

15. *The Philippine Journal of Science* (Institute of Science, Manila, Vol. 80, n° 2, et n° 3, June and September 1951).
16. *Archiva Medica Belgica* (Éditions « Acta Medica Belgica », Bruxelles, Vol. 7, n° 6, 1952).
17. *Lunds Universitets Årsskrift* (Universitatis, Lund, Avd. 2, Band 47, 1951).
18. *Bibliography of Agriculture* (Department of Agriculture, Washington, Vol. 16, n° 12, ; Vol. 17, n° 1, décembre 1952 et janvier 1953).
19. *Industries agricoles et alimentaires* (Commission Internationale des Industries Agricoles, Paris, n° 1, janvier 1953).
20. *Bois et Forêts des Tropiques* (Centre Technique Forestier Tropical, Nogent-sur-Marne, n° 27, janvier-février 1953).
21. *Sols Africains* (Bureau Interafricain des Sols, Paris, Vol. II, n° 2, juillet 1952).
22. *Die Erde* (Gesellschaft für Erdkunde, Berlin, Jahres-Heft 1952).
23. *L'Agronomie Tropicale* (Ministère de la France d'Outre-Mer, Direction de l'Agriculture, de l'Élevage et des Forêts, Nogent-sur-Marne, n° 6, novembre-décembre 1952).
24. *Bulletin de la Société Géologique de Belgique* (Université de Liège, Tome 76, nos 1, 2, 3, octobre, novembre, décembre 1952).
25. *Geographical Review* (American Geographical Society, New-York, Vol. XLIII, n° 1, January 1953).
26. *Bulletin du Comité National Belge de la F. A. O.* (Ministère de l'Agriculture, Bruxelles, n° 4, 1952).
27. *Subsidios para o Estudo da Biologia na Lunda* (Museu do Dundo — Companhia de Diamantes de Angola, Lisbonne, n° 15, 1952).
28. Jaarverslag van de Geologisch Mijnbouwkundige Dienst van Suriname (Paramaribo- Suriname, 1951).
29. LECOMPTE, M., Les stromatoporoides du Dévonien Moyen et Supérieur du Bassin de Dinant, Deuxième partie (Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Bruxelles, n° 117, 1952).
30. GLIBERT, M., Faune malacologique du Miocène de la Belgique. — II. Gastropodes (Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Bruxelles, n° 121, 1952).
31. NOIRFALISE, A., Étude d'une Biocène. — La Frênaie à Carex (Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Bruxelles, n° 122, 1952).

32. LECLERQ, M., Introduction à l'étude des Tabanides et revision des espèces de Belgique (Institut Royal des Sciences naturelles de Belgique, Bruxelles, n° 123, 1952).
33. CONRAD, W. et VAN MEEL, L., Matériaux pour une monographie de *Trachelomonas Ehrenberg C.*, 1834. — *Strombomonas, Deflandre, G.*, 1930 et *Euglena Ehrenberg, C.*, 1832, Genres d'*Euglenacees* (Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Bruxelles, n° 124, 1952).
34. CHERBONNIER, G., Les Holothuries de Quoy et Gaimard (Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Bruxelles, deuxième série, fasc. 44, 1952).
35. GLIBERT, M., Gastropodes du Miocène Moyen du Bassin de la Loire. — Deuxième partie (Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Bruxelles, deuxième série, fasc. 46, 1952).
36. LELOUP, E., Polyplacophores de l'Océan Indien et des Côtes de l'Indochine Française (Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Bruxelles, deuxième série, fasc. 47, 1952).
37. *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique* (Bruxelles, Tome XXVIII, nos 21 à 51, nos 53 et 54, nos 56 à 58, nos 60 et 61, nos 63 et 64, nos 66 à 68, mars à décembre 1952).
38. *Boletim sismico de 1 de Outubro a 31 de Dezembro de 1952* — Estação sismologica de Coimbra (Instituto Geofisico da Universidade de Coimbra, 1952).
39. BULTOT, F., Dr, Sur le caractère organisé de la pluie au Congo belge (Institut National pour l'Étude Agronomique du Congo belge, Bruxelles, Bureau Climatologique, n° 6, 1952).
40. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* (Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene, London, Vol. 47, n° 1, janvier 1953).
41. *Agricultura*. Bulletin trimestriel (Association des Anciens Étudiants de l'Institut Agronomique de l'Université de Louvain, n° 4, décembre 1952).
42. *Bibliographie mensuelle* (Société de Géographie, Paris, n° 12 et nos 1 et 2, décembre 1952 et janvier et février 1953).
43. *Arkiv för Kemi* (K. Svenska Vetenskaps-Akademien, Stockholm, Band 4, nos 5 et 6, 1952).
44. *Mededelingen van de Landbouwhogeschool en de Opzoekingsstations van de Staat* (Rijkslandbouwhogeschool, Gent, Deel XVII, n° 3, September 1952).
45. Annual Report 1951 (Chicago Natural History Museum, January 1952).

46. *Annales de la Société Royale des Sciences Médicales et Naturelles de Bruxelles* (Éditions « Acta Medica Belgica », Bruxelles, Vol. 5, Nos 3 et 4, 1952).
47. RALPH, P. M. and HURLEY, D. E., The settling and growth of Whart-Pile fauna in Port Nicholson (Victoria University College, Wellington, n° 19, November 1952).
48. *Boletim Técnico do Instituto Agronomico do Norte* (Rio de Janeiro, nos 18, 19, 20, 21, 22 et 24, Dezembro 1949, Maio 1950, Setembro, Outubro, Dezembro 1950, Junho 1951).
49. BREUIL, H. (Abbé), Les figures incisées et ponctuées de la grotte de Kiantapo (Katanga). — MORTELMANS, G., Les dessins rupestres gravés, ponctués et peints du Katanga. — Essai de synthèse (Annales du Musée Royal du Congo belge, Tervueren, Sciences de l'Homme, Préhistoire, Vol. I, 1952).
50. BRUNDELL, P. O. and ENANDER, B., The Neutron-Proton system with a central exponential potential 1. (Kungl. Tekniska Högskolans Handlingar, Stockholm, n° 60, 1952).
51. SKORY, J. and HARTWIG, H. B., The quality of hay on some New York Dairy Farms (Cornell University Agricultural Experiment Station, Ithaca, n° 313, May 1952).
52. GUTHRIE, E. S., A study of the body of cultured cream (Cornell University Agricultural Experiment Station, Ithaca, Bulletin 880, June 1952).
53. RIDDER, Cl. A., Basic distances in 100 farm homes. — For preparing and serving food and washing dishes (Cornell University Agricultural Experiment Station, Ithaca, Bulletin 879, September 1952).
54. PRATT, A. J., LAMB, J. Jr., WRIGHT, Jay, D., BRADLEY, G., Yield, tuber set, and quality of potatoes (Cornell University Agricultural Experiment Station, Ithaca, Bulletin 876, April 1952).
55. ASHE, A. J., Operation of poultry slaughterhouses in New York City 1949-50 (Cornell University Agricultural Experiment Station, Ithaca, Bulletin 883, June 1952).
56. LAURENT, Charles, K., An appraisal of New York City live poultry Market, Reports 1949-50 (Cornell University Agricultural Experiment Station, Ithaca, Bulletin 884, June 1952).
57. VON OPPENFELD, H., BOYNTON, D., BRANN, J. L., BURRELL, A. B., SHEPARDSON, E. S., Cost and effectiveness of different insect and disease control practices in New York apple orchards (Cornell University Agricultural Experiment Station, Ithaca, Bulletin 886, August 1952).

58. *La Géographie*, Répertoire du matériel didactique disponible en Belgique (Fédération Belge des Géographes, Bruxelles, n° spécial 8, septembre 1950).
59. CAHEN, L., Esquisse tectonique du Congo belge et du Ruanda-Urundi et notice explicative (Ministères des Colonies, Commission de Géologie, Bruxelles, 1952).
60. *Revue Belge de Pathologie et de Médecine Expérimentale* (Éditions « Acta Medica Belgica », Bruxelles, Tome XXII, n° 4, décembre 1952).
61. ISTAS, J. R. et HONTOY, J., Composition chimique et valeur papetière de quelques espèces de bambous récoltées au Congo belge (Institut National pour l'Étude Agronomique du Congo belge, Bruxelles, série technique n° 41, 1952).
62. FRIPIAT, J. J. et GASTUCHE, M. C., Étude physico-chimique des surfaces des argiles. — Les combinaisons de la kaolinite avec les oxydes du fer trivalent (Institut National pour l'Étude Agronomique du Congo belge, Bruxelles, série scientifique n° 54, 1952).
63. ISTAS, J. R. et RAEKELBOOM, E. L., Contribution à l'étude chimique des Bois du Mayumbe (Institut National pour l'Étude Agronomique du Congo belge, Bruxelles, série scientifique n° 53, 1952).

Les remerciements d'usage Aan de schenkers worden de
sont adressés aux donateurs. gebruikelijke dankbetuigingen
toegezonden.

COMITÉ SECRET

Élévation à l'honorariat.

M. R. Bruynoghe fait part de la demande que lui a adressée M. P. Nolf, membre titulaire, qui sollicite l'application, en ce qui le concerne, des dispositions du dernier alinéa de l'article 5 du statut organique de l'Institut.

En conséquence, et sous réserve d'approbation par arrêté royal, il est décidé, à l'unanimité, d'élever M. P. Nolf à l'honorariat.

La séance est levée à 16 h.

J. Gillain. — Quelques observations sur la reproduction consanguine chez les races bovines indigènes au Congo belge.

L'amélioration des bovidés en Afrique et plus particulièrement au Congo belge est un important problème tant en ce qui concerne les élevages européens qu'indigènes. Pour ces derniers, la sélection du bétail autochtone présente un grand intérêt étant donné la parfaite adaptation des animaux africains aux conditions locales particulières des régions tropicales. Cette adaptation a malheureusement comme corollaire, un manque de précocité manifeste et une productivité réduite.

Quand on analyse la masse des individus des troupeaux indigènes on rencontre quelques individus, en moyenne 1%, parfois plus, qui présentent des particularités économiques supérieures à la moyenne. Le zootechnicien après avoir repéré de tels individus se doit de les fixer et de les multiplier. Il songe immédiatement aux méthodes de reproduction qui furent employées en Europe pour la création des races bovines et de leurs variétés. Car il faut bien l'avouer, nos connaissances sur la sélection des races primitives africaines, le résultat des diverses méthodes de reproduction sont fragmentaires et peu nombreux.

La consanguinité à des degrés divers, que l'on trouve à l'origine des bonnes races européennes et qui est souvent employée encore pour la fixation et la multiplication des bonnes familles, peut-elle être utilisée avec succès sur les bovidés indigènes.

Les zootechniciens sont en général d'accord en ce qui concerne l'élevage européen pour reconnaître à la re-

production consanguine, le mérite d'augmenter la puissance héréditaire tout en facilitant la transmission des formes défectueuses et des tares au même titre que la transmission des qualités. La reproduction consanguine serait la voie la plus sûre pour la formation et le perfectionnement des races animales. Les effets de la consanguinité varient avec le degré de consanguinité et le nombre d'unions consanguines. Pour DECHAMBRE, les bovins paraissent au moins pendant plusieurs générations échapper à toute action malfaisante de la consanguinité, mais il ajoute cependant que toutes les races bovines ne montrent pas une égale indifférence en face de la consanguinité. Les effets mauvais ne seraient à craindre qu'avec une consanguinité très étroite et prolongée. Cette dernière aboutit souvent à une diminution de la fécondité.

La station zootechnique de l'INÉAC à Nioka pratique depuis plusieurs lustres déjà, la sélection des races bovines locales africaines. Les observations et expériences autorisent quelques constatations sur la reproduction consanguine des bovins indigènes. Ces constatations quoique fragmentaires encore, nous ont paru dignes d'intérêt.

La reproduction consanguine à des degrés divers, fut tentée au départ d'un taureau de qualité exceptionnelle, de race Alur, pseudo-zébu africain eumétrique dont les ancêtres éloignés sont le bovidé Sanga pseudo-zébu africain longiligne et le bovidé Lugware, petit zébu africain à courtes cornes.

Le taureau fut utilisé :

A. En outbreeding c'est-à-dire avec des femelles n'ayant aucune parenté même éloignée avec lui. Il se montra raceur parfait, procréant un nombre de descendants élevé, de bonne uniformité et de qualité supérieure.

B. En consanguinité au 1^{er} degré en ligne directe, c'est-à-dire union de père et filles. Les résultats obtenus furent décevants, pratiquement tous produits inférieurs à la moyenne, de type décousu et d'accroissement réduit.

C. En consanguinité au 2^e degré en ligne collatérale c'est-à-dire union de frère et sœurs consanguins. Les résultats variables furent en général satisfaisants puisque près de la moitié des produits issus de ces unions justifient leur maintien à la sélection.

D. En consanguinité au 3^e degré en ligne collatérale avec des résultats qui peuvent être considérés comme très bons.

Des unions moins nombreuses furent faites en consanguinité au 2^e degré en ligne collatérale, union de frère et sœur *germain*s, avec de bons résultats. Enfin en consanguinité au 1^{er} degré en ligne directe, union du fils et de la mère avec bon résultat.

Tels furent les avis du zootechnicien devant les animaux.

Nous avons demandé aux méthodes statistiques de contrôler les rendements obtenus en tenant compte du poids des animaux à la naissance, à six, douze et vingt-quatre mois, l'élevage se faisant en plein air avec allaitement naturel des veaux, le sevrage pratiqué entre 8 et 9 mois. Seules les catégories A, B, C, D ont été retenues, le nombre de produits étant suffisant pour l'interprétation mathématique.

L'examen des échantillons relativement grands dont on dispose, en ce qui concerne la catégorie A, nous autorise à admettre que la population du type A, population des poids des veaux de la catégorie A, et partant, celles des types B, C et D sont gaussiennes. Grâce à cette propriété, il est permis pour l'analyse des moyennes des petits échantillons B, C, D, comprenant chacune moins de 30 membres, d'utiliser le test de Student.

TABLEAU I.

POIDS MOYENS DES VEAUX A DIVERSES ÉTAPES DE
DE LEUR CROISSANCE. ESTIMATIONS ET ERREURS
POSSIBLES.

	Naissance				6 mois				12 mois				24 mois			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
A	22,9	75	4,1	0,9	104,5	75	17,2	4,0	139,0	76	22,0	5,0	212,0	72	28,7	6,7
B	20,0	21	3,3	1,5	81,3	19	18,6	8,9	123,2	17	18,3	9,4	181,1	15	35,8	19,9
C	25,5	23	4,7	2,0	103,0	22	18,1	8,0	132,4	19	25,4	12,2	199,9	19	36,0	17,3
D	21,0	15	3,4	1,9	96,5	15	14,4	8,0	146,2	15	18,7	10,4	219,5	15	36,4	20,2

(¹) Estimations des poids moyens des veaux déduites des échantillons analysés.

(²) Nombres de membres composant les échantillons.

(³) Écarts types calculés à partir des échantillons.

(⁴) Erreurs maxima possibles pouvant affecter, avec une probabilité de 95%, les estimations des poids moyens, indiqués aux colonnes I.

A : Outbreeding.

B : Consanguinité au 1^e degré en ligne directe, père × fille.

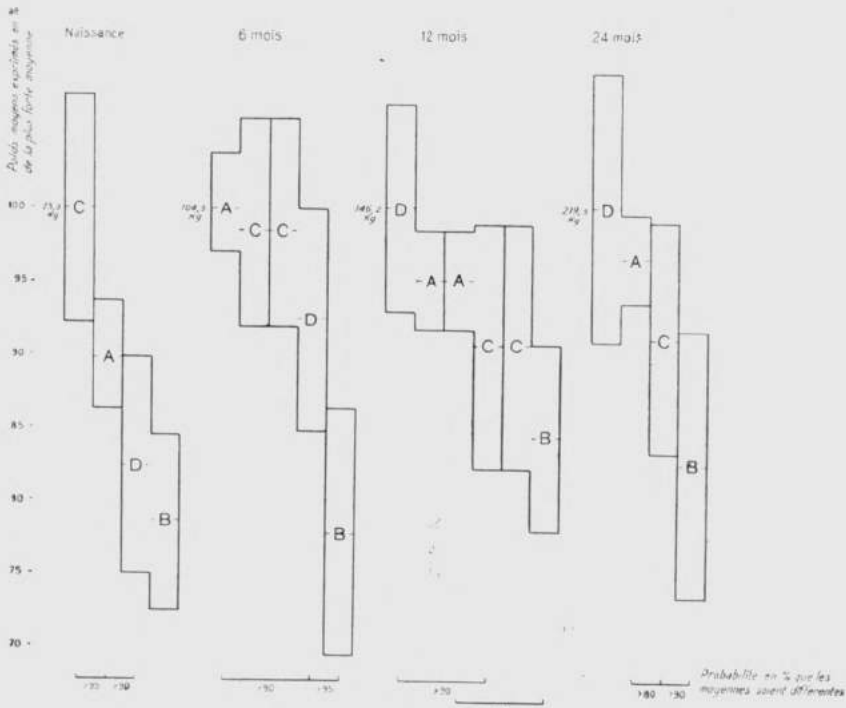
C : Consanguinité au 2^e degré en ligne collatérale, frère × sœur consanguins.

D : Consanguinité en ligne collatérale au 3^e degré.

Les erreurs maxima (colonnes 4) ont été obtenues, pour la catégorie A, grand échantillon, par la formule du double de l'écart type σ divisé par la racine carrée du nombre d'individus composant l'échantillon, et pour les catégories B, C, D, petits échantillons, par l'intermédiaire du paramètre t de Student. Les moyennes vraies des populations infinies A, B, C, D peuvent donc être situées avec une probabilité de 95 % dans des intervalles égaux à deux fois l'erreur maximum, les centres de ces intervalles étant les moyennes calculées à partir des échantillons. Ainsi on peut affirmer avec une probabilité d'exactitude, que le poids moyen des veaux à la naissance pour la catégorie A, est comprise entre 22,9 kg + 0,9 kg et 22,9 kg - 0,9 kg, c'est-à-dire entre 23,8 kg et 22 kg. Afin d'être complet, il a été inséré dans le tableau I, les nombres des membres composant

les divers échantillons (colonne 2) ainsi que les valeurs de l'écart type ou paramètre de dispersion σ calculées à partir des échantillons considérés (colonne 3).

Comme les intervalles impartis aux moyennes des populations A, B, C, D ont parfois des parties communes, il a été calculé ⁽¹⁾, à l'aide des techniques issues du test de Student, la probabilité que ces moyennes soient différentes. Autrement dit il a été mesuré avec quelle probabilité de réussite certaines moyennes pourront être considérées ou non comme supérieures à d'autres.



GRAPHIQUE I.

Dans le graphique I, les bases supérieures et inférieures des rectangles marquent les valeurs extrémales que

⁽¹⁾ Les calculs ont été établis par Monsieur F. BULTOT, chef du bureau climatologique de l'Inéac, à qui nous adressons nos vifs remerciements.

peuvent prendre les moyennes vraies des populations infinies A, B, C, D. Les petits traits horizontaux à gauche et à droite des lettres A, B, C, D indiquent les valeurs moyennes échantillonnées, dont la plus élevée est rapportée à la cote 100. L'adoption de cette échelle permet de comparer aisément, aux étapes successives de la croissance des animaux, les distances séparant les diverses moyennes l'une de l'autre. On remarquera que les rectangles ont généralement des portions plus ou moins grandes, situées à la même hauteur ; dans ce cas, il y a plus ou moins grande probabilité que les moyennes vraies des populations auxquelles ces rectangles se rapportent puissent acquérir des valeurs identiques. Aussi lorsque la probabilité que deux moyennes voisines soient différentes, est supérieure à 80 %, les rectangles correspondants ont été délimités complètement, on peut alors affirmer qu'une des moyennes est plus grande que l'autre. Dans le cas contraire (probabilité inférieure à 80 %), la ligne commune aux deux rectangles n'a pas été tracée, on ne peut alors affirmer qu'une des moyennes est plus grande que l'autre.

Il peut arriver, c'est le cas à 6 mois notamment, que les moyennes A et C d'une part, C et D d'autre part, ne soient pas significativement différentes mais que les moyennes A et D le soient, en cette occurrence le rectangle C a été reproduit deux fois.

Nous voyons donc que :

A la naissance, les groupes se classent dans l'ordre décroissant C, A, D, B. La moyenne de C étant supérieure à celle de A ; la moyenne de A étant supérieure à celle de D. La moyenne de D ne pouvant cependant pas être considérée comme supérieure à celle de B. Si cette différence mathématique entre les groupes D et B n'est pas certaine, l'éleveur aura cependant relevé que les

animaux du groupe D se présentent sous un aspect plus prometteur que ceux du groupe B composé d'animaux de conformation peu réussie, à tendance lymphatique.

A 6 mois, on assiste à un regroupement vers le haut des moyennes A, C, D. La moyenne de A ne peut être considérée comme supérieure à celle de C d'une part, celle de C pas supérieure à celle de D d'autre part. La moyenne de A est supérieure à celle de D. La moyenne de B est inférieure à celle de D et partant aux moyennes de A et C. L'infériorité de B que le zootechnicien averti avait déjà observé à la naissance, se confirme à une période généralement favorable à un bon accroissement (allaitement naturel). La qualité laitière des mères ne pouvant être mise en cause, le pauvre accroissement des jeunes doit être attribué à un pouvoir de transformation peu élevé des produits.

A 12 mois, le regroupement général s'est encore accentué. Il n'est pas possible de noter une différence significative entre les moyennes de A et D, de C et A, de B et C alors qu'il existe des différences significatives entre les moyennes de D et C, celles de A et B. Ce regroupement doit trouver son origine dans la crise du sevrage qui se manifeste d'une façon égale pour tous les animaux élevés en ranching. A cette période critique pour les jeunes bovidés, on voit les groupes D et A qui se révéleront les meilleurs dans la suite, accéder aux premières places.

A 24 mois, le potentiel héréditaire des divers groupes, et partant leur pouvoir de transformation, peut facilement s'extérioriser toutes conditions d'entretien et sanitaire étant égales. Plus rien ne viendra dans la suite modifier le classement, les meilleurs transformateurs, les animaux les mieux adaptés et les mieux réussis gardant ou augmentant encore leur accroissement par rapport

aux autres. Les groupes D et A se révèlent les meilleurs, sans qu'il soit permis de conclure à la supériorité de la moyenne de D par rapport à celle de A. Le groupe C occupe une position intermédiaire, sa moyenne étant inférieure à celles de D et A mais supérieure à celle de B. Le groupe B garde la dernière place avec une moyenne nettement inférieure à celle du groupe C.

En prenant comme standard la population du type A, animaux issus de *l'outbreeding*, l'analyse du graphique montre :

1) Que la population du type B, consanguinité au 1^{er} degré en ligne directe, union de père et fille donne les moins bons résultats quelque soit l'âge des animaux. Les mauvais résultats sont confirmés lors de la répétition de ce *breeding in and in* avec des taureaux de race indigène Bahema ou Sanga à la station de Nioka et la station de Nyamiyaga au Ruanda. Il s'agissait cependant de bons taureaux très prometteurs s'étant révélés raceurs de très grande qualité en *outbreeding*. Ceci semble confirmer le peu d'intérêt de ce mode de reproduction pour l'amélioration des races bovines indigènes ;

2) La population de type C avantagée à la naissance n'a pas conservé son avantage. La reproduction consanguine au 2^e degré en ligne collatérale, union de frère et sœurs consanguins, ne paraît pas susceptible d'apporter une solution satisfaisante aux problèmes de l'amélioration du bétail indigène par la sélection ;

3) La population du type D relativement mal classée au départ accuse très rapidement un net redressement qui l'amène en tête des diverses formules expérimentées. L'union consanguine au 3^e degré en ligne collatérale se montre donc fort intéressante.

Il serait téméraire de cette expérimentation incomplète de définir les formules à employer dans la sélection des

rares bovines indigènes rencontrées en Afrique et principalement des races Zébu et pseudo-zébu. Tenant compte des résultats obtenus à la Station de l'INÉAC à Nioka, nous croyons cependant pouvoir recommander sans crainte de nous tromper, les opérations ci-dessous en fonction des buts à atteindre. Nous espérons éviter ainsi à l'avenir au zootechnicien, l'utilisation des formules les moins heureuses, pour obtenir des animaux d'élite le maximum de reproducteurs de qualité. Il importe de réduire le risque de faire naître des sujets sans valeur dans une descendance dont l'importance réduite en ce qui concerne celle des bovidés femelles, constitue déjà une sérieuse difficulté dans la sélection des races bovines.

Si on recherche l'amélioration massale des troupeaux de multiplication de qualité moyenne ou médiocre, *l'outbreeding* avec des taureaux consanguins de mérite supérieur donne les meilleurs résultats. En une seule génération on note une amélioration notable et généralisée.

Pour la production de taureaux consanguins de valeur on peut recommander :

La consanguinité étroite au 1^{er} degré en ligne directe, l'union du fils et de la mère.

La consanguinité étroite au 2^e degré en ligne collatérale à la condition de ne procéder qu'à l'union de frère et sœur *germains*, provenant donc de même père et de même mère. Les chances de réussir un bon animal peuvent être estimées à 50 %.

Pour la création et la fixation des familles intéressantes, la consanguinité étroite au 3^e degré en ligne collatérale paraît tout indiquée.

Enfin pour le rafraîchissement de sang entre familles de mérite supérieur et la multiplication des populations d'élite, *l'interbreeding* ou union d'animaux consanguins de souches différentes sans parenté aucune, donne d'excellents résultats.

Au terme de cette note, nous voudrions insister sur l'intérêt de la nécessité des stations de recherches zootechniques bien équipées en Afrique. Certes ces stations existent, mais on n'a pas toujours donné à celles-ci les moyens de travail. Parmi ceux-ci il y a l'étendue des pâturages. Celle-ci se révèle à l'usage souvent étriquée pour mener à bien les recherches et travaux qui demandent l'observation et la tenue d'un cheptel nombreux, pour l'étude et l'amélioration d'une seule race. Il faut également tenir compte que généralement la station doit mener de pair plus d'une sélection.

Pour les races indigènes, la sélection proprement dite ne peut commencer qu'après étude de la race, isolement et fixation des biotypes supérieurs. C'est pourquoi l'amélioration des troupeaux dépend en tout premier lieu des travaux des stations de recherches zootechniques, d'où sortiront les taureaux consanguins de mérite supérieur et à dominance marquée qui doivent réaliser la première étape de l'amélioration des races indigènes en milieu coutumier.

12 janvier 1953.

Maurice Robert et E. J. Devroey. — A propos de l'orthographe des noms géographiques congolais.

a) Il n'est pas inutile de rappeler qu'une convention, rédigée par notre regretté confrère, HUBERT DROOGMANS, règle l'orthographe des noms qui figurent sur les cartes du Congo publiées par l'État Indépendant du Congo, par la Colonie, ainsi d'ailleurs que par le Comité Spécial du Katanga. Le texte de cette convention est reproduit, notamment, dans le 1^{er} fascicule de l'*Atlas du Katanga* (C. S. K., Bruxelles, s. d., pp. XLVII-XLVIII).

Les règles reprises dans cette convention dites « orthographe Droogmans », ont été sanctionnées par des circulaires du Gouverneur Général. La dernière est signée par M. M. Rutten, vice-gouverneur général, en date du 19 avril 1921, publiée au *Recueil Mensuel*, Léopoldville, 1921, pp. 72-74) (1).

Les règles ainsi tracées répondent aux besoins de la cartographie congolaise, car elles permettent de rendre, avec une fidélité suffisante, les noms géographiques employés par les indigènes et elles permettent de publier des cartes qui peuvent être utilisées sans traduction, aussi bien par ceux qui font usage des langues indigènes que par ceux qui parlent le français, le flamand ou l'anglais ;

b) Les noms propres introduits dans les cartes, pour désigner des localités congolaises en vue d'honorer des membres de la famille royale ou des pionniers, sont géné-

(1) Voir aussi *Atlas Général du Congo*. — Avant-Propos (I. R. C. B., Brux., 1948, pp. 29-30).

ralement suivis du mot « ville », terme qui doit être traduit si l'on veut publier une édition flamande.

