité apparente, il faut entendre ici le poids du volume dans l'air, exprimé en kg/dm^3 , occupé par les cendres et les sables.

Résultats.

Les résultats figurant dans les tableaux ci-dessous ont été transcrits dans l'ordre numérique des échantillons analysés. Les tamis utilisés à Bruxelles et à Neuwied n'appartenant pas à la même série, seules les ouvertures des mailles ont été indiquées.

Les résultats des mesures ont été reportés sur les diagrammes 3 à 8.

Les courbes construites à partir des résultats de H. HART sont indiquées par le sigle *Ht*. Celles construites à partir des résultats de M.-E. DENAEYER sont indiquées par le sigle *Dn*.

ÉCHANTILLONS DN 52.45. — Cendre à coquilles de mollusques de Katala, récoltée dans la presqu'île de M'Buzi.

HART			DENAËYER		
Tamis	Refus %	% cum.	Tamis	Refus %	% cum.
mm			mm		
7,00	0,00		3,327	0,00	
3,00	4,00	4,00	2,000	15,80	15,80
1,00	22,00	26,00	0,990	23,60	39,40
0,20	61,00	87,00	0,520	19,40	58,80
< 0,20	12,50	99,50	0,280	20,35	79,15
pertes	0,50	100,00	0,210	10,50	89,65
			0,120	5,10	94,75
			0,100	2,40	97,15
Densité apparente (kg/dm ³)			< 0,100	1,95	99,10
produit non tassé	1,280		pertes	0,90	100,00
produit tassé ..	1,340				
M = 0,49 mm			M = 0,70 mm		
C ₂ = 0,26, A ₂ = — 0,02			C ₂ = 0,22, A ₂ = — 0,06		

ÉCHANTILLON DN 52.48. — Cendre du Rumoka, colline Matsha, Route Sake-Goma, Km 181,200.

mm			mm		
15,00	1,00		10,000	0,00	
7,00	3,50	4,50	6,680	2,60	2,60
3,00	33,00	37,50	3,327	16,80	19,40
1,00	54,00	91,50	2,000	41,50	60,90
0,20	8,50	100,00	0,990	27,70	88,60
			0,520	9,40	98,00
Densité apparente (kg/dm ³)			< 0,520	2,00	100,00
produit non tassé	0,970				
produit tassé ..	1,020		M = 2,30 mm		
M = 2,50 mm			C ₂ = 0,50, A ₂ = — 0,03		
C ₂ = 0,40, A ₂ = — 0,03					

ÉCHANTILLON DN 52.60. — Cendre grossière, Route
Sake-Luofu, Km 58,450.

HART			DENAËYER		
Tamis	Refus %	% cum.	Tamis	Refus %	% cum.
mm			mm		
15,00	1,50		20,000	0,00	
7,00	33,50	35,00	10,000	5,00	5,00
3,00	41,00	76,00	6,680	26,60	31,60
1,00	14,25	90,25	3,327	47,70	79,30
0,20	8,55	98,80	2,000	10,90	90,20
< 0,20	1,20	100,00	0,990	6,90	97,10
Densité apparente (kg/dm ³)			< 0,990	2,36	99,46
produit non tassé 0,735			pertes	0,54	100,00
produit tassé .. 0,770			M = 5,57 mm		
M = 5,86 mm			C ₂ = 0,54, A ₂ = - 0,10		
C ₂ = 0,42, A ₂ = - 0,08					

ÉCHANTILLON DN 52.61. — Cendre fine, Route
Sake-Luofu, Km 57,600.

			mm		
			6,680	0,00	
			3,327	15,80	15,80
			2,000	23,30	39,10
			0,990	51,90	91,00
			0,520	8,30	99,30
			< 0,520	0,60	99,90
			pertes	0,10	100,00
			M = 1,75 mm		
			C ₂ = 0,55, A ₂ = + 0,05		

ÉCHANTILLON DN 52.67. — Cendres du Mont Goma,
flanc est.

HART			DENAUYER		
Tamis	Refus %	% cum.	Tamis	Refus %	% cum.
mm			mm		
3,00	0,00		3,327	0,00	
1,00	9,00	9,00	2,000	0,20	0,20
0,20	51,00	60,00	0,990	4,80	5,00
< 0,20	40,00	100,00	0,520	15,20	20,20
			0,280	24,90	45,10
			0,210	8,50	53,60
			0,120	6,50	60,10
			0,100	8,20	68,30
			0,075	5,90	74,20
			< 0,075	25,80	100,00
Densité apparente (kg/dm ³)			M = 0,24 mm		
produit non tassé 0,983			C ₂ = 0,205, A ₂ = 0,045		
produit tassé .. 1,040					
M = 0,275 mm					
C ₂ = 0,22, A ₂ = - 0,01					

ÉCHANTILLON DN 52.76. — Cendre du volcan
Mudikombe, Kisenyi, vallée de la Sebaya.

mm			mm		
15,00	0,00		20,000	4,60	
7,00	55,50	55,50	10,000	32,30	36,90
3,00	42,50	98,00	6,680	32,00	68,90
1,00	1,50	99,50	3,327	29,70	98,60
0,20	0,50	100,00	2,000	1,30	99,90
			< 2,000	0,10	100,00
Densité apparente (kg/dm ³)			M = 8,70 mm		
produit non tassé 0,590			C ₂ = 0,51, A ₂ = - 0,01		
produit tassé .. 0,630					
M = 7,50 mm					
C ₂ = 0,52, A ₂ = + 0,02					

ÉCHANTILLON 52.78. — Cendres du volcan Mahungwe,
route Kisenyi-Ruhengeri, Km 19,500.

HART			DENAAYER		
Tamis	Refus %	% cum.	Tamis	Refus %	% cum.
mm			mm		
15,00	0,00		10,000	0,00	
7,00	34,66	34,66	6,680	28,00	28,00
3,00	55,67	90,33	3,327	57,60	85,60
1,00	8,67	99,00	2,000	11,00	96,60
0,20	1,00	100,00	0,990	2,60	99,20
			< 0,990	0,80	100,00
Densité apparente (kg/dm ³)			M = 5,60 mm		
produit non tassé 0,600			C ₂ = 0,64, A ₂ = — 0,12		
produit tassé .. 0,645					
M = 5,90 mm					
C ₂ = 0,55, A ₂ = — 0,01					

ÉCHANTILLON DN 52.81. — Sable trachytique,
route Kisenyi-Ruhengeri, Km 55,500.

mm		
20,000	7,30	
10,000	10,30	17,60
6,680	16,00	33,60
3,327	27,60	61,20
2,009	9,00	70,20
0,990	7,60	77,80
0,520	3,50	81,30
0,280	3,30	84,60
< 0,280	15,40	100,00
M = 4,65 mm		
C ₂ = 0,27, A ₂ = — 0,05		

ÉCHANTILLON DN 52.121. — Cendres du Mont
Nyundo, Kibumba.

HART			DENAUYER		
Tamis	Refus %	% cum.	Tamis	Refus %	% cum.
mm			mm		
15,00	0,00		20,000	0,00	
7,00	25,00	25,00	6,680	13,20	13,20
3,00	72,00	97,00	3,327	77,30	90,50
1,00	2,00	99,00	2,000	8,40	98,90
0,20	0,50	99,50	< 2,000	0,90	99,80
< 0,20	0,50	100,00	pertes	0,20	100,00
Densité apparente : 0,720 kg/dm ³			M = 4,65 mm		
M = 5,20 mm			C ₂ = 0,775, A ₂ = + 0,065		
C ₂ = 0,62, A ₂ = + 0,11					

ÉCHANTILLON DN 52.126. — Cendres du Mont
Mudende, Kibumba.

mm			mm		
15,00	2,00		20,000	0,00	
7,00	31,50	33,50	10,000	10,40	10,40
3,00	47,50	81,00	6,680	12,10	22,50
1,00	16,00	97,00	3,327	48,30	70,80
0,20	2,00	99,00	2,000	28,10	98,90
< 0,20	1,00	100,00	0,990	0,90	99,80
Densité apparente : (kg/dm ³)			< 0,990	0,10	99,90
produit non tassé 0,690			pertes	0,10	100,00
produit tassé .. 0,650			M = 4,20 mm		
M = 5,40 mm			C ₂ = 0,55, A ₂ = - 0,03		
C ₂ = 0,41, A ₂ = - 0,01					

ÉCHANTILLON DN 52.129. — Cendres du Mont Bihe,
Kibumba.

HART			DENAËYER		
Tamis	Refus %	% cum.	Tamis	Refus %	% cum.
mm			mm		
15,00	2,00		20,000	0,00	
7,00	26,00	28,00	10,000	8,90	8,90
3,00	52,50	80,50	6,680	14,60	23,50
1,00	18,00	98,50	3,327	57,60	81,10
0,20	1,00	99,50	2,000	18,50	99,60
< 0,20	0,50	100,00	0,990	0,30	99,90
Densité apparente : 0,740 kg /dm ³			< 0,990	0,10	100,00
M = 4,80 mm			M = 4,55 mm		
C ₂ = 0,44, A ₂ = + 0,04			C ₂ = 0,58, A ₂ = + 0,10		

ÉCHANTILLON DN 52.142. — Gîte Itshibanzu, Bueza.

mm			mm		
15,00	0,00		10,000	0,00	
7,00	3,70	3,70	6,680	2,10	2,10
3,00	40,80	44,50	3,327	22,90	25,00
1,00	39,50	84,00	2,000	37,80	62,80
0,20	12,80	96,80	0,990	23,30	86,10
< 0,20	3,20	100,00	0,520	10,50	96,60
Densité apparente : 0,680 kg /dm ³			0,280	2,40	99,00
M = 2,75 mm			< 0,280	1,00	100,00
C ₂ = 0,37, A ₂ = — 0,09			M = 2,40 mm		
			C ₂ = 0,48, A ₂ = — 0,08		

ÉCHANTILLON DN 52.143. — Cendres de Kavumu,
Bueza.

HART			DENAËYER		
Tamis	Refus %	% cum.	Tamis	Refus %	% cum.
mm			mm		
15,00	4,00		20,000	0,00	
7,00	31,00	35,00	10,000	14,80	14,80
3,00	40,00	75,00	6,680	18,80	33,60
1,00	15,00	90,00	3,327	47,80	81,40
0,20	6,00	96,00	2,000	16,30	97,70
< 0,20	4,00	100,00	0,990	1,10	98,80
			< 0,990	1,10	99,90
			pertes	0,10	100,00
Densité apparente : 0,430 kg/dm ³			M = 5,20 mm		
M = 5,40 mm			C ₂ = 0,465, A ₂ = + 0,035		
C ₂ = 0,38, A ₂ = - 0,03					

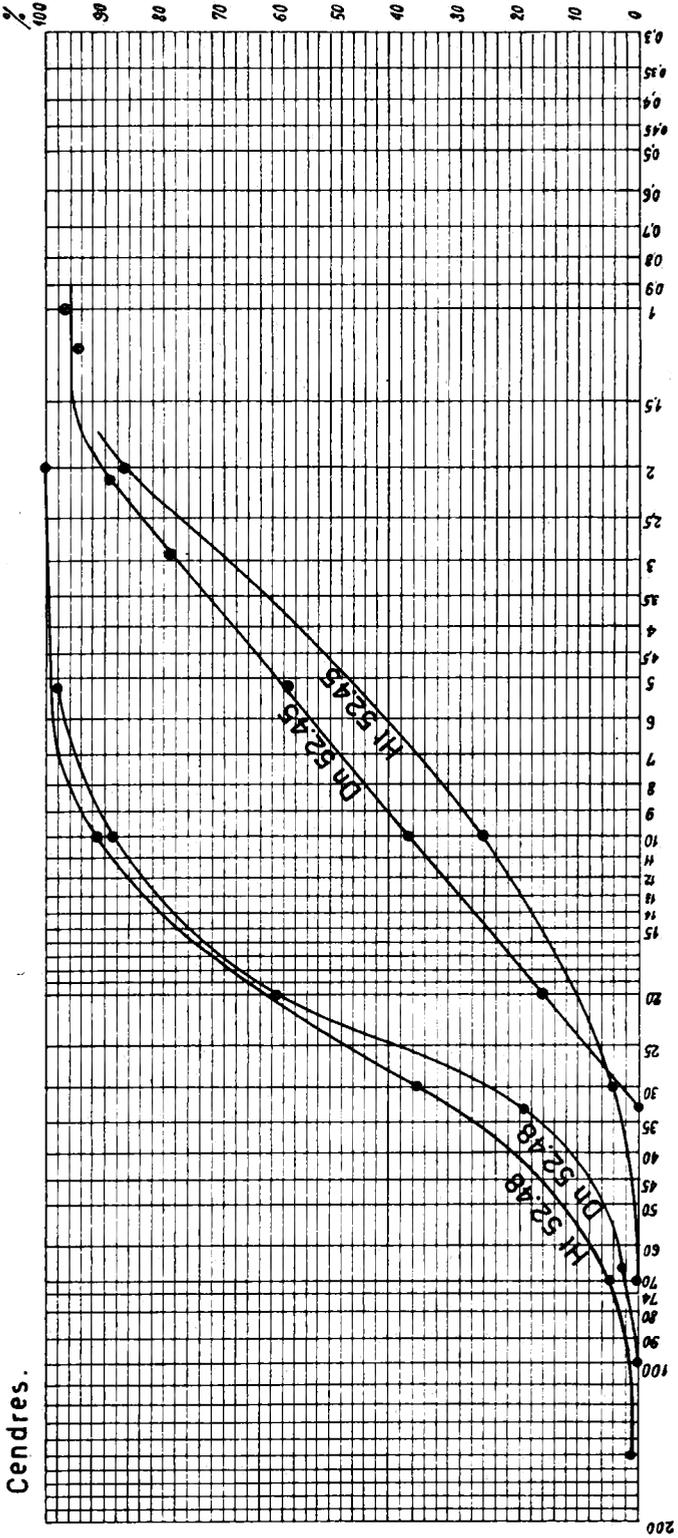
ÉCHANTILLON O. C. A. F. — Sable de l'embouchure
de la Sebaya, Kisenyi.

mm		
7,00	0,00	
5,00	1,50	1,50
3,00	6,25	7,75
1,00	15,75	23,50
0,20	58,75	82,25
0,09	15,25	97,50
< 0,09	2,50	100,00
Densité apparente (kg/dm ³)		
produit non tassé 1,380		
produit tassé .. 1,460		
Densité vraie .. 2,62		
M = 0,43 mm		
C ₂ = 0,28, A ₂ = + 0,02		

ÉCHANTILLON DN 49.195. — Sable granitique, Route
Bukavu-Goma, Km 86, près du dispensaire
de Tshangwe.

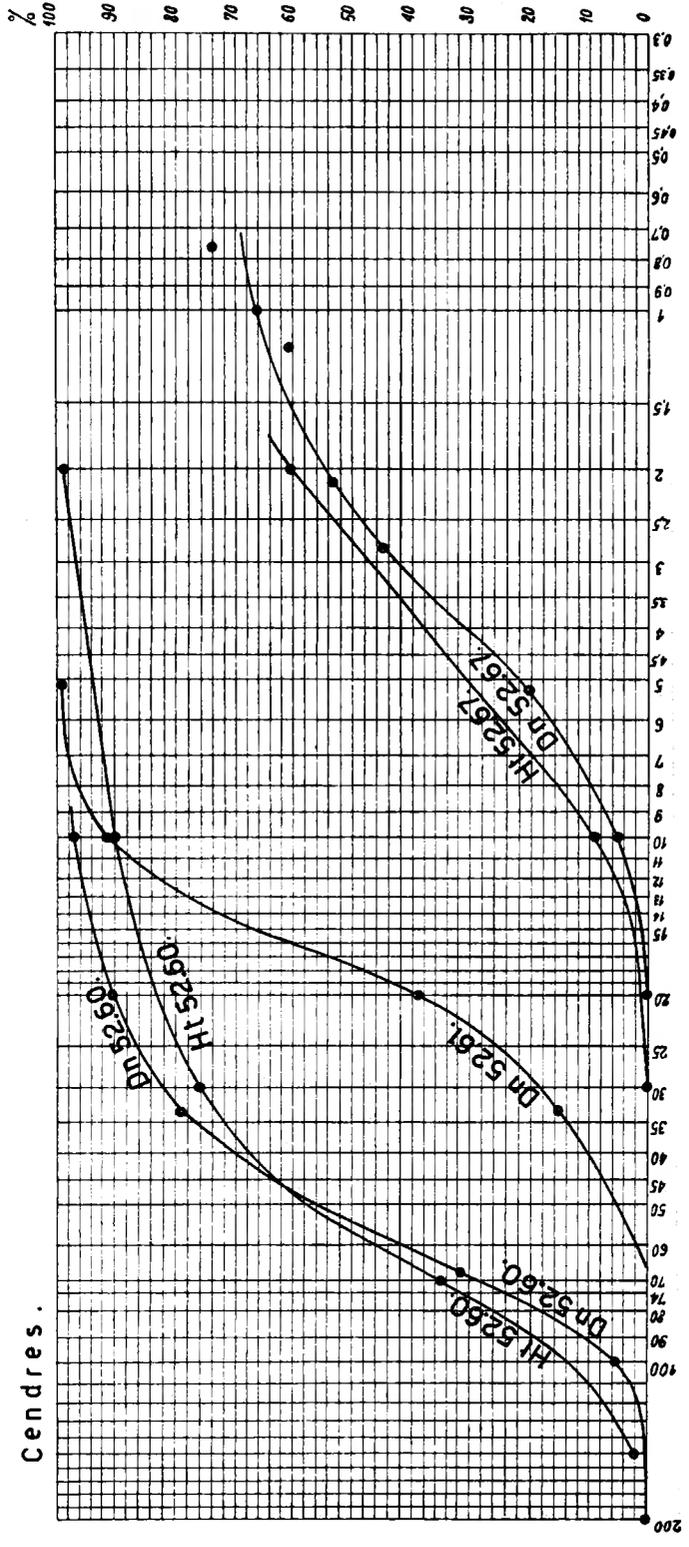
HART			DENAeyer		
Tamis	Refus %	% cum.	Tamis	Refus %	% cum.
			mm		
			10,000	0,00	
			6,680	0,30	0,30
			3,327	2,90	3,20
			1,651	16,40	19,60
			0,883	32,60	52,20
			0,417	27,20	79,40
			0,295	7,70	87,10
			0,208	5,20	92,30
			0,147	3,20	95,50
			0,104	2,70	98,20
			< 0,104	1,80	100,00
			M = 0,91 mm		
			C ₂ = 0,41, A ₂ = + 0.05		

DIAGRAMME 3.



Ø en 0.1 mm.

DIAGRAMME 4.



Ø en 0.1 mm.

DIAGRAMME 5.

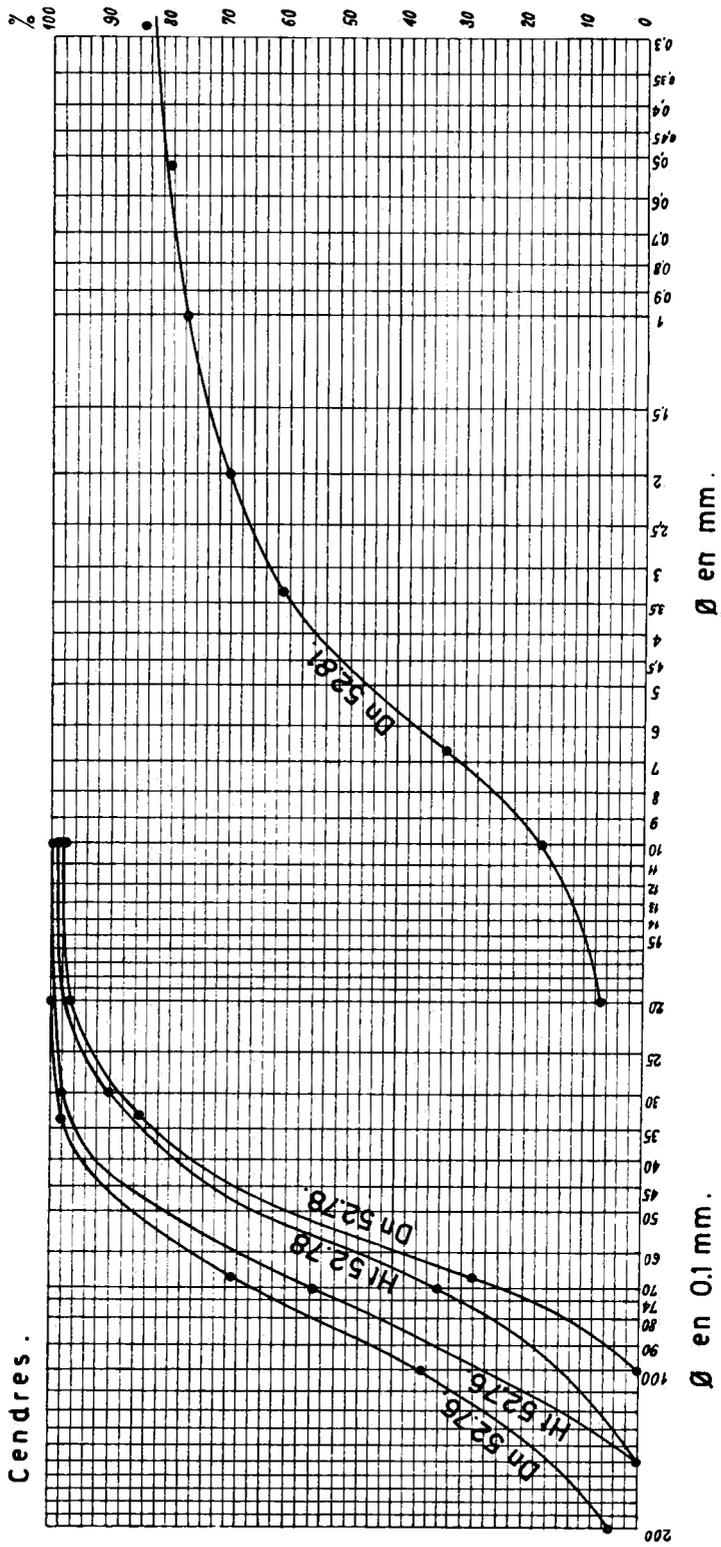


DIAGRAMME 6.