Une telle édition serait parfaitement inutile si l'on supprimait l'annexe « ville » aux noms de localités telles que Stanleyville, Léopoldville, etc... qui, de ce fait, deviendraient simplement Stanley, Léopold, etc... à l'exemple de ce qui se fait en Rhodésie où l'on écrit « Livingstone » et non « Livingstonetown ».

Nous proposons donc de supprimer le suffixe « ville » à tous les noms de localités dans lesquels il se trouve, de même que les particules qui exigeraient une traduction (Port-Francqui, par exemple) ;

c) La géographie désire qu'une carte donne une représentation aussi fidèle que possible de la région qu'elle figure en lui conservant sa couleur locale. Les noms propres européens, introduits en trop grand nombre, défigurent une telle carte et tendent à lui enlever son principal caractère.

C'est pourquoi nous proposons :

a. Que cette pratique, en honneur notamment dans les localités de Belgique à propos des noms de rues, cesse d'une manière complète au Congo ;

b. Qu'éventuellement, on profite des circonstances actuelles qui ont amené le remplacement du nom de Costermansville par celui de Bukavu, pour supprimer et remplacer d'autres noms de localités, tels que Coquilhatville, Ponthierville, etc...

Rien n'empêcherait d'honorer des personnalités en donnant leur nom à un hôpital, un musée, une école, un bateau, une usine, etc...

Remarques subsidiaires.

a) Nous supposons que l'emploi d'un nom comme *Élisabethville* qui amène à l'usage une abréviation telle qu'É/ville et qui n'est qu'une mutilation du nom de notre Souveraine, ne doit guère être apprécié par Celle-ci.

L'adoption du nom « Élisabeth » mettrait fin à cette pratique irrévérencieuse ;

b) A certains Flamands qui ont tendance à faire prévaloir des orthographes telles que Kivoe, Roeanda-Oeroendi, Kinsjasa, il y a lieu de rappeler la convention orthographique et les nécessités cartographiques.

M. le Ministre A. Dequae a d'ailleurs opportunément condamné récemment ces fantaisies, dans la réponse qu'il a fournie à une question que lui posait un parlementaire, en déclarant que « si la presse flamande emploie dans ses articles une orthographe autre que celle arrêtée par la circulaire du 19.4.1921, elle commet un écart qui ne peut être imputé au Gouvernement » (*Questions et réponses Chambres législatives*, 1951-1952, Cahier 37bis, 10.11.1952, pp. 1637-1639) ;

c) Il y aurait lieu, enfin, d'obtenir une version officielle pour la traduction des mots « Congo belge » pour lesquels on trouve à la fois *Belgisch-Congo* ou *Belgisch-Kongo*, avec ou sans trait d'union et qui a fait l'objet de controverses (voir notamment *Kongo-Overzee*, 1946-1947, pp. 30-35).

* * *

Si les opinions exposées dans la présente note étaient partagées par les autres membres de la Section des Sciences naturelles et médicales — qui, au sein de l'I. R. C. B., a dans ses attributions les questions de géographie — nous proposerions qu'elles fassent l'objet d'un « vœu » à formuler auprès de M. le Ministre des Colonies.

3 février 1953.

Simon De Backer. — Rapport sur le manuscrit de M. P. Herrinck. « Observations photométriques du ciel nocturne et observations du rayonnement solaire et des températures au Plateau des Bianco, Congo belge ».

Le travail de M. P. HERRINCK comprend deux parties :

1. Observations photométriques des couches lumineuses du ciel nocturne au Congo belge et en Afrique du Sud ;

2. Cinq mois d'observations de la radiation solaire et des températures sur le haut plateau des Bianco, Congo belge.

La première partie donne les méthodes et les résultats des mesures effectuées au moyen d'un photomètre électronique de l'U. S. Naval Ordnance Test Station de Pasadena, Californie.

Les observations ont été effectuées à Bianco sur un Haut Plateau du Katanga en mai et juin 1950 ; ensuite à Panfontein près de Koster en Afrique du Sud, où les conditions météorologiques étaient meilleures.

Les observations ont porté sur les régions spectrales autour de 5210 Å, 5577 Å et 5890 Å. Le but était de déterminer l'altitude des couches luminescentes donnant 5577 Å et 5890 Å.

La méthode et les formules employées sont celles de M. D. Barbier de l'Observatoire de Saint-Michel en Haute Provence.

La mission qui a été confiée par l'I. R. S. A. C. à M. HERRINCK a permis d'entamer le problème de l'émission du ciel nocturne.

M. HERRINCK a obtenu l'altitude de la raie O^1 de l'oxygène, du doublet 5893 du sodium ainsi que leurs intensités.

L'incertitude des mesures résulte de l'examen des diagrammes présentés par l'auteur.

La seconde partie concerne :

a) des mesures du rayonnement solaire global et du ciel. Deux piles de Moll, la seconde avec écran, ainsi qu'un solarimètre Linke-Feussner ont été utilisés. L'enregistrement a été réalisé par un potentiomètre « Brown Electronic Recorder » à 6 courbes.

b) des mesures de la température du sol à 100, 20, 1 cm sous le sol nu et à 1 cm sous le gazon.

c) des mesures de la température des thermomètres sec et humide sous abri ventilé.

La pluie et le vent ont été relevés d'heure en heure.

Les températures ont été mesurées par des thermomètres à résistance étalonnés ; l'erreur absolue des mesures est inférieure à $\pm 0^{\circ}5$ C, l'erreur relative de $\pm 0^{\circ}1$ C.

La comparaison des valeurs du rayonnement global et des températures dans les sols, suivant les circonstances météorologiques est d'un réel intérêt. L'auteur discute brièvement les bilans énergétiques du sol.

Pour terminer, M. HERRINCK donne quelques valeurs de la diffusivité thermique du sol. On peut regretter qu'il ne nous donne pas de renseignements suffisants sur la nature physico-chimique du sol étudié et sur son degré d'humidité, ces facteurs pesant assez fort sur les valeurs de diffusivité.

Les diagrammes 1 à 8 doivent être recopiés à l'encre de Chine, sur trames millimétriques permettant la repro-

duction, les inscriptions étant complétées. On pourrait numéroter les courbes et ajouter au bas des diagrammes une légende explicative typographiée.

Ces observations confirment celles que M. E. DEVROEY a communiquées le 19 janvier 1953 au premier rapporteur, M. VANDER ELST.

Pour conclure, ce travail mettant en œuvre des procédés de mesure à grand rendement et d'une précision très bonne, mérite une publication qui incitera les chercheurs à poursuivre des observations dans le domaine fondamental du rayonnement, base réelle de toute étude sérieuse de la climatologie et de la bioclimatologie.

9 février 1953.

SECTION DES SCIENCES TECHNIQUES



SECTIE VOOR TECHNISCHE WETENSCHAPPEN

Séance du 30 janvier 1953.

La séance est ouverte à 14 h 30 sous la présidence de M. G. Gillon, doyen d'âge.

Sont en outre présents : MM. R. Bette, K. Bollengier, E. Devroey, G. Moulaert, F. Olsen, M. van de Putte, P. Van Deuren, membres titulaires ; MM. R. Cambier, F. Campus, C. Camus, E. Comhaire, E. De Backer, S. De Backer, I. de Magnée, L. Descans, P. Lancsweert, M. Legraye, A. Marchal, G. Périer, E. Rogér, P. Sporcq, membres associés ; M. P. Geulette, membre correspondant.

Excusés : MM. R. Anthoine, J. Beelaerts, P. Fontainas, J. Lamoën, R. Vanderlinden.

Communication administrative.

(Voir page 178).

Le volcan Nyamuragira et son éruption de 1951-1952.

M. R. Cambier fait une analyse rapide du travail envoyé par M. A. MEYER (voir page 225) en insistant plus particulièrement sur les compléments reçus après la première présentation faite à la séance du 28 novembre 1952 par M. I. de Magnée (voir page 1160).

Se ralliant aux conclusions des rapporteurs, la Section décide l'impression du travail de M. A. MEYER (voir page 233).

Zitting van 30 Januari 1953.

De zitting wordt geopend te 14 u 30 onder voorzitterschap van de H. G. Gillon, oudste lid.

Zijn insgelijks aanwezig : De HH. R. Bette, K. Bollen-gier, E. Devroey, G. Moulaert, F. Olsen, M. van de Putte, P. Van Deuren, titelvoerende leden ; de HH. R. Cambier, F. Campus, C. Camus, E. Comhaire, E. De Backer, S. De Backer, I. de Magnée, L. Descans, P. Lancsweert, M. Legraye, A. Marchal, G. Périer, E. Roger, P. Sporcq, buitengewone leden ; de H. P. Geulette, corresponderend lid.

Verontschuldigd : de HH. R. Anthoine, J. Beelaerts, P. Fontainas, J. Lamoen, R. Vanderlinden.

Administratieve mededeling.

(Zie bladzijde 179).

De Nyamuragiravulkaan en zijn uitbarsting van 1951-1952.

De H. R. Cambier ontleedt vlug het door de H. A. MEYER ingezonden werk, getiteld : « Le volcan Nyamuragira et son éruption de 1951-1952 » (zie blz. 225) en legt in het bijzonder de nadruk op de aanvullende inlichtingen, die na de eerste voorlegging door de H. I. de Magnée tijdens de zitting van 28 November 1952 ontvangen werden (zie blz. 1161).

De Sectie verklaart zich eens met de besluiten van de verslaggevers en beslist het werk van de H. A. MEYER te laten verschijnen (zie blz. 233).

A propos des ports de Banana et de Matadi.

M. K. *Bollengier* résume l'étude qu'il a consacrée à cette question, et qui fera l'objet d'un mémoire dans la collection in-8° de la Section.

La discussion de cette communication est remise à une séance ultérieure après que le texte en aura été distribué.

Une critique statistique d'essais de bétons à Léopoldville.

M. E. J. *Devroey* présente la note qu'a rédigée sur ce sujet M. R. VAN GANSE (voir page 288).

L'évolution de l'industrie minière du Congo belge entre les années 1948 et 1951.

M. I. *de Magnée* résume en la commentant (voir page 303), la communication intitulée comme ci-dessus, et qui a pour auteur M. A. VAES, directeur du service des Mines du Congo belge (voir page 305).

Hommage d'Ouvrages.

La section a reçu la plaquette éditée à l'occasion du 20^e anniversaire de la Société Sogefor (Bruxelles, 1952) ⁽¹⁾.

Le *Secrétaire général* dépose ensuite sur le bureau les ouvrages suivants :

1. *Technisch-Wetenschappelijk Tijdschrift* (Orgaan van de Vlaamse Ingenieursvereniging, Antwerpen, N^o 1, Januari 1953).

Aangeboden Werken.

De Sectie ontving het gedenkboekje, dat ter gelegenheid van de 20ste verjaardag van de Maatschappij Sogefor uitgegeven werd (Brussel, 1952) ⁽²⁾.

De *Secretaris-Generaal* legt vervolgens op het bureau de volgende werken neer :

⁽¹⁾ M. R. BETTE est administrateur-délégué de la Société Sogefor.

⁽²⁾ De H. R. BETTE is afgevaardigde-beheerder van de « Société Sogefor ».

Over de havens van Banana en Matadi.

De H. K. *Bollengier* vat de studie samen, die hij aan dit vraagstuk gewijd heeft en die in de verzameling in-8° der Verhandelingen zal verschijnen.

De bespreking van deze mededeling wordt tot een latere zitting uitgesteld ten einde de tekst aan de leden te kunnen overmaken.

Een statistische kritiek van betonproeven te Leopoldstad.

De H. E. J. *Devroey* legt een nota voor die de H. R. VAN GANSE hierover opgesteld heeft onder de titel: «Une critique statistique d'essais de bétons à Léopoldville» (zie blz. 288).

De evolutie van de mijnindustrie in Belgisch-Congo tussen de jaren 1948 en 1951.

De H. I. *de Magnée* vat de studie samen (zie blz. 303) van de H. A. VAES, getiteld: *L'évolution de l'industrie minière au Congo belge entre les années 1948 et 1951* » en geeft er een commentar over (zie blz. 305).

GEHEIM COMITE

Verkiezingen.

De in Geheim Comité vergaderde titelvoerende leden verkiezen een buitengewoon lid, nl.

— De H. EUG. MERTENS, burgerlijk mijningenieur, hoogleraar aan de Universiteit te Leuven.

Verheffing tot het erelidmaatschap.

Het Comité neemt kennis van een schrijven van 24 Januari 1953, waarin de H. J. *Maury* voor zich de toe-

2. *La Chronique des Mines Coloniales* (Bureau d'Études Géologiques et Minières Coloniales, Paris, n° 198, 15 décembre 1952).
3. *Bulletin mensuel du comité permanent de coordination de Transports au Congo* (Bruxelles, n° 22, 15 janvier 1953).
4. *L'Écho des Mines et de Métallurgie* (Paris, n° 3.451, décembre 1952).
5. *Publications de l'Association des Ingénieurs de la Faculté Polytechnique de Mons* (Mons, n° 4, 1952).
6. *Machinery loyd — European Edition* (Londres, Vol. XXIV, n° 26A, 27 décembre 1952).
7. DR. ANNELIESE BINDER, *Internationale Regulierungen auf dem Weltweizenmarkt* (Kieler Studien, Kiel, n° 23, 1952).
8. *The Times — British Colonies Review* (Londres, n° 7, Autumn 1952).

Les remerciements d'usage
sont adressés aux donateurs.

Aan de schenkers worden de
gebruikelijke dankbetuigingen
toegezonden.

COMITÉ SECRET

Élections.

Les membres titulaires procèdent à l'élection d'un membre associé, à savoir :

- M. EUG. MERTENS, ingénieur civil des Mines, professeur à l'Université de Louvain.

Élévation à l'honorariat.

Le Comité prend connaissance de la lettre en date du 24 janvier 1953, par laquelle M. J. Maury demande l'application, en ce qui le concerne, de l'article 5 (dernier alinéa) du statut organique de l'Institut.

Sous réserve d'approbation par arrêté royal, il est décidé, à l'unanimité, d'élever M. J. Maury à l'honorariat.

passing vraagt van de laatste alinea van artikel 5 der statuten van het Instituut.

Onder voorbehoud van goedkeuring door koninklijk besluit wordt eenparig beslist de *H. J. Maury* tot het erelidmaatschap te verheffen.

Leden die als ontslaggevend beschouwd worden.

Na de zaak van hun confraters onderzocht te hebben, die zich in de door het artikel 11*bis* der statuten bedoelde voorwaarden bevinden, zijn de aanwezige titelvoerende leden van oordeel dat het besluit tot ontslag voor een buitengewoon lid mag genomen worden.

De zitting wordt te 16 u 40 opgeheven.

Membres considérés comme démissionnaires.

Examinant le cas des confrères se trouvant dans les conditions visées par l'article 11*bis* du Statut organique de l'Institut, les membres titulaires présents émettent l'avis que l'arrêté de démission peut être pris pour un membre associé.

La séance est levée à 16 h 40.

**R. Cambier. — Rapport sur le manuscrit de
M. A. Meyer intitulé « Le Volcan Nyamuragira et son
éruption de 1951-1952 ».**

Le travail de M. A. MEYER débute par une étude d'ensemble du graben dans la partie comprenant les lacs Édouard et Kivu. Ce début comporte une étude stratigraphique suivie d'une étude tectonique de la région.

Dans la première, l'auteur, reprenant les constatations des travaux antérieurs et les développant, montre que sous les épanchements laviques de la fin du Tertiaire et du début du Quaternaire, le graben a été colmaté par des dépôts de graviers, sables et argiles constituant les Kaïso-beds. Ces dépôts affleurent au Nord dans les plaines de la Ruindi et de la Rutshuru. Vers le Sud, ils se prolongent sous les épanchements laviques et probablement sous le lac Kivu. Quand ils se sont formés, le fond de la cuvette connaissait déjà un épisode lacustre avec drainage vers le Nord. Les lacs Kivu et Édouard étaient alors probablement réunis.

Les éruptions du Virunga, venant de la profondeur et d'abord sous-lacustres, ont percé ce manteau et ont répandu à sa surface des flots de lave dont l'accumulation a amené la séparation du lac Kivu actuel et le déversement de ses eaux vers le Tanganika par la Ruzizi.

Sous les Kaïso-beds, quelle est la constitution du socle ancien, dont une partie s'est effondrée au cours du Tertiaire lors de la naissance du graben ? Cette constitution est sans doute analogue à celle qui se constate dans les escarpements oriental et occidental, c'est-à-dire qu'elle appartient au « Système de l'Urundi » des géo-

logues congolais et au « Karagwe-Ankole System » des géologues anglais.

L'auteur discute longuement la présence de bancs calcaires et dolomitiques dans ce soubassement. Dans la région même du Kivu, cette présence a été longtemps niée.

Il croit pouvoir conclure au contraire que ces bancs existent, au moins en surface où des pointements, parfois minéralisés, ont été relevés à divers endroits par le Général HENRY et par lui-même. Sans la présence presque générale d'un manteau de laves et de lapilli, on pourrait, dit-il, généraliser ces constatations.

Quant à la présence de roches calcaires en profondeur, il pense qu'elle est attestée par la nature des épanchements volcaniques dont la composition intime révèle à l'analyse une proportion de CaO et de MgO que le magma a pu emprunter aux roches rencontrées au cours de son ascension.

Cette hypothèse a été défendue ailleurs par d'illustres pétrographes tels que DALY et SHAND.

Abordant, à partir de la page 7 de son mémoire, la tectonique de la région, M. A. MEYER combat l'opinion répandue suivant laquelle le graben serait limité à l'Est et à l'Ouest par des failles de grand rejet. La situation est en réalité plus complexe.

Des failles accompagnées de flexures se relaient dans le sens longitudinal, laissant en évidence des promontoires ou même des massifs isolés, sortes de Ruwenzoris en réduction. Elles se relaient aussi souvent dans le sens transversal suivant une disposition en escalier. Entre elles, des blocs peuvent avoir basculés (Tilted blocks).

Plus particulièrement dans la région des Virunga, le graben est limité par l'escarpement des Monts Kasali vers le Nord et celui de Sake vers le Sud, laissant entre eux une dépression à laquelle l'auteur, qui lui donne le nom de Trouée de Kamatamba, attache un intérêt particulier.

Il la considère comme le pendant du graben transversal de Mufumbiro qui, à l'Est du graben principal, contient les volcans non-actifs mais très importants de la chaîne des Virunga. Ainsi s'expliquerait par un croisement de deux systèmes de fractures majeures, l'activité particulièrement intense et aussi assez ancienne, de la région des volcans.

Nous arrivons maintenant (p. 8) au cœur de l'étude de M. A. MEYER, constitué par des observations relatives aux éruptions récentes des Virunga. C'est cette partie très importante du mémoire que M. de MAGNÉE a résumée au cours de l'avant-dernière séance.

Nous n'y revenons que pour y ajouter les renseignements envoyés postérieurement par l'auteur, après quoi nous passerons directement aux conclusions.

Actuellement, les deux seuls volcans actifs de la chaîne des Virunga découverte par l'expédition VON GÖTZEN, en 1893, sont ceux qui se trouvent dans le graben principal au nord du lac Kivu : le Nyamlagira et le Nyragongo, sans parler d'une foule de petits cônes, tel que le Kituro, surgi et étudié en 1948 par M. H. TAZIEFF, qui s'éparpillent dans leur voisinage.

M. MEYER s'est attaché spécialement au Nyamlagira dont il énumère les caractéristiques avec un certain détail avant de décrire les manifestations éruptives auxquelles il vient d'assister.

Le Nyamlagira forme un cône assez aplati dont le diamètre initial varie entre 12 et 15 km. Ses flancs portent des escarpements dus en partie aux soubresauts qui ont accompagné la montée des laves (concavité vers l'intérieur), en partie à des effondrements (sink-holes) imparfaitement comblés (concavité vers l'extérieur). Ils présentent aussi de larges vallées rayonnantes séparées par des éperons qui paraissent correspondre à d'anciens cônes adventifs aujourd'hui enfouis sous des coulées provenant de niveaux supérieurs.

Le cratère terminal est en réalité une caldera, d'où l'on peut supposer que la hauteur du volcan a été primitivement plus forte d'environ 200 mètres. On sait que la formation des calderas a été attribuée dans les volcans soit à l'explosion soit à l'effondrement. En ce qui concerne le Nyamlagira, M. MEYER conclut à l'effondrement. Les raisons qu'il donne ne sont pourtant pas absolument concluantes. On ne trouve pas, dit-il, de témoins directs de l'explosion sous forme d'éjecta, mais ceux-ci pourraient avoir été ensevelis sous des coulées postérieures. M. MEYER rencontre cette objection en remarquant que la caldera présente des signes de jeunesse tels qu'elle ne pourrait guère, selon lui, remonter au delà du XVIII^e siècle. Or, ajoute-t-il, les populations n'ont aucun souvenir d'une explosion particulièrement violente qui aurait accompagné la décapitation du volcan. C'est là la raison pour laquelle il admet en fin de compte la possibilité d'effondrements qui auraient un peu à la fois agrandi le cratère primitif mais qui ne vont pas eux-mêmes sans certaines explosions comme c'est le cas par exemple aux îles Hawaï.

Quoi qu'il en soit, la caldera du Nyamlagira présente une large brèche qui donne à la crête l'aspect d'un fer à cheval. Cette brèche doit peut-être son origine à l'intersection de la crête avec une vallée située sur le flanc du haut volcan originel. Elle a dû servir autrefois de déversoir aux laves car son point inférieur correspond au lac de laves solidifié qui formait un plancher au fond du cratère avant l'éruption de 1938, éruption qui a été étudiée par M. VERHOOGEN et qui a amené à ce niveau des changements considérables. En effet, le plancher en question s'est alors effondré jusqu'à une profondeur de 160 m sur toute la moitié sud-occidentale de la caldera. Et en outre il s'est formé une cheminée restée béante dans laquelle la lave est apparue le 18 novembre 1951, veille de la dernière éruption, vers 200 m de profondeur.

Depuis la grande éruption de 1938-1939, l'activité du Nyamlagira s'est concentrée sur ses flancs où se détachent une série de petits cônes adventifs, tous alignés à peu de chose près sur une direction N 15° W où se trouve ce que M. MEYER appelle la zone de faiblesse du volcan. La dernière éruption, celle de 1951-1952 s'est localisée en un point de cette zone appelé Shabubembe. Cette zone de faiblesse, d'après M. MEYER, doit se superposer à une faille ou à une zone failleuse qui cisaille le socle ancien sous le volcan. C'est cet accident qui facilite la montée des magmas éruptifs. La même idée avait déjà été émise, notamment par F. DELHAYE, pour expliquer l'alignement des petits édifices volcaniques qui parsèment la plaine autour des grands volcans et dont les laves présentent pour chaque crevasse une individualité marquée.

En ce qui concerne le Nyamlagira lui-même, M. MEYER mentionne toute une série de fissures qu'il a observées sur les flancs, particulièrement dans la zone de faiblesse. Il décrit aussi, outre les grands sink-holes de la caldera, ceux qui existent sur les flancs, pour en arriver finalement au Shabubembe qui serait le dernier en date et qui a donné lieu aux émissions observées pendant l'éruption de 1951-1952. Il tient à remarquer en passant que toutes ces bouches sont dues à des effondrements. Il n'y a relevé aucun indice d'une formation par explosion.

Ce que dit de l'éruption de 1951-1952, M. MEYER qui, après un préambule historique, y consacre 7 pages de son mémoire, a été analysé ici-même par M. I. DE MAGNÉE dans ses grandes lignes.

La situation peut se résumer comme suit :

Dans la direction du Nord, à 650 m environ du bord de la caldera, se situait le Shabubembe, ancien puits cylin-

drique de 150 m de diamètre environ et de 150 à 200 m de profondeur, bouche d'une ancienne éruption dans laquelle les laves avaient été amenées par des anciens boyaux d'alimentation encore visibles. Point particulièrement faible de la zone de faiblesse, les laves y trouvèrent une issue plus facile que par la cheminée de la caldera lorsque vers la mi-novembre 1951, elles furent parvenues à une certaine hauteur.

En réalité, la marche qu'elles suivirent est plus compliquée, car il existait au voisinage immédiat du Shabubembe des crevasses qui donnèrent également lieu à des effusions de gaz, de cendres ou de laves. M. MEYER a fait des observations minutieuses et il a pu suivre la marche de l'éruption dans tous ses détails depuis le 22 novembre, jour de son arrivée sur les lieux, jusqu'au 10 janvier 1952, date à laquelle persista seule une activité solfatarienne limitée à des dégagements de gaz et de vapeurs le long de fissures au voisinage du Shabubembe.

Les dernières pages du mémoire de M. MEYER sont consacrées à l'examen des produits de l'éruption.

Au cours de celle-ci des quantités énormes de gaz, primitivement occlus dans la lave, se sont dégagés qu'il n'a malheureusement pas été possible d'analyser. Les échantillonnages n'ont pu commencer, vu les circonstances, qu'à partir du 15 janvier 1952, donc après l'éruption proprement dite.

Les gaz s'échappant des fissures immédiatement après l'éruption ne contenaient plus guère que de l'air échauffé tandis que ceux prélevés au même moment dans les dégagements permanents des solfatares étaient constitués presque en totalité de vapeur d'eau et d'acide carbonique. Quant aux laves émises au cours de l'éruption de 1951-1952, elles ont été trouvées chimiquement et pétrographiquement très semblables à celles des éruptions antérieures. Ce sont des basanites ou kivites. On sait

que ce dernier terme a été créé par LACROIX pour caractériser les laves récentes et actuelles du Nyamlagira où la quantité de potasse est à peine supérieure à celle de la soude. La température a été trouvée un peu supérieure au point de fusion qui varie entre 1085 et 1100° C.

Les émissions se rapprochent du type hawaïen, c'est-à-dire que l'abondance des gaz occlus leur confère une grande fluidité.

A la fin de son mémoire, M. MEYER récapitule un certain nombre des constatations qu'il a faites à propos du Nyamlagira et de son éruption récente et il en tire certaines conclusions, dont nous ne pouvons ici que reproduire quelques-unes :

1) La récente éruption du Nyamlagira a un caractère nettement adventif.

2) Elle a donné lieu à la formation de lacs de lave de type « nyamlagirien » beaucoup plus petits que ceux du type hawaïen.

3) La « zone de faiblesse » qui recoupe le massif du Nyamlagira pourrait se superposer à un rift profond.

4) La présence de kivites avec prédominance potassique d'ailleurs assez variable semble caractériser la terminaison occidentale de la chaîne des Virunga. Elle pourrait être en rapport avec l'assimilation par le magma d'un petit massif granitique riche en potasse.

5) L'édifice du Nyamlagira semble contenir des cavités importantes, peut-être cause première des effondrements de la caldera. Leur envahissement par les laves pourrait être à l'origine des éruptions.

7) Outre ces cavités, il pourrait exister des anciens chenaux d'alimentation des coulées que les émissions récentes ont tendance à emprunter.

8) Les sink-holes du Nyamlagira ne portent aucun indice de formation par explosion ; ceux de la caldera

ont pu se former par effondrement suite au retrait de la colonne de lave.

9) L'origine des quantités énormes d'énergie développées dans une éruption volcanique est mystérieuse.

L'auteur rappelle l'hypothèse émise par VERHOOGEN en 1938, d'après laquelle cette énergie serait développée par le passage de gaz juvéniles de l'état atomique à l'état moléculaire.

L'analyse sommaire que nous venons de faire du mémoire de M. MEYER suffit amplement à justifier sa publication par l'I. R. C. B. Il apporte une contribution importante à la connaissance des volcans qui forment la chaîne des Virunga et à la vulcanologie en général.

Janvier 1953.