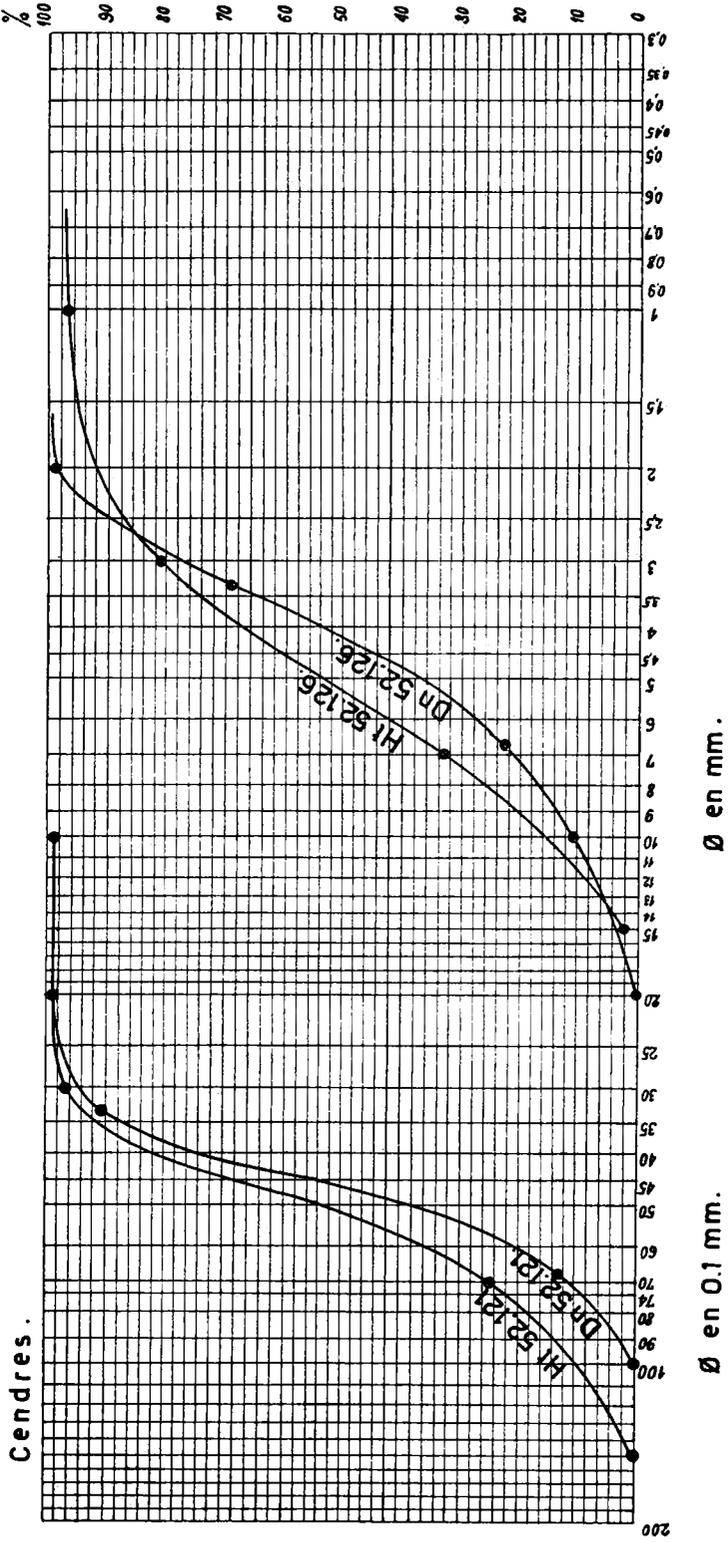


DIAGRAMME 7.

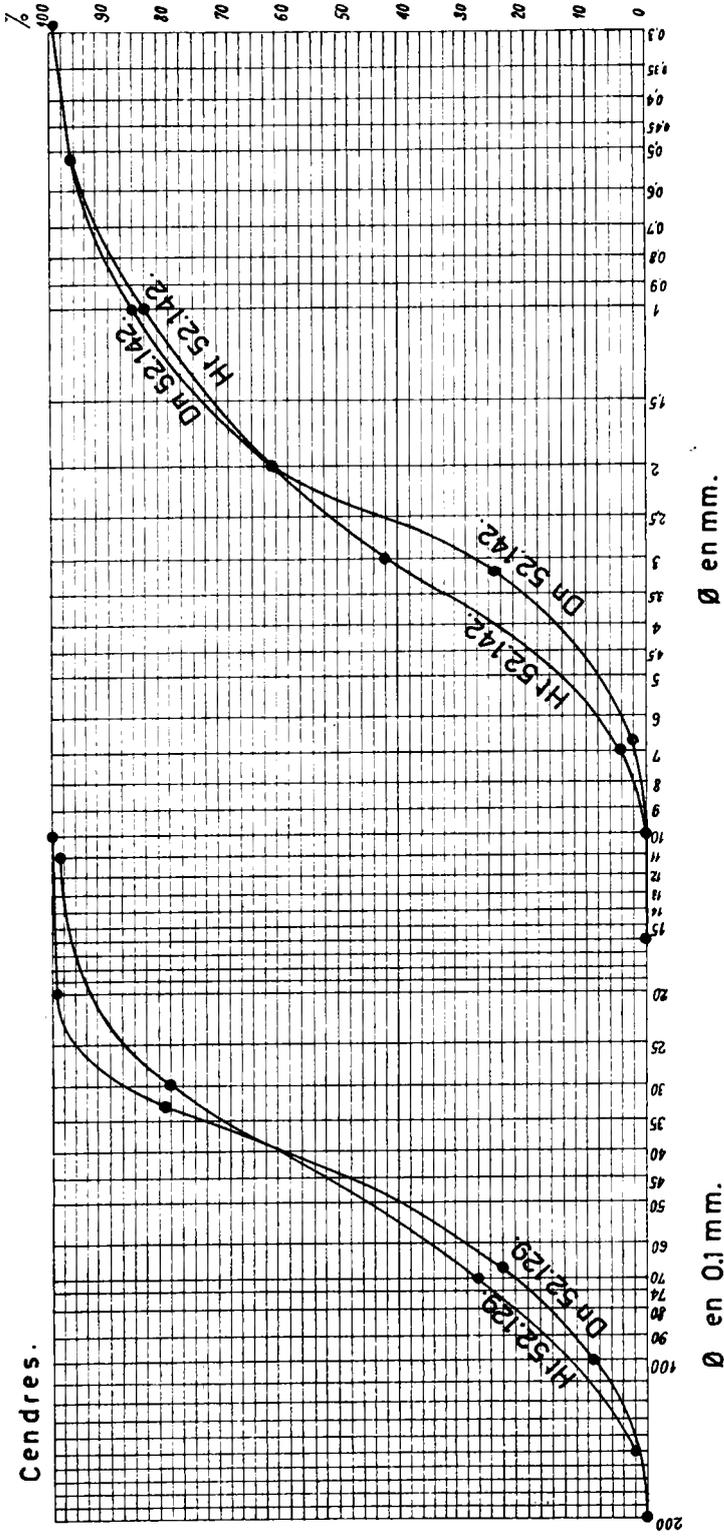
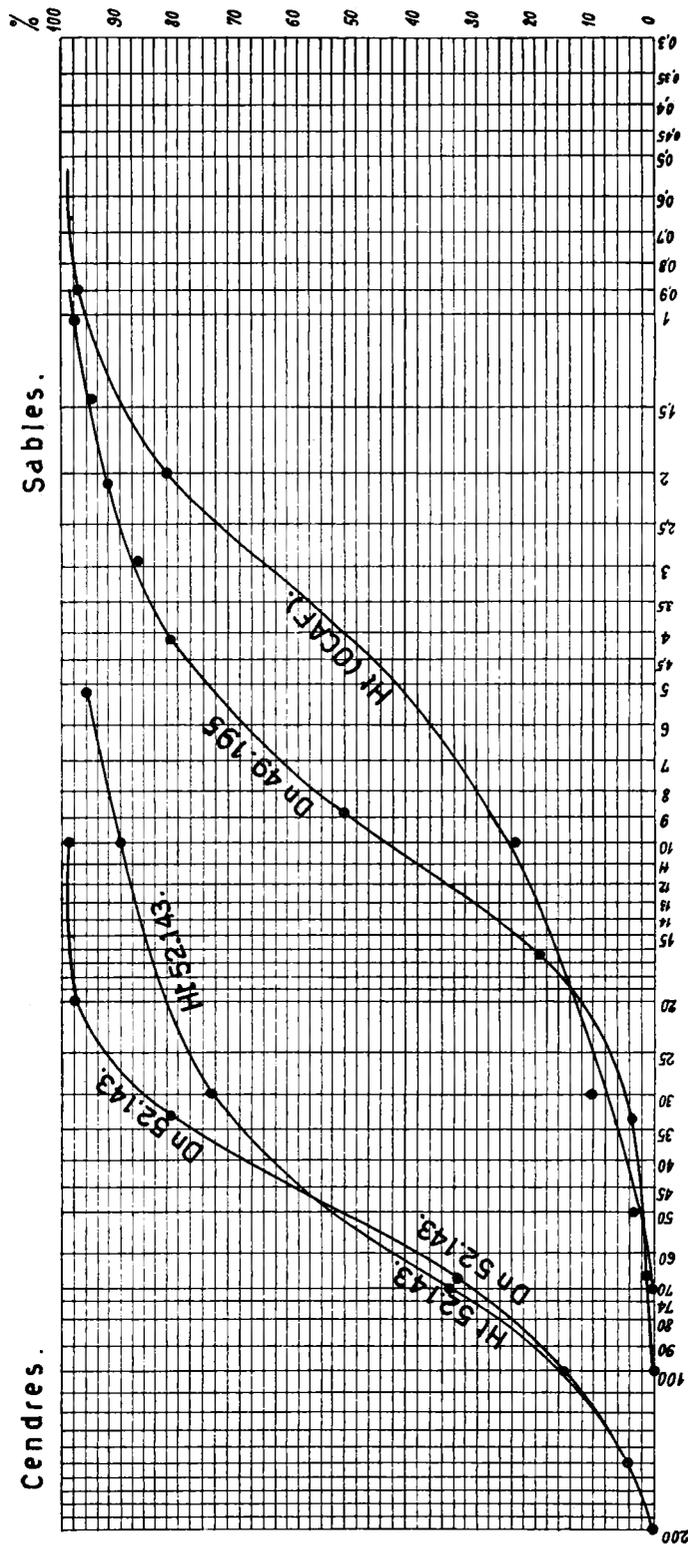
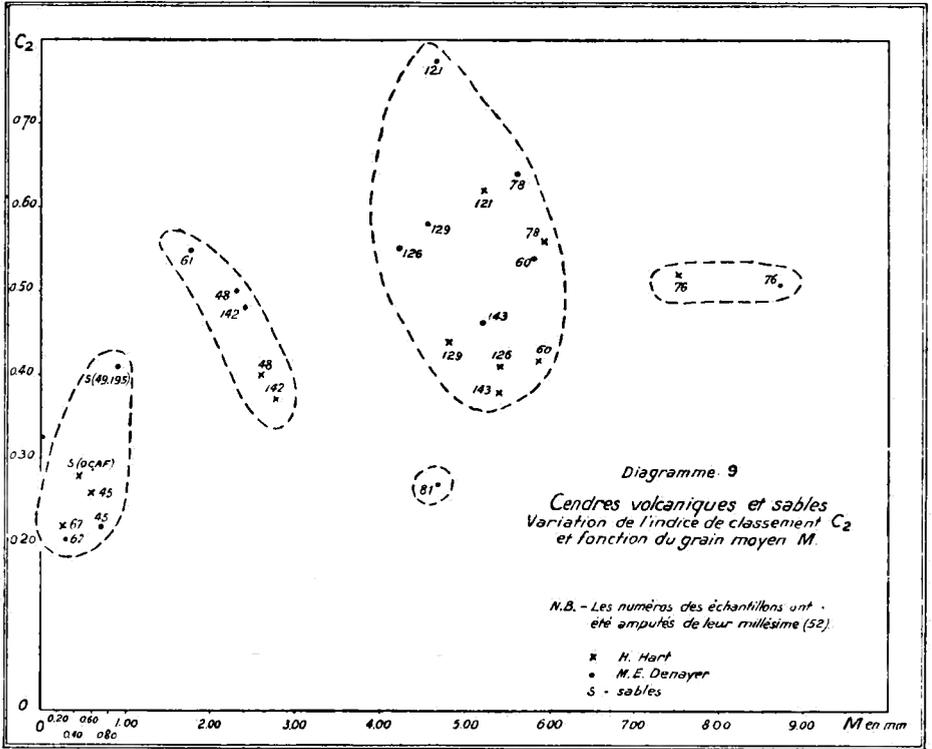


DIAGRAMME 8.



Ø en 0.1 mm.

DIAGRAMME 9.



Conclusions.

Nous avons reporté sur le diagramme 8 les points figuratifs des cendres volcaniques et de deux sables en utilisant le grain moyen M (*en abscisses*) et l'indice de classement C_2 (*en ordonnées*) obtenus statistiquement par les deux expérimentateurs.

Quelques enseignements se dégagent de l'examen de ce diagramme.

1. Il convient d'abord de remarquer que les résultats statistiques de H. HART (x) sont, en général, décalés vers l'origine de l'axe des ordonnées et vers la droite (classement moins bon et grain moyen plus gros) par rapport à ceux de M. E. DENAEYER (·); toutefois, en ce qui concerne le groupe *a* (voir § 3 ci-dessous) et le N° 76 ce rapport est renversé. Ceci est dû probablement à la manière d'opérer le tamisage et aux quantités mises en jeu, mais n'affecte pas d'une façon importante les courbes granulométriques qui restent toujours assez proches les unes des autres (voir diagrammes n° 2 à 7). Les courbes de H. HART sont le plus souvent un peu décalées vers la gauche.

2. Les produits ont une tendance générale à être d'autant mieux classés que leur grain moyen est plus gros.

3. Les points figuratifs sont concentrés en trois groupes principaux :

a) Produits à grain fin ($M = 0,20$ à $1,00$ mm) et mal classés ($C_2 = 0,20$ à $0,40$) comprenant notamment les cendres du Mont Goma et les sables.

b) Produits à grain moyen ($M = 2$ à 3 mm) et classement moyen ($C_2 = 0,40$ à $0,60$).

c) Produits à gros grain ($M = 4$ à 5 mm) et classement moyen ($C_2 = 0,40$ à $0,60$). Ils forment la majorité.

4. Le n° 76 (volcan Mudikombe, Kisenyi) se situe en dehors de ces trois groupes avec un grain moyen voisin de 8 mm et un classement moyen ($0,50$).

Le n° 81 qui se rapporte à des sables de la coulée trachytique des environs de Ruhengeri est également isolé.

CHAPITRE VI

Étude pétrographique et chimique des calcaires, dolomies et travertins

(M.-E. DENAEYER)

I. — Introduction.

Des horizons et des lentilles de *calcaires cristallins* et de *dolomies* sont connus dans les formations précambriennes du Kivu. Nous citerons, notamment (en nous limitant aux régions parcourues par la Mission) le marbre de l'île d'Iwinza, le calcaire de Nyamukubi, celui du Km 110,4 de la route de Bukavu à Goma, le calcaire et la dolomie de Kirotshe, les calcaires de Kaniera et de Lubango, dans la région de Lubero, ceux de Lisasa-Vuhovi, près de Butembo, et celui de Rugetsî. D'autres gisements sont connus dans le Maniema (E. ASSELBERGHS, 1939 ; A. WÉRY, 1948, pp. 63 et 64) et au sud-ouest de Bukavu (L. PEETERS, 1952).

C. SOROTSCHINSKY (1952) a décrit quelques roches carbonatées de la région de Kitwabaluzi et une dolomie de l'escarpement de Kamaniola. C'est, croyons-nous, la seule étude pétrographique publiée sur les calcaires cristallins du Kivu. J. THOREAU (1936) et A. KAZMITCHEFF (1936) ont décrit des roches cristallines silicatées qui en dérivent par métamorphisme.

Les *travertins*, très répandus au Kivu, au Maniema et en Ruanda-Urundi sont, comme nous l'avons dit précédemment, en relation étroite avec les failles du graben qu'ils jalonnent (N. BOUTAKOFF, 1933 et 1939). Ce sont

des formations récentes, dépôts de sources thermo-minérales incrustant les pierres et les végétaux. G. PASSAU (1933) a publié une monographie de ces sources. Mais aucune description pétrographique des travertins n'a été faite jusqu'à présent, à notre connaissance. Ce sont des calcaires friables, à texture spongieuse ou concrétionnée (voir Chap. II). Les descriptions que nous en ferons dans le présent chapitre correspondent aux échantillons prélevés par la Mission. Mais il convient d'attirer l'attention sur le fait que ces descriptions n'ont pas une valeur générale. En effet, les caractères d'un travertin sont très variables dans un même gisement. Tel travertin qui apparaît ici comme très spongieux, caverneux, riche en empreintes végétales ou en mollusques, peut, à quelques décimètres de distance, prendre un aspect compact, concrétionné ou stalactitique et contenir des quantités très variables d'impuretés.

* * *

Vu leur intérêt économique, un assez grand nombre de calcaires, de dolomies et de travertins du Kivu et du Ruanda-Urundi ont été analysés au Laboratoire de chimie du Service géologique de la Colonie, à Bukavu. Le Directeur du Service géologique a bien voulu autoriser la communication de ces analyses, réunies par les soins du Chef du Bureau de Bukavu. H. HART en a également exécuté quelques-unes à son Institut de Neuwied.

Nous avons sélectionné dans cet ensemble un certain nombre d'analyses et calculé les teneurs en carbonate de chaux et en carbonate de magnésie, en supposant que toute la perte au feu représente l'anhydride carbonique, quand celui-ci n'a pas été dosé séparément.

Nous décrirons successivement les calcaires et dolomies du socle précambrien, puis les travertins, dans l'ordre numérique de leur récolte. Les principaux gise-

ments de ces derniers ont été portés sur la carte géologique (chap. II, pl. I) avec le numéro de récolte correspondant.

II. — Calcaires et dolomies du socle précambrien.

Dn 52.14 — Marbre de l'île Iwinza (ou Bindja).

Situation. Côte nord-est de l'île, où il affleure dans deux promontoires contigus. Les couches de marbre sont enclavées dans le socle précambrien.

Caractères macroscopiques. Beau marbre corné saccharoïde, veiné de gris, rappelant le marbre pentélique, et renfermant localement des lits de mica (Ph. 17). Ce marbre est fortement fissuré aux affleurements. Les diaclases sont colmatées par des sables argileux qui servent de matière première à la fabrication de produits céramiques (ateliers de M. Morel de Westgaver à Birava). Le marbre lui même est utilisé pour la confection de mosaïques.

Caractères microscopiques. La structure de ce marbre est granoblastique. Son grain moyen mesure environ 0,1 mm de diamètre. Il est parcouru de lits de calcite largement cristallisée et maclée polysynthétiquement ; chacune des plages des lits de calcite renferme un noyau ferrugineux qui constitue le résidu d'altération d'un minéral disparu, probablement la pyrite. On observe, en outre, des paillettes de muscovite dispersées dans la masse du marbre (Ph. 18).

Composition chimique. — Analyse de H. HART (1953).

Insoluble dans HCl	0,78		
SiO ₂	0,14		
Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃ ..	0,60		
CaO	30,56		
MgO	21,35		
SO ₃	traces		
Perte au feu (CO ₂)	46,80		
	<hr/>		
	100,23		
		<i>Carbonates calculés :</i>	
		CaCO ₃	54,60 %
		MgCO ₃	43,43 %
			<hr/>
			98,03 %

Position systématique : Marbre dolomitique.

Dn 52.57 et 52.65 — Calcaires et dolomies de Kirotshe.

Situation. Entre les Km 171 et 174 de la route de Goma, en bordure du lac, affleurent des calcaires métamorphiques qui présentent ici un grand développement dans le socle précambrien et sont exposés dans l'escarpement qui domine le golfe de Kabuno (alias baie de Sake).

Caractères macroscopiques. Roches cristallines gris foncé à grain fin, généralement homogènes, parfois rubanées ou zonaires.

Caractères microscopiques.

a) *Variété homogène* : la roche est formée de carbonate granoblastique en grains d'environ 0,2 mm (diamètre moyen). Elle renferme environ 5 % de grains de quartz granoblastique qui s'ordonnent parfois en traînées ou en lits. Accessoirement, on observe des cristaux de minéral.

b) *Variété zonaire* : la roche est formée de zones alternantes et d'épaisseurs inégales constituées par des mélanges en proportions variables de carbonates, de mica magnésien (phlogopite) et de quartz.

Tous ces minéraux sont granoblastiques, en grains de diamètre toujours voisin de 0,1 à 0,2 mm.

On peut distinguer, schématiquement :

- Zones 1 : carbonates > phlogopite ;
- Zones 2 : carbonates = phlogopite ;
- Zones 3 : carbonates = quartz ;
- Zones 4 : carbonates < quartz.

Le quartz fait figure de minéral accessoire dans les zones 1 et 2, de même que la phlogopite, dans les zones

3 et 4. En outre, on observe toujours quelques paillettes de muscovite et, exceptionnellement, un peu de minerai.

Il est rarissime que le quartz contienne du carbonate en inclusion ; par contre, la muscovite y est logée. Il en résulte que la présence du quartz dans ces roches carbonatées ne doit pas être considérée comme le résultat de leur silicification, mais comme un minéral originellement détritique. La roche mère a pu être un macigno ou un calcschiste magnésien.

Composition chimique. Les analyses montrent d'importantes variations dans les teneurs en silice et en magnésie, suivant les échantillons. Nous avons sélectionné les cinq suivantes :

A. — Calcaire pur. Concession della Faille. Analyste : C. DELMOTTE, Service géologique, Bukavu, *Bulletin* 63, 1948.

B. — Dolomie. Échantillon Dn 52.65. Route de Goma. Analyste : H. HART, Neuwied (Échantillon ayant servi aux essais techniques, chapitre VII).

C. — Dolomie. Route de Goma. Échantillon 23.710. Analyste : G. VISEUR, Service géologique, Bukavu, *Bulletin* 4, 1951.

D. — Calcaire dolomitique très quartzique et micacé (cipolin quartzique). Concession Toch. Analyste : M. GASTELLIER, Service géologique, Bukavu, *Bulletin* 31, 1944.

E. — Quartzite dolomitique à minerais. Échantillon 23/711. Analyste : G. VISEUR, Service géologique, Bukavu, *Bulletin* 7, 1951.

	A.	B.	C.	D.	E.
Insoluble dans HCl	2,10	3,24	—	—	—
SiO ₂	—	0,26	traces	32,60	44,87
Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	0,90	0,78	2,15	12,50	12,75
CaO	52,84	30,70	29,55	18,10	11,40
MgO	0,34	20,36	21,17	10,81	8,34
Perte au feu (CO ₂)	41,90	44,46	46,75	24,70	20,03
Divers	—	—	0,67	—	3,53
Totaux	<u>98,08</u>	<u>99,80</u>	<u>100,29</u>	<u>98,71</u>	<u>100,92</u>
<i>Carbonates calculés :</i>					
CaCO ₃	94,30 %	54,80 %	52,80 %	32,30 %	21,40 %
MgCO ₃	0,00 %	40,81 %	44,44 %	19,99 %	17,60 %
Totaux	<u>94,30 %</u>	<u>95,61 %</u>	<u>97,24 %</u>	<u>52,29 %</u>	<u>39,00 %</u>

Dn 52.243 — Calcaire dolomitique de Rugetsi.

Situation. Au sud de la rivière Lume, à 2,8 km au sud-ouest de la concession De Greef, colline Ibatama, Rugetsi. Le même calcaire forme, plus au Nord, le flanc de la vallée de la Lume où il est exploité.

Caractères macroscopiques. Calcaire cristallin gris sombre rubané, à zones gris clair.

Caractères microscopiques. La calcite prédomine en grandes plages mal délimitées, à cristallisation confuse et extinctions onduleuses, parfois à structure sphérolitique. Elle englobe des myriades de petits cristaux de dolomite limpide. Les minéraux détritiques, où le quartz domine, sont concentrés dans les lits de teinte claire. La lame mince est traversée par un joint stylolithique souligné par du mica blanc et des minerais.

Composition chimique. Il existe plusieurs analyses assez concordantes de ce calcaire, effectuées au Service géologique de Bukavu. Celle que nous donnons ici correspond à l'échantillon décrit ci-dessus.

Analyste : C. DELMOTTE, *Bulletin* 189, 1952.

Insoluble dans HCl	2,92	<i>Carbonates calculés :</i>	
FeO ₃ + Al ₂ O ₃ ..	0,91	CaCO ₃	56,00 %
CaO	31,30	MgCO ₃	32,00 %
MgO	20,00		<u>98,00 %</u>
S total	0,01		
Perte au feu (CO ₂)	<u>45,11</u>		
	100,25		

Position systématique. Calcaire dolomitisé assez pur.

* * *

Analyses chimiques de quelques autres roches carbonatées précambriennes du Kivu.

Nous reproduisons, ci-dessous, à titre de comparaison, les *analyses chimiques de quelques autres roches carbonatées précambriennes du Kivu.*

A. — Dolomie noire de Saramabila. Analyste : M. GASTELIER, Service géologique, Bukavu, *Bulletin* 44, 1948.

B. — Calcaire dolomitique gris-bleu de Luboa, rivière Lwamiri, 27 km E. N. E. de Shabunda. Analyste : S. GASTELIER, Service géologique, Bukavu, *Bulletin* 86, 1949.

C. — Calcaire cristallin de Kisea, rivière Luholu, territoire de Lubero. Analystes : M. et S. GASTELIER et P. HERMAN, Service géologique, Bukavu, *Bulletin* 5, 1945.

D. — Calcaire dolomitique cristallin, rivière Talya Sud, territoire de Lubero. Analystes : M. et S. GASTELIER et P. HERMAN, Service géologique, Bukavu, *Bulletin* 5, 1945.

	A.	B.	C.	D.
Insoluble dans HCl	—	0,30	12,10	6,00
SiO ₂	3,54	—	—	—
Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	2,65	1,58	0,83	1,00
CaO	21,73	30,28	48,48	31,62
MgO	26,57	20,82	0,90	17,61
S total	0,02	—	traces	—
Perte au feu (CO ₂)	45,60	64,40	38,06	43,07
Divers	0,02	—	—	—
	<u>100,13</u>	<u>99,38</u>	<u>100,37</u>	<u>99,30</u>

Carbonates calculés :

CaCO ₃	38,50 %	54,10 %	86,50 %	56,50 %
MgCO ₃	<u>54,68 %</u>	<u>43,18 %</u>	<u>0,00 %</u>	<u>34,78 %</u>
	93,18 %	97,28 %	86,50 %	91,28 %

III. — Travertins.**Dn 52.5 — Travertin de Mashuza, Bugarama (Ruanda).**

Situation. A environ 20 km au sud-est de Bukavu et 6 km à l'est de la Mission de Mibirizi, Carrière Beckhaus (Ph. 19).

Caractères macroscopiques. Travertin brun très clair ou blanc, spongieux, très caverneux, traversé de nombreux cylindres creux de 1 à 2 mm (empreintes de tiges ou de racines) et garni de belles empreintes de feuilles (Ph. 20).

Composition chimique. Analyse de M. GASTELLIER, Service géologique de Bukavu, *Bulletin* 59, 1946.

Insoluble dans HCl	0,15	<i>Carbonates calculés :</i>	
Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃ ...	0,30	CaCO ₃	92,40 %
CaO	51,76	MgCO ₃	<u>7,14 %</u>
MgO	3,40		99,54 %
Perte au feu (CO ₂)	<u>45,00</u>		
	<u>100,61</u>		

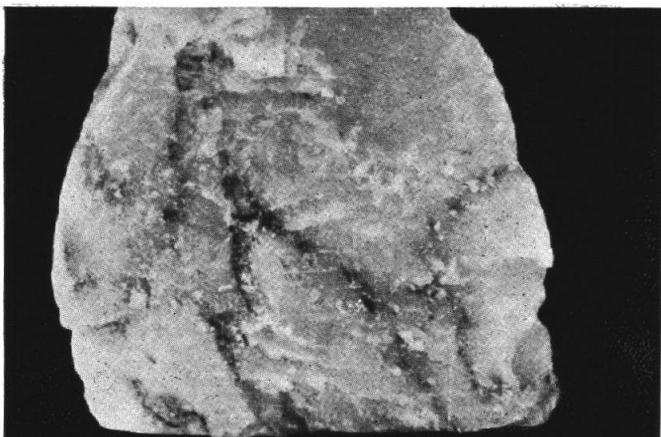


Photo 17. — Marbre dolomitique d'Iwinza. — Dn 52.14.

Réduction 1/3.

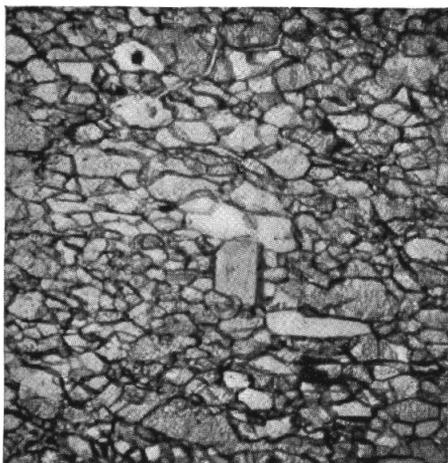


Photo 18. — Idem. Relief chagriné : cristaux de calcite. — Relief faible : cristaux de muscovite (au centre de la photo). Microphoto. Grossissement 40 \times .



Photo 19. — Travertin de Mashuiza. — Dn 52.5. Exploitation Beckhaus, Bugarama.

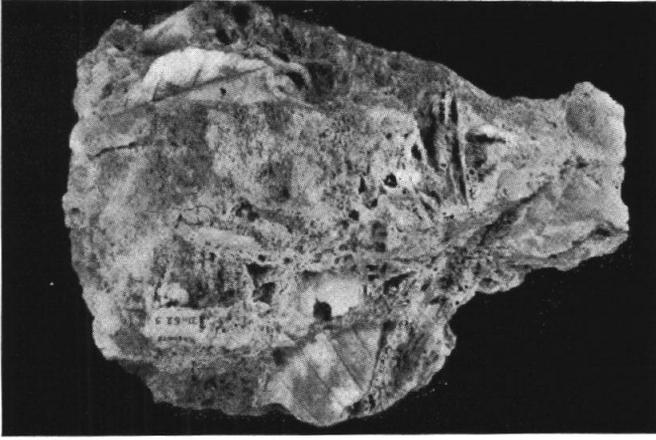


Photo 20. — Travertin à empreintes de feuilles. — Dn 52.5. Mashuiza, Bugarama. Réduction 1/4.



Photo 21. — Travertin de la Mushuwa. — Dn 52.7, près de Dundazi.



Photo 22. — Travertin de Luvungi. — Dn 52.8. Vallée de la Ruzizi.

Dn 52.7 — Travertin de la Mushuwa, Dundazi.

Situation. Affleurement voisin des chutes de la vallée de la Mushuwa, situé à environ 2 km du lac Kivu, entre les concessions de M. de Theux (ex-Noirot) et de M. du Monceau de Berckendael. Environs de Dundazi. Cet affleurement, presque entièrement dissimulé dans la brousse (Ph. 21) repose sur le basalte. On le suit sur environ 25 m. Il forme un pont naturel sur la Mushuwa. On a signalé aussi un petit affleurement dans le lit d'un affluent de gauche de cette rivière, le ruisseau de Kaiza. M. DE PAEPE a tenté, naguère, l'exploitation du gisement de la Mushuwa et commencé la construction d'un four à chaux dont on voit encore les vestiges.

Caractères macroscopiques. Travertin de teinte beige, compact, à grain très fin, peu caverneux, à vides vacuolaires allongés.

Composition chimique. Analyse du travertin affleurant dans le ruisseau Kaisa, affluent de gauche de la Mushuwa.

Analyste : C. DELMOTTE, Service géologique, Bukavu, *Bulletin* 121, 1949 sur échantillon n° 38 Bb-644.

Insoluble dans HCl	4,75	<i>Carbonates calculés :</i>	
FeO ₃ + Al ₂ O ₃ ...	3,01		
CaO	50,90	CaCO ₃	90,90 %
MgO	0,77	MgCO ₃	1,51 %
Perte au feu (CO ₂)	40,80		92,41 %
	<u>100,23</u>		

Dn 52.8 — Travertin de Luvungi, vallée de la Ruzizi.

Situation. Km 71 de la route de Bukavu à Uvira ; exploitation en tranchée sur une terrasse de la Ruzizi (Ph. 22).

Caractères macroscopiques. Agglomérat de dragées grossières de diamètre variable (de l'ordre du millimètre

et du centimètre) fortement imprégné d'hydrate de fer.
Teinte générale : ocre brun.

Composition chimique. Analyse de S. GASTELLIER, Service géologique, Bukavu, Échantillon 39 A. C. 350 (1), *Bulletin* 38, 1950.

SiO ₂	3,70	<i>Carbonates calculés :</i>	
Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃ ..	2,30		
CaO	33,36	CaCO ₃	59,60 %
MgO	16,46	MgCO ₃	34,19 %
Perte au feu (CO ₂)	44,14		93,79 %
	99,96		

Bn 52.13 — Travertin de Sange, vallée de la Ruzizi.

Situation. Km 100 de la route de Bukavu à Uvira, au sud du signal de Tshamata. Forme une nappe d'une certaine extension, mais peu épaisse à la surface du granite précambrien. Le gisement, concédé à M. CLOESEN, est très chargé d'éléments granitiques et n'est exploité qu'aux endroits les plus favorables au point de vue de la teneur en carbonates.

Caractères macroscopiques. Travertin gris clair, assez compact et peu vacuolaire, truffé de débris de roches cristallines, de noyaux feldspathiques rosés, auréolés de gris verdâtre et de grains de quartz.

Caractères microscopiques. La gangue carbonatée est microcristalline, de teinte brune ; elle montre, localement, un concrétionnement secondaire qui se manifeste par l'existence de noyaux subarrondis de gangue auréolés de calcite recristallisée limpide et microgrenue. Les vacuoles sont également tapissées de calcite géodique limpide.

Nombreuses inclusions de minéraux granitiques : éclats de quartz très abondants, feldspaths et paillettes de muscovite.

Composition chimique. Six analyses de M. GASTELLIER montrent une composition constante de la gangue carbonatée qui est très pauvre en magnésie. Mais les proportions d'insoluble varient dans une assez large mesure. Nous donnons ici l'analyse n° 4 qui représente sensiblement la moyenne des six analyses. Service géologique de Bukavu, *Bulletin* 86, 1946.

Deux nouvelles analyses de G. HAINE (*Bulletin* 179, 1952) confirment les résultats des précédentes, tandis qu'une autre analyse de C. DELMOTTE (*Bulletin* 180, 1952) a donné une forte teneur en magnésie.

Insoluble dans HCl	13,75	<i>Carbonates calculés :</i>	
Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃ ...	1,50		
CaO	46,25	CaCO ₃	82,60 %
MgO	0,74	MgCO ₃	1,60 %
Perte au feu (CO ₂)	37,45		84,20 %
	<u>99,69</u>		

Dn 52.21 — Travertin de la Kadubu (Jonction).

Situation. A deux kilomètres en aval du coude de la Kadubu, au S.S.E. de Gweshe. Le volume du gisement paraît être de l'ordre de 500.000 m³. Il incruste les rives de la Kadubu et est parcouru par un petit torrent qui se jette dans cette rivière (Ph. 23).

Caractères macroscopiques. Travertin blanc-grisâtre à dragées de calcaire dur d'environ 1 cm, très concrétionné, plus ou moins caverneux, truffé de tiges, brindilles et racines calcifiées (Ph. 24). Parmi les blocs accumulés sur le chantier d'exploitation, on a recueilli de magnifiques groupes de grosses stalactites fibroradiées.

Composition chimique. Analyse de G. VISEUR, Service Géologique de Bukavu, *Bulletin* 64, 1950.

SiO ₂	4,20	<i>Carbonates calculés.</i>	
Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃ ...	2,51		
CaO	49,33	CaCO ₃	88,10 %
MgO	0,85	MgCO ₃	1,76 %
CO ₃	40,44		89,86 %
H ₂ O (1)	2,57		
	<u>99,90</u>		

Dn 52.35 — Travertin de Kakondo, Katana (dit des Eaux chaudes).

Situation. Gisement en bordure du lac Kivu, à environ 6 km au sud de Katana. Il constitue le remplissage d'une vallée enclavée entre les schistes de l'Urundi et les basaltes. L'eau chaude, à la température de 54 à 60°C débouche d'un réseau de cheminées d'alimentation et se répand à la surface du travertin d'où elle tombe en chutes dans le lac (Ph. 25). Des grottes sont creusées dans le travertin. Une campagne de sondages intéressant à peu près la moitié du gisement a permis d'évaluer les réserves totales à environ 2.000.000 de m³.

Caractères macroscopiques. Travertin gris sale, stalactitique. Les stalactites mesurent environ 1 cm de diamètre. Elles sont fibroradiées en section transversale et creuses, les cavités cylindriques axiales correspondant à l'existence d'anciens végétaux.

Caractères microscopiques. Une section transversale d'un stalactite montre de grosses fibres radiales de calcite à contours indécis, mais présentant cependant une croix noire de polarisation entre nicols croisés.

On observe la présence accidentelle d'une écaille de verre palagonitique, à l'intérieur d'une stalactite. Cette observation est intéressante au point de vue de l'aire d'extention des cendres volcaniques.

(1) Déduit de la perte au feu (43,01) — CO₂.



Photo 23. — Travertin de la Kadubu. — Dn 52.21.

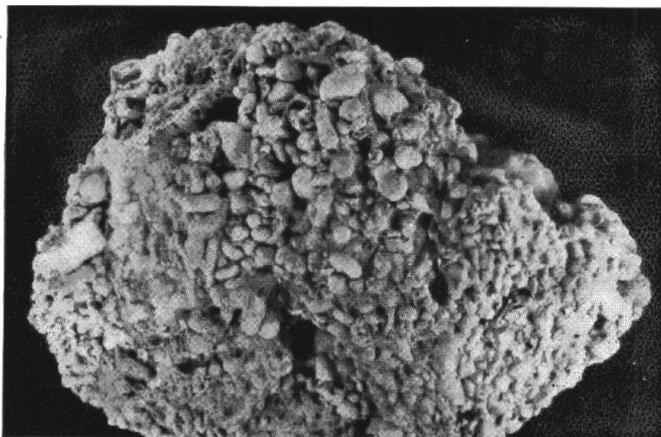


Photo 24. — Travertin à dragées de la Kadubu. — Dn 52.21.

Réduction 1/2,5.



Photo 25. — Travertin de Kakondo. — Dn 52.35. « Les Eaux Chaudes » près de Katana.

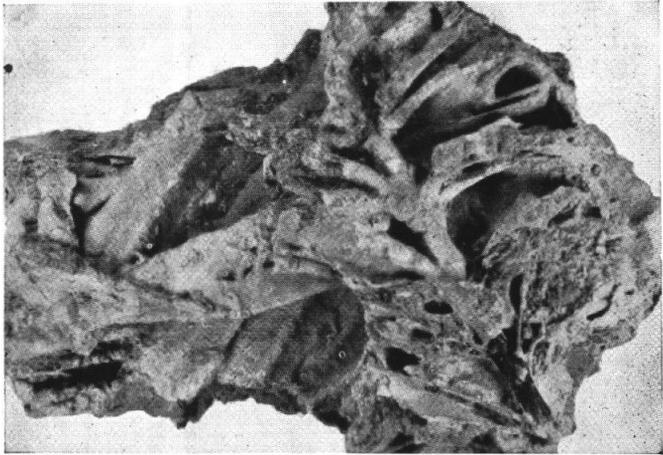


Photo 26. — Travertin palmé, à végétaux, de Bitakara, Katana. — Dn 52.36.
Réduction 1/3.

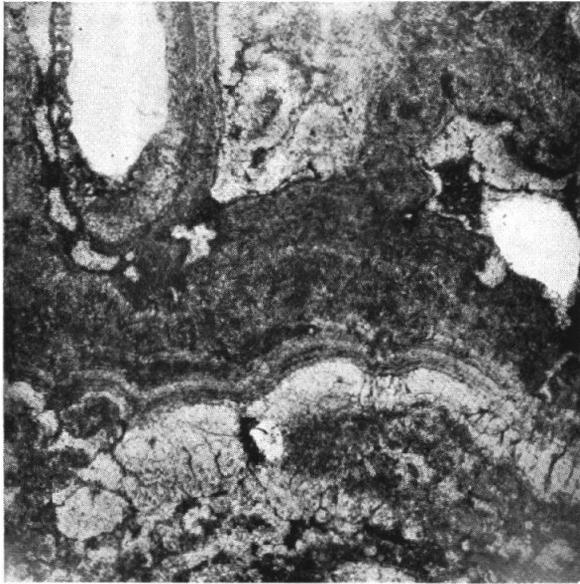


Photo 27. — Travertin à structure zonaire et radiée de Bitakara, Katana. —
Dn 52.36. Microphoto. Grossissement 22 ×.

Dn 52.36 — Travertin de Bitakara, Katana.

Situation. Gisement situé à faible distance du lac Kivu, dans la région de Katana, au nord du précédent. Il se présente dans des conditions analogues à celui-ci et son importance lui est comparable. Une petite partie du gisement est concédée à la Société Codutti (ex-Bosteels) et un four à chaux y est en service.

Caractères macroscopiques. Les échantillons prélevés présentent deux aspects différents :

- a) Travertin dur, compact, homogène ou zonaire, de teinte brunâtre, à cavités cylindriques (végétaux) ;
- b) Travertin concrétionné de teinte beige, à aspect palmé, comportant des chenaux encore garnis de fibres végétales (Ph. 26).

Caractères microscopiques. Une préparation microscopique de l'échantillon a) montre de la calcite microcristalline brune ordonnée autour des cavités cylindriques, en structures radiaires à croix noire de polarisation (Ph. 27).

Composition chimique. Le travertin de la concession Codutti a été analysé au Service géologique de Bukavu par P. HERMAN. N° des échantillons : 16592 et 16593, *Bulletin* 251, 946.

SiO ₂	1,70	<i>Carbonates calculés :</i>	
Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃ ...	1,06	CaCO ₃	93,50 %
CaO	52,35	MgCO ₃	4,44 %
MgO	1,70		<u>97,94 %</u>
Perte au feu (CO ₂)	42,95		
	<u>99,76</u>		

Dn 52.39 — Travertin de Kikombo, île Idjwi.

Situation. Côte occidentale de l'île, au sud de Gitwe.

Caractères macroscopiques. Travertin blanc jaunâtre,

à grosses tubulaires creuses (végétaux) et structure concrétionnée.

Caractères microscopiques. Gangue brun foncé légèrement vacuolaire de carbonates crypto- à microcristallins, contenant des débris de coquilles curvilignes extrêmement minces (Ostracodes ?) et truffée d'éléments détritiques. Ceux-ci se composent de grains de quartz anguleux, très abondants, de paillettes de mica blanc, abondantes et, parfois, de petits galets de micaschiste.

Composition chimique. Analyste : M. GASTELLIER, Service géologique de Bukavu, *Bulletin* 85, 1946.

Insoluble dans HCl	37,96	<i>Carbonates calculés :</i>	
Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃ ...	2,62		
CaO	22,61	CaCO ₃	40,40 %
MgO	8,14	MgCO ₃	17,14 %
Perte au feu (CO ₂)	28,07		57,54 %
	<u>99,40</u>		

Dn 52.57 — Travertin de la rivière Kanshala, région de Sake.

Situation. Km 2.400 de la route de Sake à Masisi, concession della Faille. La rivière Kanshala recoupe 10 à 12 mètres de vieilles cendres volcaniques recouvertes par les cendres récentes du Rumoka. Entre deux couches de cendres et à leur base, existent des couches peu épaisses de travertin. Toute la formation repose sur le socle précambrien (Fig. 5).

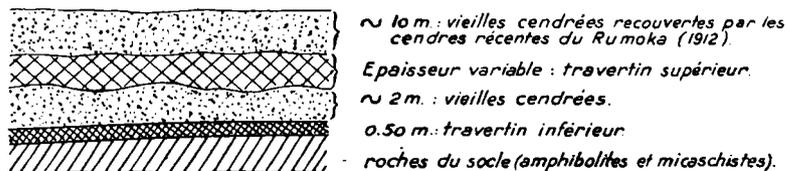


FIG. 5. — Coupe dans les cendres et les travertins. Rivière Kanshala, région de Sake.

Caractères macroscopiques. Travertin de teinte crème, concrétionné et vermiculé, légèrement caveux.

Caractères microscopiques. Gangue de calcite cryptocristalline à structure zonaire englobant :

a) De rares et minuscules éléments détritiques de quartz et de feldspath et un cristal de zircon ;

b) Quelques lapilli apparentés aux laves (néphélinites mélilitiques) de Niamutsibu et du Mont Goma. Ils contiennent, en effet, de gros microlites de mélilite et d'augite et de petits cubes de magnétite dans une mésostase de néphéline. Ils sont légèrement calcifiés.

Composition chimique. Deux analyses de travertins de la concession della Faille, provenant du village Mubambiro, rivière Shangare, à hauteur du Km 2 de la route Sake-Masisi ont été analysés au Service géologique de Bukavu, par G. VISEUR. L'analyse ci-dessous porte le n° 1, *Bulletin* 56, 1950.

SiO ₂	8,07	<i>Carbonates calculés :</i>	
Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃ ...	5,35	CaCO ₃	83.20 %
CaO	47,40	MgCO ₃	0.00 %
MgO	1,73		<u>83.20 %</u>
CO ₂	36,60		
H ₂ O (1)	0,54		
	<u>99,69</u>		

Dn 52.73 — Travertin de la rivière Gungwe, Rumangabo.