A. Meyer. — Le Volcan Nyamuragira et son éruption
de 1951-1952.

(Note présentée par MM. R. Cambier et I. de Magnée).

Abstract.

The present is a summary of the main results of field work in the western part of the Virunga section of the Western Rift Valley.

After a brief review of the local geology, the author discusses the stratigraphic and tectonic features of the Rift Valley's western edge. Attention is drawn to the discovery of the « Kirotshe series » of dolomitic limestones and its bearing on the Daly Shand hypothesis of generation of nepheline syenites and Leucitic lavas. Three analyses are listed.

The saw-tooth pattern of the W. R. V. 's western edge is considered to be an important feature, caused by fault blocks obliquely disposed towards the major fault system and lagging behind in the general uplift.

The « Trouée de Kamatembe » is the western counterpart of the Mufumbiro lateral graben. It contains a little known volcanic region and on the border plateau there are hitherto unknown basaltic lavas, probably of late tertiary age. Recent eruptions in the Virunga area are listed.

A brief sketch of the Nyamuragira, shield volcano of the hawaiian type (3.058 m), is given. The origin of the 2.200 m diameter caldera is discussed, with the conclusion of its generation by collapse.

The existence of a weakness zone trending N 15° W across the whole volcano was discovered. A strange feature of the main fissure of the 1938 eruption points

to the fissure being a narrow graben probably surmounting a buried tunnel.

An adventive eruption started on the northern slope on the night of the 16th to 17th November 1951, located in 3 points along the weakness zone. At the two lower centers intense fire-fountaining occurred and very mobile lava issued. At the upper center, the lava encountered an old tunnel through which it poured into the old Shabubembe sink, 150 m across and ± 150 m deep; later blocks forming the bottom of the sink were pushed up above the level of the surrounding surface, a new sink, 65 m across, originated by collapse and the main lava flow issued at the northern edge of the Shabubembe. A lava lake was active.

Activity migrated up slope, with building of a cindercone of 90.000 m³. On the 12.12.1951, the subterranean lava flow found a short cut, with subsequent disappearance of the lava lake, the rest of the eruption not being affected.

The eruption ended in the middle of January 1952.

Analyses of gases collected after the eruption are given and 6 analyses of lavas are listed, with subsequent conclusions about their similarity with lavas of the 1938 and 1948 eruptions. The lavas are basanites trending towards the kivite type.

The author points out that the lava lakes of two last adventive eruptions show characteristic features differentiating them from the classic Hawaiian type; the term of «lava lake of the Nyamagirian type» is proposed.

The Na²O/K²O ratio of a score of new analyses is discussed with the conclusion that a ratio > 1 characterizes the western end of the Virunga field and that for the Nyamuragira lavas, the Na²O/K²O ratio varies with time, passing through a minimum around the time of the caldera.

The probable existence of important voids in the Nyamuragira is shown and a possible process of formation of sinks is exposed.

The author reminds the VERHOOGEN suggestion of generation of volcanic energy by the passage of juvenile gases from the atomic to the molecular state.

* * *

Introduction.

Le volcan Nyamuragira a terminé une longue période d'activité permanente par une forte éruption s'étendant de 1938 à 1940 et après laquelle il s'est assoupi. Il est à nouveau entré en activité du 17 novembre 1951 à la mi-janvier 1952.

Envoyé par le directeur du Service géologique pour observer l'éruption, l'auteur a utilisé l'occasion pour effectuer le levé géologique de la majeure partie du volcan ; les pages qui suivent résument ses observations et interprétations. L'auteur y a incorporé les résultats de levés fragmentaires effectués à diverses époques dans la région à l'ouest des volcans.

La puissance des moyens dont disposent le Service géologique et l'Institut des Parcs Nationaux a pu être mise à profit. En plus des développements et du détail des observations, le travail d'ensemble en cours comportera une trentaine d'analyses chimiques inédites de roches, des analyses de gaz et de sublimés, une centaine de photographies et une abondante documentation cartographique.

L'auteur exprime ici ses remerciements au lieutenant-colonel G. VAN COOLS, conservateur des Parcs Nationaux Albert et de la Kagera et à M. J. GILLET, conservateur-adjoint, qui ne se sont épargnés aucune peine pour lui faciliter le travail de terrain, ainsi qu'à M. le

Professeur I. DE MAGNÉE qui a bien voulu se charger de la présentation de cette note préliminaire à l'Institut Royal Colonial Belge et a contribué à l'exécution des cartes qui l'accompagnent.

I. — Évolution géographique et géologique de la région.

Vue d'ensemble.

Les deux seuls volcans actuellement actifs au Congo, le Nyamuragira et le Nyiragongo, sont situés entre les lacs Kivu et Édouard. Ils ont surgi du fond de la branche occidentale du graben africain ou *Western Rift Valley*.

Les caractères généraux de cette section du graben ainsi que de la chaîne des Virunga, ayant déjà été décrits par plusieurs auteurs (2, 3, 5, 8, 12, 17, 21), nous n'en donnerons qu'un résumé pour exposer de façon plus détaillée des faits nouveaux ou peu connus.

Au cours du tertiaire, après une longue période de pénéplanation, la région a subi des efforts tectoniques qui ont amené la formation du fossé dont les lacs Édouard et Kivu occupent le fond. Une activité volcanique prolongée s'est manifestée au Kivu méridional avec d'importants épanchements de laves basaltiques, quelques venues de trachytes et l'édification des appareils rhyolitiques du Kahusi et du Biega.

Des venues de laves basaltiques se sont produites à l'ouest des Virunga au début de la formation du graben ; il est possible qu'elles soient contemporaines des venues du Kivu méridional.

Le fond du fossé a été colmaté par les dépôts de graviers, sables et argiles constituant les *Kaïso-beds*. Dans la région des Virunga, ces formations affleurent dans les plaines de la Ruindi et de la Rutshuru. Les laves recouvrent ces formations au sud de Rutshuru ; aussi leur extension méridionale est-elle inconnue ;

mais il existe des raisons de supposer qu'elles s'étendent fort loin et recouvrent même une partie du fond du lac Kivu. En ce cas, les volcans occidentaux reposeraient sur des *Kaïso-beds*.

Les *Kaïso-beds* paraissent être entièrement antérieurs aux éruptions des Virunga : on n'a pas encore signalé la présence de galets d'origine volcanique interstratifiés dans des couches d'âge Kaïso bien établi.

Les grands appareils volcaniques des Virunga ont pris naissance à la fin du tertiaire ou au début du quaternaire, les premiers d'entre eux surgissent près de la limite orientale du graben principal, à l'entrée du (Mikeno) et dans (Sabinyo) le graben latéral de Mufumbiro. Les coulées issues des volcans majeurs Mikeno, Karisimbi, Nyiragongo-Baruta et Nyamuragira ainsi que de leurs nombreux satellites ont progressivement comblé le graben. Nos coupes à travers cette section du fossé indiquent que le barrage a été principalement construit par les coulées issues du massif du Nyiragongo-Baruta et relevé ultérieurement lors de la naissance du Nyamuragira.

Ce barrage a amené la création progressive du lac Kivu et le rehaussement de celui-ci jusqu'au niveau de 1640 m (altitude du « seuil de Panzi »). A ce niveau, les eaux ont trouvé un exutoire vers le Sud avec création de l'actuelle Ruzizi et rattachement du bassin du lac Kivu au bassin du Lualaba-Congo ; l'érosion rapide et la régression vers le Nord du déversoir de la Ruzizi ont abaissé le lac Kivu jusqu'à son niveau actuel de 1.460 m.

Les allures des isobathes suggèrent que le lac Kivu, tout en étant un lac de barrage dans sa forme actuelle, se surimposerait à un lac de fond de graben analogue aux lacs Albert et Édouard.

Les formations anciennes.

Dans l'ensemble, les formations anciennes affleurant à l'ouest des volcans actifs sont constituées de formations sédimentaires schisteuses et quartzitiques avec quelques intercalations de calcaires dolomitiques ; l'ensemble est peu ou pas métamorphisé. Ces formations sont rapportées au « Système de l'Urundi » des géologues congolais qui correspond probablement au *Ankole System* des géologues ougandais. Intruses dans ces formations, on rencontre des roches gabbroïques et amphibolitiques ainsi que des granites et pegmatites qui les métamorphisent localement.

Dans la presqu'île de Mbuzi, on rencontre des schistes peu métamorphiques, des grès quartzites à *ripple-marks* et quelques venues d'amphibolites. Sur la carte géologique du Kivu dressée par M. BOUTAKOFF (2), ces formations sont représentées comme appartenant au système de la Ruzizi mais nous n'avons trouvé aucune raison pour leur attribuer une position stratigraphique différente de celle des formations affleurant à l'ouest du lac.

Dans les montagnes bordant le lac Kivu au sud-ouest des volcans, on rencontre des schistes graphiteux, des schistes légèrement micacés, des grès quartzites, des granites et syénites népheliniques ainsi que les calcaires dolomitiques près de Kirotshe.

La constitution des terrains anciens immédiatement à l'ouest des volcans actifs est encore mal connue — la région n'a pas été levée systématiquement et d'épaisses couches de cendrées gênent les observations. L'auteur n'y connaît que quelques pointements de pegmatite, de granite et des schistes quartzeux.

Au nord-ouest des volcans, les monts Kasali sont constitués de schistes et de grès quartzites dans lesquels sont intrus des granites, gabbros et amphibolites. Près de leur extrémité nord, il existe un petit massif de

syénite néphelinique. La région à l'ouest des monts Kasali, dite des monts Ruindi, constitue le prolongement méridional de l'escarpement de Kabasha. Elle a fait récemment l'objet d'une étude de M. de BÉTHUNE (1), basée sur des levés de M. G. BORGNIEZ — l'existence de syénoïde à cancrinite et de marbres à l'est de Katwe doit être retenue.

Les termes plus métamorphiques, grenatoschistes et gneiss existent dans l'escarpement de Kabasha mais leur existence ne nous est pas connue à l'ouest de la région volcanique.

La nature du socle sous le Nyamuragira n'est pas connue. D'après les xénolithes rejetés lors des éruptions, le soubassement semble comporter une part très importante de roches quartzitiques et alumineuses. Il est probable qu'il est constitué de roches sédimentaires du système de l'Urundi, surmontées de Kaïso-beds.

Les roches calcaires et dolomitiques.

Selon une opinion ancienne encore assez répandue, les formations anciennes du Kivu seraient pauvres en calcaires. Ceci n'est pas exact car à mesure que les reconnaissances se multiplient, on rencontre de plus en plus de roches calcareuses dans le système de l'Urundi.

Le général HENRY (6) a signalé jadis la présence de marbres dolomitiques dans l'île Iwinza au sud du lac Kivu et de calcaires dolomitiques minéralisés en Pb — Zn à Nyamakubi.

L'existence de calcite cristalline et de blocs erratiques de brèche dolomitique est connue de longue date des colons de la région de Kirotshe, sur la rive nord-ouest du lac.

En 1949, l'auteur a constaté la présence de marbres *in situ* au sud de Kirotshe. Ayant pu reprendre ses levés en février 1951, il a découvert dans les collines

bordant le lac au sud et à l'ouest de cette localité, une importante formation de calcaires dolomitiques qu'il propose de nommer « série de Kirotshe ».

Ces calcaires dolomitiques présentent toutes les compositions depuis la dolomie pure jusqu'à la dolomie entièrement silicifiée. Nous donnons ci-dessous les résultats principaux de trois analyses effectuées au laboratoire du Service géologique. Les résultats complets, y compris ceux d'un examen spectrographique, seront publiés ultérieurement.

	I	II	III
SiO ₂	tr.	34.72	44.87
Al ₂ O ₃	tr.	1.71	7.90
Fe ₂ O ₃	0.72	1.22	2.38
Fe	0.60	0.89	0.05
MgO	21.17	13.11	8.34
CaO	29.55	17.73	11.40
Na ₂ O	0.59	0.40	2.29
K ₂ O	0.08	0.27	1.24
CO ₂	45.60	28.72	18.66
P ₂ O ₃	0.54	0.14	0.38

Jusqu'à présent il n'a pas été découvert de fossiles dans la « série de Kirotshe ». Des algues attribuées à la forme *Collenia* existent dans les calcaires de Nyamakubi.

Cette formation affleure également près de l'extrémité méridionale de la baie de Kabuno où le poste administratif de Minova est bâti sur des marbres dolomitiques. Il est probable qu'un levé détaillé fera découvrir encore de nombreux autres affleurements de cette formation.

Il existe des indices de la présence de roches calcaires dans le soubassement, notamment une pegmatite à grenats affleurant au Km 21,3 de la route Sake-Bishusha et de nombreux gisements de travertin déposés par des sources minérales (Sake-Rumangabo — Maïe-yamoto).

Plusieurs intrusions de syénites népheliniques sont

connues (Numbi, Bishusha, monts Kasali et région à l'ouest de Sake). A première vue l'hypothèse de Daly Shand relative à la genèse de syénites népheliniques par assimilation de roches calcaires d'origine sédimentaire semble pouvoir s'appliquer dans la région envisagée.

Les formations calco-dolomitiques jouent également un rôle important dans les tentatives d'expliquer la genèse des laves à feldspathoïdes des Virunga. Le Professeur S. J. SHAND écrivait récemment (14, pp. 337-38) :

« The Lake Kivu region is a critical one for the hypothesis that limestone plays a part in the generation of leucitic lavas. A. D. COMBE and W. B. SIMMONS, of the Geological Survey of Uganda, mapped the Bufumbira area, the eastern portion of the Kivu field, and they do not record any limestone there or in western Uganda in general ; consequently A. HOLMES and H. F. HARWOOD who have furnished an admirably detailed account of the petrology of the lavas, dismiss DALY'S hypothesis from consideration on the ground that « there is little or no limestone or dolomite to be assimilated ».

« It cannot be too often repeated that the absence of outcrops of limestone is no proof of its absence in depth, especially among Archaean rocks ».

La plupart des auteurs ayant traité la région ont discuté l'existence présumée de formations calcaires ; désormais la discussion ne portera plus sur des présomptions mais des éléments qui sont nos dolomies de la « série de Kirotshe » et les « marbres de la Lueshe » signalés par M. de BÉTHUNE.

Bien que de par la nature même de la genèse des laves une preuve formelle de l'influence des roches calco-dolomitiques ne pourra sans doute jamais être produite, nous croyons que désormais l'hypothèse de DALY-SHAND est applicable dans la région occidentale des Virunga.

Tectonique.

La forme de terrain auquel correspond la conception géologique d'un graben ou *Rift Valley*, est une dépression très allongée et bordée d'escarpements d'origine plus ou moins rectilignes.

Contrairement à l'idée découlant de la représentation schématique du bord occidental du graben tel qu'il est figuré sur les cartes géologiques à petite échelle, celui-ci n'est pas constitué par une faille unique ou une faille majeure avec quelques stallites. Il existe de beaux escarpements résultant du jeu de failles normales (Kabasha, face est des monts Kasali, paroi de la « Faille du Mur » au sud-ouest de Nyamakubi) mais ces phénomènes sont d'ordre plutôt local et l'image d'ensemble est beaucoup plus complexe.

Les traits majeurs de la tectonique du bord occidental du graben dans la région envisagée sont :

a) La longueur relativement courte des failles reconnues qui s'amortissent presque toujours rapidement et passent à des flexures. Nous omettons les grandes failles hypothétiques des cartes géologiques dont le parcours reste dissimulé sur une centaine de kilomètres par les plaines de laves et les lacs ;

b) La disposition « en échelon » de blocs surélevés et basculés (*tilted blocks*), souvent limités vers l'est par des escarpements de failles et dont les pentes ouest sont souvent plus douces et correspondent à des flexures.

En allant du Nord au Sud, on rencontre toute une série de tels blocs se relayant. Les éléments tectoniques principaux sont :

1) L'escarpement de Kabasha qui vient s'amortir et mourir dans le « golfe de la Ruindi » (1) ;

(1) Nous signalons ici l'existence d'un élément tectonique peu connu : la dépression de la Luholu, à l'ouest de Kabasha qui semble présenter les caractères d'un graben. Ses relations avec le graben principal ne nous sont pas connues.

2) Le « horst de Rutshuru » (monts Kasali) qui est le meilleur exemple de *tilted block* et ressemble au massif du Ruwenzori en petit. Lorsqu'on dessine la courbe enveloppe, dans le plan longitudinal, des points culminants de ce massif, on est frappé de sa ressemblance avec la même courbe dressée pour le Ruwenzori par BAILLEY-WILLIS (23) ;

3) L'escarpement de Sake, qui relaye le horst de Rutshuru au sud de la « trouée de Kamatembe » ;

4) La presqu'île de Mbuzi ;

5) L'escarpement de Nyamakubi ;

6) La presqu'île de Tembera-Nzoguera qui semble également être un bloc limité par des failles.

Ces escarpements et les blocs « en échelon » dont les directions recoupent la direction générale de dépression sous un angle de 20 à 30°, donnent au bord occidental du graben une allure caractéristique en dents de scie (*saw tooth pattern*) qui ressortirait encore mieux si de nombreuses structures n'étaient masquées par le lac Kivu, les champs de laves anciens et récents et les *Kaïso-beds*.

Ce jeu de relais se prolonge vers le Sud, jusqu'à l'intersection des fractures bordières du graben du Tanganika — la terminaison septentrionale de la plaine de la Ruzizi, déjetée dans le petit fossé de Bugarama en est un exemple.

Tous ces blocs « piquent du nez » et s'envoient sous les formations récentes du fond du graben. Les allures de leurs prolongements ne sont pas connus mais présentent probablement des analogies avec le *buried nose* du Ruwenzori, étudié par les géologues ougandais. Il est donc probable que dans le prolongement de ces blocs, le fond du graben est découpé par un système complexe de failles en escalier (*stepfaults*) de direction nettement oblique par rapport aux bords.

Les relations d'âges entre escarpements et blocs en échelon sont mal connues, mais il semble que certains blocs pourraient être nettement plus jeunes. Ainsi la surface de la presqu'île de Mbuzi semble être le vestige d'une pénéplaine s'établissant à un niveau inférieur de plusieurs centaines de mètres à celui de l'escarpement de Sake-Nyamakubi auquel ce bloc est accolé. Le prolongement en direction de ce bloc est jalonné par des manifestations volcaniques récentes du Nahimbi (1904), du Rumoka (1912), du Muhuboli et du Mvovo ya Biti ou Gituro (1948) et cette zone est sujette à de fréquents tremblements de terre. La presqu'île de Mbuzi pourrait donc fort bien être un « bloc actif ».

L'auteur estime qu'on ne pourrait trop insister sur ces caractères de failles en relais et de blocs en échelon de la bordure du graben.

La « Trouée de Kamatembe » et la région volcanique des Mokoto.

A l'ouest des volcans, le graben est limité par l'escarpement des monts Kasali vers le Nord et celui de Sake vers le Sud — leurs directions respectives sont \pm N 40° E et N 15° E.

Au nord-ouest du Nyamuragira, ces deux escarpements s'infléchissent brusquement vers le Nord-Ouest, laissant entre eux une dépression large de 4 à 5 kilomètres et dont le fond, envahi par les coulées récentes du Nyamuragira, s'abaisse rapidement vers le N-W. Les dites coulées ont envahi la vallée de la rivière Moeso (bassin du Lualaba) et ont créé les lacs Mokoto par barrage des vallées latérales ⁽¹⁾. Le seuil de cette dépression s'établit vers le niveau de 2.000 m alors que les crêtes des escarpements de part et d'autres atteignent 2.400 m.

(1) Il est bien établi que les lacs Mokoto sont des lacs de barrage et non des lacs de cratères.

Nous proposons de donner à cette dépression le nom de « *Trouée de Kamatembe* ».

Cette région présente un intérêt considérable pour les raisons suivantes :

a) La « trouée de Kamatembe » présente tous les caractères d'un graben latéral qui serait le pendant parfait du graben du Mufumbiro du bord oriental. Les escarpements y sont remarquablement rectilignes bien que ce caractère ne ressorte pas de l'examen de la carte topographique à cause des petits appareils volcaniques qui ont surgi le long du pied des escarpements et qui compliquent les allures ;

b) Elle a été le siège d'une importante activité volcanique tant ancienne que récente.

L'auteur a reconnu l'existence de plusieurs petits volcans entre Bishusha et les lacs Mokoto. Ces appareils ont rejeté des quantités importantes de scories et de cendrées. A juger par la bonne conservation de leurs appareils, ils sont très jeunes.

Sur le plateau de Bishusha, près du sommet du mont Mushebele, on relève la présence de remarquables affleurements de basaltes : ils se présentent en coulées à structure colonnaire épaisses de plusieurs dizaines de mètres. Il n'existe pas trace d'appareils d'émission. Les laves ont un aspect absolument identique aux basaltes d'âge tertiaire du Kivu méridional. L'analyse chimique révèle une teneur en Na_2O de 3,9 % et une teneur en K_2O de 1,3 %. Il s'agit donc bien de basaltes, roches dont l'absence dans les Virunga avait été considérée comme remarquable [10].

La présence de cette nappe de basalte sur le plateau, à des altitudes comprises entre 2.150 et 2.200 mètres, sans aucune relation visible avec les laves récentes, doit être interprétée comme une preuve d'activité volcanique ancienne, concordant probablement avec le

début de formation du graben et dont la nappe basaltique du Mushebele serait le dernier témoin.

Les analyses chimiques d'un échantillon de ce basalte, d'un gabbro intrus dans les formations anciennes et de la lave d'un petit volcan récent situé au sud-ouest de Bishusha, ont montré la sensible constance dans le temps de la composition des intrusions ; ces roches sont caractérisées par la quasi saturation en silice contrairement aux laves du Nyamuragira qui contiennent des feldspathoïdes.

Il existe encore une autre région volcanique, mal connue, autour de Pinga, à l'ouest des lacs Mokoto.

Les éruptions récentes des Virunga.

Les volcans actifs des Virunga n'ont été reconnus qu'à la fin du XIX^e siècle. En juin 1893, les membres de l'expédition du comte von GOETZEN effectuaient l'ascension du Nyiragongo et H KERSTING entreprenait l'ascension du Nyamuragira sans toutefois en atteindre le sommet.

Les renseignements qui nous restent de ces premières années sont vagues et fragmentaires et il faut attendre une occupation européenne permanente pour avoir des observations relativement continues des éruptions. Celles-ci se localisent toutes dans le quadrilatère Rumangabo, Goma, Sake, Bishusha.

Le lieutenant-colonel VAN COOLS a dressé une liste des éruptions dont nous extrayons les éléments suivants :

La fin du XIX^e siècle est marquée par d'importantes éruptions du Nyamuragira et de ses cônes adventifs septentrionaux.

En 1901, une éruption a lieu au nord-est du Nyiragongo — la coulée issue est visible le long de la route de Goma à Rutshuru et est parfois confondue avec celle de 1905.

En 1904, un nouveau cône, le Nahimbi, naît dans la plaine du nord-est de Sake et envoie une coulée de lave jusque dans le lac Kivu.

En 1905, a lieu l'éruption de Kanamaharagi, à l'est du Nyamuragira et sur le prolongement de l'axe principal du massif du Nyiragongo-Baruta. Durant cette époque, le Nyamuragira a été constamment actif avec émissions sporadiques de laves.

En 1912 se produit l'éruption du Rumoka, au bord du lac Kivu, qui a failli fermer l'entrée de la baie de Kabuno et à laquelle semble avoir été jointe une éruption sous-lacustre.

En 1920 a lieu une éruption sous-lacustre dont l'importance n'a pu être évaluée.

Le Nyiragongo et le Nyamuragira manifestent une activité permanente durant cette période, avec montée lente de la lave dans le cratère de ce dernier volcan.

Au cours des premiers jours de 1938, le niveau de la lave atteint le bord du cratère du Nyamuragira. Le 28 janvier 1938 débute l'éruption de Tshambene qui envoie près de 400 millions de mètres cubes de lave dans la plaine entre le Nyamuragira et le lac Kivu avec fermeture de la baie de Sake. L'activité cesse en juin 1940, au Nyamuragira mais se maintient en permanence au Nyiragongo.

De mars à juillet 1948, une nouvelle éruption se produit dans la plaine entre Sake et le Nyiragongo, avec création des deux centres actifs de Muhuboli et de Mvovo ya Biti ou Gituro ⁽¹⁾.

Deux coulées de lave coupent la route de Bukavu-Goma dont une se déverse dans le lac.

Du 17 novembre 1951 à la mi-janvier 1952, une érup-

⁽¹⁾ Ce volcan est nommé *Mvovo ya Biti* par l'Institut des Parcs Nationaux dans le domaine duquel l'éruption s'est produite et *Gituro* par M. H. TAZIEFF qui étudia celle-ci.

tion adventive dite du Shabubembe se produit sur le flanc nord du Nyamuragira.

Selon les estimations du lieutenant-colonel VAN COOLS, près de 50.000 hectares de terrains ont été recouverts par la lave en moins d'un siècle et le champ de lave a gagné environ 5.000 hectares sur le lac. Ainsi entre le « lac vert » et la colline Maza à l'entrée de Sake, l'actuelle route Bukavu-Goma passe là où on naviguait il y a un demi-siècle.

II. — Le Nyamuragira.

Morphologie du massif.

Le Nyamuragira est un *shield-volcano* typique. Considéré dans son ensemble, il affecte la forme d'un dôme surbaissé dont les pentes générales varient de 8 à 15°. Sa base n'est pas nette, le dôme se raccordant progressivement aux plaines de laves environnantes. On peut néanmoins dire qu'en première approximation sa base se confond avec la courbe de niveau des 2.100 mètres. Les dimensions de cette section de base, atteignent environ 15 km selon la direction SE-NW et environ 12 km selon la direction SW-NE. Le point culminant s'établit à l'altitude de 3.058 m ; la crête de séparation entre les bassins du Congo et du Nil passe par son sommet.

A part une étroite bande transversale et le petit appareil du Rugwete, les flancs du volcan ne portent pas de cônes adventifs anciens au-dessus du niveau de 2.300 m. Ceci ne signifie pas que la construction du massif se soit effectuée uniquement par des éruptions terminales car il existe des indices de l'existence de nombreux appareils adventifs enfouis.

La surface du Nyamuragira n'est pas d'une régularité quasi-géométrique comme la partie supérieure du cône

du Nyiragongo ; elle présente, surtout sur le flanc nord, des vallées bien marquées séparées par des éperons arrondis. Comme l'édifice présente les signes d'une extrême jeunesse — on peut même le considérer comme étant encore en pleine croissance — de telles structures ne peuvent être causées par l'érosion. Leur cause doit être cherchée dans le mécanisme d'édification du volcan.

Il est probable que les éperons correspondent à d'anciens cônes adventifs aujourd'hui enterrés sous des coulées provenant de niveaux supérieurs mais ayant néanmoins influencé le relief. Nous discuterons ailleurs le processus probable.

Les flancs du Nyamuragira portent des gradins faiblement inclinés, séparés par des escarpements dont les pentes atteignent jusqu'à 30°. Gradins et escarpements sont recouverts de coulées dont le passage est postérieur à l'établissement des dénivellations. Une mention spéciale est faite de ces structures à cause de l'interprétation qu'en a donnée M. VERHOOGEN (12) qui les attribue à des dislocations causées par la dilatation du volcan avec intervention du « rebondissement élastique ».

Il existe deux sortes de gradins : ceux limités par de petits escarpements à tracé plus ou moins rectiligne ou à concavité tournée vers l'intérieur du massif et ceux limités par des escarpements à concavité tournée vers l'extérieur et délimitant de véritables cirques.

Les escarpements du premier genre ont très probablement été créés selon le processus suggéré par M. VERHOOGEN, tant au Tshambene en 1938 qu'au Shabubembe en 1951 des efforts verticaux importants se sont exercés, amenant des déplacements verticaux de blocs de dizaines de milliers de mètres cubes.

Les escarpements du second genre semblent avoir été créés par un autre processus, dont nous avons eu une démonstration lors de l'éruption de 1951.

Le Shabubembe était primitivement un *sink-hole*

foré dans le flanc du Nyamuragira et la dénivellation entre ses bords nord et sud atteignait 25 m. Au cours de l'éruption, il fut comblé par les laves jusqu'au niveau de son bord nord tandis que des coulées venant d'amont se déversaient par-dessus son bord sud. Il en est résulté un escarpement à concavité tournée vers l'extérieur, très semblable aux escarpements anciens et ce sans aucune dislocation à son emplacement.

Le cratère terminal.

Le cratère du Nyamuragira affecte la forme d'un fer à cheval dont l'ouverture serait dirigée vers l'Ouest-Nord-Ouest. L'intérieur en est une ellipse dont le grand axe dirigé SE-NW atteint 2.200 m et le petit axe, dirigé SW-NE atteint 1.900 m. Ses dimensions et caractères justifient la dénomination de caldera. Il a été cartographié par le colonel HOIER (7).

La ligne faîtière et le seuil.

De son point culminant (3.058 m), situé sur le bord est, la ligne faîtière s'abaisse par ondulations successives jusqu'à une brèche ouverte dans la paroi nord-ouest du cratère. Cette brèche est large de près de 600 mètres. Elle a servi de déversoir à des coulées de laves qui l'ont partiellement comblée et édifié un seuil atteignant le niveau de 2.957 m.

L'origine de la brèche paraît pouvoir s'expliquer de la manière suivante :

a) Le Nyamuragira devait primitivement atteindre une altitude nettement supérieure à celle d'aujourd'hui ; l'examen des parois de la caldera montre que toutes les coulées anciennes visibles présentent une pente vers l'extérieur et sont recoupées à l'emporte-pièce. Nulle

part on ne les rencontre horizontales comme elles se présenteraient à un déversoir ;

b) L'altitude primitive peut être approximativement établie en prolongeant les parois supérieures du cône : les sections que nous avons établies, basées sur des levés tachéométriques, donnent une pente générale remarquablement uniforme et qui varie entre 13 et 15° pour les parties de l'édifice situées entre 2.600 et 3.000 mètres. En prolongeant les génératrices du cône selon ces pentes, on constate que leur sommet commun s'établit vers l'altitude de 3.300 m.

En tronquant cet édifice hypothétique par un cratère de 250 m de diamètre, le niveau de celui-ci s'établirait vers 3.250 mètres. Un cratère de 675 m de diamètre s'établirait vers 3.200 m.

Il peut être raisonnablement supposé que la hauteur primitive du Nyamuragira était de l'ordre de 3.200 m ;

c) Nous avons dit plus haut que le Nyamuragira porte des larges vallées et des éperons. Un éperon important se situe sur le flanc ouest, un autre sur le flanc nord-ouest. Entre les deux se situait une large vallée s'ouvrant vers l'W-N-W., aujourd'hui comblée par les laves récemment émises ;

d) Dès lors, le processus suivant semble avoir eu lieu : à la suite d'une ou de plusieurs éruptions, le cratère terminal se serait élargi, se transformant en la caldera actuelle avec abaissement correspondant de la ligne faîtière. Géométriquement, le processus aurait été celui de l'intersection d'un conoïde légèrement déjeté intersecté par un cylindre sensiblement coaxial et de diamètre croissant. A l'intersection de la vallée citée, il s'est produit la brèche actuelle dont le point le plus bas arrivait à un niveau inférieur à celui du seuil actuel ;

e) Lorsque la lave est remontée, envahissant la

caldera nouvellement créée, la tête de vallée a joué le rôle de déversoir. L'amoncellement de coulées a amené le relèvement et l'élargissement du seuil jusqu'à sa configuration actuelle et établissement de la « plate-forme supérieure ».

Nature de la caldera.

La transformation du cratère terminal en caldera s'est-elle faite par explosion ou par effondrement ?

En nous basant sur les éléments hypothétiques suivants : altitude primitive 3.250 mètres, cheminée cylindrique de 400 m de diamètre et abaissement du fond du cratère jusqu'au niveau de 2.900 mètres, le calcul montre qu'un volume de roches de l'ordre de 180 millions de mètres cubes est disparu.

Si la création de la caldera avait été explosive, une partie notable des *ejecta*, surtout les éléments plus gros devraient se retrouver sur les pentes de l'édifice. De tels blocs, ainsi que des brèches, existent sur les flancs, mais leur volume total ne dépasse pas quelques dizaines de milliers de mètres cubes. A l'ouest du Nyamuragira, sur les plateaux du bord du graben, il existe de nombreuses couches de cendrées dont l'étude n'a pas été faite. La plupart de ces couches sont minces et leur répartition semble les rattacher aux éruptions des nombreux petits cônes éparpillés entre le Nyamuragira et le bord du graben.

Un élément non négligeable est l'absence de toute tradition indigène relative à d'importantes éruptions explosives. La caldera présente tous les caractères d'une extrême jeunesse et son origine se place probablement au XVIII^e siècle. La création explosive d'une caldera de cette dimension doit normalement s'accompagner d'éruptions du type plinien dont le caractère spectaculaire doit impressionner suffisamment les indi-

gènes pour se retrouver dans une tradition qui, dans d'autres domaines, rapporte des faits vieux de quatre siècles.

De par l'absence de grandes quantités de matériaux pyroclastiques et de l'absence de tradition indigène relative à des éruptions explosives, l'auteur penche pour une origine par effondrements plutôt que par explosion. L'hypothèse d'une caldera d'explosion ne doit toutefois être définitivement abandonnée que si l'étude des couches de cendrées sur le plateau de bordure du graben apporte également un élément négatif.

Dans l'hypothèse d'une caldera créée par effondrements, le mécanisme aurait été analogue à celui qui a amené l'agrandissement du *fire-pit* du Kilauea en 1924 ; la colonne de lave ayant été drainée, les parois se sont effondrées pendant que les eaux de la nappe phréatique affluaient et provoquaient de violentes explosions. En quelques semaines, les dimensions du Halemaumau sont passées de 250×200 m à 1.100×1.000 m (9) — ces dernières dimensions étant la moitié de celles de la caldera du Nyamuragira, le phénomène peut atteindre les ordres de grandeurs nécessaires pour avoir pu causer la formation de celle-ci.

Un autre phénomène qui peut être intervenu, au moins partiellement, est la réunion de plusieurs *sink-holes* en un seul, selon le mécanisme de formation de la caldera de Mokuaweoweo au Mauna Loa (4, 16).

Nous citons brièvement les principaux éléments de la caldera dont la description détaillée se fera ailleurs.

a) La *plate-forme supérieure* est le vestige d'une ancienne cuve de lave dont le trop-plein débordait par la brèche décrite plus haut. Elle s'établit au niveau du seuil de cette dernière ; à une altitude variant de 2.950 à 2.955 mètres ;

b) Dans la plate-forme supérieure, à 500 mètres du bord nord de la caldera, se trouvent les *solfatares*,

dégagements permanents de vapeur déposant des boues multicolores. Ces gaz ont été analysés ;

c) Les laves de 1937-1938 recouvrant l'ancienne « plate-forme moyenne » et qui ont partiellement envahi la « plate-forme supérieure » ;

d) Les *îlots Est et Sud* qui sont des vestiges d'anciennes parties actives ;

e) Le *grand sink* de 1938 créé le 28 janvier 1938 par l'effondrement de la partie active. C'est un puits de 400 m de diamètre et 210 m de profondeur. Sa surface est d'environ 123.000 m² et son volume est de l'ordre de 24.000.000 m³. La lave liquide est parue au fond, à la cote 2.749 m durant la nuit du 18 au 19 novembre 1951 ;

f) Le *grand effondrement* de 1938, c'est une cuvette occupant toute la moitié sud occidentale de la caldera et dont les dimensions atteignent 1.500 m × 900 m. Sa surface mesure 145 hectares, sa plus grande profondeur est d'environ 160 m et son volume, calculé d'après planimétrage selon les courbes de niveau de la carte HOIER, est de l'ordre de 69.000.000 m³. Toute cette partie de la caldera s'est effondrée au début de l'éruption de 1938.

La zone de faiblesse du Nyamuragira.

La plupart des manifestations éruptives récentes du Nyamuragira se localisent dans une zone étroite qui traverse le massif de part en part. Cette zone n'a que quelques centaines de mètres de large ; sa direction est de N 15 à 20° W sur le flanc nord et S 20° E sur le flanc sud. Son prolongement méridional passerait entre le Nyiragongo et le Baruta.

Partant du pied de Mushebele, extrémité méridionale des monts Kasali et suivant ladite zone, on rencontre d'abord les deux petits volcans Muvo et Kanyamuyaga,

suivis jusqu'à l'altitude de 2.600 m par une série de cônes alignés selon une direction N 15° W et qui sont soit juxtaposés, soit même s'interpénétrant. Ces édifices sont relativement anciens et couverts d'une végétation abondante.

Entre les altitudes de 2.600 et 2.670 m, on rencontre une ancienne fissure active, longue de 320 m avec spatter-cones et talus de cendrées, des spatter-cones très récents et les « centres actifs » inférieurs de l'éruption de 1951-52.

Entre les altitudes de 2.740 et 2.880 m, on rencontre l'ensemble des manifestations éruptives du Shabubembe de 1951-52. La traversée de la caldera est jalonnée par les solfatares et les dislocations de la paroi sud survenues le 28.1.1938.

Sur le flanc sud-est, on rencontre les principales fissures le long desquelles est sortie la lave le 28.1.1938 (fissures n^{os} 3 et 4 de M. VERHOOGEN) et une série de petits cônes s'étendant jusque dans la selle avec le Nyiragongo. Ces cônes jalonnent une fissure que KIRSCHSTEIN (12) signalait comme ayant été récemment active et témoignant une activité solfatarienne en 1907. Il y existe également des traces d'activité postérieure à 1907 et antérieure à 1938.

Dans la partie sud orientale de la selle, on rencontre un ensemble de cônes dont il est difficile de décider s'ils appartiennent encore au massif du Nyamuragira ou s'ils font déjà partie de l'édifice du Nyiragongo-Baruta.

Le fait que les manifestations éruptives récentes favorisent la zone décrite, indique l'existence d'une zone de faiblesse facilitant l'ascension de la lave et des venues gazeuses.

Cette zone de faiblesse est une caractéristique majeure du volcan.

On attribue généralement la naissance d'un édifice volcanique à une ou plusieurs grandes failles subverticales disloquant toutes les formations jusqu'au réservoir

magmatique sous-jacent. L'existence de telles failles sous un épais champ de laves est quasi impossible à démontrer par les indices de surface seuls. L'étude de la répartition des épïcêtres des secousses sismiques mineures pourrait prouver l'existence d'une telle faille sous forme d'un *active rift*. *Dans le cas présent, il existe une présomption pour que la zone de faiblesse décrite soit la manifestation superficielle d'un « rift actif » profond.*

Les fissures.

Les parties supérieures des flancs du Nyamuragira portent de nombreuses fissures et fractures.

Près des bords de la caldera, on trouve de nombreuses fissures se raccordant tangentiellement aux bords et qui semblent être les témoins des éboulements ayant formé la caldera.

Une mention spéciale doit être faite de la fissure séparant la paroi de la caldera de la plate-forme supérieure (« rimaye » de M. VERHOOGEN). Une fissure analogue existe autour du cratère du Nyiragongo (18).

Sur les flancs nord et sud, le long de la « zone de faiblesse », on rencontre des fissures radiales dont la longueur peut atteindre 1/2 km. Certaines sont des fissures simples, d'autres sont des failles, avec rejet pouvant atteindre 1 m. C'est le long de ces fissures qu'est montée la lave en 1951.

Le flanc sud porte les 5 grandes « fissures » nées le 28.1.1938. Nous signalons ici une particularité de la fissure principale (n° 3 de M. VERHOOGEN).

Cette fissure se présente sous forme d'une tranchée, à section rectangulaire, longue de plusieurs kilomètres, large de 15 à 30 m dans la partie supérieure et profonde de 20 à 55 m. De la paroi de la caldera jusqu'au niveau de 2.870 m sa direction est S 30° E, plus bas elle s'incurve vers le Sud-Est. La lave de 1938 en a jailli à partir du niveau de 2.820 m.

Au niveau de 2.770 m, la tranchée est interrompue sur environ 30 m de longueur par un bloc dont la constitution est identique à celle des parois et qui est affaissé d'environ 1 m 20 par rapport au bord N-E. La disposition des surfaces et de la lave ayant jailli le 28.1.1938 indique que le mouvement du bloc est postérieur à la première émission de lave, mais avait cessé avant la fin des épanchements. La largeur cumulée des fissures autour du bloc décrit est de l'ordre de 0.5 à 0.6 m.

Cette interruption de la fissure n° 3 montre la véritable nature de cet accident : *c'est un petit graben causé par l'effondrement entre fissures parallèles d'un compartiment longitudinal du flanc extérieur du Nyamuragira. Celui-ci ne s'est pas fendu selon une génératrice avec écartement des lèvres de plusieurs mètres.*

Il est probable que son tracé suit celui d'un boyau souterrain profond, ancien chenal de coulée analogue à ceux qu'on voit en surface près du Rugwete et du Tshambene ; la lave circulant sous pression dans ce boyau aurait amené la descente et la fracturation du compartiment sus-jacent tandis que les effondrements ultérieurs des parois élargissaient le graben primitif et comblaient partiellement le fond avec des éboulis.

Les sink-holes.

En plus des grands *sink-holes* formés à diverses époques dans la caldera, on en connaît plusieurs sur les flancs du volcan.

a) Le Shabubembe, lieu de l'éruption de 1951-1952, est décrit plus loin ;

b) Le *sink* de Tshambene, de 50 m de diamètre et 80 m de profondeur. Son volume est d'environ 150.000 m³. Situé à l'altitude de 2.400 m, il se place sur le prolongement et à environ 40 m de la terminaison de la « fissure

n° 2 » et à 70 m à l'est de l'« orifice n° 9 ». M. VERHOOGEN, dont nous avons pu apprécier les descriptions exactes, n'en a pas signalé l'existence alors qu'il n'aurait pu passer inaperçu.

Il est mentionné par M. TAZIEFF (20) qui a visité les lieux en 1948. La formation de ce *sink* semble être assez récente ;

c) M. DELHAYE (5) a signalé l'existence en 1922 « au sud du cratère, dans la partie indécise comprise entre son rebord et les premières pentes du cône » d'une cheminée à parois verticales d'une trentaine de mètres de diamètre. Ce petit *sink* a disparu depuis ;

d) Au cours de l'éruption de 1951, un *sink* de 65 m de diamètre s'est formé au nord du Shabubembe.

Tous ces *sink-holes* semblent avoir été créés par des effondrements — pour aucun d'eux il n'existe d'indice d'une formation par explosion.

III. — L'éruption de 1951-52.

L'activité récente du Nyamuragira.

A) PÉRIODE AVANT 1940.

Nous connaissons peu de choses de l'activité du volcan antérieurement à 1932 ; des descriptions publiées (3, 5, 12, 13) on peut conclure qu'entre 1907 et 1932, le Nyamuragira présentait une activité permanente du type hawaïen et que la caldera était le siège d'effondrements importants.

A partir de 1932, le colonel HOIER ; conservateur du P. N. A. exécute des levés suivis du cratère (7). De 1932 à 1938, le niveau de la lave monte régulièrement jusqu'à atteindre le seuil de la caldera. Le débit moyen annuel de cette période était de l'ordre de 30.10^6 m³ de lave liquide.

Le 28.1.1938 l'éruption débute, des « fissures » s'ouvrent sur le flanc sud du Nyamuragira, des nappes de lave très mobile dévalent les pentes et le cratère adventif du Tshambene se forme. L'activité cesse dans la caldera qui est le siège d'effondrements importants. A la fin de juin 1940, époque d'extinction du Tshambene, environ 400.10⁶ m³ de lave en étaient sortis.

Cette éruption a été suivie et décrite par M. VERHOOGEN (21, 22) et par le colonel HOIER qui était sur place les premiers jours (7, 8).

B) PÉRIODE DE 1940 A 1951.

Dans la caldera, on n'enregistre que les dégagements de vapeur permanents des solfatares et un grand nombre de fumerolles réparties autour des îlots et dans les sections effondrées.

Il ne semble pas qu'il y ait jamais eu d'activité solfatarienne importante au lac de lave de Tshambene ; celle-ci s'est concentrée dans la partie inférieure de la « fissure n° 2 » où des bouffées de vapeur se dégagent à intervalles irréguliers. La rapidité de la colonisation végétale au lac de lave de Tshambene est remarquable ; fin 1951 on y trouvait des arbres de 2 m 50 à 3 m de haut et le visiteur devait se frayer un chemin à coups de machette à travers une végétation beaucoup plus dense que celle couvrant la lave de 1912.

L'éruption de 1948, suivie et décrite par H. TAZIEFF (17, 19) semble devoir être rattachée au Nyamuragira. Vers la fin de cette éruption, entre le 26 avril et 10 mai, de forts dégagements gazeux se produisirent le long d'une bande de terrain s'étendant du Mvovo ya Biti (« Gituro ») au Rugwete soit une distance de 10 kilomètres.

C'est probablement à cette époque qu'une brève activité s'est manifestée sur le flanc nord du Nyamura-

gira. Fin 1951, l'auteur a découvert, le long de la zone de faiblesse de l'édifice, un groupe de six *spatter-cones* situés à l'altitude de 2.600 m et immédiatement à l'ouest du centre actif (*c*) de l'éruption de 1951. Ces petits appareils étant exempts de végétation ne peuvent avoir plus de 3 à 4 ans — leur situation excentrique, cachés dans la forêt, et la brièveté des dégagements qui les ont engendrés expliquent que leur naissance ait pu passer inaperçue.

En 1951 le Mvovo ya Biti a donné des signes d'activité, du 25 au 28 juillet 1951 il a rejeté des cendrées dont le conservateur du P. N. A. a estimé le volume à environ 25.000 m³.

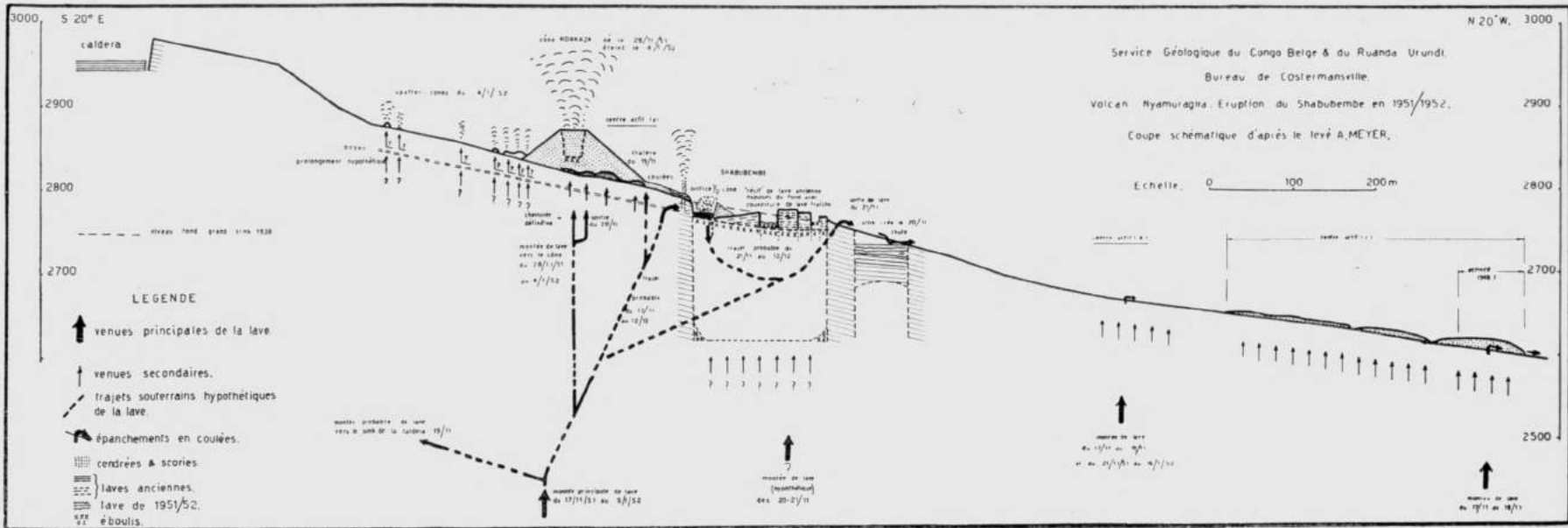
Le début de l'éruption de 1951.

A l'issue d'une ascension du Nyamuragira effectuée du 7 au 9 novembre 1951, le lieutenant-colonel VAN COOLS signale un échauffement général et prédit l'apparition prochaine de la lave liquide.

A) SITUATION DES LIEUX.

Le bord nord de la caldera s'établit à des altitudes variant de 2.957 à 3.000 m. Le flanc nord débute par une pente douce allant jusqu'à 2.950 m, suivie par un abrupt descendant jusqu'à 2.880 m, cet abrupt délimite un vaste amphithéâtre s'ouvrant vers le Nord et au fond duquel, à 650 m du bord de la caldera s'ouvrait le *sink-hole* Shabubembe.

Le Shabubembe était primitivement un puits cylindrique, de section quasi-circulaire, foré à l'emporte-pièce à travers les bancs de vieilles laves. Son diamètre variait de 150 à 160 m, sa profondeur, au jugé des observateurs devait s'établir entre 150 et 200 m, auquel cas le volume de l'ordre de 2.500.000 à 3.500.000 m³. Dans la paroi sud débouchaient deux galeries, anciens



boyaux d'alimentation de coulées ; la galerie supérieure, qui allait jouer un rôle important au cours de l'éruption, débouchait à 2.773 m soit à 14 m sous le bord.

La région avoisinant le Shabubembe était parcourue de fissures subparallèles, dirigées N 15° W ; certaines d'entre elles étaient assez vieilles pour que les mousses tapissent leurs parois.

B) PREMIÈRES OBSERVATIONS.

A la fin de la soirée du 16 novembre 1951, M. GILLET, conservateur adjoint de P. N. A. de passage à Bishusha, et M. F. VAN DEN DUNGEN, chef du poste de Kirotshe, observent des lueurs rouges au-dessus du Nyamuragira et un léger tremblement de terre est enregistré à Kirotshe.

Le 17 novembre à 2 h 30, le flanc nord du volcan s'illumine et une explosion est perçue à Rumangabo, à 20 km. Une photographie (photo n° 1) prise par M. LEROY, colon à Katala, montre que dès les premières heures de l'éruption il existait trois centres d'activité distincts sur le flanc nord. Nous les avons nommés centres (a), (b), (c). Des coulées de lave se déversent dans la plaine et incendient la forêt.

Le conservateur du P. N. A. visite les lieux les 18 et 19 novembre. Ses observations peuvent se résumer comme suit :

a) La lave rouge vient de paraître au fond du grand *sink* de la caldera ;

b) La lave est montée par la fissure n° 1 au sud du Shabubembe, et s'est épanchée à la surface, puis, ayant rencontré l'ancien boyau, elle l'a suivi et se déverse dans le *sink* avec projections de bombes (centre actif (a)) ;

c) Les coulées sont arrêtées et l'activité des centre (b) et (c) a beaucoup diminué.

Le 21 novembre au matin, un survol effectué par le conservateur et l'auteur montre que :

a) Le boyau continuait à débiter de la lave dans le Shabubembe ;

b) Les parties centrales et septentrionale de celui-ci étaient occupées par des « récifs » de rochers dont la teinte claire tranchait sur le fond sombre de lave fraîche *et qui arrivaient au-dessus du niveau des bords du sink* ;

c) Au nord du Shabubembe, un nouveau *sink-hole* de 65 m de diamètre s'était ouvert mais qui ne manifestait aucune activité ;

d) A part des cendrées projetées sur les bords, le sol entre le Shabubembe et les centres actifs (b) et (c) était exempt de lave ;

e) L'activité avait cessé aux centres (b) et (c).

L'après-midi du 21, la lave se frayait un accès à la surface en deux points situés le long du bord nord du Shabubembe et donnait naissance à deux coulées ; la coulée orientale se précipitait en chute dans le *sink* nouvellement formé et le comblait jusqu'au niveau de son bord nord avant de s'écouler vers la plaine où elle recouvrait la région des centre (b) et (c).

A partir du 22 novembre, l'auteur installé sur place en permanence, faisait les observations suivantes :

a) 4 fissures situées au Shabubembe ont joué un rôle dans l'éruption.

La fissure numérotée I sur les cartes, longue de 200 à 225 m, a laissé passer des gaz entraînant des cendrées légères et a permis la montée de lave liquide. A 60 m du bord sud du Shabubembe, elle est jalonnée par un petit cratère qui fonctionnait le 19 novembre.

La fissure II est une faille sur une partie de son parcours, le bloc entre fissures I et II ayant été soulevé de près d'un mètre. Elle a été le siège de faibles dégagements de vapeur.

Les fissures n° III et n° IV ont joué un rôle accessoire ;

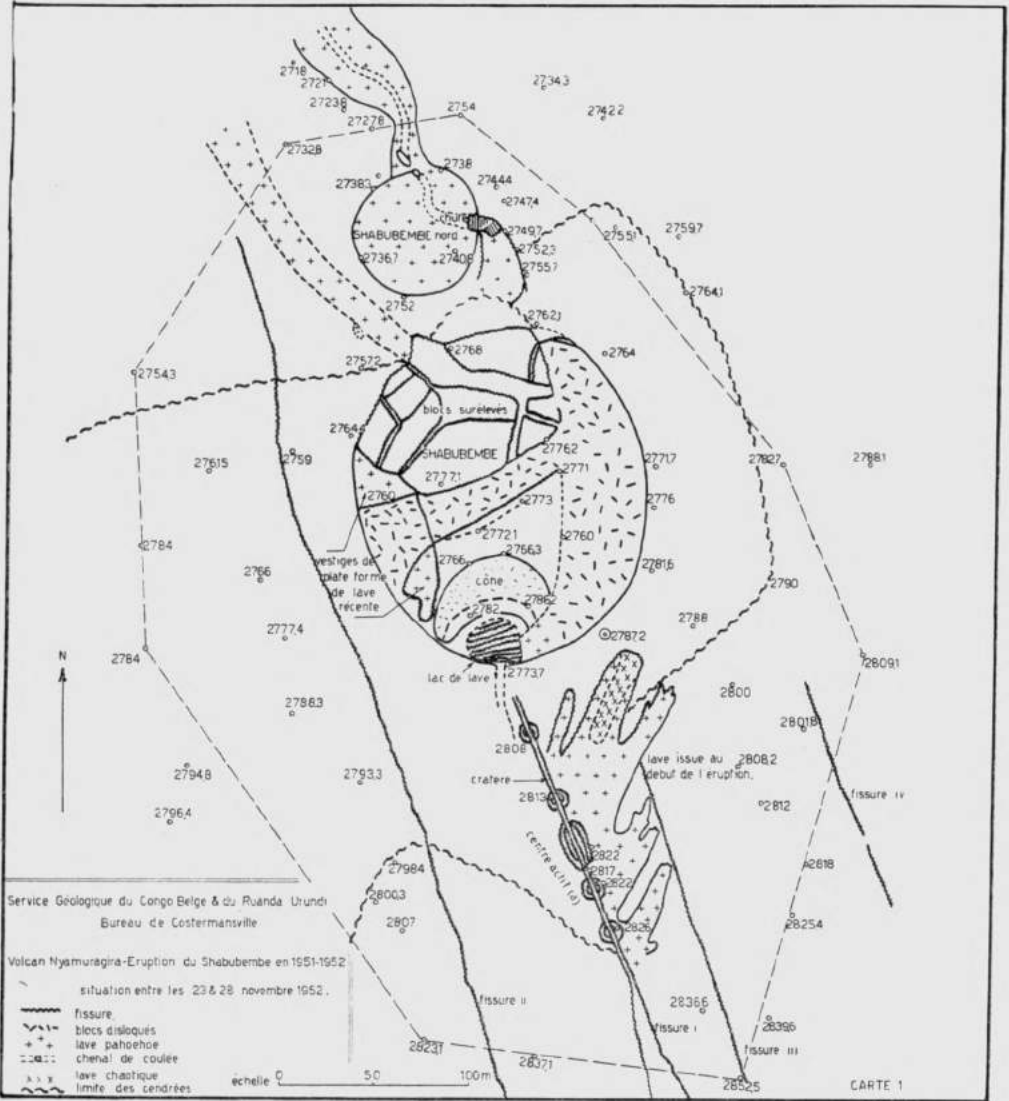
b) Les parties centrale et septentrionale du Shabubemba étaient occupées par des massifs de lave ancienne recouverts de lave fraîche ; c'étaient les « récifs » de l'observation aérienne. La présence de cette couverture de lave fraîche est d'importance capitale pour la reconstitution des événements. Ces « récifs » n'étaient pas les *crag*s de *bench-magma* des géologues hawaïens.