Situation. Têtes de la rivière Gungwe, à proximité du Km 252,200 à l'est de la route de Goma à Rutshuru, près de Rumangabo. Il s'agit d'un gros gisement, comparable à ceux de Katana par son importance. La rivière a maintenant un cours souterrain, visible au fond de vastes grottes. Environ la moitié du gisement appartient à la chefferie indigène et l'autre moitié est concédée

(1) Déduit de la perte au feu (37,14) — CO₂ (36,60).

à la SAAK. Celle-ci possède un four à chaux de construction moderne.

Caractères macroscopiques. Travertin de teinte beige, spongieux, à nombreuses tubulations végétales.

Caractères microscopiques. Gangue microcristalline à cristalline, imparfaitement concrétionnée autour de noyaux globulaires, avec production de grossiers sphérolites à croix noire de polarisation. Toute la préparation est salie par des inclusions brunes, ferrugineuses et organiques, sauf autour des vides qui sont entourés d'une zone recristallisée limpide. Absence complète d'éléments détritiques.

Composition chimique. Analyse de C. DELMOTTE, Service géologique, Bukavu, *Bulletin* 34, 148.

Insoluble dans HCl	0,36	<i>Carbonates calculés :</i>	
Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃ ...	0,85	CaCO ₃	96,00 %
CaO	53,76	MgCO ₃	1,26 %
MgO	0,60		<u>97,26 %</u>
Perte au feu (CO ₂)	44,14		
	<u>99,71</u>		

Dn 52.85 — Travertin de Rwaza (Ruanda).

Situation. A 200 mètres en aval de chutes de la Mukungwa. Le gisement repose sur les granites, schistes et quartzites du socle précambrien. — Un deuxième gisement se situe à côté des chutes de la Mukungwa, à Rwaza, et un troisième à 10 km au N.W. sur la rivière Mpenge, à proximité de la route de Ruhengeri.

Caractères macroscopiques. Travertin brunâtre assez compact, concrétionné, finement caverneux.

Caractères microscopiques. Gangue micro- à crypto-cristalline brunâtre contenant quelques petits îlots légèrement recristallisés et limpides et de nombreuses

vacuoles. Il n'y a pas de concrétionnement notable, bien que localement on observe une texture vaguement zonaire.

On a noté quelques débris de mollusques et de rares petits éclats de quartz.

Dn 52.89 — Travertin de la vallée de la Mukungwa (Ruanda).

Situation. Rive droite de la Mukungwa, à 35 km au sud de Ruhengeri et à 5 km au nord du confluent de la Nyawarongo. Le gisement s'étend à flanc de vallée et sur le plateau. De nombreux gisements semblables existent probablement dans la vallée de la Mukungwa.

Caractères macroscopiques. Travertin brun clair d'aspect arborescent, formé de petites colonnettes creuses parallèles, à texture spongieuse.

Caractères microscopiques. Calcaire crypto- à micro-cristallin, d'aspect souillé, grisâtre, parcouru de fines fibres végétales chargées d'hydroxyde de fer brun. Cavités contenant des débris d'ostracodes et de rares grains de quartz et de mica.

Dn 52.114 — Travertin de la vallée de la Rutshuru.

Situation. En aval des chutes de la Rutshuru, à 5 km au sud du poste de Rutshuru et à environ 2,5 km à l'est de la route de Goma à Rutshuru. Le gisement s'étend, au jugé, sur environ 50 m de part et d'autre de la rivière. Son épaisseur est d'une dizaine de mètres.

Caractères macroscopiques. Travertin grisâtre, assez compact.

Caractères microscopiques. Gangue à texture globulaire. Auréoles de recristallisation limpides autour des globules cryptocristallins et des vacuoles, avec amorces de sphérolites imparfaits. Quelques inclusions opaques.

Composition chimique. Analyse de M. et S. GASTELLIER et P. HERMAN, Service géologique de Bukavu, *Bulletin* 5, 1945. (2 analyses concordantes).

Insoluble dans HCl	0,09	<i>Carbonates calculés :</i>	
Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃ ...	1,10		
CaO	54,66	CaCO ₃	97,60 %
MgO	0,90	MgCO ₃	1,93 %
Perte au feu (CO ₂)	44,15		99,53 %
	<u>100,90</u>		

Dn 52.138 — Travertin de la rivière Indata.

Situation. Rive droite de la rivière Indata, Km 264,6, en bordure de la route de Goma à Rutshuru. Le gisement forme une colline exploitée en bordure de la route sur une épaisseur maximum de 4,50 m (Ph. 28) et une longueur d'environ 50 m.

Caractères macroscopiques. Travertin de teinte écru, à texture à la fois très spongieuse, vermiculée et à dragées. Un deuxième échantillon, de couleur brune, est compact, fortement concrétionné, à texture zonaire et cassure cristalline.

Caractères microscopiques (correspondant au 2^e échantillon). Gangue assez cristalline (grains d'environ 0,6 mm) probablement recristallisée, à structure confuse, avec amorces de sphérolites à grands éléments.

Composition chimique. Une des deux analyses figurant dans le *Recueil* du Service géologique de Bukavu semble correspondre au travertin de teinte écru (« calcaire blanc »). Nous la reproduisons ci-dessous. Analyste : J. DU BOIS, *Bulletin* 8, 1943.

Insoluble dans HCl	0,42	<i>Carbonates calculés :</i>	
Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃ ...	0,59		
CaO	53,41	CaCO ₃	95,40 %
MgO	1,42	MgCO ₃	2,94 %
Perte au feu (CO ₂)	43,52		98,34 %
	<u>99,36</u>		



Photo 28. — Travertin de l'Indata. — Dn 52.138. Route de Gema à Rutshuru.



Photo 29. — Source chaude et travertin de May-ya-Moto. — Dn 52.157. Plaine du lac Édouard, P. N. A.



Photo 30. — Calcin des bords du Lac Kivu. Presqu'île Tembera-Nzogera.

Dn 52.155 — Travertin de Mabenga.

Situation. Km 302,5 de la route de Rutshuru à Lubero, à l'entrée du Parc National Albert.

Caractères macroscopiques. Travertin gris compact, riche en coquilles de Mollusques.

Caractères microscopiques. Gangue crypto- à micro-cristalline à imprégnations arborescentes de limonite. Auréoles étroites de recristallisation autour des éléments d'un abondant matériel détritique comprenant : des grains subanguleux de quartz et de feldspath, des paillettes de micas, blancs et noirs, et de chlorite, des grains de tourmaline et de hornblende et enfin, quelques cristaux de pérowskite.

Dn 52.157 — Travertin de May ya Moto, vallée de la Rutshuru.

Situation. Km 316 de la route de Rutshuru à Lubero. Rive gauche de la Rutshuru, en contrebas de la route. Parc National Albert.

Caractères macroscopiques. Travertins « renflés en ajutages côniques » (F. DELHAYE, 1943), autour des célèbres sources chaudes (Ph. 29). La texture est fibreuse ou fibroradiée. Les fibres forment des couches concentriques de quelques centimètres de largeur autour de débris rocheux.

Caractères microscopiques. L'examen des éléments fibreux a montré qu'il s'agit d'aragonite, variété orthorhombique du carbonate de chaux, et non de calcite comme c'est le cas général.

IV. — Résumé et conclusions.

Nous avons groupé dans les deux tableaux ci-dessous les teneurs en carbonates et en impuretés des calcaires et dolomies du socle précambrien, d'une part, et des travertins, d'autre part.

L'examen de ces tableaux montre que, à une exception près (Kirotshe A), les roches cristallines carbonatées du socle sont dolomitiques.

Par contre, la majorité des travertins de formation récente sont pauvres en magnésie, du moins ceux dont les analyses figurent dans ce chapitre.

Quant aux « impuretés », leur teneur varie beaucoup d'un gisement à l'autre.

Calcaires et dolomies du socle.

N ^{os} et gisements		CaCO ₃ calculé	MgCO ₃ calculé	Impuretés par différence	Qualification
52.14	I. d'Iwinza	54,60	43,43	2,20	Dolomie
52.47	Kirotshe A	94,30	0,00	3,70	Calcaire pur
et	Kirotshe B	54,80	40,81	4,19	Dolomie
52.65	Kirotshe C	52,80	44,44	3,05	Dolomie
	Kirotshe D	32,30	19,99	46,42	Calcaire dolomitique quartzique et micacé
	Kirotshe E	21,40	17,60	61,92	Quartzite dolomitique à minerais
52.243	Rugetsi	56,00	42,00	2,25	Calcaire dolomitique
	Saramabila	38,50	54,68	6,95	Dolomie
	Luboa	54,10	43,18	2,10	Dolomie
	Kisea	86,50	0,00	13,87	Calcaire impur
	(Lubero)				
	Tayla Sud	56,50	34,78	8,02	Calcaire dolomitique impur
	(Lubero)				

Travertins.

N ^{os} et gisements		CaCO ₃ calculé	MgCO ₃ calculé	Impuretés par différence	Qualification
52.5	Mashiuzza	92,40	7,14	1,07	Travertin faiblement magnésien
52.7	Mushuwa	90,90	1,51	7,82	Travertin impur
52.8	Luvungi	59,60	34,19	6,17	Travertin magnésien impur
52.13	Sange	82,60	1,60	15,49	Travertin impur
52.21	Kadubu (jonction)	88,10	1,76	10,04	Travertin impur
52.35	Katana (Bitakara)	93,50	4,44	1,82	Travertin très pur
52.39	Kikombo (l. Idjwi)	40,40	17,14	41,86	Travertin magnésien très impur
52.57	Riv. Shanga gare (Sake)	83,20	0,00	16,49	Travertin impur
52.73	Rumengabo	96,00	1,26	2,45	Travertin très pur
52.114	Rutshuru	97,60	19,93	1,37	Travertin très pur
52.138	Riv. Indata	95,40	2,94	1,02	Travertin très pur
	Moyennes	83,61	6,72	9,60	Total : 99,93

On sait que le lac Kivu est alimenté en partie par les eaux des sources minérales qui jalonnent les failles du graben et probablement aussi par des sources sous-lacustres.

Aussi les eaux du lac abandonnent-elles sur les rives un calcin épais de plusieurs centimètres (Ph. 30).

Il nous a semblé intéressant de donner, ici, à titre de comparaison, une analyse de ce calcin, effectuée par S. GASTELLIER, au Service géologique de Bukavu (*Bulletin* 43, 1944).

Insoluble dans HCl	2,60	<i>Carbonates calculés :</i>
Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃ ...	3,07	CaCO ₃ 66,40 %
CaO	37,20	MgCO ₃ 27,22 %
MgO	12,94	93,62 %
Perte au feu (CO ₂)	44,67	Impuretés par
	<u>100,48</u>	différence) 6,86 %
		<u>100,48 %</u>

En comparant ces chiffres aux moyennes déduites des quelques analyses de travertin mentionnées dans ce chapitre, on voit que le calcin du lac est 4 fois plus magnésien que la moyenne des travertins. Toutefois, le nombre des analyses mises en jeu est trop insuffisant pour pouvoir tirer une conclusion quelconque de cette constatation.

BIBLIOGRAPHIE

- ASSELBERGHS, E., Notice explicative de la carte géologique de la région du Kivu au 50.000^e (Résultats scientifiques de la Mission Géologique du Comité National du Kivu. *Mém. Inst. Géol. Univ. de Louvain*, t. IX, 1939).
- BOUTAKOFF, N., Les sources thermo-minérales du Kivu, leurs relations avec les grandes fractures radiales et leur utilisation au point de vue tectonique (*Bull. Soc. belge de Géol., de Pal. et d'Hydr.*, t. XLIII, 1933, pp. 75-80).
- BOUTAKOFF, N., Géologie des territoires situés à l'ouest et au nord-ouest du fossé tectonique du Kivu (Résultats scientifiques de la Mission géologique du Comité national du Kivu, *Mém. Inst. Géol. Univ. de Louvain*, t. IX, 1939, pp. 161-168).
- KAZMITCHEFF, A., Contrib. à l'étude des roches éruptives et métamorphiques du Kivu (Résultats scient. de la Mission géologique du Comité national du Kivu, *Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain*, t. IX, fasc. VII, 1936).
- PASSAU, G., Les sources thermales de la Province Orientale (Congo belge) (*Bull. Inst. R. Col. Belge*, t. IV, 1933, pp. 778-814).
- PEETERS, L., Observations géomorphiques et géologiques au sud-ouest de Costermansville (Kivu) (*Ann. Mus. R. du Congo belge*, Tervuren, sér. in-8^o, Sc. géol., vol. 10, 1952, pp. 30-32).
- SOROTCHINSKY, C., Étude des albitites et de quelques roches carbonatées du Bassin de la Kadubu (Kivu) (*Ann. Mus. R. du Congo belge*, Tervuren, sér. in-8^o, Sc. géol., vol. 10, 1952, pp. 83-117).
- THOREAU, J., Roches cristallines calciques du Kivu (*Bull. Acad. R. de Belg.*, Cl. des Sc., 5^e s., t. XXII, 6, 1936, pp. 753-757.)
- WÉRY, A., Le domaine minier de la Compagnie des Grands Lacs (*Bull. Soc. belge de Géol., de Pal. et d'Hydr.*, t. LVII, 1948, pp. 40-75).

CHAPITRE VII

Étude technique des liants hydrauliques du Kivu

(H. HART)

Introduction.

Dans ce chapitre, les matières pouzzolaniques du Kivu (cendres, lapilli, tufs) sont étudiées :

1^o *Au point de vue chimique* (détermination de leur teneur en facteurs hydrauliques : eau d'hydratation et matières solubles dans HCl, c'est-à-dire de leur capacité de réaction avec la chaux) ;

2^o *Au point de vue du développement de leur énergie hydraulique latente* contrôlée par des essais de résistance sur des mortiers standard « Trassnormenprüfung » DIN 1043) ;

3^o *Au point de vue de la fabrication des mortiers de liaison et de pierres de construction légères* avec les chaux, sables et cendres du Kivu.

L'examen des propriétés hydrauliques a été effectué, dans tous les cas, sur des mortiers « Trassnormen » DIN 1043 dont nous rappelons ici la composition :

liant	{ cendres ou tufs moulus 1.000 gr soit env. 60 parties en poids chaux de norme 800 gr soit env. 40 parties en poids sable de norme 1.500 gr soit env. 83 parties en poids
	$\frac{3.300 \text{ gr}}$

La mouture des cendres, tufs, etc. doit passer entièrement au tamis 900 M/S (mailles de 0,2 mm d'ouverture).

Le rapport liant-sable est environ 1/0,83.

Les bases de comparaison des résistances développées par les liants hydrauliques du Kivu sont fournies par les valeurs standard de résistance DIN 1043 obtenues, en Europe, avec le trass moulu type du Nettetal dont la teneur en eau de constitution est de 6 à 8 %.

Ces valeurs sont les suivantes :

<i>Résistance sous eau</i>		
<i>à la compression</i>		<i>à la traction</i>
45 kg/cm ²	après 7 jours	5 kg/cm ²
140 kg/cm ²	après 28 jours	16 kg/cm ²

A. — Recherches sur les propriétés hydrauliques des cendres et des lapilli.

1. Cendres noires du Rumoka.

SITUATION.

Colline Matsha, Km 181,200 de la route Sake-Goma. Cendres provenant de l'éruption de 1912 du volcan Rumoka. Elles couvrent une grande superficie.

DESCRIPTION.

Cendres et lapilli scoriacés, noirs et luisants, entièrement meubles.

Densité apparente: 0,97 à 1,02 kg/dm³.

DÉTERMINATION DE LA CAPACITÉ RÉACTIONNELLE (méthode HART)

Insoluble dans HCl	31,06 %
Silice soluble (SiO ₂)	29,38
Sesquioxydes solubles (R ₂ O ₃)	21,86
Chaux soluble (CaO)	8,06
Magnésie soluble (MgO)	7,95
Anhydride sulfurique (SO ₃)	0,08
Perte au feu	—
Alcalis par différence	1,61
	<u>100,00</u>

Matières solubles dans HCl = 67,25 %. Facteurs hydrauliques = 51,24 %

EXAMEN DES PROPRIÉTÉS HYDRAULIQUES LATENTES D'APRÈS DIN 1043.

Degré de mouture de la cendre :

Refus au tamis 900 M/S (mailles de 0,2 mm d'ouverture) = 0,0 %

*Essais sur mortier « Trassnormen » avec la cendre
Dn 52.48 :*

Résistances

<i>à la compression</i>		<i>à la traction</i> ⁽¹⁾
après 7 jours :	5,4 kg/cm ²	1,2 kg/cm ²
» 28 jours :	33,0 »	3,5 »
» 56 jours :	64,0 »	11,1 »
» 112 jours :	116,0 »	13,8 »
» 7 mois :	185,0 » ⁽¹⁾	29,0 »

RECHERCHE SUR LES PROPRIÉTÉS D'UN MORTIER.

Mélange 1.

Liant {	chaux	40 parties en poids
	cendre pulvérisée du Rumoka Dn 52.48	60 » »
	Sable de la Sebaya	300 » »

Proportions du mélange : 1/3.

⁽¹⁾ Résultats communiqués le 17 avril 1954.

à la compression	<i>Résistances</i>	
	(à l'air sec)	
16,0 kg/cm ²	après 28 jours	—
26,0 kg/cm ²	après 112 jours	17,6 kg/cm ²

Densité apparente: 1,90 kg/dm³.

A l'air humide, après 112 jours, une éprouvette a donné à la compression 36 kg/cm². Après 7 mois, une éprouvette exposée aux intempéries et au gel (— 15°C) a donné 26 kg/cm². Elle avait une densité apparente de 1,74 kg/dm³. Ce mortier est donc très constant (1).

Mélange 2.

Liant	{ chaux	40 parties en poids
	{ cendre pulvérisée du Rumoka Dn 52.48	60 » »
{	Sable de la rivière Sebaya	150 » »
	Cendre du Rumoka Dn 52.48	75 » »
	Lapilli de Kisenyi Dn 52.76	75 » »

Proportions du mélange: 1/3.

à la compression	<i>Résistances</i>	
	à la traction	
22,0 kg/cm ²	après 28 jours	—
64,0 kg/cm ²	après 112 jours	18,7 kg/cm ²
76,0 kg/cm ² (1)	après 7 mois	

Densité apparente: 1,60 kg/dm³.

2. Cendres noires agglomérées du Niamutsibu Dn 52.54.

SITUATION.

Au Km 191,400, la route de Sake à Goma recoupe en tranchée un amas de cendrée aux abords du cratère du Niamutsibu (dit Lac Vert). Cet amas forme du côté nord

(1) Voir note 1 page précédente.

de la route une paroi verticale dans laquelle on a effectué un prélèvement.

DESCRIPTION.

Cendre noire fine stratifiée et chargée de grains blancs de quartz et de feldspath. Écrasée entre les doigts, elle a une consistance sableuse.

DÉTERMINATION DE LA CAPACITÉ RÉACTIONNELLE (méthode HART).

Perte de poids à 100° C	0,30 %
Perte au feu	<u>0,12</u>
Insoluble dans HCl	13,98 %
Silice soluble (SiO ₂)	33,34
Sequioxydes solubles (R ₂ O ₃)	31,76
Chaux soluble (CaO)	8,40
Magnésie soluble (MgO)	3,32
Anhydride sulfurique (SO ₃)	0,00
	<u>90,80</u>
Perte au feu	0,42
	<u>91,22</u>
Alcalis par différence	8,78
	<u>100,00</u>

Matières solubles dans HCl = 76,82 %. Facteurs hydrauliques = 65,10 %

EXAMEN DES PROPRIÉTÉS HYDRAULIQUES LATENTES D'APRÈS DIN 1043.

Degré de mouture de la cendre :

Refus au tamis 900 M/S (mailles de 0,2 mm d'ouverture) = 0,0 %.

Eau de gâchage : 15 %.

*Essais sur mortier « Trassnormen » avec la cendre
Dn 52.54 :*

<i>Résistances</i>	
<i>à la compression</i>	<i>à la traction</i>
après 7 jours	
13,0 kg/cm ²	2,5 kg/cm ²
14,0 kg/cm ²	2,7 kg/cm ²
12,0 kg/cm ²	2,6 kg/cm ²
<u>13,0 kg/cm²</u>	<u>2,6 kg/cm²</u>
après 28 jours	
95,0 kg/cm ²	13,7 kg/cm ²
96,0 kg/cm ²	13,3 kg/cm ²
84,5 kg/cm ²	13,6 kg/cm ²
<u>91,8 kg/cm²</u>	<u>13,5 kg/cm²</u>
après 56 jours	
156,0 kg/cm ²	16,0 kg/cm ²
144,0 kg/cm ²	18,0 kg/cm ²
158,0 kg/cm ²	17,2 kg/cm ²
<u>153,0 kg/cm²</u>	<u>17,0 kg/cm²</u>
après 84 jours	
185,0 kg/cm ²	21,9 kg/cm ²
180,0 kg/cm ²	21,0 kg/cm ²
190,0 kg/cm ²	23,0 kg/cm ²
<u>185,0 kg/cm²</u>	<u>22,0 kg/cm²</u>

Conclusions : Après un faible durcissement initial, cette cendre montre un bon développement de la résistance après quelques semaines. Utilisable comme mortier de liaison pour la construction.

RECHERCHE SUR LES PROPRIÉTÉS D'UN MORTIER.

Dans ce but, la dolomie de Kirotche Dn 52.65 a été cuite à une température de 950 à 1.000° C.

Cette dolomie a la *composition chimique* suivante (analyste H. HART) :

Insoluble	3,24
Silice (SiO ₂)	0,26
Sesquioxydes (Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃)	0,78
(CaO)	30,70
Magnésie (MgO)	20,36
Anhydride sulfurique (SO ₃) ..	traces
Perte au feu	44,46
	<hr/> 99,80

MÉLANGE.

Liant {	Chaux magnésienne de Kirotche Dn 52.65 :	40 parties en poids,
	Cendre du Niamutsibu Dn 52.54	60 » » »
	Lave en grains de 1 à 3 mm	200 » » »

Proportions du mélange : 1/2. Mélange fait à la main à consistance de terre mouillée. Malaxage mécanique.

Résistances :

après 28 jours d'exposition à l'air libre :	31,0 kg/cm ² ;
après 56 jours » » » » :	65,6 kg/cm ² ;
après 4 mois » » » » :	87,5 kg/cm ² .

Densité apparente : 1,73 kg/dm³. (sec : 1,68 kg/dm³).

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

La cendre noire sableuse Dn 52.53 présente une teneur élevée en produits solubles dans l'acide chlorhydrique. Testée par DIN 1043, son hydraulité latente est suffisante ; elle réagit avec la dolomie de Kirotche et du gravier de lave. Elle peut fournir une matière de complément de résistance suffisante pour liasonner les pierres de construction.

3. Cendres noires-brunâtres Dn 52.61.

SITUATION.

Affleurement du Km 57,600 de la route de Sake à Luofu.

DESCRIPTION.

Cendre noire-brunâtre formée de grains assez arrondis, assez fins, vacuolaires, et de quelques débris de cristaux.

EXAMEN DES PROPRIÉTÉS HYDRAULIQUES LATENTES
D'APRÈS DIN 1043.

Degré de mouture de la cendre: cendre non pulvérisée, mais broyée au cylindre.

Granulométrie du produit broyé:

Refus au tamis 5 mm	0,0
» » » 3 mm	30,0
» » » 1 mm	40,0
Passe au tamis 1 mm	30,0
	<u>100,0</u>

Densité apparente: 1,18-1,26 kg/dm³.

*Essai sur un mortier « Trassnormen » avec la cendre
Dn 52.61.*

<i>à la compression</i>	<i>Résistances</i>	<i>à la traction</i>
	après 7 jours	
26,0 kg/cm ²		4,8 kg/cm ²
<u>22,0 kg/cm²</u>		4,6 kg/cm ²
24,0 kg/cm ²		<u>4,6 kg/cm²</u>
		4,7 kg/cm ²
	après 28 jours	
58,0 kg/cm ²		10,7 kg/cm ²
56,0 kg/cm ²		<u>10,6 kg/cm²</u>
58,0 kg/cm ²		10,7 kg/cm ²
<u>57,0 kg/cm²</u>		
	après 56 jours	
70,0 kg/cm ²		14,0 kg/cm ²
74,0 kg/cm ²		13,0 kg/cm ²
76,0 kg/cm ²		<u>13,6 kg/cm²</u>
<u>73,0 kg/cm²</u>		13,5 kg/cm ²
	après 7 mois ⁽¹⁾	
132,0 kg/cm ²		21,0 kg/cm ²
<u>128,0 kg/cm²</u>		<u>21,6 kg/cm²</u>
130,0 kg/cm ²		21,3 kg/cm ²

⁽¹⁾ Résultats communiqués le 17 avril 1954.

4. Lapilli noirs du Mahungwe Dn. 52.78

SITUATION.

Affleurement du Km 19,5 de la route de Kisenyi à Ruhengeri (Ruanda). Lapilli émis par le volcan Mahungwe.

DESCRIPTION.

Lapilli noir-bleuâtres, scoriacés, renfermant des débris ligneux.

DÉTERMINATION DE LA CAPACITÉ RÉACTIONNELLE
(méthode HART).

Insoluble dans HCl	29,88 %
Silice soluble (SiO ₂)	21,56
Sesquioxydes solubles (R ₂ O ₃)	28,76
Chaux soluble (CaO)	9,08
Magnésie soluble (MgO)	4,76
Anhydride sulfurique (SO ₃)	0,06
Perte au feu	—
Alcalis par différence	5,90
	<u>100,00</u>

Matières solubles dans HCl = 64,16 % Facteurs hydrauliques = 50,32%

EXAMEN DES PROPRIÉTÉS HYDRAULIQUES LATENTES
D'APRÈS DIN 1043 (1).

<i>à la compression</i>	<i>Résistances</i>	<i>à la traction</i>
5,0 kg/cm ²	après 7 jours	1,8 kg/cm ²
23,5 kg/cm ²	après 28 jours	3,8 kg/cm ²
58,0 kg/cm ²	après 56 jours	11,5 kg/cm ²
96,0 kg/cm ²	après 3 1/2 mois	11,6 kg/cm ²
176,0 kg/cm ²	après 7 mois	21,0 kg/cm ²

(1) Voir note 1 page précédente.

5. Lapilli du Mont Mudende Dn 52.126.

SITUATION.

Le mont Mudende est un volcan du massif du Kari-simbi, région du Kibumba (Ruanda). L'affleurement est situé le long de la route de Kabuhanga à Mukanda, à 5 km du volcan Bihe.

DESCRIPTION.

Lapilli noir-grisâtres mats légèrement rubéfiés et scoriacés.

Densité apparente: 0,65 à 0,69 kg/dm³.

DÉTERMINATION DE LA CAPACITÉ RÉACTIONNELLE (méthode HART).

Perte de poids à 100°C	3,00 %
Eau d'hydratation	0,80
Insoluble dans HCl	49,44
Silice soluble (SiO ₂)	11,46
Sesquioxydes solubles (R ₂ O ₃)	21,20
Chaux soluble (CaO)	5,14
Magnésie soluble (MgO)	4,30
Anhydride sulfurique (SO ₃)	traces
Anhydride carbonique (CO ₂)	2,72
Perte au feu	3,78
Alcalis par différence	2,86
	<hr/> 100,00

Matières solubles dans HCl = 41,20 %. Facteurs hydrauliques = 32,66 %.

**EXAMEN DES PROPRIÉTÉS HYDRAULIQUES LATENTES
D'APRÈS DIN 1043.**

<i>Résistances</i>	
<i>à la compression</i>	<i>à la traction</i>
	après 7 jours
19,0 kg/cm ²	3,82 kg/cm ²
19,0 kg/cm ²	3,90 kg/cm ²
18,8 kg/cm ²	—
<u>19,0 kg/cm²</u>	<u>3,86 kg/cm²</u>
	après 28 jours
60,0 kg/cm ²	11,3 kg/cm ²
60,0 kg/cm ²	11,0 kg/cm ²
61,0 kg/cm ²	—
<u>60,3 kg/cm²</u>	<u>11,2 kg/cm²</u>
	après 56 jours
88,0 kg/cm ²	16,7 kg/cm ²
84,0 kg/cm ²	15,6 kg/cm ²
76,0 kg/cm ²	14,3 kg/cm ²
<u>83,0 kg/cm²</u>	<u>15,5 kg/cm²</u>

B. — Recherches sur les propriétés hydrauliques des tufs.

1. Tuf gris du Niamutsibu Dn 52.56.

SITUATION.

Le cratère du Niamutsibu, appelé Kakombe, est ouvert dans le cône de tufs stratifiés et de brèches volcaniques. Des échantillons de tuf et de brèche ont été recueillis sur les flancs du Kakombe.

DESCRIPTION.

Blocs fermes de tuf brun foncé enrobés dans un tuf gris friable. Les lapilli de ces tufs, examinés individuellement, ont des teintes variant du brun au noir.

DÉTERMINATION DE LA CAPACITÉ RÉACTIONNELLE
(méthode HART).

Perte de poids à 100° C	10,08 %
Eau d'hydratation	11,60
Insoluble dans HCl	<u>18,76</u>
Silice soluble (SiO ₂)	14,70
Sesquioxydes solubles (R ₂ O ₃)	24,22
Chaux soluble (CaO)	9,98
Magnésie soluble (MgO)	3,36
Anhydride sulfurique (SO ₃)	0,14
	<u>71,16</u>
Perte au feu	20,50
	<u>91,66</u>
Alcalis par différence	8,34
	<u>100,00</u>

Matières solubles dans HCl = 52,40 %. Facteurs hydrauliques = 38,92 %.

EXAMEN DES PROPRIÉTÉS HYDRAULIQUES,
D'APRÈS DIN 1043.

Degré de mouture du tuf:

Refus au tamis 900 M/S (mailles de 0,2 mm d'ouverture) = 0,0 %.

Eau de gâchage: 15,5 %.

Essais sur mortier « Trassnormen » avec le tuf Dn 52.56.

<i>à la compression</i>	<i>Résistances</i>	<i>à la traction</i>
	après 7 jours	
106,0 kg/cm ²		14,4 kg/cm ²
104,0 kg/cm ²		14,0 kg/cm ²
<u>108,0 kg/cm²</u>		<u>14,0 kg/cm²</u>
106,0 kg/cm ²		14,1 kg/cm ²
	après 28 jours	
154,0 kg/cm ²		24,1 kg/cm ²
153,8 kg/cm ²		24,0 kg/cm ²
<u>162,0 kg/cm²</u>		<u>25,0 kg/cm²</u>
156,0 kg/cm ²		24,3 kg/cm ²
	après 56 jours	
158,0 kg/cm ²		25,6 kg/cm ²
160,0 kg/cm ²		25,6 kg/cm ²
160,0 kg/cm ²		26,0 kg/cm ²
<u>159,3 kg/cm²</u>		<u>25,7 kg/cm²</u>

Conclusions: Ce tuf possède de bonnes propriétés hydrauliques latentes. Il convient à la fabrication de mortiers de tous genres pour la construction.

RECHERCHES SUR LES PROPRIÉTÉS D'UN MORTIER.

Mélange 1.

Mortier avec le marbre dolomitique d'Iwinza *Dn 52.14*.

Dans ce but, le marbre dolomitique d'Iwinza a été cuit à une température de 950 à 1.000° C.

La composition chimique de ce marbre est la suivante, d'après deux analyses, l'une du Service géologique de Bukavu (Bulletin 43, 1942), l'autre de H. HART.

(Service géologique) (H. HART)

Insoluble	—	0,78 %
Silice (SiO ₂)	—	0,14 %
Sesquioxides (Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃)	2,00 %	0,60 %
Chaux (CaO)	21,50 %	30,56 %
Magnésie (MgO)	17,60 %	21,35 %
Anhydride sulfurique (SO ₃) ..	—	traces
Perte au feu	46,70 %	46,80 %
	<u>87,80 %</u>	<u>100,23 %</u>

Liant { Chaux magnésienne d'Iwinza *Dn 52.14* : 40 parties en poids
 { Tuf du Niamutsibu *Dn 52.56* : 60 parties en poids
 Lapilli de Kysenyi *Dn 52.76*(grains de 0 à 5 mm) : 400 parties en poids

Proportions du mélange: 1 /4. Mélange fait à la main à consistance de terre mouillée. Malaxage à la main. (A cause des faibles quantités de matière disponible, les éprouvettes consistaient en prismes de 16 × 4 × 4 cm).

Résistances après exposition à l'air libre :

<i>à la compression</i>	<i>à la flexion</i>	<i>Densité apparente</i>
	après 28 jours	
26,0 kg/cm ²	—	
24,0 kg/cm ²	—	
25,0 kg/cm ²	8,6 kg/cm ²	1,25 kg/dm ³
	après 2 1/2 mois	
44,0 kg/cm ²	—	
44,0 kg/cm ²	—	
44,0 kg/cm ²	17,6 kg/cm ²	1,24 kg/dm ³

Mélange 2.

Liant { Chaux magnésienne d'Iwinza Dn 52.14 : 40 parties en poids
 { Tuf du Niamutsibu Dn 52.56 : 60 parties en poids
 Lapilli de Kysenyi Dn 52.76 (grains de 0 à 5 mm) : 200 parties en poids

Proportions du mélange : 1/2. Mélange à la main à consistance de terre mouillée. Malaxage à la main. Éprouvettes cubiques de 7,1 cm de côté.

Résistance à la compression : après 2 1/2 mois d'exposition à l'air libre : 72,0 kg/cm².

Densité apparente : 1,48 kg/dm³.

Mélange 3.

Liant { Chaux normale : 40 parties en poids
 { Tuf du Niamutsibu Dn 52.56 : 60 parties en poids
 Lapilli de Kisenyi Dn 52.78 (grains de 0 à 3 mm) : 250 parties en poids

Proportion du mélange : 1/2,5. Mélange à la main à consistance de terre mouillée. Malaxage à la main. Éprouvettes cubiques de 7,1 cm de côté.

Résistances				
des cubes après	à la compression en kg/cm ²	à la traction en kg/cm ²	à la flexion en kg/cm ²	Densité apparente en kg/dm ³
23 jours	50,0 (avec coffrage humide)	—	—	—
	42,0 (sans coffrage par pelée légère)	—	—	—
2 mois	70,0 (sans coffrage)	—	—	1,70
5 semaines	—	13,0	17,2	—
des prismes après				
23 jours	44,0	—	18,2	1,85
5 semaines	(50 + 48) : 2 = 49,0	—	—	—
6 mois	(80 + 84) : 2 = 82	—	22,5	—

Mélange 4.

a) Comme ci-dessus, mais en remplaçant les *lapilli* de lave par du sable du Rhin, soit :

Liant { Chaux normale : 40 parties en poids
 { Tuf de Niamutsibu *Dn 52.56* : 60 parties en poids
 Sable quartzeux du Rhin (grains de 0 à 3 mm) : 250 parties en poids

Proportions du mélange : 1/2,5.

Résistances				
des cubes de norme après	à la compression en kg/cm ²	à la traction en kg/cm ²	à la flexion en kg/cm ²	Densité apparente en kg/dm ³
23 jours	40,0	17,0	—	1,95
5 semaines	60,0	—	—	—
6 mois	(104 + 96) : 2 = 100,0	—	22,8	—
des prismes après				
5 semaines	60,0	8,—	15,6	—

b) Même mélange, en utilisant un grand excès d'eau.
 Enduit pour murs.

Résistances			
des cubes de norme	à la compression en kg/cm ²	à la traction en kg/cm ²	à la flexion en kg/cm ²
après 5 semaines	56,0	13,5	—
6 mois	92,0	16,3	—
des prismes			
après 5 semaines	(44 + 46):2 = 45	—	11,0
6 mois	93,0	—	24,6

Mélange 5. Mortier au sable du Rhin.

Liant { Chaux magnésienne d'Iwinza Dn 52.14 : 30 parties en poids
 { Tuf du Niamutsibu Dn 52.56 : 70 parties en poids
 Sable du Rhin : 300 parties en poids

Proportions du mélange: 1/3. Malaxage mécanique.

Résistances		
à la compression		à la traction
	après 5 semaines	
48,- kg/cm ²		14,7 kg/cm ²
	après 6 mois	
80,- kg/cm ²		16,3 kg/cm ²

*Mélange 6. Mortier avec chaux magnésienne de Kirotshe.
 (Ph. 31).*

Liant { Chaux magnésienne de Kirotshe Dn 52.64 : 40 parties en poids
 { Tuf du Niamutsibu Dn 52.56 : 60 parties en poids
 Lapilli en grains de 1 à 3 mm : 100 parties en poids

Proportions du mélange: 1/1. Consistance de terre mouillée. Malaxage à la main. Petits cubes de 4 cm de côté. Exposition à l'air libre.

Résistances		
à la compression	à la traction	Densité apparente
	après 28 jours	
16,0 kg/cm ²	—	—
	après 2 mois	
56,3 kg/cm ²	—	1,63 kg/dm ³
	après 4 mois	
68,7 kg/cm ²	6,0 kg/cm ²	1,56 kg/dm ³

Bétons pouzzolaniques.

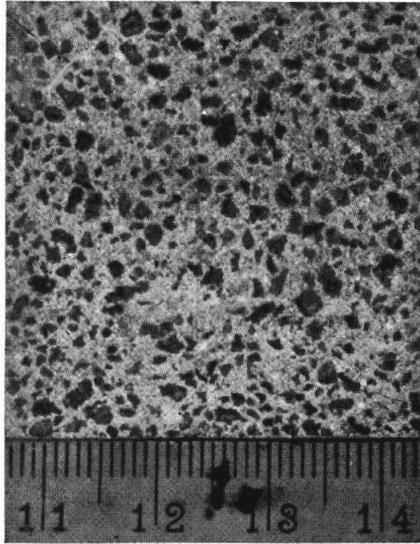


Photo 31. — Composition (voir ci-contre) :

Liant	{	Chaux magnésienne de Kirotsche ..	40 %
		tuf moulu du Niamutsibu	60 %
		Lapilli de 0 à 3 mm.	

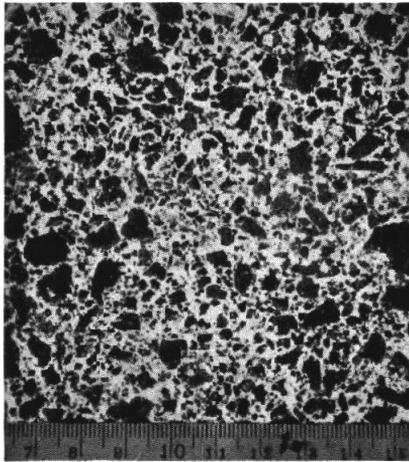


Photo 32. — Composition (voir p. 190) :

Liant	{	chaux magnésienne de Kirotshe ..	40 %
		Tuf moulu du Mt Goma Byungu ..	60 %
		Lapilli de Kisenyi	125 %
		Cendres du Rumoka	125 %

Mélange 7. Idem.

Liant { Chaux magnésienne de Kirotshe Dn 52.65 : 40 parties en poids
 Tuf de Niamutsibu Dn 52.56 : 60 parties en poids
 Lapilli du Rumoka Dn 52.48 (en grains de 1 à 3 mm) : 200 parties en poids

Proportions du mélange: 1/2.

	<i>Résistance à la compression</i>	<i>Densité apparente</i>
après 28 jours	31,0 kg/cm ²	—
après 2 mois	65,0 kg/cm ²	1,79 kg/dm ³
après 4 mois	87,5 kg/cm ²	1,73 kg/dm ³

Mélange 8. Mortier avec le travertin de la Mushuwa (Dundazi).

Dans ce but, le travertin de la vallée de la Mushuwa (Dundazi) Dn 52.7 a été cuit à une température de 950 à 1.000° C. Au cours de la cuisson, on a constaté dans le four l'existence d'impuretés qui se scorifient sous l'action du feu.

La composition chimique de ce travertin est la suivante, d'après une analyse du Service géologique de Bukavu (*Bulletin* 121, 1949).

Insoluble et silice (SiO ²)	4,75 %
Sesquioxydes (R ₂ O ₃)	3,01
Chaux (CaO)	50,90
Magnésie (MgO)	0,77
Anhydride sulfurique (SO ₃)	—
Perte au feu	40,80
	<hr/> 100,23

Liant { Chaux de la Mushuwa Dn 52.7 : 40 parties en poids
 Tuf du Niamutsibu Dn 52.56 : 60 parties en poids
 Lapilli de Kisenyi Dn 52.76 (grains de 0 à 5 mm) : 200 parties en poids

Proportions du mélange: 1/2. Malaxage à la main.

	<i>Résistances</i>		<i>Densité apparente</i>
	<i>à la compression</i>	<i>à la traction</i>	
après 10 semaines	108,0 kg/cm ²	8,5 kg/cm ²	1,51 kg/dm ³

Mélange 9. Mélange avec cendres du Rumoka.

Liant {	Chaux de travertin	40 parties en poids
	Tuf du Niamutsibu <i>Dn 52.56</i>	60 parties en poids
	Cendres et lapilli du Rumoka <i>Dn 52.48</i>	250 parties en poids

Proportions du mélange: 1 / 2,5.

<i>Résistances</i>	
<i>à la compression</i>	<i>à la traction</i>
	après 23 jours
44,0 kg/cm ²	18,2 kg/cm ²
	après 35 jours
49,0 kg/cm ²	—
	après 60 jours
70,0 kg/cm ²	—
	après 180 jours
80,0 kg/cm ²	22,5 kg/cm ²

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

Le tuf *Dn 52.56* du cratère du Niamutsibu présente de bonnes qualités d'hydraulicité latente. Il réagit avec la chaux magnésienne du marbre d'Iwinza *Dn 52.14* et de la dolomie de Kirotsche *Dn 52.65*, ainsi qu'avec la chaux grasse du travertin de la Mushuwa *Dn 52.7*, en donnant un mortier de très bonne qualité, entièrement approprié à la technique de la construction, c'est-à-dire, la fabrication des mortiers de liaison, de bétons de fondation et de pierres à bâtir.

2. Tuf du Mont Goma (baie des Byungu) *Dn 52.69*.

SITUATION.

Tuf prélevé au Mont Goma, au bord de la baie des Byungu, au flanc de la route du terrain de golf.

DESCRIPTION.

Tuf ferme de teinte générale havane clair renfermant des lapilli vitreux noirs luisants de moins de 1 mm enrobés dans une gangue brun terne.

Résistance à la compression: $(165 + 131) : 2 = 148,0$ kg/cm².

Densité apparente: 1,64 kg/dm³.

DÉTERMINATION DE LA CAPACITÉ RÉACTIONNELLE
(méthode HART).

Perte de poids à 100° C	9,70 %
Eau d'hydratation	11,56
Insoluble dans HCl	5,86
Silice soluble (SiO ₂)	27,80
Sesquioxydes solubles (R ₂ O ₃)	25,86
Chaux soluble (CaO)	9,66
Magnésie soluble (MgO)	3,26
Anhydride sulfurique (SO ₃)	0,08
	<hr/>
	72,52
Perte au feu	20,14
	<hr/>
	92,66
Alcalis par différence	7,34
	<hr/>
	100,00

Matière soluble dans HCl = 66,66 %. Facteurs hydrauliques = 53,66 %

EXAMEN DES PROPRIÉTÉS HYDRAULIQUES LATENTES
D'APRÈS DIN 1043.

Degré de mouture du tuf: refus au tamis 900 M/S (mailles de 0,2 mm d'ouverture): 0,6 %.

Eau de gâchage: 15 %.

Essai sur mortier « Trassnormen » avec le tuf Dn 52.69.

<i>Résistances</i>	
<i>à la compression</i>	<i>à la traction</i>
	après 7 jours
50,0 kg/cm ²	9,5 kg/cm ²
46,0 kg/cm ²	8,5 kg/cm ²
54,0 kg/cm ²	9,0 kg/cm ²
<hr/> 50,0 kg/cm ²	<hr/> 9,0 kg/cm ²
	après 28 jours
122,0 kg/cm ²	20,0 kg/cm ²
128,0 kg/cm ²	21,7 kg/cm ²
—	20,9 kg/cm ²
<hr/> 125,0 kg/cm ²	<hr/> 20,9 kg/cm ²
	après 56 jours
180,0 kg/cm ²	23,3 kg/cm ²
174,0 kg/cm ²	23,0 kg/cm ²
176,0 kg/cm ²	22,9 kg/cm ²
<hr/> 177,0 kg/cm ²	<hr/> 23,1 kg/cm ²
	après 84 jours
184,0 kg/cm ²	25,0 kg/cm ²
182,0 kg/cm ²	25,5 kg/cm ²
180,0 kg/cm ²	25,5 kg/cm ²
<hr/> 182,0 kg/cm ²	<hr/> 25,3 kg/cm ²
	après un an ⁽¹⁾
260,0 kg/cm ²	26,0 kg/cm ²

Conclusion: Ce tuf présente de bonnes propriétés hydrauliques latentes semblables à celles du mortier « *Trassnormen* » DIN 1043. Il est utilisable pour tous genres de mortiers de construction.

RECHERCHES SUR LES PROPRIÉTÉS TECHNIQUES D'UN MORTIER.

Pour ces recherches, nous avons utilisé, comme liant, uniquement la chaux magnésienne de la dolomie de Kirotshe Dn 52.65 dont l'analyse chimique a été donnée Chap. VI, II.

⁽¹⁾ Résultats communiqués le 17 avril 1954.