Le bloc central avait $\pm 70 \text{ m} \times 50 \text{ m}$ et présentait un ennoyage marqué vers le Sud. Il portait un demi-cône édifié par les paquets de lave projetés du boyau ; cet édifice a grandi progressivement jusqu'à atteindre 20 m de hauteur. Vers l'Est, le Nord et l'Ouest, ce bloc était limité par des dépressions à parois verticales dont le fond s'établissait respectivement aux niveaux de 2.765 à 2.754 m, 2.760 m et 2.750 m ; le fond était constitué d'un enchevêtrement de blocs de vieilles laves auxquels adhéraient des fragments de lave fraîche. Aux extrémités nord et sud de la dépression ouest, on trouvait les vestiges d'une plate-forme de lave récente s'établissant au niveau de 2.760 m.

Les « récifs » de la partie septentrionale avaient la même composition. Ils formaient approximativement un rectangle de $\pm 90 \text{ m} \times 65 \text{ m}$ découpé par des fissures et crevasses. Leurs sommets, horizontaux, s'établissaient à des niveaux variant de 2.768 à 2.779 m, *c'est-à-dire de 5 à 10 m plus haut que les bords du Shabubemba*.

Le bord nord et nord-ouest de celui-ci avait été rebroussé sur une longueur de près de 120 m et les bancs de vieilles laves, avec leur couverture de cendrées projetées au début de l'éruption, formaient un talus haut de 7 à 10 m et incliné à 45°.

Du boyau débouchant dans la paroi sud du *sink*, il sortait en permanence un jet gazeux violent ; il s'y produisait des dégagements explosifs à la cadence de 10 à 12 par minute. D'énormes paquets de lave étaient pro-



Éruption du Shabubembe. — Situation entre les 23 et 28 novembre 1951.

jetés en gerbes incandescentes pouvant atteindre 30 m de haut. Devant le boyau, s'étendait un petit lac de lave, de forme circulaire et d'environ 25 m de diamètre. Sa surface était rouge-cerise la plupart du temps mais se couvrait parfois d'une croûte élastique noire aussitôt trouée par la retombée des gerbes. Cette croûte se déplaçait lentement vers le Nord et s'engloutissait au pied du demi-cône, démontrant l'existence d'une circulation en profondeur.

Il n'a jamais été observé de flammes ou de fontaines au cours des premiers jours ;

c) La lave liquide alimentant les coulées venait au jour en deux points au pied du talus marquant le rebroussement du nord du *sink*. La montée s'est toujours faite calmement, sans violents dégagements de gaz et il ne s'y est pas formé de spatter-cône. La lave était donc partiellement dégazée au préalable.

La lave s'écoulait en chenal, et tombait en chute dans le *sink* nouvellement formé, (photo n° 00) d'où elle dévalait la pente vers la plaine ; le déversoir de la chute permettait une estimation relativement précise de son débit ;

d) Les bords du Shabubembe étaient couverts d'*ejecta*. Sur le bord oriental, on trouvait des bombes et des cendrées très grossières, sur le bord occidental, et à l'ouest de la fissure n° I n'existaient que des cendrées relativement fines. Ces dernières couvrent une superficie d'environ 8 hectares et leur volume est de l'ordre de 30 à 35.000 m³.

La répartition des bombes et des cendrées rend peu probable une origine unique à partir du bord sud du Shabubembe. Les cendrées semblent être venues de toutes les parties du fond du *sink* primitif, ce qui fait supposer que de violents dégagements gazeux s'y seraient produits ;

e) Le centre actif (b), situé à environ 350 m au nord

du Shabubembe, a débité de la lave durant toute la durée de nos observations. Ayant été noyé sous les coulées sorties le 21 novembre son activité a été entièrement souterraine.

Le centre actif (*c*) est constitué par une fissure longue de 350 m, large de 5 à 10 m et bordée de talus de cendrées interrompus par des brèches aux points d'écoulement de la lave. Elle se termine vers le Nord par un cône de section elliptique, égueulé vers le Nord et qui se situe immédiatement à l'est des spatter-cônes supposés dater de 1948. Le centre actif (*c*) n'a pas débité de lave après le 20 novembre.

Ces centres ont projeté un volume important de cendrées au cours de leur éphémère existence explosive.

Ce volume semble être de l'ordre de 50 à 100.000 m³.

Reconstitution des événements du début de l'éruption.

En nous basant sur les observations du lieutenant-colonel VAN COOLS et les nôtres, il est possible de reconstituer les principales phases du début de l'éruption.

Au cours des années précédant l'éruption, le soubassement du Nyamuragira a été le siège d'une accumulation d'énergie interne qui s'est manifestée le long de la « zone de faiblesse » du flanc nord par des fissurations et une brève activité vers 1948.

Dans la nuit du 17 novembre 1951, les gaz accumulés ont trouvé un exutoire et une éruption à allure explosive a débuté ; celle-ci s'est localisée en trois régions formant une zone très étroite, dirigée N 15° W, longue de 1.150 m et située entre les altitudes de 2.600 et 2.825 m.

Ces trois régions étaient :

Centre actif (a) constitué par la fissure n° I longue d'environ 200 m, située directement au sud du Shabubembe, entre les niveaux de 2.800 et 2.825 m. Le

début de l'éruption y a été marqué par des mouvements du sol.

Centre actif (b) situé à 500 m au nord de (*a*), à l'altitude de 2.670 m.

Centre actif (c), fissure longue de 350 m, située immédiatement au nord du centre (*b*) entre 2.600 et 2.650 m d'altitude.

De ces trois centres se sont échappées des quantités importantes de gaz entraînant de la lave vitreuse projetée sous forme de cendrées (*fire-fountaining* des géologues hawaïens).

Cette première phase à prédominance d'émissions gazeuses a été aussitôt suivie par des épanchements de lave très mobile, probablement sursautée en gaz et surchauffée, qui se sont localisées aux centres (*b*) et (*c*).

La lave montant au centre (*a*) a rencontré un ancien boyau d'alimentation de coulée débouchant dans la paroi sud du Shabubembe et a suivi cette voie, se déversant dans le *sink-hole*. Une montée de lave s'est probablement produite au fond du Shabubembe, accompagnée de dégagements gazeux projetant des cendrées et des bombes, tandis que d'autres projections venaient du boyau. C'est probablement en ce moment que s'amorçait la montée des blocs constituant le fond du *sink*.

Durant la nuit du 18 au 19 novembre la lave se frayait un chemin jusqu'au fond du grand *sink* de 1938 de la caldera et une montée mineure de lave se produisait le long de la fissure n° I.

L'activité des centres (*b*) et (*c*) diminuait en ce moment pour cesser entre le soir du 19 et le matin du 21 novembre, tandis que se formait le nouveau *sink* au nord du Shabubembe et que les blocs du fond de ce dernier continuaient leur montée.

Au cours de l'après-midi du 21 novembre, une énergi-

que poussée de lave achevait de rebrousser le bord nord du Shabubembe et donnait naissance aux deux coulées majeures de l'éruption. La reprise d'activité au centre (*b*) et la dernière coulée issue de la fissure n° I sont probablement causées par la même poussée.

A partir de ce moment, l'éruption se stabilise « en régime ».

La carte n° 1 représente la situation à cette époque.

Évolution de l'éruption.

Nous donnons ci-dessous un bref résumé des principales observations, le détail en sera donné dans le travail d'ensemble.

Jusqu'au 27 novembre, la situation ne change guère.

Ce dernier jour, le demi-cône construit par les projections du boyau ayant considérablement grandi, le « récif » qui le porte commence à basculer et sa partie méridionale surchargée s'enfonce. On assiste à un véritable ajustement isostatique en petit ; ceci gêne la circulation de la lave en profondeur car le niveau du lac de lave s'élève. Celui-ci déborde et des coulées successives envahissent la dépression orientale du Shabubembe. La montée du lac obstrue progressivement la sortie du boyau, forçant les gaz à passer par un orifice de plus en plus réduit. Les gaz finissent par sortir en un jet continu, faiblement incliné sur l'horizontale charriant des projections ; la vitesse de certaines projections atteignait 20 m/sec, soit 72 km/heure.

Vers 19 heures, une explosion crève le toit du boyau à ± 15 m au sud de sa sortie et il en sort un jet gazeux brûlant avec une flamme haute de plusieurs mètres ; au cours des jours suivants cette flamme, en forme de dard de chalumeau, devait atteindre une longueur de 20 m. La totalité du dégagement gazeux devait se localiser en cet orifice tandis que la lave accédait calmement au lac.

Le 28 novembre, de nombreuses petites fissures satellites de la fissure n° 1 se créent et des infiltrations gazeuses s'y produisent. A partir de 23 h., le sol crève et un petit spatter-cône s'édifie, suivi par deux autres. A partir de 4 heures du matin, ces appareils se réunissent en un seul qui grandit rapidement au cours des jours suivants. Des coulées de lave issues du pied de ce cône se déversent dans le Shabubembe, achèvent de le combler et recouvrent la région limitrophe.

Au cours de la nuit du 12 au 13 décembre un changement important survient : *la disparition du lac de lave*. Il est vraisemblable que la lave s'est frayé un chemin, direct entre la cheminée principale située au sud du Shabubembe et le point d'origine de la coulée principale ; le débit de la coulée n'a pas été influencé par ce changement ; seuls les dégagements de gaz aux bouches des coulées ont augmenté. L'activité explosive du nouveau cône qui s'était maintenue au rythme de 12 à 14 explosions par minute, a cru au cours de la journée du 13 pour arriver à 60 explosions par minute. Au cours de la nuit et de la journée du 14 décembre, les projections étaient quasi continues ; le 15, elles étaient continues par périodes de 2-3 minutes irrégulièrement espacées, puis l'activité diminuait jusqu'à 12 à 15 explosions par minute.

La situation devait rester stationnaire jusqu'au 3 janvier 1952.

Dans la nuit du 3 au 4 janvier 1952, l'activité cessait brusquement dans le cône né le 28 novembre et qui avait été dénommé NDAKAZA par les indigènes. Au moment de son extinction, ce cône mesurait 50 m de haut, 40 m de diamètre au cratère et sa base elliptique mesurait 150 m × 180 m. Son volume solide était de l'ordre de 90.000 m³.

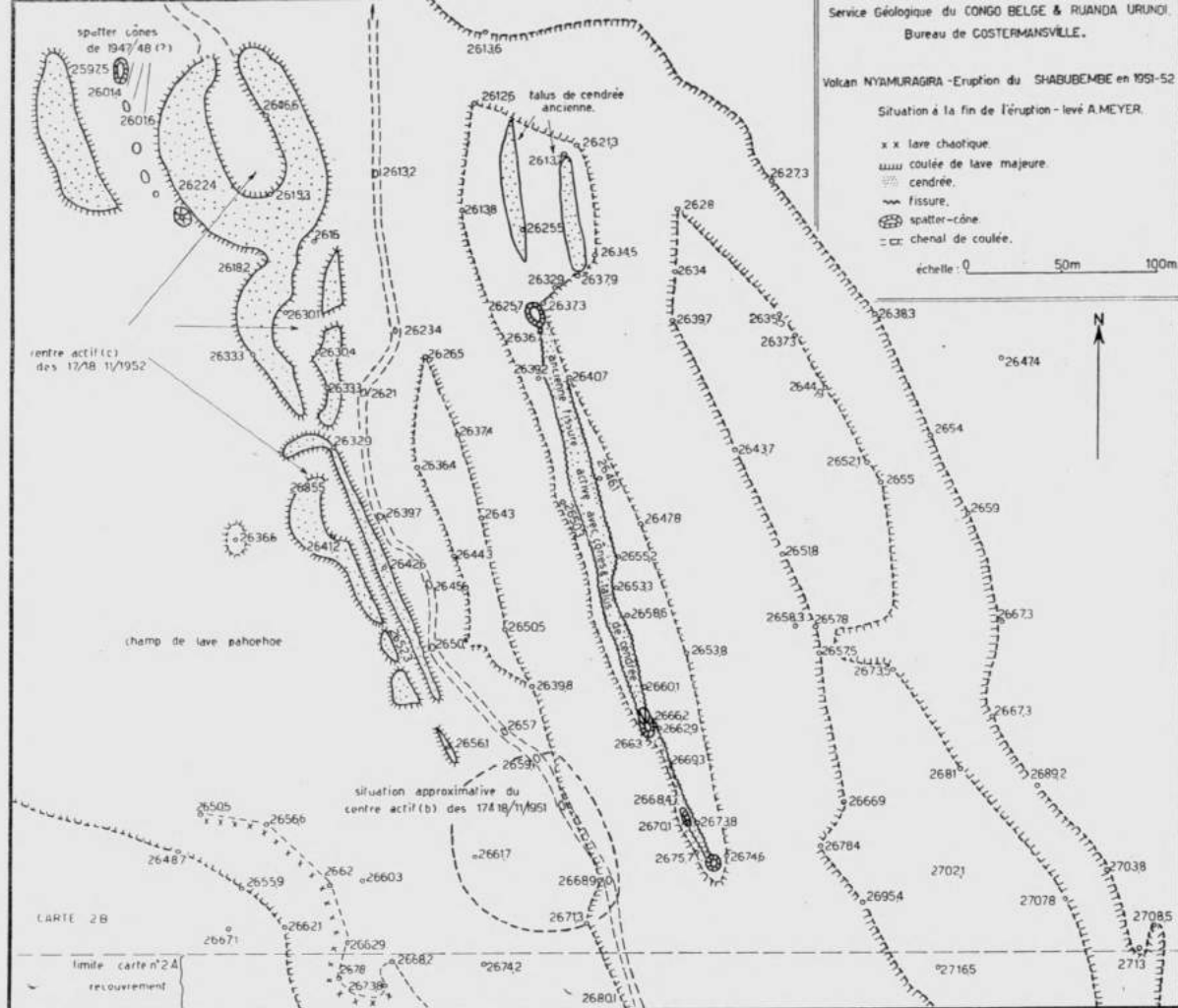
La fissure n° I se prolongeait vers le Sud et trois nouveaux centres d'émission se formaient le long de cette fissure, tandis qu'un quatrième naissait environ 200 m à

Volcan NYAMURAGIRA - Eruption du SHABUBEMBE en 1951-52

Situation à la fin de l'éruption - levé A. MEYER.

- x x lare chaotique.
- uuu coulée de lave majeure.
- /// cendrée.
- fissure.
- ⊗ spatter-cône.
- chenal de coulée.

échelle: 0 50m 100m



Situation à la fin de l'éruption du Shabubembe.

l'Ouest. Ces centres dégageaient des gaz abondants et des projections de lave construisaient des spatter-cônes. Tous ces centres laissaient échapper des petites coulées de lave.

Au cours de la matinée, la fissure n° I se prolonge encore, jalonnée par des montées de lave mais sans dégagements gazeux importants ni formation de cônes. Un dernier spatter-cône se forme à l'extrémité méridionale de la fissure. Cette dernière peut avoir remonté le boyau mais il est plus vraisemblable qu'elle a suivi des fissures.

La coulée principale tarissait et ne constituait plus qu'un filet de lave « *aa* » de 1 m de large.

Le 5 janvier, il n'y avait plus que 3 cônes en activité et la coulée sortant du sol au nord du Shabubembe s'arrêtait complètement. Le centre actif (*b*) continuait à débiter un peu de lave.

Cette dernière phase présente beaucoup d'analogies avec les « spatter-cônes tardifs » de l'éruption de 1948.

Le 10 janvier 1952, les deux derniers spatter-cônes s'éteignaient à leur tour, un peu de lave sortait encore du centre actif (*b*) dont l'activité diminuait de plus en plus.

A partir du 16 janvier s'établissait l'activité solfatarienne, limitée à des dégagements de gaz et de vapeurs le long de fissures, notamment le long du bord sud-est du Shabubembe.

Les cartes n° 2*a* et 2*b* représentent la situation à la fin de l'éruption. La coupe d'ensemble schématise l'évolution.

IV. — Les produits de l'éruption.

A) Les gaz.

La prise des échantillons et les analyses ont été effectuées par M. G. HAINE, ingénieur-chimiste du service

géologique. Les circonstances n'ont malheureusement permis d'effectuer les échantillonnages qu'à partir du 15 janvier 1952, donc après la fin de l'éruption proprement dite et lors de l'établissement de l'activité soldatarienne.

On peut distinguer deux catégories de venues gazeuses : les dégagements permanents — solfatares — dans la caldera et au Tshambene et les dégagements survenus lors de l'éruption et aussitôt après.

La composition des premiers reste plus ou moins constante dans le temps, la composition des seconds a varié sensiblement, mais un caractère permanent a été la séparation poussée des phases liquide et gazeuse.

Au cours des premiers jours, les fissures ont dégagé des quantités importantes de vapeur d'eau chargée de H^2S . Le SO^2 est paru ultérieurement et a progressivement pris la prédominance.

La présence momentanée d'un gaz dont l'odeur rappelle celle du HCN est à signaler.

Les coulées dégageaient des quantités importantes de vapeur d'eau fortement chargée de SO^2 . A leur proximité on notait une odeur piquante, désagréable, suggérant l'odeur de combustion d'une peau de vache fraîche ; cette odeur, probablement due à des acides libres, est disparue après le 28 novembre.

La lave arrivant au jour contient des gaz combustibles ainsi qu'en témoignent les flammèches sortant des fissures du sol préalablement à la naissance des spattercônes et la violente combustion enregistrée à l'orifice crevant le toit du boyau au sud du Shabubembe.

Ces gaz restent occlus dans la lave durant quelque temps mais diffusent rapidement, ainsi qu'en témoignent les expériences suivantes : si on perce la croûte d'une bombe encore pâteuse ou la surface d'une petite coulée en marche, on entend un sifflement et un dard de flamme orangée surgit de l'ouverture pratiquée. Ce phénomène

se voit très bien sur la fig. 2 de la planche XX de (8). De même si on dépose dans un feu une bombe fraîchement tombée et qu'on la casse, la combustion est nettement activée durant quelques secondes ; ce gaz diffuse rapidement car aucune réaction ne se produit avec des bombes rejetées depuis plus d'une demi-heure.

La capture et l'analyse de ces gaz constitueraient un acquit important à nos connaissances des produits volcaniques primaires.

Le cône a dégagé principalement de la vapeur d'eau chargée de SO_2 mais la présence d'autres gaz est indiquée parce qu'à certains moments le débit de H_2O diminuait fortement ou même cessait et on voyait tourbillonner des volutes de gaz incolore à bleuté, d'aspect sirupeux, ces volutes sortaient directement du cratère et ne pouvaient pas être constituées uniquement d'air réchauffé.

Le rapport en poids gaz/lave émis au cours de l'éruption s'établit entre 1 et 2 %. Ce rapport était voisin de 1 % lors de l'éruption de 1938.

ANALYSES.

Le cadre de cette note ne permet pas de détailler le mode opératoire ni de donner le détail des analyses, notamment celles de l'eau condensée. Les tableaux ci-dessous résument les résultats principaux.

1) En volume :

Échan- tillon	1	2	3	4	5	6	7
O ₂	16.85	1826	18.09	6.37	0.00	0.00	20.6
N ₂	77.78	73.28	79.43	26.95	0.00	0.00	79.2
CO ₂	0.91	0.44	0.25	31.47	6.04	12.44	0.2
H ₂ O	4.46	8.02	2.23	35.20	93.96	87.54	—
SO ₃	Tr. n. d.	Tr. n. d.	Tr. n. d.	0.01	Tr.	0.02	—
H ₂ S	n. d.	n. d.	n. d.	Tr.	Tr.	Tr.	—

2) En poids :

O ₂	19.00	20.74	20.78	6.84	0.00	0.00	22.8
N ₂	76.76	73.44	73.40	25.53	0.00	0.00	76.9
CO ₂	1.41	0.68	0.68	46.42	15.16	25.66	0.3
H ₂ O	2.83	5.14	5.14	21.19	84.83	74.28	—
SO ₃	—	—	—	0.02	0.01	0.06	—
H ₂ S	—	—	—	Tr.	Tr.	Tr.	—

- 1 = fissure 1 bord S-E du Shabubembe, température 350° C.
 2 = fissure 2 bord S-E du Shabubembe, température 550° C.
 3 = puits avec lave rouge au fond, centre actif (b), température 870° C.
 4 = fissure n° 2 de 1938 au nord de Tshambene, température de 80 à 100° C.
 5 = solfatare central de la caldera, température 225° C.
 6 = solfatare bord ouest de l'îlot est de la caldera, température 215° C.
 7 = composition de l'air de la caldera.
 Il n'a pas été trouvé de CO, H₂ et hydrocarbures.

Faute de place, nous ne pouvons reproduire la discussion que M. HAINE a faite des résultats de ces analyses ; celle-ci figurera *in extenso* dans le mémoire. M. HAINE arrive aux conclusions suivantes auxquelles nous nous rallions :

Les gaz s'échappant des fissures immédiatement après l'éruption et à l'endroit de celle-ci, sont constitués en majorité d'oxygène et d'azote dans un rapport O₂/N₂ plus petit que celui de l'air. Ils pourraient être simplement de l'air circulant dans les fissures et conduites profondes de l'édifice volcanique, réchauffé et dont le rapport O₂/N₂ aurait été modifié par des réactions d'oxydation accomplies en profondeur.

Les gaz prélevés au même moment dans les dégagements permanents formant les solfatares des éruptions antérieures sont constitués en presque totalité de vapeur d'eau et de CO_2 .

L'appareillage et les méthodes opératoires ayant été mis au point, une seconde étude des gaz a eu lieu en juillet 1952 avec détermination quantitative des éléments mineurs. Une nouvelle étude est prévue pour le début de 1953.

Dans le cas d'une nouvelle éruption, il sera possible d'effectuer une étude complète des gaz de celle-ci.

B) Les sublimés.

M. VERHOOGEN a exposé la difficulté qu'il y a à récolter un sublimé incontestablement primaire, c'est-à-dire un produit ne résultant pas de dissolutions et de reprecipitations successives.

La grande majorité des échantillons recueillis sont de tels produits primaires, ayant été formés sous les yeux de l'observateur ou dans des conditions garantissant leur conservation.

L'étude de ces sublimés est en cours. La conclusion provisoire à laquelle on arrive est que les sublimés déposés sur les parois des fissures chaudes à la fin de l'éruption sont des chlorures, tandis que les sublimés formés aux voûtes des coulées sont en majorité des sulfates.

C) Les laves.

Les laves émises au cours de l'éruption de 1951-52 sont chimiquement et pétrographiquement très semblables à celles des éruptions de 1938-1940 et 1948. Ce sont des basanites ou kivites, au sens large de ce terme.

Nos observations de terrain et études pétrographiques seront exposées en détail dans notre mémoire.

Les températures relevées dans la lave en mouvement ont varié de 1.130° C. dans le cœur de la chute au nord du Shabubembe à 980° pour de la lave « aa ». Les mesures ont été effectuées de jour avec le pyromètre optique ayant servi à MM. VERHOOGEN et TAZIEFF. La température de fusion de la lave s'établit entre 1085 et 1100° C.

Des mesures au compteur Geiger, effectuées autour du lieu de l'éruption, ont montré que la radioactivité y était très faible.

La majorité de la lave émise s'est solidifiée sous forme de « pahoehoe », d'importantes coulées de « aa » ont également été émises. Nous discuterons ailleurs les conditions régissant la solidification sous l'une ou l'autre de ces formes ; la formation de l'un ou l'autre type dépend d'une relation obscure entre la viscosité (dépendant elle-même principalement de la température et de la teneur en gaz) et les efforts mécaniques auxquels la lave est soumise lors de son écoulement. Dans l'ensemble, la « pahoehoe » est la forme de solidification à température élevée tandis que la « aa » est la forme de solidification à température plus basse.

ANALYSES.

Six analyses ont été effectuées au laboratoire du Service géologique. Nous en résumons les principaux résultats dans le tableau ci-dessous (colonnes I à VII) ; les colonnes VIII, IX, et X comportent les moyennes des analyses des éruptions de 1951, 1938 et 1948. On notera la très grande similitude des résultats des analyses du Nyamuragira et du MVOVO YA BITI-GITURO.

Échan- tillon	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
SiO ₂	46.39	46.70	47.31	46.40	44.90	44.75	46.58	46.11	45.61	44.99
TiO ₂	1.37	1.32	2.91	3.24	3.30	2.83	1.22	2.47	2.01	3.56
Al ₂ O ₃	12.79	16.98	16.79	18.53	15.78	15.91	16.91	16.82	17.40	17.37
Fe ₂ O ₃	4.30	0.86	1.93	1.43	11.59	1.36	0.75	1.30*	2.39	2.14
FeO	11.84	11.58	10.25	12.13	3.51	11.26	11.94	11.79	10.53	9.89
MnO	0.20	0.18	0.19	0.20	0.24	0.17	0.41	0.21	—	—
P ₂ O ₅	0.51	0.42	0.31	0.50	0.47	0.32	0.35	0.39	0.39	0.56
MgO	4.37	3.58	4.02	4.76	6.58	4.16	4.04	4.52	4.90	4.29
CaO	10.60	10.54	9.63	8.86	8.79	9.13	9.83	9.46	9.30	9.96
Na ₂ O	4.57	4.64	4.26	1.08	1.85	6.88	3.94	3.77	3.53	3.50
K ₂ O	2.28	2.57	2.45	2.44	2.70	2.46	5.56	2.70	5.40	5.4
	99.22	99.37	100.05	99.57	99.61	99.23	99.53	99.54	99.46	100.60

- * = Moyennes de FeO et Fe₂O₃ établies en faisant abstraction de l'analyse V.
- I = Lave de spatter-cône à l'ouest du centre actif (*c*), supposé émise en 1948.
- II = Bombe vitreuse, premier produit de l'éruption du centre actif (*a*) rejeté le 17 novembre.
- III = Lave semi-vitreuse, coulée sortie du centre actif (*c*) au début de l'éruption le 17 ou 18 novembre.
- IV = Fragment de bombe, enveloppe de lave fraîche autour du noyau de lave ancienne, rejeté du Shabubembe le 19 novembre.
- V = Plaquage de lave rubéfiée refroidie à l'abri de l'air dans le boyau.
- VI = Coulée ayant envahi le Shabubembe le 15 décembre 1951.
- VII = Bombe vitreuse, dernier produit de l'éruption, rejetée par spatter-cône le 10 janvier 1952.
- VIII = Moyenne des analyses II à VII, composition théorique de la lave sortie en 1951-1952.
- IX = Moyenne de 4 analyses de l'éruption de 1938-1940.
- X = Moyenne de 4 analyses de l'éruption de 1948.

V. — Conclusions.

L'auteur a signalé au I les principaux résultats des travaux de levé effectués en dehors du massif du Nyamuragira et qui étaient : les calcaires de la « série de Kirotshe », la disposition « en échelon » des failles et des blocs de la bordure du graben, le graben latéral de la « Trouée de Kamatembe » avec sa région volcanique et l'existence de basaltes anciens sur le plateau.

Il expose ci-dessous quelques-unes des conclusions de l'étude de l'éruption de 1951-1952.

1) La récente éruption du Nyamuragira est une éruption adventive caractérisée par :

a) L'apparition d'une série de centres actifs le long d'une zone de faiblesse de l'édifice volcanique ;

b) Une première éruption à allure explosive, suivie par un épanchement régulier avec établissement d'un lac de lave ;

c) L'existence au début de l'éruption d'efforts mécaniques considérables dans le plan vertical ayant entraîné le déplacement de compartiments entiers et la montée d'une partie du fond du *sink-hole* Shalbribembe jusqu'au-dessus du niveau du sol environnant ⁽¹⁾ ;

d) La création d'un nouveau *sink-hole* ;

e) Une séparation nette des phases liquides et gazeuse, avec établissement d'orifices indépendants ;

f) Une modification de la circulation souterraine de la lave, amenant la disparition du lac de lave sans que les autres manifestations éruptives en soient sensiblement affectées ;

g) Une migration vers le haut des centres d'activité, plus particulièrement des orifices à dégagements gazeux ;

h) Une fin brutale de l'activité ;

2) Pour la seconde fois, un lac de lave est paru au cours d'une éruption adventive du Nyamuragira. La nature de ce lac a été sensiblement constante et diffère suffisamment des lacs de lave du type hawaïen ⁽²⁾ classique pour être individualisée — nous proposons le

(1) Ce phénomène de montée globale du fond d'un *sink* a également été observé au cours de la récente éruption du Kilauea du 27 juin au 10 novembre 1952 (communication personnelle de M. Gordon Macdonald de l'Observatoire de Hawaii).

(2) Le terme « virungien » parfois utilisé devrait être abandonné, comme prêtant à confusion.

terme de « lac de lave du type nyamlagirien ». Les différences principales entre les deux types sont :

a) Les dimensions beaucoup plus petites du lac de lave de type nyamlagirien ;

b) Le caractère permanent du lac de type hawaïien et temporaire du lac de type nyamlagirien ;

c) La prédominance d'une alimentation verticale par cheminées sous-jacentes dans le premier type et la prédominance d'une alimentation latérale, par fissures ou boyaux dans le second type ;

d) Le sens de la circulation, qui est ordinairement centrifuge à la surface dans le premier cas et uniforme, avec drainage latéral, dans le second cas ;

3) Le massif du Nyamuragira est recoupé par une zone de faiblesse dirigée S 20° E. — N 15 à 20° W. qui pourrait être la manifestation superficielle d'un « rift actif » profond ; elle a été favorisée par les éruptions passées et le sera très probablement à l'avenir ;

4) La nature physique et chimique des laves émises n'a guère changé entre 1938 et 1951 ; la composition chimique, les températures à la sortie, le rapport gaz /lave voisin de 1 %, indiquent la constance des caractères du magma malgré la distance de près de 6 kilomètres séparant le Shabubembe du Tshambene. La similitude de ces caractères avec ceux des éruptions de 1938 et 1948 ainsi que la similitude de la nature des laves émises en 1904 et 1912, tendraient à indiquer la présence d'un réservoir magmatique unique probablement allongé selon une direction N 20 à 30° E. L'axe de ce réservoir se situerait sous le prolongement immédiat de la presqu'île de Mbuzi.

La différence de composition de ces laves avec celles du Nyiragongo tendrait à indiquer l'existence d'une séparation entre les foyers volcanique occidental et oriental ; cette différence et ses causes possibles seront discutées ailleurs ;

5) Lacroix a défini les kivites comme suit : « je donne le nom de *kivite* aux laves récentes et actuelles du Namlagira et d'autres cônes du voisinage... la potasse est à peine supérieure à la soude ». Ultérieurement (15) le terme *kivite* a été appliqué à toutes les laves actuelles du Nyamuragira et des environs.

Cette définition, basée sur un très petit nombre d'analyses, gagnerait à être revue en faisant abstraction des valeurs du rapport $\text{Na}^2\text{O}/\text{K}^2\text{O}$.

Il résulte de nos analyses que les valeurs de ce rapport peuvent varier fortement d'un échantillon à l'autre et qu'elles varient avec le temps dans le cas du Nyamuragira.

Dans les analyses des laves émises en 1951-1952, ce rapport varie de 2,8 à 0,44, la moyenne s'établissant à 1,4.

Pour les laves anciennes du Nyamuragira, ce rapport varie de 2,45 à 0,25 et il existe une répartition marquée des valeurs dans le temps. Alors que les quatre analyses de laves prélevées dans les bords de la caldera et sur les flancs du volcan donnent des rapports $\text{Na}^2\text{O}/\text{K}^2\text{O}$ variant de 2,45 à 1,45, pour les quatre analyses de laves comblant la caldera, ce rapport varie de 0,25 à 0,83.

Ce rapport passe par un minimum dans la plus ancienne des laves ayant comblé la caldera et croît régulièrement depuis.

On peut affirmer que les kivites *stricto sensu* ne forment qu'une faible partie des laves du Nyamuragira et sont limitées au remplissage de la caldera et à la « coulée de la Moeso ».

Lorsqu'on classe les laves analysées par ordre d'âge, le rapport $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ varie comme suit :

- a) Laves anciennes : 2.05 — 1.8 — 2.45 — 1.45 ;
- b) Laves comblant la caldera : 0.25 — 0.34 — 0.83 — 0.84 ;

c) Éruptions récentes: 1.04 (1938 — 1.05 (1948) — 1.4 (1951).

Il est à noter que dans la « Trouée de Kamatembe » ce rapport varie de 3 à 1.65 pour les laves anciennes et récentes.

Le rapport $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ supérieur à 1 semble donc caractériser une zone géographique, celle de la terminaison occidentale de la chaîne des Virunga. Cette zone est très étendue ; quatre analyses de laves récoltées dans la région de Tamira, située à l'est du Nyiragongo et au sud-ouest du Karisimbi montrent dans cette région également la prédominance de la soude sur la potasse ;

6) L'édifice du Nyamuragira semble contenir des cavités importantes. Le volume total des vides créés par les effondrements dans la caldera du début de l'éruption de 1938 est de l'ordre de 93.000.000 m³. M. VERHOOGEN a estimé à entre 5 et 10 millions de m³ le volume de lave épanchée par les fissures et nos observations confirment cette estimation. Même en y ajoutant le volume de lave sortie du Tshambene, au cours des premières heures, on reste loin en dessous du volume de lave disparu de la caldera. Il paraît donc raisonnable de supposer qu'il existait une cavité très importante dans le flanc sud du volcan dont l'envahissement par les laves emmagasinées dans la caldera aurait inauguré l'éruption de 1938.

Cette hypothèse expliquerait l'observation du colonel HOIER relative à l'effondrement de la partie active *plusieurs heures avant l'ouverture des fissures et le début de l'éruption adventive du 28.1.1938.*

L'existence de telles cavités pourrait probablement être mise en évidence par des levés géophysiques ;

7) L'édifice du Nyamuragira semble être parcouru en profondeur par des boyaux, anciens chenaux d'alimen-

tation de coulées enterrés préservés sous l'empilement de coulées ultérieures.

Nous avons vu plus haut que la principale fissure formée en 1938 sur le flanc sud du volcan est un graben probablement sus-jacent à un boyau profond. Un autre boyau ancien a joué un rôle dans l'éruption du Shabubembe.

Ces boyaux doivent jouer un rôle important dans la circulation et migration de la lave et des gaz, rôle sur lequel le lieutenant-colonel VAN COOLS a attiré l'attention ;

8) Les *sink-holes* du Nyamuragira ne portent aucun indice de formation par explosion ; ceux de la caldera se sont formés par effondrement suite au reflux de la colonne de lave.

Une importance particulière doit être attachée à la formation du sink de 65 m de diamètre créé le 20 novembre au nord du Shabubembe ; comme l'affaissement d'un compartiment ne se conçoit pas sans l'existence de vides sous-jacents, il devait y avoir en cet emplacement une cavité cylindrique voûtée, de profondeur inconnue, et dont rien n'indiquait la présence à la surface.

La création de telles cavités peut se concevoir par le mécanisme suivant, sachant que la lave est sujette à de véritables mouvements de pulsation.

La lave plus ou moins émulsionnée par les gaz circule en suivant les fractures, tandis que les gaz oxydés au contact de l'air circulant le long de celles-ci échauffent et éventuellement ramollissent les parois. Les efforts mécaniques exercés par le flux et le reflux de la lave disloquent les bancs avec création progressive d'une cheminée, processus auquel doivent puissamment contribuer les éboulements des parois et des surplombs durant les périodes de reflux de la lave. On peut même concevoir des véritables phénomènes de fusion de roche par les

gaz, mais il est douteux que ceci joue un rôle prépondérant.

Lorsque la voûte se sera suffisamment amincie, elle peut s'effondrer lors d'un reflux de la lave lorsque le refroidissement aura causé la formation de fissures de retrait. Éventuellement l'accumulation de gaz pourrait provoquer le soulèvement du toit mais la fissuration des bancs de vieille lave ne semble pas devoir permettre le développement de pressions gazeuses importantes. Qu'un *sink-hole* soit créé par effondrement ou explosion, le mécanisme fondamental serait le même ;

9) L'origine des quantités énormes d'énergie développées dans une éruption volcanique est mystérieuse.

M. VERHOOGEN, qui a effectué des études de spectres d'émission de flammes lors de l'éruption de 1938, a signalé la possibilité du développement de quantités considérables d'énergie par le passage des gaz juvéniles de l'état atomique à l'état moléculaire.

Nous croyons que l'hypothèse et les recherches de M. VERHOOGEN dans ce domaine n'ont pas attiré l'attention qu'elles méritaient. Si de tels travaux étaient repris et continués, on arriverait probablement à une meilleure connaissance des phénomènes d'activité volcanique.

Le présent travail constitue un pas vers l'exploration du Nyamuragira. Il est à espérer que des études complètes et suivies pourront être entreprises ayant pour objet nos volcans tant actifs qu'éteints qui sont parmi les plus intéressants du monde.

Service géologique du Congo belge
et du Ruanda-Urundi.

Léopoldville, 2 janvier 1953.

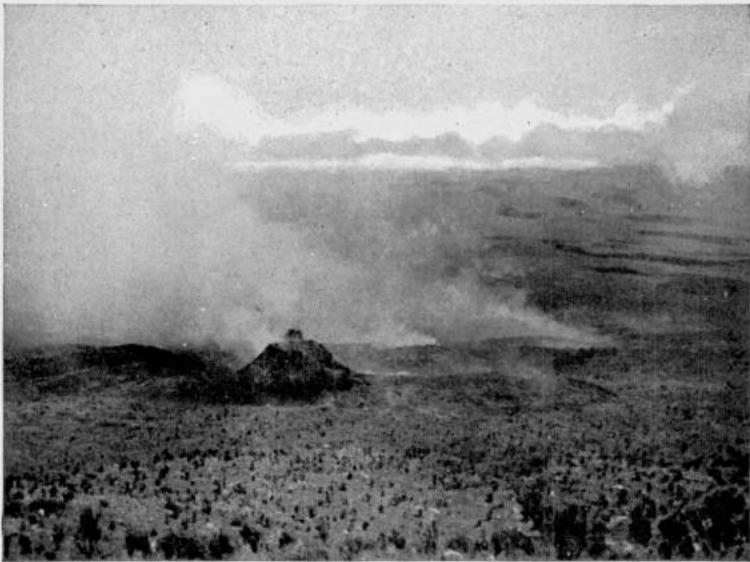
BIBLIOGRAPHIE.

1. BETHUNE, P. DE., Études pétrographiques dans les Monts Ruindi. *Mémoires de l'Institut Géologique de l'Université de Louvain*, 1952, t. XVI, pp. 223-299.
2. BOUTAKOFF, N., Géologie des Territoires situés à l'Ouest et au Nord-Ouest du fossé tectonique du Kivu. *Mémoires de l'Institut Géologique de l'Université de Louvain*, t. IX, fasc. I, pp. 7-207.
3. COMBE, A. D. and SIMMONS, W. C., The Geology of the volcanic area of Bufumbira. *Geological Survey of Uganda*, Mémoire n° III, part. I, Entebbe, 1933.
4. COTTON, C. A., Volcanoes as Landscape Forms. *Whit combe and Tombs*, Wellington, 1944.
5. DELHAYE, F., Les volcans au Nord du lac Kivu. *Bulletin de l'Institut Royal Colonial Belge*, XII, 1941, pp. 409-459.
6. HENRY, J., Études géologiques et recherches minières dans la contrée située entre Ponthierville et le lac Kivu. *Mémoire de l'Institut Colonial Belge*, Bruxelles, 1934, t. II, fasc. 3, 51 pp.
7. HOIER, R., Contribution à l'étude de la morphologie du volcan Nyamuragira. *Institut des Parcs Nationaux du Congo Belge*, Bruxelles, 1939.
8. HOIER, R., A travers plaines et volcans au Parc National Albert. *Institut des Parcs Nationaux du Congo Belge*, Bruxelles, 1950.
9. HOLMES, A., Principles of Physical Geology. *Nelson*, Edinburg, 1944.
10. HOLMES, A., and HARWOOD, H. E., The Petrology of the volcanic area of Bufumbira. *Geological Survey of Uganda*, Memoir n° III, Part II, Entebbe, 1937.
11. JAGGAR, T. A., Origin and Development of craters. *Geological Society of America*, Memoir 21, 1947.
12. KIRSCHSTEIN, E., Die Virunga Vulkane, ihr Geologischer Bau und ihre Beziehungen zur Tektonik. *Wissenschaftliche Ergebnisse der Deutschen Zentral Afrika*. Expédition 1907-1908, Bd. I, pp. 61-110.
13. SALEE, A., Le volcan Nyamuragira au Congo belge (District du Kivu). *Annales de la Société Scientifique de Bruxelles*, 1925.
14. SHAND, S. J., Eruptive Rocks. *Murby*, London, 1947.
15. SOROTCHINSKY, C., in H. TAZIEFF (19), pp. 57-98.
16. STEARNS, H. T. and Mac DONALD, G. A., Geology and Ground-Water Resources of the Island of Hawaii. *Hawaii Division of Hydrography*, 1946. Bulletin 9.
17. TAZIEFF, H., L'éruption du volcan Kituro, au Nord du lac Kivu. *Bulletin de la Société Belge de Géologie*, t. 57, 1948, pp. 204-215.
18. — , Première exploration du cratère du Nyiragongo. *Bulletin de la Société Belge de Géologie*, t. 58, 1949, pp. 165-172.
19. — , L'éruption du volcan Gituro (Kivu, Congo belge) de mars à juillet 1948. *Service Géologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi*, 1951, Mémoire n° 1.

20. — , Cratères en feu. *Arthaud*, Paris, 1951.
21. VERHOOGEN, J., Les volcans Virunga et l'éruption du Nyamuragira de 1938. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, t. 62, pp. B326-353 1939.
22. — , Les éruptions 1938-1940 du volcan Nyamuragira. *Institut des Parcs Nationaux du Congo Belge*, Bruxelles, 1948.
23. WILLIS, B., Est African Plateaus and Rift Valleys. *Carnegie Institution*, Washington, 1936, Publ. 470.
Notes et rapports du Lieutenant Colonel VAN COOLS, conservateur du Parc National Albert.

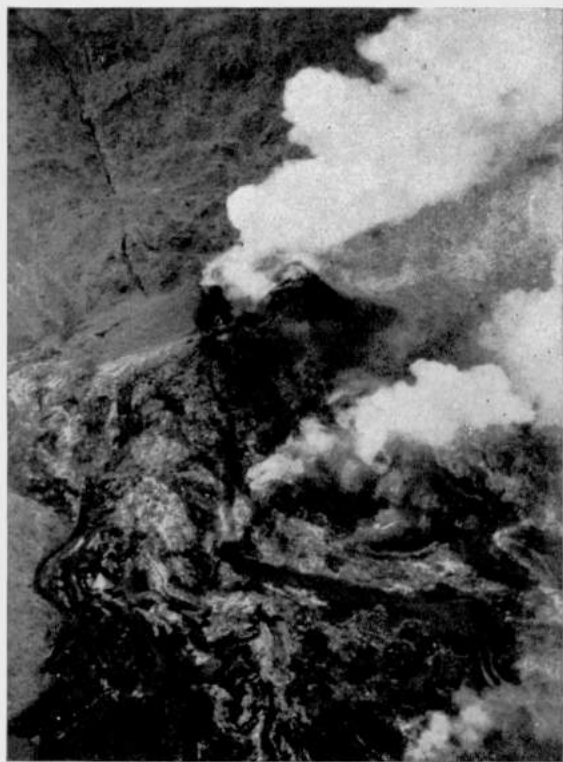


1



2

Voir légendes, page 287.



3



4



5



6



7



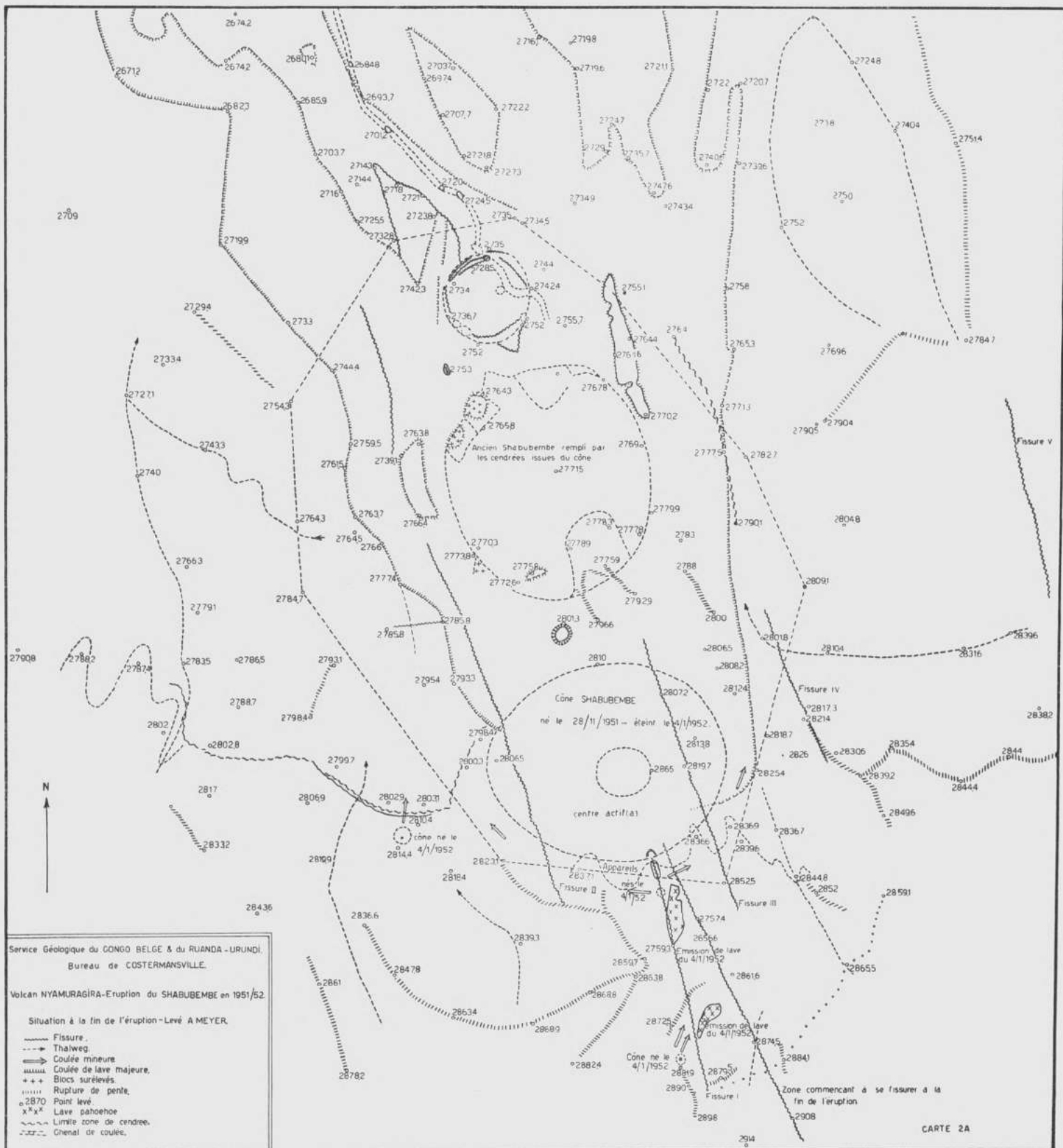
8



9



10



LÉGENDE DES PHOTOGRAPHIES (*)

N° 1. Première photographie de l'éruption, prise la nuit du 16 au 17 novembre 1951 par M. J. V. Leroy. Vue prise de Katala, à 20 km de distance. On distingue les 3 centres actifs situés sur le flanc nord. L'absence de leur au-dessus de la caldera montre que la lave n'y a pas encore accès.

N° 2. Vue panoramique prise du sommet du Nyamuragira en direction N. W. Au-delà du cône amont (NDAKAZA), en pleine activité, on distingue les émissions gazeuses provenant des centres (b) et (c).

Photo : C. Lamote. Congopresse. C.I.D.C.B.

N° 3. Vue aérienne prise vers le Sud. On distingue les coulées issues du cône amont, qui ont presque fini de combler le *sink* du Shabubembe (à droite du centre de la photo). Au delà du cône actif, on distingue nettement la fissure principale.

Photo : G. Félix. Congopresse. C.I.D.C.B.

N° 4. Vue de nuit du cône actif NDAKAZA.

Photo : C. Lamote. Congopresse. C.I.D.C.B.

N° 5. Activité explosive du cône NDAKAZA, fin décembre 1951.

Photo : G. Félix. Congopresse. C.I.D.C.B.

N° 6. Nouveau cratère d'effondrement (*sink*) formé au nord du Shabubembe.

Photo : C. Lamote. Congopresse. C.I.D.C.B.

N° 7. Coulée de lave issue du centre (a), se déversant dans le nouveau *sink* nord.

Photo : C. Lamote. Congopresse. C.I.D.C.B.

N° 8. L'orifice du boyau avec projection de lave. A droite le talus en forme de demi-cône construit par les projections.

Photo : Meyer, cliché IPNCB.

N° 9. Le torrent de lave vu à travers une ouverture dans la voûte.

Photo : Meyer, cliché IPNCB

N° 10. Formation de « spatter-cône » tardif-projection de lave de la fissure 1, le 4/1/52.

Photo : Meyer, cliché IPNCB

(*) Les photographies n° 2 à 7 appartiennent au Centre d'Information et de Documentation du Congo belge et du Ruanda-Urundi, qui a bien voulu en autoriser la publication.

R. van Ganse. — Une critique statistique d'essais de bétons à Léopoldville.

(Note présentée par M. E.-J. Devroey).

Résumé.

L'analyse statistique d'un assez grand nombre de résultats d'essais de compression de cubes de béton par séries de 2 ou de 3, montre que les écarts relatifs des résultats par rapport aux moyennes de série sont répartis à peu près normalement autour de zéro avec une variance σ^2 qui est indépendante de la résistance du béton à la compression.

On trouve, pour les bétons courants à Léopoldville, pour σ une valeur probable de 7% avec $\pm 1,2\%$ comme limite de confiance de probabilité 95%.

La connaissance de cette grandeur permet de prédire le nombre d'essais nécessaires pour atteindre une précision donnée du résultat moyen.

Summary.

Statistical analysis of a fair number of results of crushing tests on concrete cubes in samples of 2 or 3 units shows that the relative differences in crushing strength with respect to the sample means are distributed nearly normally about zero mean with a variance σ^2 which is independent from the crushing strength.

Current concrete tests at Leopoldville, Belgian Congo, gave for σ a probable value of 7% with $\pm 1,2\%$ confidence limits of 95% probability.

This numerical value allows an easy prediction of the sample size required for a given precision in the mean.

1. Introduction.

Le Laboratoire des Travaux Publics à Léopoldville effectue d'assez nombreux essais de contrôle de bétons, à la demande des entrepreneurs ou des maîtres d'ouvrage. Le plus souvent, on demande l'essai de résistance à la compression, à un âge donné, de cubes de 20 cm d'arête prélevés sur les chantiers.

Ces essais permettent de savoir dans une certaine mesure si le béton mis en œuvre aura une résistance suffisante pour la sécurité de l'ouvrage. Ils permettent également de déterminer la composition la plus économique d'un béton qui doit satisfaire à une spécification minimum.

Le but de la présente étude est d'établir la marge d'erreur que comportent les chiffres mentionnés au procès-verbal des essais.

Nous ne nous occuperons donc pas de savoir si le béton des cubes remis au laboratoire est bien identique à celui mis en place dans l'ouvrage. Une telle identité n'est pas évidente du tout. Sans même parler des possibilités de fraude intentionnelle, qui existent chaque fois qu'une matière doit être jugée sur un échantillon qu'on fait spécialement pour les besoins de l'essai, le prélèvement peut comporter de toute bonne foi des causes d'erreurs importantes qui faussent complètement la comparaison. Il arrive souvent, par exemple, que la compacité du béton des cubes, obtenue par une vibration ou un damage d'une certaine intensité, soit très différente de celle du béton mis en place dans les coffrages. La résistance d'un béton donné croît rapidement avec sa compacité ; un accroissement de 5 % de la densité peut augmenter de 50 % la résistance à la compression. Nous avons constaté des différences de cet ordre de grandeur à l'examen de cubes découpés dans des fragments d'ouvrages.

Il nous est même arrivé de constater que le béton de l'ouvrage était meilleur que celui des cubes. Les précautions à prendre sur le chantier pour obtenir des cubes bien représentatifs sortent du cadre de la présente étude.

Nous ne considérerons pas non plus ici le fait qu'un cube de béton supporte un taux de compression plus élevé qu'un corps de forme plus élancée, une colonne, par exemple. Nous laisserons aussi de côté l'influence des dimensions du cube : on sait que des petits cubes — pourvu qu'ils soient suffisamment grands par rapport au calibre de la pierraille — ont un taux de rupture plus élevé que des cubes plus grands.

Nous nous bornons donc à l'examen de cubes de 20 cm d'arête dont le béton est prélevé à la bétonnière et damé ou vibré dans un moule à faces planes, de préférence métallique et démontable.

2. Mode opératoire, erreurs de mesure, et causes de dispersion.

Ces cubes sont déposés au laboratoire et conservés à l'air, à la température ambiante, jusqu'au jour fixé pour l'essai.

On pèse alors le cube, on mesure les arêtes, on calcule la section, le volume et la densité, et on l'écrase à la presse Amsler de 250-500 tonnes. Nous ne rectifions pas jusqu'ici, les faces des cubes. Le plateau supérieur de la presse, articulé, permet de rattraper un léger défaut éventuel de parallélisme des faces du cube.

Les erreurs possibles de ce procédé d'essai sont résumées au tableau suivant :

TABLEAU DES ERREURS POSSIBLES DE MESURE.

Grandeur mesurée	Grandeur calculée	Valeur moyenne	Erreur possible	Erreur relative possible
Arête du cube	—	20,0 cm	0,05 cm	0,25 %
—	surface comprimée	400 cm ²	2 cm ²	2 × 0,25 % = 0,5 %
—	volume du cube	8,00 dm ³	0,06 dm ³	3 × 0,25 % = 0,75 %
Poids du cube	—	19,00 kg	0,025 kg	0,15 %
	densité du cube	2,37	0,02	0,15 % + 0,75 % = 0,9 %
Charge de rupture		100 t	1 t	1 %
	taux de rupture (à titre d'exemple)	250 kg/cm ²	3,75 kg/cm	1 % + 0,5 % = 1,5 %

Le procédé d'essai comporte donc une marge d'erreur possible de 1,5 % sur le taux de rupture, soit quelques kg/cm².

Or, lorsqu'on essaie plusieurs cubes, censés identiques, d'un même béton, conservés dans les mêmes conditions, jusqu'au même âge, on constate souvent, entre les résultats individuels, des différences très supérieures à l'erreur accidentelle possible de la mesure.