Mélange 1.

Liant { Chaux magnésienne de Kirotshe *Dn 52.65* : 30 parties en poids
 { Tuf des Byungu *Dn 52.69* : 70 parties en poids
 Sable quartzeux (grains de 0 à 4 mm) : 300 parties en poids

Proportions du mélange : 1/3. Mélange fait à la main à consistance de terre mouillée ; malaxage à la main. Éprouvettes cubiques de 7,1 cm de côté.

Résistances après exposition à l'air libre :

<i>à la compression</i>		<i>à la traction</i>
	après 4 semaines	
30,0 kg/cm ²		10,0 kg/cm ²
	après 6 mois	
56,0 kg/cm ²		10,6 kg/cm ²
<u>54,0 kg/cm²</u>		
55,0 kg/cm ²		

Mélange 2.

Liant { Chaux magnésienne du Kirotshe *Dn 52.65* : 30 parties en poids
 { Tuf des Byungu *Dn 52.69* : 70 parties en poids
 Sable : 300 parties en poids

Proportions du mélange : 1/3. Mélange à la main et malaxage comme ci-dessus. Éprouvettes cubiques de 7,1 cm de côté.

Résistances, après exposition à l'air libre :

<i>à la compression</i>		<i>à la traction</i>
	après 4 semaines	
46,0 kg/cm ²		14,7 kg/cm ²
	après 6 mois	
88,0 kg/cm ²		15,4 kg/cm ²
<u>89,0 kg/cm²</u>		—
88,5 kg/cm ²		

Densité apparente : 1,85 kg/dm³.

Mélange 3 (Ph. 32).

Liant	{	Chaux magnésienne de Kirotshe Dn 52.65 :	40 parties en poids
		Tuf des Byungu Dn 52.69	60 parties en poids
(Cendres de Kisenyi Dn 52.48 : 125 parties)			
(Cendres du Rumoka Dn 52.76 : 125 parties)			250 parties en poids

Mélange à la main à consistance de terre mouillée.
Malaxage à la main. Éprouvettes cubiques de 10 cm de côté.

Après 6 semaines d'exposition à l'air libre :

Résistance à la compression : 39,0 kg/cm².

Densité apparente : 1,50 kg/dm³.

Résistance des arêtes : bonne.

Mélange 4.

Mélange identique au mélange 3.

Mélange à la main ; malaxage plus léger.

à la compression	<i>Résistances</i>	<i>Densités apparentes</i>
21,0 kg/cm ²		1,35 kg/dm ³
	après 17 semaines	
32,0 kg/cm ²		1,28 kg/dm ³

Résistance des arêtes : bonne.

3. Tuf du Mont Goma (flanc est) Dn 52.68.

SITUATION.

Flanc de la route qui, tenant à l'avenue Circulaire, s'élève sur le flanc est du Mont Goma. Échantillon prélevé dans une ballastière où on l'exploitait, en mai 1952, comme matériaux d'empierrement ; l'endroit exact est à quelques mètres de la boucle de la route.

DESCRIPTION.

Tuf assez ferme, brun grisâtre, à grain assez fin contenant des lapilli disséminés, de 1 à 3 mm, brun foncés luisants.

DÉTERMINATION DE LA CAPACITÉ RÉACTIONNELLE
(méthode HART).

Perte de poids à 100° C	4,72 %
Eau d'hydratation	10,95
Insoluble dans HCl	<u>10,46</u>
Silice soluble (SiO ²)	25,12
Sesquioxydes solubles (R ₂ O ₃)	28,66
Chaux soluble (CaO)	9,42
Magnésie soluble (MgO)	2,90
Anhydride sulfurique (SO ₃)	traces
	<u>76,56</u>
Perte au feu	15,17
	<u>91,73</u>
Alcalis par différence	8,27
	<u>100,00</u>

Matières solubles dans HCl = 66,10 %. Facteurs hydrauliques = 53,78 %.

EXAMEN DES PROPRIÉTÉS HYDRAULIQUES LATENTES
D'APRÈS DIN 1043.

Degré de mouture du tuf: refus au tamis 900 M/S (mailles de 0,2 mm d'ouverture) = 0,0 %.

Eau de gâchage = 16 %.

Essais sur un mortier « Trassnormen » avec le tuf Dn 52.68.

à la compression	Résistances	à la traction
	après 7 jours	
76,0 kg/cm ²		12,3 kg/cm ²
78,0 kg/cm ²		12,1 kg/cm ²
<u>77,0 kg/cm²</u>		<u>12,2 kg/cm²</u>
144,0 kg/cm ²	après 28 jours	24,3 kg/cm ²
200,0 kg/cm ²	après 56 jours	25,0 kg/cm ²

CONCLUSIONS.

Étant issu du même foyer de formation, le tuf *Dn 52.68* du flanc est du Mont Goma, possède une composition chimique et de bonnes propriétés hydrauliques latentes analogues à celles du tuf *Dn 52.69*.

Ce dernier (baie des Byungu) (nous l'avons dit) est utilisable pour la confection de mortiers de tous genres. Après des temps de durcissement plus prolongés, il atteindra une résistance de même ordre que celle du ciment.

4. Cendre altérée de Rumangabo Dn 52.75.

SITUATION.

Dans les talus de la dérivation de la route de Goma à Rutshuru, à Rumangabo, le Parc National Albert exploite un tuf volcanique très hétérogène provenant de petits cratères d'explosion du voisinage.

NUMÉROS DES PRÉLÈVEMENTS : *Dn 52.74* et *Dn 52.75*.

DESCRIPTION.

Ce tuf est formé de lave leucitique et se compose de bombes souvent anguleuses atteignant parfois 1 m³, enrobées dans une cendrée de teinte bleuâtre, constituée par des lapilli de moins de 1 cm de diamètre (prélèvement *Dn 52.74*).

A la partie supérieure du dépôt, cette cendrée s'altère progressivement en produits argileux et prend une teinte brun verdâtre. C'est le « *yunga buya* » des indigènes (prélèvement *Dn 52.75*).

OBSERVATION.

C'est cette cendre plus ou moins altérée qui est exploitée par le P. N. A. pour la confection :

1° De blocs de béton léger, avec de la chaux obtenue par cuisson dans des fours très primitifs (touques percées de trous) de travertin provenant de Katale, rivière Rwanki, à hauteur du Km 257 de la route Goma-Rutshuru, et

2° De mortier et de crépi.

Les proportions utilisées pour la confection des blocs sont :

5 parties de cendres débarrassées de gros blocs ;

2 parties de chaux.

Mortier et crépi sont formés de :

3 parties de cendres tamisées au-dessous de 0,5 cm ;

1 partie de chaux.

DÉTERMINATION DE LA CAPACITÉ RÉACTIONNELLE DE LA CENDRE DN 52.75 (méthode HART).

Perte de poids à 100° C	3,12 %
Eau d'hydratation	8,65
Insoluble dans HCl	<u>62,86</u>
Silice soluble (SiO ₂)	5,54
Sesquioxides solubles (R ₂ O ₃)	15,62
Chaux soluble (CaO)	2,10
Magnésie soluble (MgO)	0,63
Anhydride sulfurique (SO ₃)	<u>0,23</u>
	<u>86,98</u>
Perte au feu	<u>11,50</u>
	<u>98,48</u>
Alcalis par différence	<u>1,52</u>
	<u>100,00</u>

Matières solubles dans HCl = 24,12 %. Facteurs hydrauliques = 21,16 %.

EXAMEN DES PROPRIÉTÉS HYDRAULIQUES LATENTES D'APRÈS DIN 1043.

Degré de mouture: refus au tamis 900 M/S (mailles de 0,2 mm d'ouverture) : 0,0 %.

Eau de gâchage: 17,5 %.

Essais sur un mortier « Trassnormen » avec la cendre altérée Dn 52.75.

<i>Résistances</i>	
<i>à la compression</i>	<i>à la traction</i>
	après 7 jours
40,0 kg/cm ²	10,2 kg/cm ²
36,0 kg/cm ²	11,8 kg/cm ²
37,0 kg/cm ²	11,6 kg/cm ²
<u>37,7 kg/cm²</u>	<u>11,2 kg/cm²</u>
	après 28 jours
56,0 kg/cm ²	20,5 kg/cm ²
55,0 kg/cm ²	20,6 kg/cm ²
54,0 kg/cm ²	20,7 kg/cm ²
<u>55,0 kg/cm²</u>	<u>20,6 kg/cm²</u>
	après 56 jours
144,0 kg/cm ²	25,0 kg/cm ²
136,0 kg/cm ²	25,7 kg/cm ²
138,0 kg/cm ²	25,5 kg/cm ²
<u>139,0 kg/cm²</u>	<u>25,4 kg/cm²</u>
	après 86 jours
210,0 kg/cm ²	—
194,0 kg/cm ²	—
201,0 kg/cm ²	—
<u>202,0 kg/cm²</u>	—

CONCLUSIONS

Après une faible résistance initiale, la cendre de Ru-mangabo Dn 52.75 montre un bon durcissement subsé-quent. Elle est utilisable pour mortiers et pierres de construction. Elle est déjà employée à cette fin, mais d'une façon primitive.

5. Tuf gris de la Ruindi Dn 52.162.

SITUATION.

Affleurement isolé d'un banc stratifié blanchâtre dans la plaine du Lac Édouard, entre le camp de la Ruindi et le lac.

DESCRIPTION.

Tuf gris clair très léger, assez ferme, constitué par sédiments très fins traversés par des lits de tuf pisolitique rappelant le *Bimstein* allemand. Les lapilli de couleur blanche sont entièrement altérés et ont une consistance crayeuse.

OBSERVATION.

Le P. N. A. extrait de ce banc de tuf des moellons et des pierres de construction pour le camp de la Ruindi. Ces matériaux présentent des qualités remarquables, à tous les points de vue.

DÉTERMINATION DE LA CAPACITÉ RÉACTIONNELLE
DU TUF DN 52.162 (méthode HART).

Perte de poids à 100° C	5,70 %
Eau d'hydratation	10,18
Insoluble dans HCl	<u>56,64</u>
Silice soluble (SiO ₂)	5,28
Sesquioxydes solubles (Fe ₂ O ₃)	11,74
Chaux soluble (CaO)	6,44
Magnésie soluble (MgO)	0,68
Anhydride sulfurique (SO ₃)	traces
	<u>80,78</u>
Perte au feu	15,30
	<u>96,08</u>
Alcalis par différence	3,92
	<u>100,00</u>

Matières solubles dans HCl = 24,14 %. Facteurs hydrauliques = 17,02 %.

EXAMEN DES PROPRIÉTÉS HYDRAULIQUES LATENTES
D'APRÈS DIN 1043.

Degré de mouture du tuf: refus au tamis 900 M/S (mailles de 0,2 mm d'ouverture) : 0,0 %.

Eau de gâchage: 17 %.

Essais sur mortier « Trassnormen » avec le tuf Dn 52.162.

<i>à la compression</i>	<i>Résistances</i>	<i>à la traction</i>
	après 7 jours	
92,0 kg/cm ²		17,4 kg/cm ²
88,0 kg/cm ²		16,6 kg/cm ²
89,5 kg/cm ²		16,9 kg/cm ²
90,0 kg/cm ²		17,0 kg/cm ²
	après 28 jours	
174,0 kg/cm ²		24,0 kg/cm ²
180,0 kg/cm ²		25,8 kg/cm ²
177,2 kg/cm ²		25,0 kg/cm ²
177,0 kg/cm ²		24,9 kg/cm ²
	après 56 jours	
222,0 kg/cm ²		26,0 kg/cm ²
216,0 kg/cm ²		28,0 kg/cm ²
219,3 kg/cm ²		26,8 kg/cm ²
219,1 kg/cm ²		27,0 kg/cm ²
	après 84 jours	
240,0 kg/cm ²		27,6 kg/cm ²
250,0 kg/cm ²		29,4 kg/cm ²
246,0 kg/cm ²		28,5 kg/cm ²
245,3 kg/cm ²		28,5 kg/cm ²
	après 300 jours	
254,0 kg/cm ²		28,6 kg/cm ²

CONCLUSIONS.

Le tuf clair de la Ruindi Dn 52.162 possède de bonnes qualités hydrauliques latentes. Mais cette conclusion n'a qu'une valeur scientifique, puisque le gisement se trouve dans la réserve du P. N. A. Et de toute façon, il est éloigné des centres de colonisation, bien qu'il soit situé à proximité d'une grande voie de communication.

6. Tuf gris de Karibumba Dn 52.177.

SITUATION.

Bord ouest du cratère du volcan de Karibumba. Ce volcan est constitué de cendres agglomérées que la route traverse en tranchée à 22 km au sud de Beni.

DESCRIPTION.

Tuf ferme de couleur gris foncé, à structure grenue pseudo-oolithique, souvent riche en enclaves cristallines de granite et d'amphibolite arrachées au socle précambrien sur lequel le volcan repose.

DÉTERMINATION DE LA CAPACITÉ RÉACTIONNELLE
DU TUF DN 52.177 (méthode HART).

Perte de poids à 100° C	2,00 %
Eau d'hydratation	6,13
Insoluble dans HCl	<u>33,80</u>
Silice soluble (SiO ₂)	11,16 } 12,26 }
Sesquioxydes solubles (R ₂ O ₃)	
Chaux soluble (CaO)	12,60
Magnésie soluble (MgO)	10,88
Anhydride sulfurique (SO ₃)	traces
	<u>80,70</u>
Anhydride carbonique (CO ₂)	6,26
Perte au feu	<u>9,72</u>
	96,68
Alcalis par différence	<u>3,32</u>
	100,00

Matières solubles dans HCl = 46,90 %. Facteurs hydrauliques = 23,42 %.

EXAMEN DES PROPRIÉTÉS HYDRAULIQUES LATENTES
D'APRÈS DIN 1043.

Degré de mouture du tuf :

Refus au tamis 900 M/S (mailles de 0,2 mm d'ouverture) : 0,0 %.

Eau de gâchage : 17 %.

Essais sur mortier « Trassnormen » avec le tuf Dn 52.177.

<i>Résistances</i>	
<i>à la compression</i>	<i>à la traction</i>
	après 7 jours
28,0 kg/cm ²	4,5 kg/cm ²
26,0 kg/cm ²	4,5 kg/cm ²
27,0 kg/cm ²	4,5 kg/cm ²
<u>27,0 kg/cm²</u>	<u>4,5 kg/cm²</u>
	après 28 jours
88,0 kg/cm ²	15,0 kg/cm ²
90,0 kg/cm ²	17,0 kg/cm ²
89,0 kg/cm ²	16,9 kg/cm ²
<u>89,0 kg/cm²</u>	<u>16,3 kg/cm²</u>
	après 56 jours
116,0 kg/cm ²	18,6 kg/cm ²
108,0 kg/cm ²	20,2 kg/cm ²
112,0 kg/cm ²	19,3 kg/cm ²
<u>112,0 kg/cm²</u>	<u>19,4 kg/cm²</u>
	après 84 jours
134,0 kg/cm ²	22,0 kg/cm ²
130,0 kg/cm ²	21,4 kg/cm ²
126,0 kg/cm ²	21,6 kg/cm ²
<u>130,0 kg/cm²</u>	<u>21,7 kg/cm²</u>
	après 300 jours
170,0 kg/cm ²	23,0 kg/cm ²

CONCLUSIONS.

L'énergie hydraulique latente du tuf *Dn 52.177* de Karibumba n'est pas aussi élevée que celle des tufs du Mont Goma. Cette différence pourrait être étudiée d'un point de vue scientifique. De toutes façons, ce tuf convient pour la fabrication de mortiers de construction.

C. — Résumé et conclusions.

(M.-E. DENAEYER et H. HART).

Les recherches chimiques et techniques sur les tufs et les cendres du Kivu mélangés avec des chaux de travertins, de calcaires et de dolomies de la même région ont prouvé

que ces matières constituent de bons liants hydrauliques. Elles peuvent fournir des mortiers de liaison et des mortiers de fondations et sont également propres à la confection de pierres légères pour la construction et les ouvrages de tout genre.

On a d'abord expérimenté systématiquement, pendant des périodes de 3 à 6 mois, et plus, le développement de la résistance des mortiers de tufs et de cendres du Kivu possédant des propriétés hydrauliques latentes, sur des mélanges composés suivant les normes DIN 1043 (« Trassnormenprüfung » : tufs ou cendres moulus à moins de 0,2 mm, 1.000 gr ; chaux de norme 800 gr ; sable de norme 1.500 gr ; eau de gâchage 15 à 17 %).

Le caractère zéolitique des tufs et des cendres qui résulte de leur teneur en eau d'hydratation (« chemisch gebundenes Wasser ») a une influence importante sur la valeur de la résistance initiale des mortiers. Pour de faibles quantités d'eau d'hydratation et une teneur élevée en facteurs hydrauliques solubles dans l'acide chlorhydrique ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$), on constate de faibles résistances initiales et une importante augmentation de la résistance au cours du durcissement. Pour de grandes quantités d'eau d'hydratation, la résistance initiale est très élevée.

Le tableau I résume les résultats de l'étude chimique des cendres et des tufs au point de vue de leurs propriétés hydrauliques latentes. Le tableau II et les diagrammes 10 et 11 montrent le développement de leur énergie hydraulique latente contrôlé par les essais de résistance sur les mortiers « Trassnormen » poursuivis pendant 3 mois au moins. Enfin, le tableau III et le diagramme 12 traduisent l'influence de l'eau d'hydratation et des facteurs hydrauliques sur la valeur des résistances initiales et de leur développement après 3 mois de durcissement.

TABLEAU I. — *Capacités réactionnelles et facteurs hydrauliques des cendres et des tufs.*

	% Matières solubles dans HCl	% Eau d'hydratation	% Facteurs hydrauliques (SiO ₂ + R ₂ O ₃)
Cendre 52.48 (Rumoka)	67,25	0,00	51,24
Cendre 52.54 (Niamutsibu)	76,82	0,00	65,10
Lapilli 52.78 (Mahungwe)	64,16	0,00	50,32
Lapilli 52.126 (Mudende)	41,20	0,80	32,66
Tuf 52.56 (Niamutsibu)	52,40	11,60	38,92
Tuf 52.69 (Mt. Goma, Byungu)	66,66	11,56	53,66
Tuf 52.68 (Mt. Goma, flanc est)	66,10	10,95	53,78
Cendre 52.75 (Rumangabo) altérée	24,12	8,65	21,16
Tuf 52.162 (Ruindi, P.N.A.)	24,14	10,18	17,02
Tuf 52.177 (Karibumba)	46,90	6,13	23,42

TABLEAU II. — *Essais de résistance des mortiers « Trassnormen » DIN 1054 (Diagrammes 10 et 11)*

Mélanges « Trassnormen » avec	Résistance kg/cm ² à la compression après					Résistances kg/cm ² à la traction après			
	7 jours	28 jours	56 jours	84 jours	112 jours	7 jours	28 jours	56 jours	84 jours
Cendre 52.48	5,4	33	64	—	116	—	—	—	—
Cendre 52.54	13	92	153	185	185	2,6	13,5	17,0	22,0
Cendre 52.61 ⁽¹⁾	24	57	73	—	—	4,7	10,7	13,5	—
Lapilli 52.126	19	60,3	83	—	—	3,86	11,2	15,5	—
Tuf 52.56	106	153	159,3	—	—	14,0	24,3	25,7	—
Tuf 52.69	50	125	177	182	—	9,0	20,9	23,1	25,3
Tuf 52.68	77	144	200	—	—	12,2	24,3	25,0	—
Cendre alt. 52.75	37,7	55	139	202	—	11,2	20,6	25,4	—
Tuf 52.162	90	177	219,1	245,3	—	17,0	24,9	27,0	28,5
Tuf 52.177	27	89	112	130	—	4,5	16,3	19,4	21,7

(1) La cendre 52.61 n'a subi qu'un broyage au cylindre.

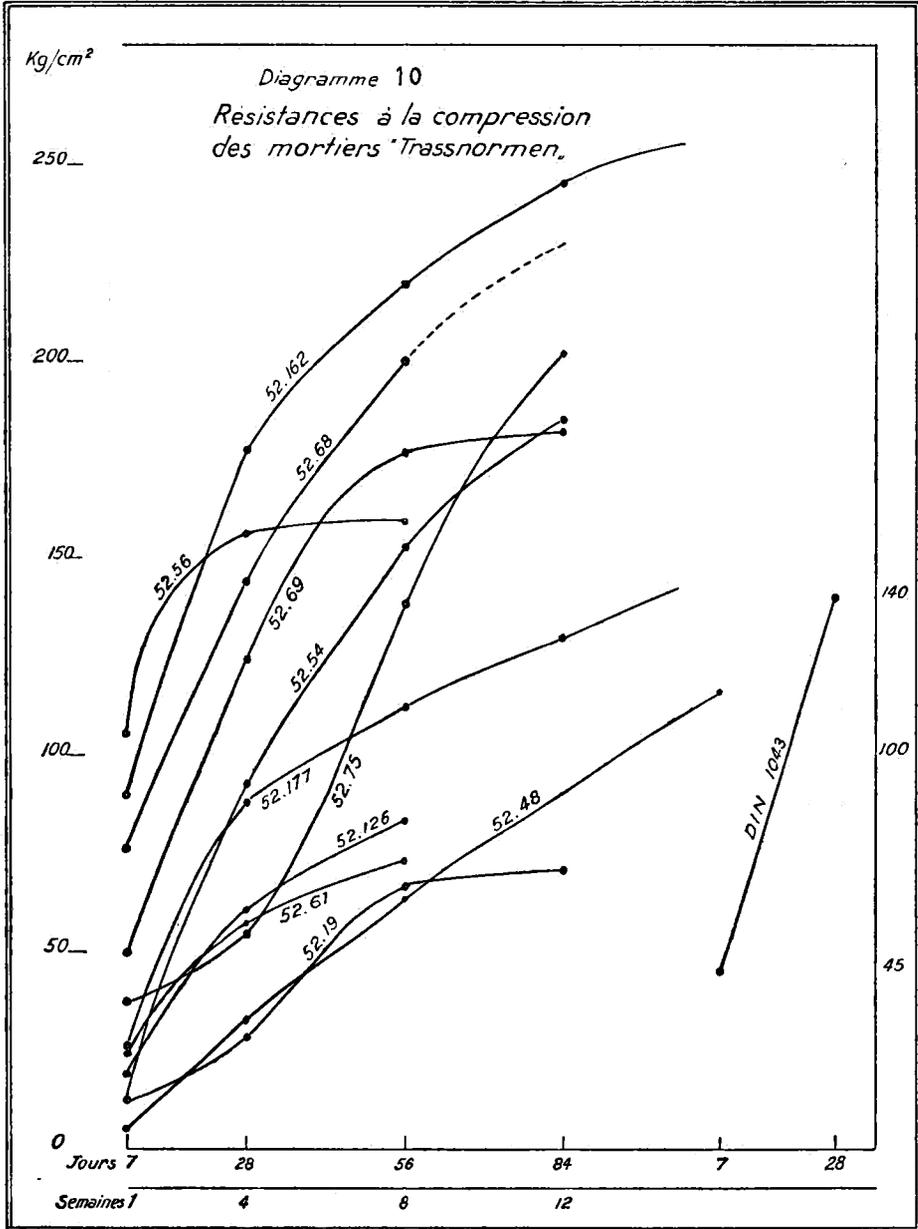


TABLEAU III. — Influence de l'eau d'hydratation et des facteurs hydrauliques sur la résistance initiale des mortiers « Trassnormen » et sur son développement (Diagramme 12).