Parmi les causes de cette différence, une seule se laisse éliminer facilement : pour que les cubes soient comparables, leur densité doit être la même, à l'erreur possible d'observation près. Dans ce qui suit, nous ne comparerons des cubes de la même origine que si la densité était la même à 0,02 près.

Malgré cela nous constatons que des cubes apparemment identiques donnent des taux de rupture à la compression différents de 10 % et parfois même jusque 20 %.

De tels écarts résultent du manque d'homogénéité du béton prélevé à la bétonnière.

La pierraille, le sable, le ciment et l'eau sont mélangés dans cet engin pendant le temps minimum nécessaire

pour former un mélange suffisamment intime pour la pratique. En réalité l'homogénéité est peu parfaite ; telle portion du mélange sera un peu plus riche en ciment que la moyenne ; telle autre contiendra un peu plus d'eau, etc.

Le ciment lui-même n'est pas une substance très homogène. Lors des essais de ciments, des séries de 5 éprouvettes de mortier normal battu donnent couramment, d'une éprouvette à l'autre, des écarts entre les résistances mesurées, dont le tableau suivant, qui reproduit quelques résultats pris au hasard parmi ceux obtenus au Laboratoire, donne une idée :

DISPERSION DES RÉSISTANCES A LA COMPRESSION
DE CUBES DE MORTIER NORMAL DE CIMENT PORTLAND
(SÉRIES DE 5).

Ciment :	A			B			C			D		
	3	7	28	3	7	28	3	7	28	3	7	28
Résultats en kg/cm ²	392	476	530	394	448	566	300	322	378	330	398	520
	420	480	540	434	480	600	330	338	394	336	399	530
	422	500	574	438	482	600	330	348	426	346	426	556
	424	520	620	440	496	626	336	356	430	352	430	560
	472	520	625	461	500	636	364	368	454	360	434	560
Médiane	422	500	574	438	482	600	330	348	426	346	426	556
Moyenne	426	499	580	433	481	606	332	346	416	345	417	545
Déviatiion standard	26	18	39	22	18	24	20	16	27	11	16	17
Déviatiion standard relative	6,1%	3,6%	6,7%	5,1%	3,7%	4,0%	6,0%	4,6%	6,5%	3,2%	3,8%	3,1%

L'écart type relatif des résistances du mortier de ciment est donc de plusieurs % ; l'écart entre les résultats extrêmes d'une série peut atteindre 20 % de la moyenne. Une quantité quelconque de ciment, même provenant d'un même sac, contient donc en général des portions plus actives que d'autres.

Dans la bétonnière, un grand nombre de facteurs, les uns favorables, les autres défavorables à la résistance

du béton seront combinés au hasard dans les quantités de béton prélevées pour les cubes d'essai.

Le plus souvent, les facteurs favorables seront à peu près neutralisés par les facteurs défavorables. Les écarts relatifs peu importants seront donc les plus fréquents, tandis que des écarts extrêmes en plus ou moins, dû à la présence de facteurs tous favorables à l'exclusion des défavorables, ou vice versa, seront plus rares.

On peut donc s'attendre à ce que la distribution des résultats individuels autour de la moyenne que donnerait l'essai d'un grand nombre de cubes du même béton soit à peu près normale, c'est-à-dire, obéissant à l'équation de Gauss :

$$y(x) = (1/\sigma) (2\pi)^{-1/2} \exp [-(x - M)^2 / 2\sigma^2]$$

où $y(x)$ = la probabilité d'un résultat x

M = le résultat moyen d'un nombre infini d'échantillons

σ^2 = la variance de la distribution.

Des analyses statistiques (8) de séries importantes d'échantillons de bétons ont montré qu'il en est ainsi en fait.

Les paramètres M et σ de la distribution dépendent de la qualité et de la composition du béton. Ils sont facilement calculables lorsqu'on a pu examiner de nombreux échantillons du béton à étudier. La moyenne des échantillons tendra alors vers la moyenne vraie M , tandis que la variance sera égale à la moyenne des carrés des écarts.

Seulement, dans la pratique on ne dispose presque jamais de nombreux essais parallèles d'un même béton. Il faut autant de cubes que d'essais ; ces cubes sont lourds et encombrants ; on limite donc le nombre de cubes prélevés, et aussi le nombre de moules disponibles, à ce qu'on croit être le minimum nécessaire.

Les instructions belges relatives aux ouvrages en béton armé (4^e édition, 1944, annexe VII) prescrivent qu'on disposera au chantier de 6 moules. Elles laissent cependant la faculté à l'entrepreneur de faire essayer les cubes d'un même prélèvement à des âges divers. Elles sont donc muettes en ce qui concerne le nombre de cubes à essayer simultanément.

A Léopoldville le nombre de moules disponibles sur les chantiers — quand il y en a — se réduit le plus souvent à 3 ou même 2. Et le plus souvent les entrepreneurs demandent l'essai des cubes à plusieurs âges différents.

3. Analyse des résultats.

De la plupart des bétons examinés nous ne possédons donc qu'un résultat d'essai à un âge donné. Ces résultats individuels ne permettent aucun calcul des paramètres de leur dispersion.

Nous possédons cependant d'assez nombreux couples d'observations simultanées, provenant des essais de deux cubes censés identiques.

Dans quelques cas nous disposons aussi d'observations triples, provenant de l'essai simultané de trois cubes du même béton.

Nous nous proposons de déduire de ces observations doubles et triples certaines constantes applicables à la totalité des bétons considérés et permettant par conséquent, de calculer la marge d'erreur des résultats uniques qui sont les plus nombreux.

Remarquons que la moyenne d'une série de 2 ou 3 observations et la variance de la série rapportée à cette moyenne, peuvent s'écarter, dans une série aussi courte, considérablement de la moyenne et de la variance que fournirait une série infinie. Nous ne connaissons pas cette moyenne vraie et nous savons seulement qu'elle sera différente pour chaque béton. Il ne nous servirait

donc à rien d'additionner les taux de rupture de bétons différents et d'en chercher la moyenne avec l'espoir de pouvoir en déduire la variance des résultats individuels.

Nous pouvons cependant extraire de nos observations une autre variable dont l'emploi ne sera pas sujet aux mêmes limitations : c'est l'*écart relatif* des taux de rupture individuels par rapport à la moyenne. C'est une fraction dont la valeur est de l'ordre de quelques %.

Par exemple, si trois essais de cubes censés identiques ont donné les taux de rupture : 256, 240 et 263 kg/cm², la moyenne de la série est 253 kg/cm² ; les écarts à partir de cette moyenne sont : + 3, - 13 et + 10 kg/cm² et les écarts relatifs sont respectivement :

$$\begin{aligned} + 3/256 &= + 1,17 \% \\ - 13/256 &= - 5,08 \% \\ + 10/256 &= + 3,91 \% \end{aligned}$$

Dans le cas d'une série de deux observations x_1 et x_2 , celles-ci sont symétriques par rapport à leur moyenne $x = (x_1 + x_2)/2$. Les deux écarts relatifs sont donc égaux en valeur absolue $|u| = (x_1 - x_2)/2$ et de signes contraires.

Dans le cas d'une série de trois observations x_1 , x_2 et x_3 , celles-ci ne seront en général pas symétriques par rapport à leur moyenne \bar{x} , on aura : $x_3 = - (x_1 + x_2)$. Les trois écarts relatifs, qui seront désignés dans ce cas par :

$$p_1 = (x_1 - \bar{x})/\bar{x}, p_2 = (\bar{x}_2 - \bar{x})/\bar{x}, \text{ et } p_3 = (x_3 - \bar{x})/\bar{x}$$

ne seront pas symétriques autour de zéro, mais ils obéiront à la relation : $p_3 = - (p_1 + p_2)$.

Le tableau suivant résume la répartition de 329 écarts relatifs, déduits d'observations de séries de 2 et 3 cubes et groupés d'une part suivant la grandeur des écarts relatifs et d'autre part suivant le taux de rupture à la compression des bétons :

RÉPARTITION DES ÉCARTS RELATIFS OBSERVÉS
 u = ÉCARTS DE SÉRIES DE 2 ; p = ÉCARTS DE SÉRIES DE 3 ; T = NOMBRE TOTAL D'OBSERVATIONS.

Taux de rupture des bétons kg/cm ²		Nombre des écarts observés entre les limites ci-dessous :										Totaux
		14% ∇	14 à 10% —	10 à 6% —	6 à 2% —	2 à 2% —	2 à 6% +	6 à 10% +	10 à 14% +	14% ∧	+	
100 à 200	u	0	1	2	4	0	4	2	1	0	14	
	p	1	2	3	6	8	4	1	0	3	27	
	T	1	3	5	9	8	8	3	1	3	41	
200 à 300	u	2	4	5	24	52	24	5	4	2	122	
	p	0	1	5	10	16	10	3	3	0	48	
	T	2	5	10	34	68	34	8	7	2	170	
300 à 400	u	0	2	3	11	14	11	3	2	0	46	
	p	2	1	3	6	19	4	5	1	1	42	
	T	2	3	6	17	33	15	8	3	1	88	
400 à 500	u	0	0	1	7	8	7	1	0	0	24	
	p	0	0	1	1	2	1	1	0	0	6	
	T	0	0	2	8	10	8	2	0	0	30	
Totaux	u	2	7	11	46	74	46	11	7	2	206	
	p	3	4	12	22	46	19	10	4	4	123	
	T	5	11	23	68	119	65	21	11	6	329	

Ce tableau permet de constater deux choses :

1. La distribution des écarts relatifs est sensiblement la même pour les quatre catégories de bétons. L'écart relatif est donc pratiquement indépendant du taux de rupture du béton.

La fréquence des écarts groupés suivant leur grandeur est telle que la distribution est très voisine de la normale ;

2. Les écarts réduits des séries de 2 sont par définition symétriques par rapport à zéro. Pour les écarts réduits des séries de 3, la symétrie n'est pas parfaite mais elle est approchée de très près. Dans l'ensemble les écarts sont répartis symétriquement autour de zéro.

Nous en concluons que nous pouvons traiter l'écart réduit comme une variable indépendante distribuée

normalement autour de zéro, pour en tirer avec une très bonne approximation des conclusions valables pour l'ensemble des bétons considérés.

En particulier, nous nous proposons de déduire des écarts relatifs observés, la valeur probable de l'écart relatif pour l'ensemble de la population des bétons étudiés, et de rechercher les limites de confiance de cette estimation.

Le dépouillement statistique de séries courtes, de deux ou trois unités, pose des problèmes qui n'ont pas encore été traités en détail par les écoles modernes de statistique. Qu'il s'agisse d'observations démographiques, agronomiques, ou de contrôle de production, les statisticiens préfèrent, à juste titre, des séries d'observations parallèles nombreuses, par exemple au minimum 25 et de préférence 100 observations ou plus, et ils organisent leurs échantillonnages de cette façon. Par contre, dans les techniques de la construction, et surtout lorsque l'essai est destructif comme dans le cas qui nous occupe, les observations parallèles qu'on pourra faire seront presque toujours peu nombreuses.

Les relations entre la moyenne et la variance d'une population normale d'une part, et la moyenne et la déviation standard d'une série courte d'observations ont été établies par HELMERT (1) et développées par GOSSET (*Student*).

Cependant le problème qui nous occupe ici comporte une difficulté supplémentaire, du fait que nous sommes amenés à comparer des écarts relatifs rapportés à la moyenne de série.

Dans un travail récent et inédit, LEDOUX (2) a montré que la solution, basée sur les équations de HELMERT, est la suivante :

$$\begin{aligned} \text{En posant } S_j &= [\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 / n\bar{x}_j^2]^{\frac{1}{2}} \\ &\approx [\sum_{i=1}^n (x_{ij} - \mu_j)^2 / n\mu_j^2]^{\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

où μ_j est la moyenne de la population, j et n le nombre d'observations parallèles ($n \geq 2$), dont la moyenne est x_j , une estimation de la variance de l'écart relatif se déduit de :

$$E \frac{S}{C_2} = \sigma$$

où $C_2 =$

$$\left(2\pi/n\right)^{\frac{1}{2}}/B\left[\left(\frac{1}{2}n - 1\right), \frac{1}{2}\right] = 1 - \frac{3}{4n} - \frac{7}{32n^2} \dots,$$

tandis que le coefficient de variance de S/C_2 est $(B_4 - 1)/3$

$$\text{où } B_4 = 1 + \frac{3}{\sqrt{2n}} \left(1 - \frac{5}{8n} - \frac{21}{64n^2} - \dots\right) \quad (3)$$

Si nous disposons de m séries de n unités chacune la meilleure estimation de σ sera fournie par :

$$E \frac{\bar{S}}{C_2} = \sigma$$

avec $\bar{S} = \Sigma_{j=1}^m s_j/m$

La mesure de la validité découlera du coefficient de variance de \bar{S}/C_2 qui sera ici $(B_4 - 1)/3\sqrt{m}$, et l'inégalité suivante sera vérifiée :

$$\frac{\bar{S}}{mC_2} \left[1 - k \frac{B_4 - 1}{3\sqrt{m}}\right] \leq \sigma \leq \frac{\bar{S}}{mC_2} \left[1 + k \frac{B_4 - 1}{3\sqrt{m}}\right]$$

avec une probabilité de

68,3 %	pour	$k = 1$
95,4 %	pour	$k = 2$
99,7 %	pour	$k = 3$.

Les valeurs numériques de C_2 et B_4 que nous aurons à utiliser sont :

pour	$n = 2$	$C_2 = 0,5642$	$B_4 = 3,658$
	$n = 3$	$C_2 = 0,7236$	$B_4 = 2,692$

Avant d'effectuer les calculs nécessaires, nous avons jugé utile de grouper nos observations en plusieurs collections distinctes, correspondant chacune à des cubes de béton d'un même chantier, traités de la même façon et essayés au même âge, afin de voir si les résultats diffèrent appréciablement d'un chantier à l'autre.

TABLEAU DES VALEURS PROBABLES DE L'ÉCART TYPE RELATIF SUR DIFFÉRENTS CHANTIERS.

Collection	Chantier	Âge des cubes, jours	n	m	Valeur la plus probable de l'écart — type relatif σ en %	Déviati on standard probable de σ	Limites de confiance de σ , avec une probabilité de 96,4%
1 a	A	7	2	41	8,24	1,14	6,0 à 10,5 %
1 b	A	7	3	4	11,16	3,15	4,9 à 15,8 %
2	A	60	2	18	7,21	1,51	4,2 à 10,2 %
3 a	B	7	2	44	5,53	0,74	4,0 à 7,0 %
3 b	B	7	3	26	7,01	0,78	5,5 à 8,6 %
4	C	28	3	11	5,71	0,97	3,8 à 7,7 %

Ce tableau ne fait apparaître, entre les diverses estimations de σ , tenu compte de la déviation standard de cette grandeur, aucune différence systématique, c'est-à-dire non fortuite, d'après le chantier d'origine ou l'âge des cubes. Le résultat un peu aberrant de la collection 1b s'explique par le fait que cette collection ne compte que 4 séries.

Nous pouvons donc totaliser les résultats pour l'ensemble des chantiers étudiés, ce qui nous donne :

Moyenne de l'écart relatif estimé :	6,95 %
Déviati on standard moyenne probable (sur 144 séries) :	0,61 %

CONCLUSION : *Les essais de cubes de béton dans les conditions habituelles à Léopoldville comportent un écart type relatif de 7 %. Cette valeur est précise à 1,2 % près, avec une probabilité de 95 % (correspondant à 2 déviati ons standard).*

4. Conséquences.

Ce résultat numérique va nous permettre un jugement objectif des essais de bétons dans diverses conditions.

Il signifie tout d'abord que, lorsqu'on présente d'un certain béton un seul cube à l'essai de résistance à la compression, le résultat comportera une erreur en plus ou en moins qui dépassera :

$$\begin{aligned} & 7 \text{ \% dans } 32 \text{ cas sur } 100 ; \\ & 14 \text{ \% dans } 5 \text{ cas sur } 100 ; \\ & 2,33 \times 7 \text{ \%} = 16,3 \text{ \% dans } 1 \text{ cas sur } 100. \end{aligned}$$

En d'autres termes, si un cube succombe à l'essai sous 200 kg/cm^2 , il y a 68 chances sur 100 que la résistance réelle du béton soit comprise entre 186 et 214 kg/cm^2 , et 95 chances sur 100 qu'elle soit entre 172 et 228 kg/cm^2 . Il y a une chance sur mille que la résistance réelle soit inférieure à $200 - 3.09 \times 0,07 \times 200 = 158 \text{ kg/cm}^2$.

Si plusieurs cubes sont essayés simultanément, le résultat moyen devient plus digne de confiance. La déviation standard de la moyenne d'une série de N cubes est égale à celle du cube individuel divisée par \sqrt{N} :

N	Déviation standard de la moyenne.
1	7 %
2	5 %
3	4 %
4	3,5 %
5	3,1 %
6	2,9 %
8	2,5 %

L'essai simultané de 2 cubes améliore donc sensiblement la précision, et celui de 3 cubes encore plus. Des

nombres plus grands de cubes n'améliorent que lentement la précision et il faudrait essayer simultanément 49 cubes, ce qui n'est pas pratiquement exécutable, pour atteindre $\sigma = 1 \%$.

La connaissance, sinon exacte, du moins située entre des limites étroites, de σ aux environs de 7 % nous permet donc de dire que l'essai simultané de 3 cubes donnera en général un résultat suffisamment exact pour la pratique, puisque dans 997 cas sur 1.000 il ne s'écartera de la moyenne que de $3 \times 4 \% = 12 \%$ au maximum.

Par contre, si σ n'est pas connu, nous devrions déduire la marge d'erreur de la variance de chaque série au moyen des tables de Student-Fisher (5), ou de tableaux ou d'abaques qui en sont dérivés, et dont l'usage est préconisé par divers auteurs (6) (7) ; l'imprécision du résultat devient alors bien plus grande et on est alors amené à prescrire des essais de séries de 6 cubes au lieu de 3.

La connaissance de σ permet aussi de calculer, au moyen d'une simple table de Galton, les risques d'acceptations ou de refus injustifiés de bétons qui découleront, pour le maître d'ouvrage et pour l'entrepreneur, de clauses de cahiers des charges prescrivant des limites inférieures de résistance.

Bien entendu, notre détermination du σ moyen des bétons de Léopoldville devra être vérifiée de temps en temps, mais il est probable que la précision augmentera encore un peu, au fur et à mesure que les entrepreneurs se familiariseront avec les essais de bétons et avec les enseignements qu'on peut en tirer.

Léopoldville, le 16 décembre 1952.

Laboratoire des Travaux Publics
du Gouvernement général.

BIBLIOGRAPHIE

1. DEMING, W. E., Some Theory of Sampling (*J. Wiley & Sons*, 1950), pp. 507 et suivantes.
2. LEDOUX, H. J. (*Service de la Statistique du Gouvernement général du Congo belge, note inédite*, 1952).
3. DEMING, W. E. ouvrage cité sous (1), p. 569.
4. American Society for Testing Materials, Manual on Presentation of Data, 1946.
5. RIDER, P. R. Modern Statistical Methods (*J. Wiley et Sons*, 1950, Table V).
6. PROT, M. La thèse probabiliste de la Sécurité (*Ann. des T. P. de Belgique*, 105, 4, août 1952, pp. 519-540).
7. GAEDE, K. Der notwendige Umfang von Stichproben, *Der Bauingenieur*, Berlin, 26, 1951, 1, pp. 10-13.
8. GAEDE, K. Ueber die Bestimmung der Festigkeit des Betons, *Beton- u. Stahlbetonbau*, Berlin, 46, 7, 1951, pp. 155-159).

I. de Magnée. — Présentation de la note « L'évolution de l'industrie minière du Congo belge entre les années 1948 et 1951 », par M. A. Vaes.

Dans cette note importante, M. A. VAES étudie de façon précise et complète le développement minier du Congo de 1948 à 1951, période caractérisée par un progrès substantiel, puisque la valeur de la production minérale passe de 6.350 millions de francs en 1948, à 11.450 millions en 1951. Ce progrès est dû à la fois à une augmentation des valeurs de réalisation et à un accroissement de la production.

M. VAES rappelle les caractères géographiques et géologiques qui dominent l'économie minière congolaise, puis passe en revue les diverses minéralisations, en signalant les prospections en cours et les dernières découvertes.

Les principales productions sont ensuite étudiées une à une et leur essor est expliqué par le développement de la mécanisation et des installations métallurgiques et hydro-électriques. L'auteur fournit des statistiques exactes des productions et des valeurs de réalisation. Avant 1948 ces statistiques étaient peu précises et il convient de se féliciter de ce que le Service des Mines en assure désormais l'établissement et le contrôle.

L'essor des installations et des productions de l'Union Minière est particulièrement remarquable : le cuivre passe en 1951 à 192.000 tonnes, le cobalt à 5.715 tonnes, le concentré de zinc (52 % Zn) à 172.216 tonnes. La production de zinc a plus que doublé depuis 1948 et ce métal passe du sixième au quatrième rang. Citons le germanium, dernier né parmi les sous-produits précieux de l'industrie minière katangaise.

La production d'étain et des métaux associés (wolfram, niobium et tantale) est restée à peu près constante, ainsi que celle du diamant de joaillerie du Kasai. Mais le diamant industriel du Lubilash voit sa production doublée et sa valeur de réalisation plus que triplée.

Malgré la situation difficile de l'industrie de l'or, sa production augmente régulièrement, grâce à l'effort de prospection et de mise en exploitation des gisements primaire de Kilo-Moto.

La production de charbon à Luena a doublé. Le bassin charbonnier de Greinerville sera bientôt, espérons-le, mis en valeur grâce à la création d'une usine de synthèse de carburants liquides. Enfin, la production de minerai de manganèse devient rapidement importante, à la suite de la mise en valeur du gisement de la Bécéka-Manganèse.

Dans ses conclusions, M. VAES attire l'attention sur le fait significatif que la main-d'œuvre indigène occupée dans les mines passe de 131.847 unités en 1948, à 114.569 en 1951. C'est la construction de centrales hydro-électriques qui est à l'origine du développement de la production, ainsi que de l'amélioration du standard de vie des travailleurs. Le programme d'investissements en cours d'exécution permet de prévoir que l'industrie minière congolaise poursuivra sa marche ascendante.

30 janvier 1953.

CONGO BELGE

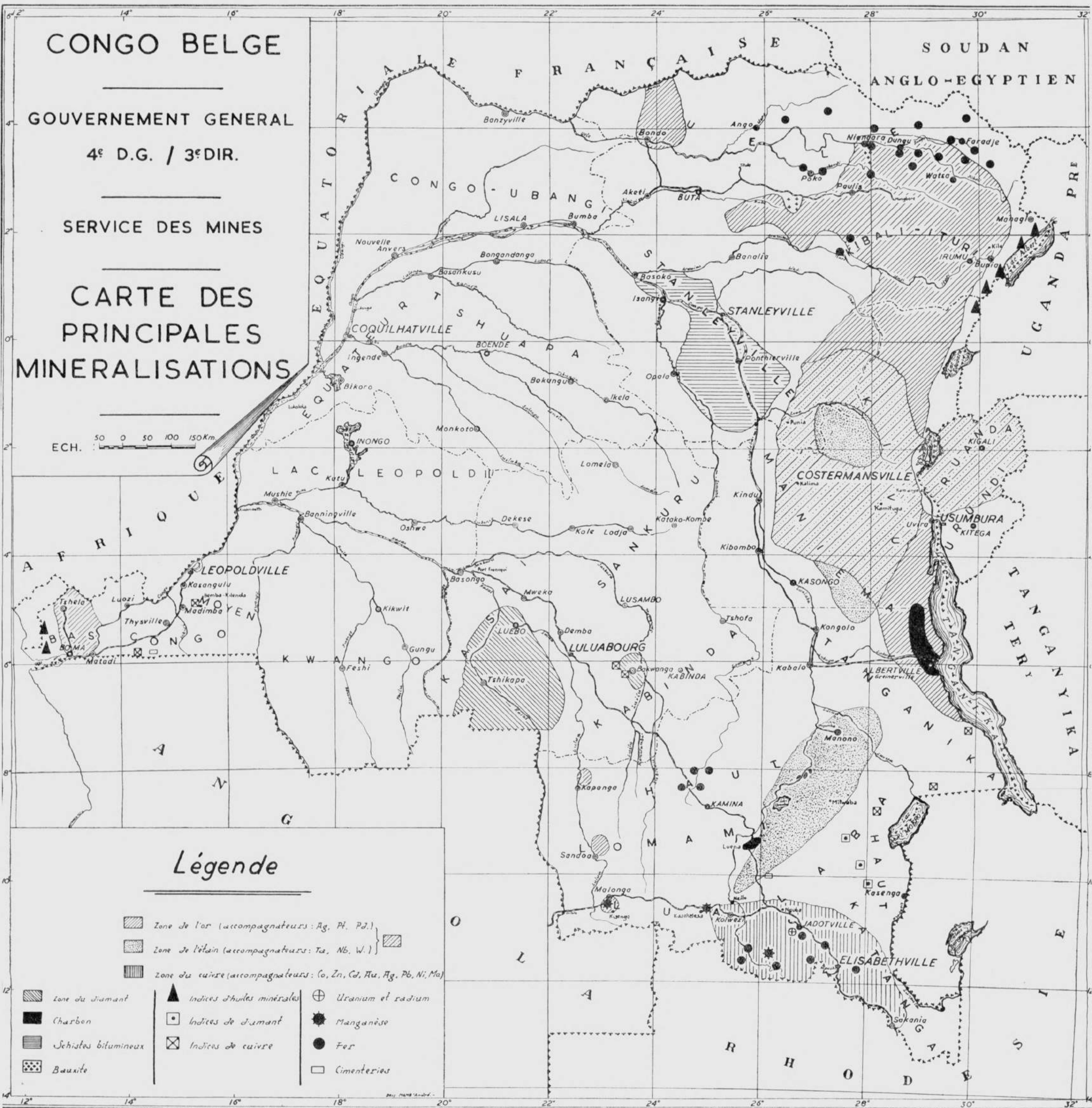
GOVERNEMENT GENERAL

4^e D.G. / 3^e DIR.

SERVICE DES MINES

CARTE DES PRINCIPALES MINERALISATIONS

ECH. 0 50 100 150 Km



**A. Vaes. — L'évolution de l'industrie minière du
Congo belge entre les années 1948 et 1951.**

(Note présentée par M. I. de Magnée)

INTRODUCTION

Le but de la présente étude est de dégager les tendances de l'évolution de l'industrie minière du Congo belge et de fixer les idées sur son importance économique et son développement futur. La période de 1948 à 1951 peut paraître assez courte, mais c'est la seule pour laquelle nous possédons des chiffres suffisamment précis. De plus, cette période est assez caractéristique. Dès 1948, les séquelles de la guerre se font moins sentir dans l'industrie minière, dans ce sens que le recrutement du personnel européen est redevenu normal et que l'achat du matériel nécessaire aux exploitations se fait plus aisément. Le marché des matières premières a tendance également à redevenir plus normal, quoique les événements de Corée en 1950 et la politique de réarmement qui en est découlée aient provoqué un boom très important. Ce boom cependant, dès la moitié de 1951, a tendance à se résorber progressivement.

Pour la clarté de l'exposé, celui-ci sera subdivisé en trois chapitres. Il sera d'abord fait un bref rappel de certains faits, qui ont une influence primordiale sur l'économie congolaise, ensuite il sera tracé une esquisse assez rapide des régions minéralisées et enfin, chaque secteur important de l'industrie minière congolaise sera passé en revue pendant la période envisagée.