Mélanges « Trassnormen » avec	Facteurs hydrauliques solubles ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$)			Eau d'hydratation	Résistances à 7 et 84 jours en kg/cm^2	Observations
	SiO_2 %	R_2O_3 %	Total			
Cendre 52.54 (Niamutsibu)	33,34	31,76	65,10	0,00	13-185	<i>Pas d'eau d'hydratation, haute teneur en facteurs hydrauliques; Bon durcissement ultérieur.</i>
Lapilli 52.126 (Mudende)	11,46	21,20	32,66	0,80	19-83	<i>Presque pas d'eau d'hydratation, faible teneur en facteurs hydrauliques; Durcissement ultérieur modéré.</i>
Tuf 52.177 (Karinumba)	11,16	12,26	23,42	6,13	27-120	<i>Quantité modérée d'eau d'hydratation. Durcissement satisfaisant.</i>
Tuf 52.162 (Ruindi P.N.A.)	5,28	11,74	17,02	10,18	90-245	<i>Haute teneur en eau d'hydratation, très faible teneur en facteurs hydrauliques. Bon durcissement initial. Très bon durcissement ultérieur.</i>
Tuf 52.56 (Niamutsibu)	14,70	24,22	38,92	11,60	106-160	<i>Haute teneur en eau d'hydratation. Teneur assez haute en facteurs hydrauliques. Très bon durcissement initial.</i>

Ensuite des mortiers de liaison et pour la fabrication de pierres à bâtir (blocs de béton léger) ont été composés systématiquement, sur les bases scientifiques et pratiques exposées ci-dessus, à partir de mélanges de 60 % de tufs ou de cendres moulus et de 40 % de chaux de travertins, de calcaires et de dolomies du Kivu auxquels on a ajouté des quantités variables de sable ou de lapilli poreux. Le tableau IV et le diagramme 13 résument les essais de résistance à la compression effectués sur ces mortiers.

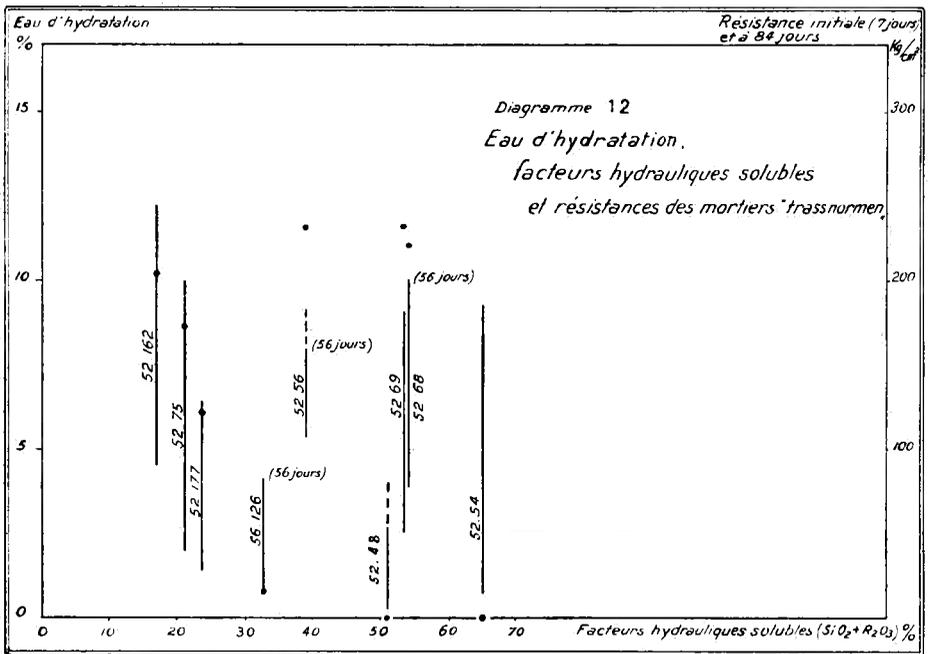
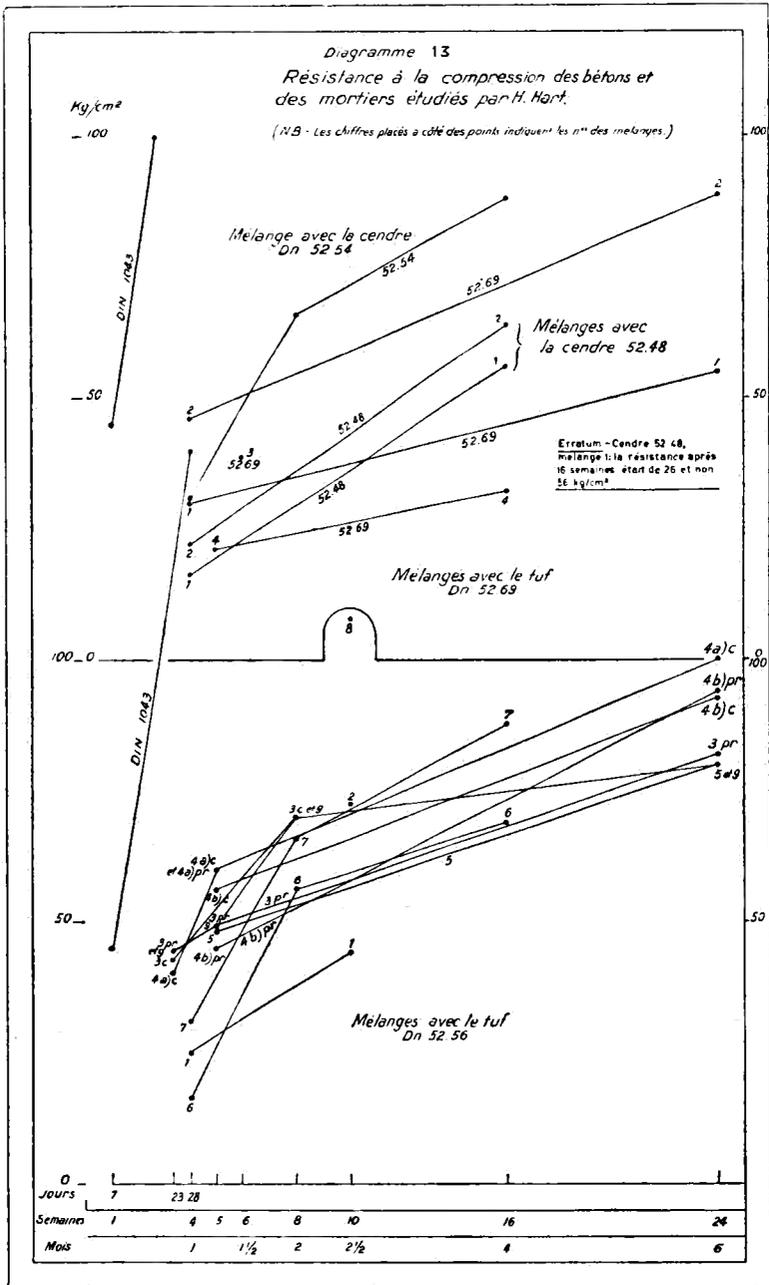


TABLEAU IV. — *Essais de résistance à la compression (kg/cm²) des mortiers composés avec les cendres, tufs et calcaires du Kivu. (Diagramme 13).*

après →	23 jours	4 sem.	5 sem.	6 sem.	8 sem.	10 sem.	16 sem.	24 sem.
<i>Mélanges avec cendre 52.48</i>								
Mélange 1.	—	16	—	—	—	—	26	—
Mélange 2.	22	—	—	—	—	—	64	—
<i>Mélange avec cendre 52.54</i>								
	—	31	—	—	65,6	—	87,5	—
<i>Mélanges avec le tuf 52.56</i>								
Mélange 1.	—	25	—	—	—	44	—	—
Mélange 2	—	—	—	—	—	72	—	—
Mélange 3 :								
sur cubes (c)	42	—	—	—	70	—	—	—
sur prismes (pr)	44	—	49	—	—	—	—	82
Mélange 4 a) :								
sur cubes (c)	40	—	60	—	—	—	—	100
sur prismes (pr)	—	—	60	—	—	—	—	—
Mélange 4 b) :								
sur cubes (c)	—	—	56	—	—	—	—	92
sur prismes (pr)	—	—	45	—	—	—	—	93
Mélange 5.	—	—	48	—	—	—	—	80
Mélange 6.	—	16	—	—	56,3	—	68,7	—
Mélange 7.	—	31	—	—	65,6	—	87,5	—
Mélange 8.	—	—	—	—	—	108	—	—
Mélange 9.	44	—	59	—	70	—	—	80
<i>Mélanges avec le tuf 52.69</i>								
Mélange 1.	—	30	—	—	—	—	—	55
Mélange 2.	—	46	—	—	—	—	—	88,5
Mélange 3.	—	—	—	39	—	—	—	—
Mélange 4.	—	—	21	—	—	—	—	32

N. B. — Pour la composition des mélanges, voir le texte, divisions A et B.



En somme, tout mélange préparé avec des tufs ou des cendres convenablement moulus et possédant des propriétés hydrauliques latentes suffisantes est apte à la fabrication de mortiers de liaison et de pierres à bâtir.

A cet égard, les tufs du type Niamutsibu (52.56), Mont Goma (52.68 et 52.69) et Ruindi (52.162) sont particulièrement recommandables. Les cendres noires du Niamutsibu (52.54) peuvent également fournir un bon mortier.

Voici quelques exemples de mélanges.

Mélange pour mortier de maçonnerie.

Liant	{	Chaux	40 parties en poids
		Tufs ou cendres moulus	60 parties en poids
	Sable (de la Sebaya ou autre)	300 parties en poids	

Proportions : 1/3.

Résistances à la compression : 50 à 60 kg/cm².

Remarque : en Europe, pour des maçonneries plus chargées, les mélanges composés de :

ciment : 1 partie en poids	} = 1/3
chaux : 2 parties en poids	
sable : 9 parties en poids	

atteignent également des résistances à la compression de 50 kg/cm².

Mélanges pour pierres de construction.

a) *Lourdes.*

Liant	{	chaux de dolomie (Kirotshe) ou de travertin : 40 parties en poids
		tufs moulus..... : 60 parties en poids
Sable (de la Sebaya) ou cendres du Rumoka		: 300 parties en poids

Proportions : 1/3.

Résistances à la compression : 80 à 100 kg/cm².

b) *Légères.*

Liant { chaux de dolomie ou de travertin : 40 parties en poids
 tufs ou cendres moulus : 60 parties en poids
 Lapilli poreux : 250 parties en poids

Proportions: 1/2,5.

Résistances à la compression: 30 à 72 kg/cm².

Densité apparente: 1,24 à 1,48 kg/dm³.

Rappelons, par exemple, que le mélange 1 avec le tuf Dn 52.56 (Niamutsibu) composé de :

Liant { Chaux de dolomie : 40 parties en poids
 Tuf moulu : 60 parties en poids
 Lapilli poreux de Kisenyi : 400 parties en poids

atteint les résistances et les densités suivantes :

<i>à la compression</i>	<i>Résistances</i>	
	<i>à la traction</i>	<i>Densité apparente</i>
	après 1 mois	
25 kg/cm ²	8,6 kg/cm ²	1,25 kg/dm ³
	après 2 1/2 mois	
44 kg/cm ²	17,6 kg/cm ²	1,24 kg/dm ³

CHAPITRE VIII

Étude technique de quelques laves

(H. HART).

I. Trachytes gris Dn 52.19 et 52.24.

SITUATION.

Le trachyte Dn 52.19 provient de Shangugu où il est exploité pour empierrement et moëllons.

Le trachyte Dn 52.24 était exploité au Centre Extra-Coutumier de Bukavu pour moëllons et soubassements.

DESCRIPTION.

Ces deux échantillons de teinte gris clair sont très fermes et compacts (Voir analyse pétrographique et chimique du trachyte de Shangugu, chapitre IV, A. I. 2).

DÉTERMINATION DE LA CAPACITÉ RÉACTIONNELLE DU TRACHYTE DN 52.19 (Méthode HART)

Insoluble dans HCl	92,00 %
Silice soluble (SiO ₂)	2,54 } 0,00 }
Sesquioxydes solubles (R ₂ O ₃)	
Chaux soluble (CaO)	0,36
Magnésie soluble	traces
Perte au feu	—

Matières solubles dans HCl = 7,90 %. Facteurs hydrauliques = 7,54 %.

EXAMEN DES PROPRIÉTÉS HYDRAULIQUES LATENTES
D'APRÈS DIN 1043.

Degré de mouture de la lave :

Refus au tamis 900 M/S (mailles de 0,2 mm d'ouverture) : 0,0 %.

Eau de gâchage : 15 %.

Essais sur mortier « Trassnormen » du trachyte Dn 52.19.

<i>Résistances</i>	
<i>à la compression</i>	<i>à la traction</i>
	après 7 jours
12,4 kg/cm ²	3,8 kg/cm ²
12,6 kg/cm ²	4,2 kg/cm ²
<u>12,6 kg/cm²</u>	<u>4,0 kg/cm²</u>
12,5 kg/cm ²	4,0 kg/cm ²
	après 28 jours
30,0 kg/cm ²	8,5 kg/cm ²
28,5 kg/cm ²	8,4 kg/cm ²
<u>28,0 kg/cm²</u>	<u>8,1 kg/cm²</u>
29,0 kg/cm ²	8,3 kg/cm ²
	après 56 jours
70,0 kg/cm ²	11,3 kg/cm ²
64,0 kg/cm ²	10,7 kg/cm ²
<u>68,0 kg/cm²</u>	<u>11,0 kg/cm²</u>
67,0 kg/cm ²	11,0 kg/cm ²
	après 84 jours
68,0 kg/cm ²	14,0 kg/cm ²
74,0 kg/cm ²	14,6 kg/cm ²
<u>70,8 kg/cm²</u>	<u>14,3 kg/cm²</u>
71,0 kg/cm ²	14,3 kg/cm ²

CONCLUSIONS.

Le trachyte Dn 52.19 ne montre que de très faibles valeurs d'hydraulicité latente, insuffisantes pour la technique des mortiers. Il n'est pas utilisable comme liant.

Les trachytes Dn 52.19 et 52.24 comme pierres de construction pour soubassements, piliers et parements.

<i>Essais de résistance</i>	<i>Dn 52.19</i>	<i>Dn 52.24</i>
à la compression	547 et 510 kg/cm ²	950 et 870 kg/cm ²
à la flexion	120 kg/cm ²	229 kg/cm ²
<i>Densité apparente</i>	2,29 kg/dm ³	2,50 kg/dm ³

Pour pouvoir émettre un jugement sur le *comportement de ces trachytes aux intempéries*, en cas d'emploi dans les murs extérieurs, nous avons effectué les essais suivants.

Des morceaux découpés dans les deux trachytes ont été plongés à trois reprises, pendant 24 heures, dans une atmosphère de vapeur d'eau saturée d'anhydride carbonique (CO₂), à une température d'environ 70 à 80 degrés C.

Après ce traitement, on n'a pu observer aucun changement en déplaçant ou en secouant les morceaux.

Ils furent ensuite immergés pendant plus de trois mois dans de l'eau chargée de CO₂. Extérieurement, ils ne présentèrent pas non plus de changement.

Mais il était intéressant de mesurer l'influence de ces traitements successifs sur la *résistance à la compression*.

Nous avons obtenu :

Résistance à l'écrasement du trachyte Dn 52.19 :
460 kg/cm².

Résistance à l'écrasement du trachyte Dn 52.24 :
760 kg/cm².

On peut donc conclure que l'influence des traitements ci-dessus est faible et que ces deux trachytes montreront des qualités constantes, même sous le climat tropical.

Comme exemples d'utilisation de trachytes en éléments découpés et polis pour la décoration intérieure, citons

les cheminées, les marches d'escalier, les autels ou la sculpture.

2. — Lave basaltique du Rumoka.

SITUATION.

La route de Sake à Goma recoupe la coulée de lave issue du Rumoka en 1912. L'échantillon étudié ici a été prélevé au Km 187 et remis à H. HART par l'intermédiaire de l'Office des Cités africaines.

OBSERVATION.

La mission a échantillonné cette lave au Km 184 sous le n° *Dn* 52.52 (Voir analyse pétrographique et chimique, chap. IV, A. III, *l. c.*).

DESCRIPTION.

Lave noire très vacuolaire.

Densité apparente: 1 kg/dm³.

Résistance à la compression: 86 kg/cm².

Coefficient de conductibilité thermique: 0,25 kcal/m h°C.

CALCUL DU COEFFICIENT DE TRANSMISSION THERMIQUE.

1. Pour un mur de 15 cm d'épaisseur, sans enduit :

$$\frac{0,15}{0,25} = 0,600 + 0,190 = 0,790$$

$$\frac{1}{0,790} = 1,263 + 10 \% \text{ de coefficient de sécurité}$$

$$= 1,389 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ \text{C}$$

Pierres de laves dans les constructions.



Photo 33. — Moellons maçonnés. Vue partielle.



Photo 34. — Moellons maçonnés. Vue d'ensemble.

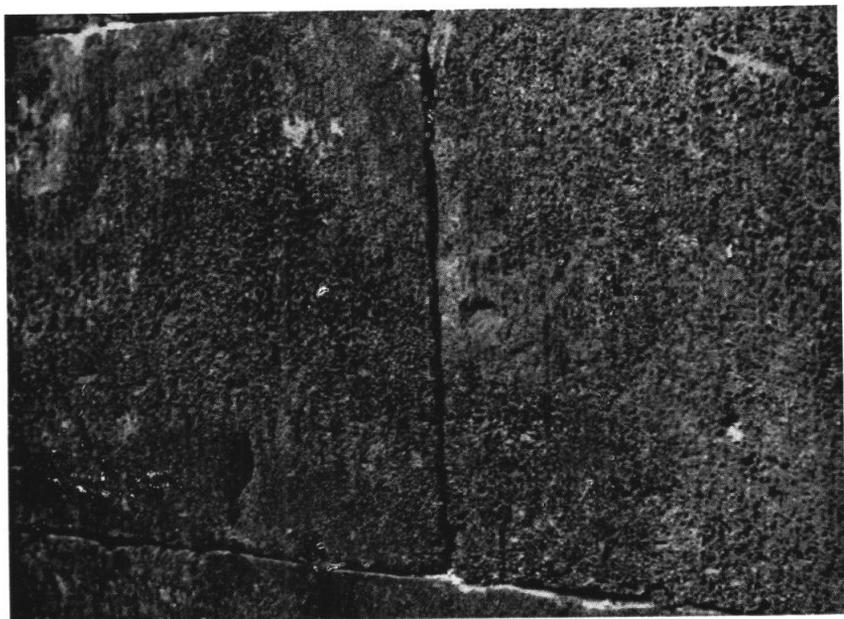


Photo 35. — Pierres de laves taillées et maçonnées. Vue partielle.



Photo 36. — Pierres de laves taillées et maçonnées. Vue d'ensemble.

2. *Pour un mur de 20 cm d'épaisseur, sans enduit :*

$$\frac{0,20}{0,25} = 0,800 + 0,190 = 0,990$$

$$\frac{1}{0,990} = 1,010 + 10 \% \text{ de coefficient de sécurité}$$
$$= 1,111 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^\circ \text{ C.}$$

CONCLUSIONS.

Les propriétés de cette lave la désignent comme pierre de construction, en moëllons ou découpée. Elle se laisse bien couper et tailler. Les variations de sa porosité, qui sont de règle dans les laves, n'ont pas de signification fondamentale et n'ont pas d'importance.

Les photos 33 à 36 montrent des applications à la construction de pierres de lave en moëllons maçonnés et en dalles.

CHAPITRE IX

Étude technique de quelques tourbes

(H. HART).

Dans un rapport préliminaire, daté du 24 août 1952, nous avons attiré l'attention sur l'importance décisive de la tourbe en tant que réserve de combustible et source d'énergie dans le territoire du Kivu. Ce combustible devrait être mis en valeur méthodiquement et amélioré.

Nous avons recueilli des échantillons à Shangugu, Tshamfu et au Marais de M. CARDOEN à Tshitshi, près de Kakondo. Malheureusement, la caisse contenant la tourbe de Shangugu a été fortement détériorée dans le transport et l'échantillon qui portait le numéro Dn 52.18 a été perdu. Nous avons également visité le marais Bona, à Mutesa.

Voici les résultats de nos constatations et de nos examens.

1. Tourbe du grand marais Cardoen Dn 52.20.

SITUATION.

Le marais asséché de M. CARDOEN, situé à Tshitshi, est enclavé, à l'altitude 2.190 m, dans un cirque de montagnes où domine le Nyidunga (2.502 m). D'après les dires de M. CARDOEN et de M. MEYER, géologue du Service géologique de Bukavu, la profondeur du gisement atteindrait 30 à 40 mètres (Ph. 37).

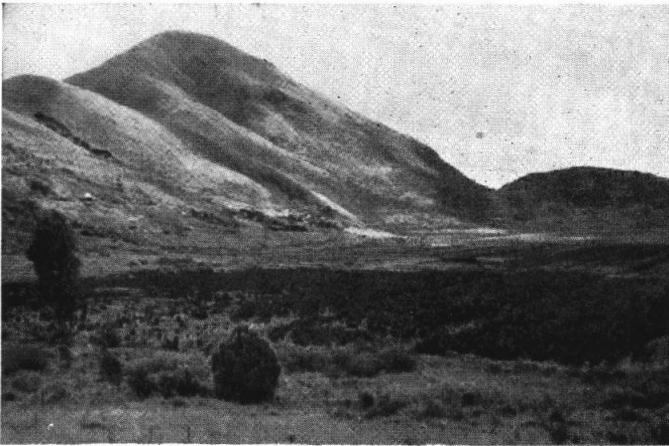


Photo 37. — Tourbière du grand marais Cardoen (altitude 2190 m).
— Dn 52.20. Mont Nyidunga.

PRÉLÈVEMENT.

Le prélèvement a été fait sur un grand tas de tourbe extraite.

DESCRIPTION.

Tourbe d'une pureté remarquable, ne contenant ni sable, ni argile.

RÉSULTATS DES ESSAIS.

Perte de poids par séchage à 110° C.	14,50 %
Matières volatiles	82,02 %
Cendres	3,42 %
	<hr/>
	99,94 %

Valeur maxima du pouvoir calorifique : 4.735,73 kcal.

2. Tourbe du marais de Tshamfu.

SITUATION.

Marais asséché appartenant au propriétaire de la « Vieille Auberge ». Suivant les dires du propriétaire, la profondeur de la tourbe varie de 10 à 14 mètres.

PRÉLÈVEMENTS.

Un *premier prélèvement* a été effectué sur le bord du ruisseau, devant le pont. Il porte le numéro *Dn 52.17*.

Un *deuxième prélèvement* a été opéré sur un bloc non comprimé provenant apparemment de la surface.

Un *troisième* a consisté en une brique se trouvant sous une remise ouverte et provenant vraisemblablement d'une période d'extraction, à plusieurs mètres de profondeur.

DESCRIPTION.

L'échantillon *Dn 52.17* et le deuxième prélèvement provenant du voisinage de la surface sont entremêlés de sable et d'argile.

La brique constituant le troisième prélèvement ne contient que peu d'impuretés minérales.

RÉSULTATS DES ESSAIS.

1^{er} prélèvement (Dn 52.17, bord du ruisseau) : Des essais ont été effectués sur deux prises séparées : a) et b).

	<i>a</i>	<i>b</i>
Perte de poids par séchage à 110° C.	11,08	20,80
Matières volatiles	55,60	63,30
Cendres	33,32	15,90
	<u>100,00</u>	<u>100,00</u>

Valeur maximum du pouvoir calorifique : *2.239,21kcal. 2.627,62 kcal.*

2^e prélèvement (bloc non comprimé).

Perte de poids par séchage à 110° C.	13,70
Matières volatiles	69,30
Cendres	17,00
	<u>100,00</u>

Valeur maximum du pouvoir calorifique : *2.744,62 kcal.*

3^e prélèvement (brique sous remise).

Perte de poids par séchage à 110° C.	15,66
Matières volatiles	64,40
Cendres	19,94
	<u>100,00</u>

Valeur maximum du pouvoir calorifique : *3.015,55 kcal.*

3. Tourbe du marais de Mutesa.

SITUATION.

Le marais de M. BONA, à Mutesa, se situe sur la rivière Kiroshomu, au Km 27,200 de la route de Goma. Il couvrirait une superficie d'une quarantaine d'hectares et la tourbe y existerait sous une épaisseur maxima de 3,50 à 4 m.

ESSAIS.

Plusieurs échantillons, séchés à 110°C ont été analysés par C. DELMOTTE, au Service géologique de Bukavu (n° 38 Bb 660 du 4.12.1950) à la demande du propriétaire du marais.

Ils accusent des teneurs moyennes de :

62 % en matières volatiles ;

30 % en carbone fixe ;

6 % en cendres.

OBSERVATION.

Nous n'avons prélevé aucun échantillon de ce gisement.

CONCLUSIONS.

Les résultats des essais ci-dessus prouvent clairement que la tourbe du marais CARDOEN est de *très bonne qualité*.

Les essais faits sur la tourbe de Tshamfu montrent que malgré de grandes teneurs en eau et en cendres, elle se place au-dessus du bois, en ce qui concerne son pouvoir calorifique. Une réduction de ces teneurs augmenterait son pouvoir calorifique et elle est réalisable.

Suivant les renseignements recueillis, de petites briquettes auraient déjà été confectionnées avec la tourbe de Tshamfu et leur pouvoir calorifique aurait atteint 5.000 kcal. Nous pensons que, compte tenu des résultats exposés ci-dessus, une valeur de cet ordre pourrait être atteinte, si on extrayait la tourbe d'une profondeur de quelques mètres.

En effet, le vieillissement naturel de fibres végétales et du bois à des profondeurs de 5 à 15 mètres et l'augmentation de pression favorisent le phénomène d'incarbonisation et augmentent sensiblement le pouvoir calorifique de la tourbe.

Nos observations de terrain nous portent à croire qu'il y a une grande similitude entre les trois gisements de Shangugu, de Tshamfu et du marais Cardoen.

La vérification pourrait facilement être faite, sans grands frais, grâce à quelques sondages.

Il doit certainement exister maints autres gisements analogues dans le Kivu.

En ce qui concerne la mise en exploitation souhaitable de la tourbe au Kivu, sa transformation en briquettes aurait le double avantage d'augmenter son pouvoir calorifique et de la rendre plus aisément transportable pour l'introduire dans la structure économique du Kivu en tant que combustible.

Le programme suivant pourrait alors être envisagé :

1. Assèchement des marais tourbeux (de manière analogue à celle qui a déjà été réalisée près de Tshamfu et par M. CARDOEN).
2. Extraction au moyen de machines appropriées, facilement manipulables par les indigènes.
3. Séchage de la tourbe à l'air.
4. Séchage en cuves chauffées au moyen de tourbe

de façon à atteindre une teneur optima en eau pour la confection de briquettes.

5. Moulage de la tourbe en briquettes de dimension usuelle à l'aide d'installations appropriées.

En Europe, la briquette du modèle normal oblong mesure $18 \times 6 \times 5$ cm, et pèse de 450 à 500 gr.

La tourbe peut aussi être façonnée en briquettes cylindriques de dimensions plus petites et plus comprimées, possédant par conséquent une densité et un pouvoir calorifique plus grand, sous un volume plus réduit, ce qui permet d'élargir son champ d'application.

Ces briquettes peuvent être utilisées comme source d'énergie pour les installations industrielles à gaz de gazogène ou pour des installations plus petites, portatives (alimentation des moteurs de camions) ou fixes.

Toute espèce de briquette de tourbe ou de lignite convient pour la cuisson de la chaux ou de la dolomie. Un format convenable offre de multiples avantages au point de vue du transport et de la manipulation.

A notre avis, la tourbe est d'une grande importance comme combustible dans les régions du Kivu où la population augmente graduellement. Elle pourrait également être utilisée comme matière première pour la production d'énergie électrique.

Nous avons déjà signalé que, depuis 1907, en Allemagne du Nord, dans la région d'Oldenbourg, une centrale électrique emploie la tourbe comme source d'énergie. Elle est actuellement actionnée par deux turbo-générateurs et une turbine à contrepression de 15.000 kW. Elle est équipée de deux chaudières à haute pression de 83 atm de surpression et de trois chaudières à basse pression de 15 atm de surpression. Elle produit actuellement 100.000.000 kWh et la consommation est de 1,1 kg en tourbe par kWh. En donnant cet exemple,

nous désirons montrer simplement qu'il y a de multiples possibilités de tirer parti de l'énergie de la tourbe.

Il y aurait moyen de créer, près de Tshamfu ou de Shangugu, des installations relativement réduites, adaptées aux conditions prévalant dans la région du Kivu. Une centrale basée sur la tourbe comme source d'énergie n'exige que des dépenses bien inférieures et un délai de mise en état de marche beaucoup plus court que l'établissement d'une centrale à force hydraulique dont rien que le barrage exige des investissements très importants et une période de construction de plusieurs années.

Bruxelles, le 15 avril 1954.

TABLE DES DIAGRAMMES

Diagr. 1.	Solubilité dans l'eau distillée de CaO d'un mortier de pouzzolane pauvre en chaux	44
Diagr. 2.	Solubilité dans une solution acétique de CaO d'un mortier de pouzzolane pauvre en chaux	44
Diagr. 3 à 8.	Résultats granulométriques	138-143
Diagr. 9.	Cendres volcaniques et sables. Variation de l'indice de classement C_2 en fonction du grain moyen M	144
Diagr. 10.	Résistances à la compression des mortiers « Trassnormen »	201
Diagr. 11.	Résistances à la traction des mortiers « Trassnormen »	202
Diagr. 12.	Eau d'hydratation, facteurs hydrauliques solubles et résistances des mortiers « Trassnormen »	204
Diagr. 13.	Résistance à la compression des bétons et des mortiers étudiés par H. HART	206

TABLE DES FIGURES

Fig. 1.	Les Virunga et les coulées récentes du Nyamuragira	18
Fig. 2.	Site du Lac Vert (Nyamutsibu)	106
Fig. 3.	Mont Goma	111
Fig. 4.	Détermination des indices de classement, d'après A. BIETLOT	127
Fig. 5.	Coupe dans les cendres et les travertins. Rivière Kanhala, région de Sake	160

TABLE DES PHOTOGRAPHIES

Photo 1. Bombe volcanique à noyau de micaschiste	88
Photo 2. Coulées de laves et cendres volcaniques superposées	88
Photo 3. Cendre et lapilli du Rumoka	89
Photo 4. Texture vacuolaire d'un lapilli scoriacé du Rumoka ..	89
Photo 5. Cendre agglomérée du Niamutsibu	89
Photo 6. Cendre du Mont Goma, flanc nord	104
Photo 7. Lapilli de Kisenyi, Ruanda	104
Photo 8. Cendre fine du Runioni Bueza (?)	104
Photo 9. Cratère-lac du Niamutsibu (« Lac Vert »)	105
Photo 10. Tuf palagonitique du Mont Goma, flanc est	105
Photo 11. Tuf palagonitique du Mont Goma, baie des Byungu ..	105
Photo 12. Tuf blanc de la Ruindi, P. N. A.	114
Photo 13. Concrétions calcaires du tuf de la Ruindi	114
Photo 14. <i>idem</i>	114
Photo 15. Tranchée dans le cône de tufs du volcan de Karibumba	115
Photo 16. Tufs volcaniques du Salt Lake Krater	115
Photo 17. Marbre dolomitique d'Iwinza	154
Photo 18. <i>idem</i>	154
Photo 19. Travertin de Mashuiza	154
Photo 20. Travertin à empreintes de feuilles	155
Photo 21. Travertin de la Mushuwa	155
Photo 22. Travertin de Luvungi	155
Photo 23. Travertin de la Kadubu	158
Photo 24. Travertin à dragées de la Kadubu	158
Photo 25. Travertin de Kakondo	158
Photo 26. Travertin palmé, à végétaux, de Bitakara	159
Photo 27. Travertin à structure zonaire et radiée de Bitakara ..	159
Photo 28. Travertin de l'Indata	164
Photo 29. Source chaude et travertin de May-ya-Moto	164
Photo 30. Calcin des bords du Lac Kivu	164
Photos 31	
et 32 Bétons pouzzolaniques	184
Photos 33	
à 36. Pierres de laves dans les constructions	212-213
Photo 37. Tourbière du grand marais Cardoen	214

TABLE DES MATIÈRES

CHAP. I. — INTRODUCTION (M.-E. DENAEYER)	3
CHAP. II. — ESQUISSE DE LA GÉOLOGIE DU KIVU (M.-E. DENAEYER)	8
A. <i>Formations géologiques</i>	8
1. Terrains précambriens	9
Groupe de l'Urundi	9
Groupe de la Ruzizi	10
Métamorphisme et granitisation des terrains précambriens	11
Groupe du Kibali	13
2. Terrains pliocènes, pleistocènes et récents	13
Alluvions fluviales et lacustres et dépôts terrestres	14
Le groupe de la haute Ruzizi-Kivu	14
Le groupe lac Albert-Semliki-lac Édouard	14
Édifices volcaniques	15
Région Sud	16
Région Nord : les Virunga	17
Annexe : le volcan de Karibumba	21
Cendres et tufs volcaniques	22
Travertins	23
Tourbes	24
B. <i>Tectoniques</i>	24
<i>Bibliographie</i>	28
CHAP. III. — INTRODUCTION A L'ÉTUDE DES LIANTS HYDRAULIQUES (RÉDIGÉE D'APRÈS LES NOTES DE H. HART)	31
1. Définition et classification des pouzzolanes	31
2. Les pouzzolanes volcaniques et leur composition chimique	32
3. Origine des propriétés pouzzolaniques	33

4. Énergie hydraulique latente des pouzzolanes	35
5. Évaluation de la capacité réactionnelle des matières pouzzolaniques	35
6. Mesure de l'énergie hydraulique latente	37
7. Cohésion des bétons et des mortiers de pouzzolane	38
8. Réaction des pouzzolanes avec la chaux	40
9. Emploi des chaux magnésiennes	45
10. Choix, préparation et usages des mortiers pouzzolaniques	46
11. Conductibilité thermique des matériaux pouzzolaniques	48
12. La chaux	51
Annexe : Utilisation des tourbes comme combustibles écono- miques	52
Conclusions	53
Bibliographie	54

CHAP. IV. — ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE ET CHIMIQUE DES LAVES,
CENDRES ET TUFES VOLCANIQUES (M.-E. DENAEYER ET D. LE-
DENT)

<i>Introduction</i>	56
A. <i>Laves</i>	59
I. Laves du sud du lac Kivu	59
1. Basalte de Kabare (Bukavu)	60
2. Trachyte du déversoir du lac Kivu (Shangugu)	60
II. Laves du Kahusi et du Biega	61
1. Basaltes (1 ^{re} phase volcanique)	61
2. Rhyolite siliceuse felsitique du Biega (2 ^e phase volcanique)	62
3. Microgranite du Kahusi (3 ^e phase volcanique)	63
III. Laves des Virunga	65
1. Groupe du Nyamuragira	64
a) Kivite antérieure à 1907	65
b) Limburgite du Nahimbi	66
c) Basanitoïde du Rumoka	66
d) Kivite du Tshambene	67
e) Kivite du Gituro	68
f) Basanite du Shabubembe	69
2. Groupe du Nyiragongo	71
a) Leucitite néphélinique (Niligongite) du Nyiragongo	71

<i>b)</i> Néphéline mélilitique du Mt. Goma	72
<i>c)</i> Néphéline mélilitique du Niamutsibu	72
3. Groupe du Mikeno	73
<i>a)</i> Mikénite du Mikeno	73
<i>b)</i> Mikénite de Rumengabo	74
4. Groupe du Visoke	75
Leucitite du Visoke	75
5. Groupe du Karisimbi	76
<i>a)</i> Shoshonite	76
<i>b)</i> Trachyte	77
6. Groupe du Sabinyo	78
Latite	78
7. Groupe du Mgahinga	79
Absarokite shoshonitique	79
8. Groupe du Muhavura	80
<i>a)</i> Absarokite shoshonitique	80
<i>b)</i> Kivite	81
IV. Laves du sud-ouest de l'Uganda, région du Ru- wenzori	82
Katungite de Katunga	83
B. <i>Cendres et lapilli</i>	83
I. Introduction	83
1. Morphologie des laves et des produits pyro- clastiques	84
2. Volume des matériaux pyroclastiques	85
3. Caractères pétrographiques des matériaux pyroclastiques	86
II. Cendres et lapilli	87
Technique opératoire	87
Cendres et lapilli du Rumoka	88
Cendre du Niamutsibu	90
Cendres et lapilli du Km 58,450 de la route de Sake à Luofu	91
Cendres du Km 57,600 de la route de Sake à Luofu	92
Cendres du Mont Goma	93
Cendres et lapilli altérés de Rumengabo	95
Lapilli de Kisenyi	96
Lapilli de Muhungwa	97
Sable trachytique de Ruhengeri	98
Lapilli du Mont Nyundo	98

Lapilli du Mont Mudende	99
Lapilli du Mont Bihe	100
Lapilli et cendres d'Itshibanzu	101
Lapilli de Kavumu	102
Cendres du Runioni (?)	102
C. <i>Tufs volcaniques</i>	103
Introduction	103
Tufs du Niamutsibu	105
Tufs du Mont Goma	110
Tuf blanc de la Ruindi	113
Tuf du Karibumba	117
Annexe : Analyse minéralogique de deux sables du Kivu	121
Sable de Tshangwe	122
Sable de la Sebaya	122
Conclusions	123
Bibliographie	123
CHAP. V. — ÉTUDE GRANULOMÉTRIQUE DES CENDRES VOLCA- NIQUES ET DE QUELQUES SABLES (M.-E. DENAEYER ET H. HART)	125
<i>Introduction</i>	125
1. Diagrammes granulométriques	125
2. Indices granulométriques de Bietlot	127
3. Conditions expérimentales	129
Résultats (diagrammes 3 à 8)	129
Conclusions (diagramme 9)	145
CHAP. VI. — ÉTUDE PÉTROGRAPHIQUE ET CHIMIQUE DES CAL- CAIRES, DOLOMIES ET TRAVERTINS (M.-E. DENAEYER)	147
I. <i>Introduction</i>	147
II. <i>Calcaires et dolomies du socle précambrien</i>	149
Marbre de l'île Iwinza	149
Calcaires et dolomies de Kirotshe	150
Calcaire dolomitique de Rugetsi	152
Analyses chimiques de quelques autres roches carbona- tées précambriennes du Kivu	153
III. <i>Travertins</i>	154
Travertin de Mashuza, Bugarama	154
Travertin de la Mushuwa, Dundazi	155

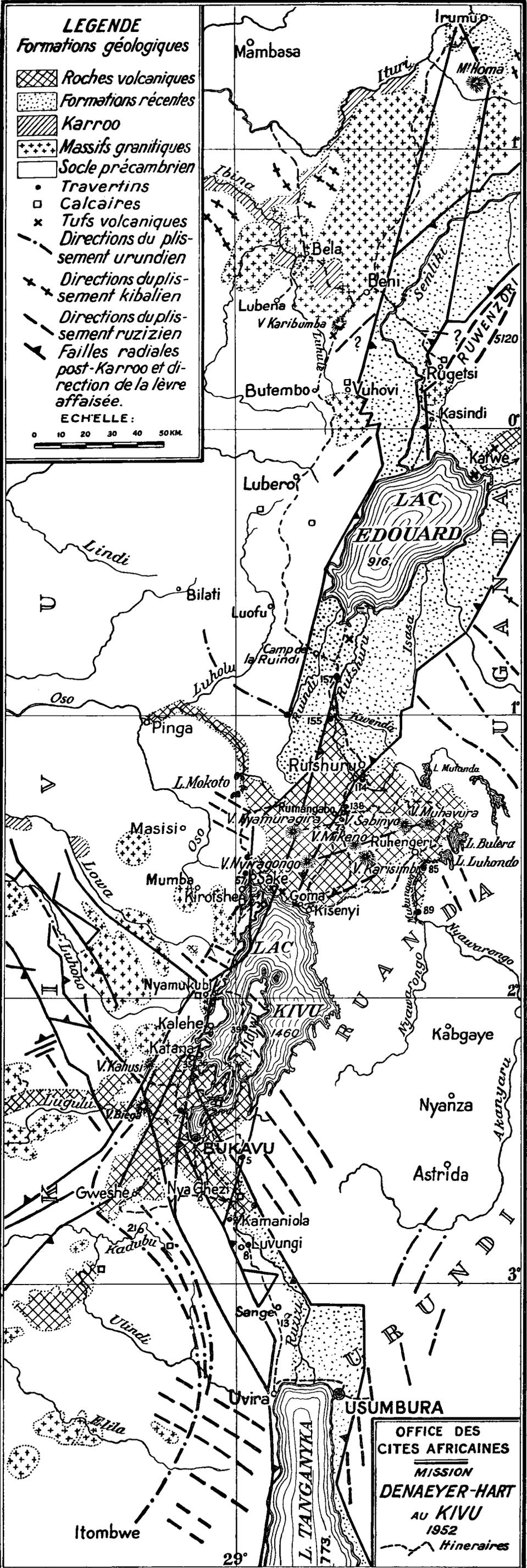
Travertin de Luvungi, vallée de la Ruzizi	155
Travertin de Sange, vallée de la Ruzizi	156
Travertin de la Kadubu (Jonction)	157
Travertin de Kakondo, Katana	158
Travertin de Bitakara, Katana	159
Travertin de Kikondo, île Idjwi	159
Travertin de la rivière Kanshala, région de Sake	160
Travertin de la rivière Gungwe, Rumangabo	161
Travertin de Rwaza	162
Travertin de la vallée de la Mukungwa	163
Travertin de la vallée de la Rutshuru	163
Travertin de la rivière Indata	164
Travertin de Mabenga	165
Travertin de May ya Moto, vallée de la Rutshuru	165
IV. <i>Résumé et conclusions</i>	166
Bibliographie	168
CHAP. VII. — ÉTUDE TECHNIQUE DES LIANTS HYDRAULIQUES	
DU KIVU (H. HART)	169
<i>Introduction</i>	169
A. <i>Recherches sur les propriétés hydrauliques des cendres et des lapilli</i>	170
1. Cendres noires du Rumoka	170
2. Cendres noires agglomérées du Niamutsibu	172
3. Cendres noir-brunâtres Dn 52.61	175
4. Lapilli noirs du Mahungwe	177
5. Lapilli du Mont Mudende	178
B. <i>Recherches sur les propriétés hydrauliques des tufs</i>	179
1. Tuf gris du Niamutsibu	179
2. Tuf du Mont Goma (baie des Byungu)	186
3. Tuf du Mont Goma (flanc est)	190
4. Cendre altérée de Rumangabo	192
5. Tuf gris de la Ruindi	194
6. Tuf gris de Karibumba	196
C. <i>Résumé et conclusions</i> (M.-E. DENAYER et H. HART)	198
Tableau I : Capacités réactionnelles et facteurs hydrauliques des cendres et des tufs	200
Tableau II : Essais de résistance des mortiers « Trass-normen » DIN 1054 (diagrammes 10 et 11)	200

Tableau III : Influence de l'eau d'hydratation et des facteurs hydrauliques sur la résistance initiale des mortiers « Trassnormen » et sur son développement (diagramme 12)	203
Tableau IV : Essais de résistance à la compression (kg/cm ²) des mortiers composés avec les cendres, tufs et calcaires du Kivu (diagramme 13)	205
CHAP. VIII. — ÉTUDE TECHNIQUE DE QUELQUES LAVES (H. HART)	209
1. Trachytes gris	209
2. Lave basaltique du Rumoka	212
CHAP. IX. — ÉTUDE TECHNIQUE DE QUELQUES TOURBES (H. HART)	214
1. Tourbe du grand marais Cardoen	214
2. Tourbe du marais de Tshamfu	215
3. Tourbe du marais de Mutesa	217
Conclusions	217
TABLE DES DIAGRAMMES	221
TABLE DES FIGURES	221
TABLE DES PHOTOGRAPHIES	222
TABLE DES MATIÈRES	223

LEGENDE
Formations géologiques

-  Roches volcaniques
-  Formations récentes
-  Karroo
-  Massifs granitiques
-  Socle précambrien
-  Travertins
-  Calcaires
-  Tufs volcaniques
-  Directions du plissement urundien
-  Directions du plissement kibalien
-  Directions du plissement ruzizien
-  Failles radiales post-Karroo et direction de la lèvre affaïcée.

ECHELLE:



OFFICE DES
CITES AFRICAINES
MISSION
DENAAYER-HART
AU KIVU
1952
Itinéraires