CHAPITRE PREMIER

Rappel de certains faits qui ont une influence primordiale sur l'économie anglaise.

a) Il est bon de rappeler que le Congo belge est une région, qui n'a été ouverte que très récemment à l'influence de notre civilisation. En mettant à part la région côtière, qui n'occupe qu'une très faible partie de la superficie du Congo, ce n'est pratiquement qu'à la fin du siècle dernier que les premiers hommes blancs se sont introduits dans ces territoires. Le Katanga, qui est une des régions les plus avancées du Congo, n'a commencé à se développer qu'au début de notre siècle, l'Union Minière du Haut-Katanga ayant été constituée en 1906. Les exploitations minières du Maniema n'ont débuté qu'après 1930, dans un pays d'épaisses forêts, pratiquement dépourvu de moyens modernes de communication. La Mine d'Or de Kilo, certainement l'une des plus anciennes du pays, a débuté à très petite échelle en 1904, dans un pays dépourvu de routes et non encore complètement pacifié.

Il résulte de cette pénétration tardive de l'homme blanc et de sa technique, dans les régions d'Afrique centrale, que malgré les efforts déjà déployés et les résultats considérables déjà obtenus, on se trouve encore, actuellement, devant des populations dont une grande partie est toujours arriérée et un pays dont l'équipement et l'industrialisation n'en sont qu'à leur début. Dans de vastes régions minières, tout spécialement celles qui ont été ouvertes très récemment, le terrain n'a encore été qu'égratigné et on ignore à peu près tout des gisements de profondeur ;

b) Un deuxième point à considérer est l'étendue du

territoire, le Congo ayant une superficie d'environ 80 fois la superficie de la Belgique ; la très faible étendue des régions côtières ; le grand éloignement de la mer d'une notable partie du territoire et, tout spécialement, des régions de l'Est. De ce fait, les transports par eau, par fer, par route ou par air, revêtent une importance énorme pour la plupart des régions envisagées. Il devient, dès lors, impossible d'assurer l'exportation des produits de valeur unitaire peu élevée en provenance des régions éloignées de la mer, tandis que les marchandises importées, à destination de ces régions, sont grevées de frais de transport très élevés. Il en découle la nécessité, pour les régions éloignées de la mer, de n'exporter que des produits chers, valorisés au maximum sur place. Pour ces mêmes régions, si l'on veut y avoir certains produits à un prix raisonnable, il faut établir sur place les industries capables de fabriquer ces produits à valeur unitaire faible, et ce dès que les circonstances rendent économiquement possible la création de telles industries.

Les considérations émises ci-dessus expliquent pourquoi l'industrie minière congolaise s'est d'abord lancée dans l'exploitation des métaux chers. Le développement progressif du pays, et la naissance d'un marché intérieur plus important, permettront progressivement l'exploitation et la valorisation des produits minéraux bon marché ;

c) L'étendue du pays entraîne une très grande diversité dans les populations qui l'habitent et dans les facteurs climatiques et géographiques qui régissent les différentes régions. Au point de vue des populations, il faut faire remarquer qu'il existe autant de différence entre les Africains de l'Ouest et de l'Est qu'entre les Européens du Sud et du Nord. Aux points de vue climatique et géographique, il existe de très grosses différences entre la cuvette centrale et les régions d'altitude. Il en résulte que ce qui est vrai dans une région, ne l'est pas

nécessairement dans une autre et que c'est une très grosse erreur de vouloir trop généraliser au Congo en faisant abstraction de facteurs locaux de première importance ;

d) Quoique de très grande étendue, le Congo est peu peuplé. Pour un pays dont la superficie égale 80 fois celle de la Belgique, le nombre d'habitants est inférieur à 12 millions. Dès lors, il y a au Congo, et tout spécialement dans certaines régions comme le Katanga par exemple, très peu de main-d'œuvre. Si l'on veut continuer à développer la production du Congo, afin de pouvoir améliorer la condition sociale des indigènes, il est indispensable d'augmenter la productivité de cette main-d'œuvre indigène. Il s'agit ici d'un vaste et important problème, dont la solution demande une action conjuguée sur le plan humain et sur le plan technique. Sur le plan technique, il s'agit de se hisser progressivement vers le niveau atteint par les pays plus évolués, en mettant en œuvre les ressources naturelles d'énergie et en utilisant cette énergie dans des processus de production économiquement intéressants. Sur le plan humain, il faut rendre la main-d'œuvre indigène capable d'utiliser correctement les moyens modernes de production. Pour arriver à ces résultats il faudra des capitaux importants, une main-d'œuvre européenne de direction et d'encadrement, suffisante en nombre et de première valeur, un enseignement professionnel et une éducation bien adaptés aux problèmes de l'heure et à la mentalité de l'indigène.

Pour l'industrie minière congolaise, le problème de la main-d'œuvre a été très souvent un des problèmes les plus difficiles à résoudre.

Cependant, les résultats obtenus dans quelques sociétés minières importantes prouvent qu'une solution satisfaisante est possible ;

e) Il faut également signaler que la population blanche au Congo est peu nombreuse, un peu plus de 60.000 unités, quoiqu'en voie de très rapide augmentation depuis la fin de la guerre.

La main-d'œuvre blanche coûte très cher à l'employeur, étant donné les charges de logement, soins médicaux et pharmaceutiques, voyages payés, congés payés, indemnités familiales et pension, qui sont à charge de l'employeur. Aussi ne faut-il recruter pour le Congo que des éléments de toute première valeur, tant au point de vue technique qu'au point de vue moral. La santé également doit être excellente, car le climat chaud et souvent humide est débilitant dans beaucoup de régions ;

f) Enfin il est bon d'attirer l'attention sur les importantes disponibilités du Congo en énergie d'origine hydraulique et atomique. Les ressources en énergie hydraulique sont réparties dans les régions plus ou moins accidentées du territoire, c'est-à-dire le Sud du Kwango et du Kasai, le Katanga, les régions de l'Est et le Bas-Congo. Le site du Bas-Congo, constitué par le fleuve Congo près de son embouchure et par quelques-uns de ses affluents est remarquable et de loin le plus important du monde. La puissance sauvage, à l'étiage, est évaluée à plus de 58 millions de kW. La mise en valeur des possibilités hydro-électriques du Congo vient seulement de commencer et, jusqu'en 1950, c'est principalement à l'initiative d'importantes sociétés minières que ce travail a été entrepris. Vu l'importance de premier plan que revêt le problème de l'énergie dans la production et l'évolution sociale, il est à prévoir que la mise en valeur des possibilités du Congo sera vigoureusement développée.

Au point de vue énergie atomique, tout le monde sait que le Congo possède des gisements de minerais d'ura-

nium qui comptent parmi les plus riches du monde. D'autres substances radioactives telles le thorium existent également au Congo. Il est à prévoir qu'avec le développement des connaissances, l'énergie d'origine atomique jouera un certain rôle dans le développement économique futur du pays.

En conclusion de ce premier chapitre, on voit que les problèmes de l'économie congolaise comportent des données souvent très différentes de celles des pays plus évolués et qu'il faut en tenir compte pour bien comprendre la période du début et l'évolution actuellement en cours.

CHAPITRE II

Géologie sommaire du Congo et zones de minéralisation.

Dans un pays aussi vaste que le Congo belge, par surcroît souvent difficile de pénétration et ouvert depuis peu d'années à l'influence de notre civilisation, il est aisé de comprendre que les études géologiques sont loin d'être terminées. Elles ont parfois été très poussées dans certaines régions spécialement intéressantes, tandis qu'elles sont inexistantes dans d'autres. L'absence quasi générale de fossiles rend très malaisés les raccords entre les régions éloignées.

Malgré ces circonstances défavorables, des cartes géologiques du Congo belge ont été établies, entre autres par Monsieur le Professeur FOURMARIER. En 1951, deux géologues attachés au Musée Colonial de Tervueren, MM. CAHEN et LEPERSONNE, ont fait paraître sous les auspices de la Commission de Géologie du Ministère des Colonies, une nouvelle carte géologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi, à l'échelle du 2.000.000^e.

D'après les auteurs précités, les formations géolo-

giques du territoire congolais peuvent se répartir en trois zones :

1) Une zone littorale comprise entre l'Océan Atlantique et les Monts du Mayumbe, appelés communément au Congo belge, Monts de Cristal ; des formations marines d'âge tertiaire et crétacé y sont bien développées ;

2) La Cuvette centrale où s'étalent largement des dépôts lacustres et fluviatiles, rapportés au système du Karroo de l'Afrique australe ; de vastes témoins de ces dépôts se retrouvent sur le pourtour de la cuvette.

3) La bordure de terrains anciens comprenant :

- a) La région du Katanga ;
- b) Les régions du Lomami et du Kasai ;
- c) La région du Congo occidental ;
- d) La région de l'Ubangi ;
- e) La région du nord-est de la Colonie ;
- f) Les régions du Maniema et du Kivu.

Les formations de chacune de ces trois grandes unités sont recouvertes indifféremment, en tout ou en partie, par :

1) Les formations récentes présentes sous des faciès divers ;

2) Le système du Kalahari, de faciès relativement constant, s'étendant sur de vastes régions dans diverses parties de la Colonie.

On a pu établir avec une certaine précision, pour chacune de ces régions, la succession des formations sédimentaires, mais comme je l'ai déjà signalé, les raccord entre régions restent incertains.

Dans de nombreuses régions, et tout particulièrement dans l'est de la Colonie, les couches sédimentaires sont souvent traversées par des roches intrusives, dont certaines sont à l'origine des minéralisations exploitées.

Des formations volcaniques d'âge plus ou moins récent recouvrent de larges étendues du sol au nord et au sud du lac Kivu.

Au point de vue minier, les régions actuellement les plus intéressantes sont situées dans la 3^e zone en bordure de la cuvette. Il y a lieu de faire remarquer cependant que l'étude de la cuvette centrale n'a pas encore été faite, mais vient d'être entreprise en 1952 par un Syndicat d'étude. De même, un gisement important de roches asphaltiques vient d'être prospecté dans la zone littorale et on en commence l'exploitation. Enfin, l'Ubangi ne contient encore aucune exploitation minière, mais il faut tenir compte du fait que cette région a été peu prospectée et qu'il serait un peu prématuré de prétendre qu'elle ne contient pas de substances minérales économiquement exploitables.

Après cette brève esquisse de la géologie congolaise, je vais maintenant parler des principales minéralisations rencontrées au Congo belge.

A. Le cuivre et ses accompagnateurs, l'uranium, le cobalt, le zinc, le plomb, l'argent, le cadmium, l'or et le germanium.

La principale zone de minéralisation se trouve dans le sud du Katanga, en bordure nord de la frontière rhodésienne. Cette zone, dont l'exploitation a été confiée à l'Union Minière du Haut-Katanga et à sa filiale la Sudkat, s'étend depuis la région de Kolwezi à l'Ouest jusqu'aux environs de Sakania à l'Est (voir carte des minéralisations).

Le gisement actuellement connu comprend des écailles de charriage, de terrains spécialement argileux et calcaireux, appartenant à la série des mines et qui ont été minéralisés par imprégnation ou substitution principalement en sels de cuivre, de cobalt ou d'uranium. La zone superficielle, jusqu'à une profondeur de 150 à

200 m, a subi les phénomènes d'oxydation, tandis que les sulfures sont restés intacts dans les parties plus profondes du gisement. La concession de l'Union Minière, comprend à Kipushi, au Sud d'Élisabethville, un gisement filonien fort important. Ce filon a de 20 à 30 m de largeur et plusieurs centaines de mètres de longueur. La minéralisation de ce filon comprend, en ordre principal, du cuivre, du zinc, de l'argent et en quantités moindres, du plomb, du cadmium, de l'or et du germanium.

Par campagnes systématiques de sondages exécutés par la Société Foraky, l'Union Minière poursuit l'étude de son gisement. Les réserves déjà découvertes et inventoriées sont extrêmement importantes et sont en voie de continuel développement. Les teneurs sont en général très bonnes et parmi les meilleures du monde.

La présence du cuivre a été également signalée en d'autres endroits du Congo. Depuis quelques années, des recherches pour cuivre et accompagnateurs sont entreprises par le Syndicat Bamoco, dans la région de Bembakilenda, au Sud-Ouest de Léopoldville.

Le gisement, d'origine filonienne, est étudié par sondages. En 1951, on a commencé des recherches par carrière et galerie dans la partie superficielle du gisement et un peu de minerai est stocké à la mine. Les travaux de recherches sont activement poussés et les résultats obtenus paraissent assez encourageants.

B. Étain et ses accompagnateurs.

Comme on peut le voir sur la carte, les zones minéralisées en étain se trouvent au Katanga, au Maniéma et au Kivu. Dans de vastes régions du Maniéma et du Kivu les gisements de minerai d'étain voisinent avec des gisements d'or.

L'étain se trouve sous forme d'oxyde, SnO_2 , appelé

cassitérite. Depuis quelque temps, on connaît également l'étain sous forme d'hydroxyde, mais l'importance pratique de ce minerai est actuellement nulle. La cassitérite est souvent accompagnée de minerai de tungstène, de niobium et de tantale que, vu leur prix élevé, on récupère systématiquement. D'autres minerais comme la monazite contenant du cérium, du lanthane et du thorium, l'ilménite contenant du fer et du titane, le zircon, le béryl, le spodumène contenant du lithium, la magnétite la limonite, etc., se trouvent en quantités plus ou moins grandes à côté de la cassitérite. Jusqu'à présent, on n'a pas récupéré ces produits, car leur exportation à l'état de minerai est économiquement impossible vu le prix élevé des transports jusqu'aux utilisateurs. On pourra en tirer parti lorsqu'on sera en mesure de les traiter et de les valoriser sur place par électro-métallurgie.

A l'inverse des minerais de cuivre, la cassitérite résiste très bien à l'action des agents atmosphériques et grâce à ce fait, on la trouve en quantité plus ou moins grande dans des gisements détritiques alluvionnaires ou éluvionnaires.

Les gisements primaires, à part quelques exceptions, sont encore très mal connus. Ceci résulte du fait que l'industrie minière est d'implantation assez récente, et qu'à cause de certaines circonstances comme le manque d'énergie bon marché et de main-d'œuvre qualifiée, on s'est souvent limité à l'exploitation des gisements détritiques alluvionnaires. On peut cependant dire que l'origine de la minéralisation en cassitérite est liée à l'existence de filons quartzeux émanant de massifs granitiques dans le Maniéma et certaines régions du Kivu et du Katanga, tandis que dans les autres régions du Kivu et du Katanga la minéralisation est liée à des masses de pegmatites quelquefois très importantes. La répartition zonaire donnée par Fersman se vérifie dans la plupart des cas.

Malgré l'indécision régnant encore au sujet des gîtes primaires, on peut dire que les réserves à teneurs payantes sont fort importantes et peuvent se comparer aux réserves de régions les plus riches du monde.

C. Or.

La région la mieux minéralisée se situe dans le nord et l'est de la Province orientale, puis viennent le Kivu et le Maniema. Il y a également de l'or dans le sud-est du Katanga aux confins du Kasai et dans le Bas-Congo, spécialement au Mayumbe, mais ces zones sont beaucoup moins importantes.

L'or se trouve dans presque tous les gisements à l'état libre. Comme la cassitérite, il résiste très bien à l'action des agents atmosphériques et grâce à ce fait, on trouve des gisements détritiques alluvionnaires ou éluvionnaires plus ou moins importants.

Lors du traitement du minerai, on recueille en même temps que l'or, des concentrés lourds appelés sables noirs qui, dans certains cas, seront aussi susceptibles de valorisation.

Dans beaucoup de régions, les gisements primaires d'or sont encore peu connus. Les raisons de cet état de fait sont les mêmes que pour les gisements primaires de cassitérite. Cependant dans une société déjà ancienne et bien équipée comme la société des Mines d'Or de Kilo-Moto en Province orientale, l'exploitation des gîtes primaires est en plein développement et dépasse en importance l'exploitation des gîtes détritiques.

Vu l'incertitude existant au sujet des gîtes primaires, l'épuisement progressif des gîtes détritiques, le bas prix de vente de l'or qui force à relever continuellement les teneurs limites exploitables, il est très malaisé de se faire une idée assez exacte des réserves d'or existant au Congo.

D. **Diamant.**

On trouve du diamant dans plusieurs régions du Congo, entre autres dans les exploitations aurifères du nord de la Province orientale. Des pipes diamantifères ont été étudiées dans la région de Kundelungu à l'ouest du Katanga, mais leur exploitation ne paraît pas rentable.

C'est dans la Province du Kasai que se trouvent les exploitations de diamant ayant actuellement une réelle importance.

Les gisements du Kasai se trouvent dans les régions de Bakwanga et de Tshikapa (voir carte des minéralisations). La région minéralisée de Tshikapa est très étendue et se prolonge au sud jusqu'à la frontière de l'Angola. On y extrait le diamant dit du Kasai, comprenant surtout des pierres de joaillerie assez petites. La région de Bakwanga est moins étendue et le diamant dit du Lubilash qui y est extrait est surtout à usage industriel.

Comme la cassitérite et l'or, le diamant résiste très bien à l'action des agents atmosphériques, aussi le trouve-t-on dans des gisements détritiques importants. Ce sont de tels gisements alluvionnaires et éluvionnaires que l'on a exploité jusqu'à présent dans les deux régions sous revue.

Des gîtes primaires, sous forme de lentilles ou de pipes sont connus à Bakwanga et on en commence l'étude systématique par sondages. Dans la région de Tshikapa on n'a pas encore trouvé les gîtes primaires.

Abstraction faite des gisements primaires qui sont encore inconnus ou peu étudiés, les réserves connues sont très importantes dans la région de Bakwanga et moins importantes dans la région de Tshikapa.

E. Charbon.

Des gisements de charbon ne sont actuellement connus au Congo belge, que dans la Province du Katanga. Ces gisements se trouvent dans la région de la Luena et de Greinerville (voir carte des minéralisations).

Le bassin de la Luena comporte 4 cuvettes lacustres très plates, peu étendues, disposées en chapelet, sur une distance de 23 km dans ce qui fut probablement une vallée glacière. Les couches sont près de la surface et ont des épaisseurs variant de 1 m à 5 m. Le charbon contient beaucoup de cendres (20 à 25 %) et est très riche en matières volatiles (plus de 30 %). La teneur en soufre, surtout sous forme de pyrite, voisine 2 %. La teneur en carbone fixe est de l'ordre de 40 % et le pouvoir calorifique s'établit entre 4.000 et 4.500 calories. Comme on le voit, il s'agit d'un charbon jeune et de qualité assez médiocre. Il ne donne à la carbonisation qu'un coke pulvérulent.

Le bassin de la Luena a été assez bien inventorié et les réserves ont été chiffrées à 5 millions de tonnes certaines et 10,5 millions de tonnes possibles.

Le bassin de la Lukuga, près de Greinerville, comporte au plus 5 couches et une dizaine de veinettes minces.

Les maxima de puissance des couches sont, de bas en haut : 2 m 40, 1 m 20, 1 m 17, 1 m 22 et 0 m 55. Mais ces puissances sont éminemment variables.

Dans la portion du bassin la plus complète, les dépôts ont une allure franchement deltaïque et il a été constaté que les couches en général, et les veines de houille en particulier, ont une extension d'autant moindre qu'elles occupent un rang plus élevé dans l'échelle stratigraphique.

Le charbon de la Lukuga ressemble beaucoup au charbon de la Luena. C'est aussi un charbon jeune, de

qualité assez médiocre, dont on n'a pas encore pu tirer un coke cohérent.

L'étude du bassin de la Lukuga n'a pas été poussée très loin. On estime cependant que le chiffre des réserves certaines est supérieur à 50 millions de tonnes, tandis que le tonnage des réserves possibles s'élève à plusieurs centaines de millions de tonnes.

Deux autres bassins charbonniers sont encore connus au Katanga. Ce sont le bassin du Haut-Lualaba, assez éloigné des voies de communication, et le bassin du Tanganika, situé en bordure du lac à une vingtaine de kilomètres au sud d'Albertville. Ces bassins ont jusqu'à présent été peu étudiés et n'ont pas été mis en exploitation.

Existe-t-il au Congo d'autres possibilités de gisements de charbon que celles actuellement connues ? Ces possibilités doivent être recherchées dans les formations sédimentaires d'âge convenable. Des recherches, à caractère principalement scientifique, viennent d'être entreprises dans la cuvette centrale et pourront peut-être nous fixer à ce sujet. Il ne faut d'ailleurs pas perdre de vue que le pays est extrêmement vaste et que bien des régions sont mal connues, même superficiellement.

F. Minerai de Manganèse.

Les gisements de minerai de manganèse actuellement en exploitation au Congo, se trouvent dans le Sud de la Province du Katanga (voir carte des minéralisations). L'un de ces gisements est concédé à la Sud-Kat et est exploité pour son compte par l'Union Minière. L'autre gisement, plus rapproché de la frontière de l'Angola, est concédé à la Minière du Bécéka et est exploité par une société filiale, la Bécéka-Manganèse. Les réserves de minerai à bonne teneur sont importantes.

Dans les autres régions du Congo, la recherche des

gisements de manganèse n'a pas été poussée, car il n'y a pas encore de sidérurgie locale et pour des endroits trop éloignés de la mer ou en dehors des voies normales de communication, les frais de transport terrestre sont trop élevés.

G. Sel.

Certaines régions de l'est du Congo et entre autres le Katanga, possèdent des sources d'eaux salées. La mise en exploitation de ces sources n'est pas encore réalisée sauf pour les salines de N'Guba (aux environs de Jadotville) où la récupération du sel se fait par des moyens encore fort rudimentaires.

H. Roches bitumineuses.

Des gisements de schistes bitumineux existent sur de grandes étendues dans la région de Stanleyville (voir carte des minéralisations). Ces gisements n'ont cependant pas encore été étudiés d'une façon systématique, tant aux points de vue qualité du produit que caractéristiques du gisement. On vient récemment de commencer l'étude de la qualité du produit.

Des gisements de roches asphaltiques, calcaires et sables, existent également dans le Mayumbe en bordure des formations littorales. Le gisement n'a pas été étudié systématiquement mais les affleurements déjà connus laissent présupposer qu'il s'agit de gisements fort importants. La teneur des sables en asphalt varie entre 12 et 22 %.

Des indices de roches bitumineuses ont encore été relevés en d'autres endroits du Congo, mais n'ont pas encore fait l'objet d'études.

1. Minerai de fer.

Quoique jusqu'à présent au Congo, on n'exploite qu'occasionnellement le minerai de fer, il en existe cependant de très importants gisements, à forte teneur, dans le sud du Katanga et dans le nord de la Province orientale. Sur la carte des minéralisations, ces gisements sont repérés par de gros points noirs. De plus, de nombreux gisements de fer ont été repérés dans le Maniema, le Kivu et le Kasai. Enfin, il y a lieu de signaler la présence en de nombreux endroits, de latérites, de formation typiquement tropicale, obtenues par transformation avec enrichissement de fer, de roches diverses, particulièrement de roches basiques et de roches calcaires. Ces latérites, de compositions assez hétérogènes, se présentent souvent sous forme de cuirasses ferrugineuses, atteignant parfois une dizaine de mètres d'épaisseur.

Le minerai de fer est un minerai bon marché, dont l'exportation devient économiquement impossible, dès que les frais de transport terrestre sont trop élevés. L'exploitation des minerais de fer congolais, ne deviendra possible, sur une certaine échelle, que lorsqu'on pourra, soit en tirer des produits chers destinés à l'exportation tels des aciers spéciaux ou des ferro-alliages, soit les transformer en fonte, fer et aciers destinés au marché intérieur. Il est à remarquer que les besoins en fer et en acier du marché intérieur congolais se développent très rapidement en fonction de l'équipement du pays, de la mécanisation des entreprises et de l'augmentation des besoins des populations.

L'utilisation de l'acier est un facteur primordial dans notre civilisation moderne et l'on peut affirmer que l'introduction de l'industrie sidérurgique au Congo serait un facteur extrêmement favorable au développement économique et social du pays. Mais si l'extraction du minerai de fer congolais ne pose aucun problème spécial,

par contre la réduction de ce minerai se heurte à la difficulté présentée par le manque de coke de fabrication locale. Aussi faudra-t-il à mon sens, se diriger vers l'utilisation des fours électriques, le prix de l'énergie électrique pouvant être dans certaines régions du Congo, très nettement inférieur au prix belge. Dans certaines régions, le réducteur pourra être fourni par le charbon de bois, comme cela se passe en Suède et au Brésil.

J. Minerai d'aluminium.

Des gisements de bauxite ont été signalés dans la Province orientale, mais n'ont jamais fait l'objet d'études d'une certaine importance. Il s'agit ici également d'un minerai bon marché qui ne peut être exporté que lorsque les transports terrestres ne sont pas prohibitifs. Pour pouvoir les traiter sur place, il faut disposer de grandes quantités d'énergie à bon marché.

K. Engrais minéraux.

Jusqu'à présent, l'utilisation des engrais dans l'agriculture congolaise est presque inexistante. Cependant, on ne peut imaginer que l'on puisse progresser dans le domaine des cultures, sans adopter petit à petit les solutions qui se sont imposées dans les pays plus évolués, ces solutions devant évidemment être adaptées aux réalités africaines. Le jour où l'on verra se développer l'utilisation des engrais dans les travaux de l'agriculture congolaise, se posera le problème de la production locale des engrais minéraux. Il s'agit d'un problème minier qui vraisemblablement pourra rapidement prendre de l'importance.

L. Divers.

Le développement du Congo entraîne des constructions de tous ordres (bâtiments, travaux publics, infrastructures de moyens de transports, etc.) qui sont grandes consommatrices de matériaux de construction (liants, matériaux pierreux ou cuits, bois, fer, etc.). Dans toute la mesure du possible, ces matériaux doivent être produits sur place, afin d'éviter des frais de transport élevés et des difficultés d'acheminement. Il en résulte dans différentes régions, un développement, quelquefois fort important, de l'exploitation des carrières, briqueteries, etc., que, dans le cadre de cette note, nous nous contenterons simplement de signaler.

CHAPITRE III

Évolution des principales productions minières du Congo belge entre les années 1948 et 1951.

a) **Cuivre.**

Comme il a été signalé précédemment, la production de cuivre du Congo belge est jusqu'à présent entièrement réalisée par l'Union Minière du Haut-Katanga.

Les principaux gisements actuellement en exploitation sont situés dans la région d'Élisabethville et de Kolwezi. Les exploitations de la région de Jadotville sont moins importantes.

A part la mine filonienne et souterraine de Kipushi, située au sud-ouest d'Élisabethville, près de la frontière rhodésienne, les autres mines sont exploitées en carrières à ciel ouvert.

Le minerai extrait à la mine de Kipushi est un minerai sulfuré. Il est traité au concentrateur installé près de la mine. Les concentrés enrichis par flottation sont expé-

diés à l'usine de Lubumbashi, où en mélange avec d'autres concentrés et minerais divers oxydés, ils sont grillés puis passés aux fours water-jackets. La matte à 62-64 % de cuivre, produite aux fours water-jackets est ensuite raffinée au convertisseur. Le produit final obtenu à l'usine de Lubumbashi est un cuivre contenant de l'or et de l'argent qui doit encore subir un raffinage à l'usine belge d'Oolen, pour la récupération des métaux précieux.

Les autres minerais, extraits principalement dans les régions de Kolwezi et de Jadotville, sont des minerais oxydés. Ils sont concentrés soit par gravité à Ruwé, à Jadotville-Panda ou à Ruashi, soit par flottation à Kolwezi. Les concentrés sont expédiés pour la plus grande partie à l'usine de Shituru, et pour le reste à Lubumbashi. A l'usine de Shituru le minerai est traité par lixiviation et le cuivre est extrait des solutions par électrolyse. Le cuivre électrolytique après raffinage dans des fours réverbères est coulé en lingots de qualité wire-bar ou ingot-bar, titrant plus de 99,95 % de cuivre.

La production de cuivre entre les années 1948 et 1951 a évolué comme suit :

1948 :	155.481 tonnes
1949 :	141.399 tonnes
1950 :	175.920 tonnes
1951 :	191.959 tonnes

Dans ces totaux est compris le cuivre qui est contenu dans le minerai de zinc et qui intervient pour 5.500 tonnes en 1951. Nous constatons donc qu'après une chute assez importante en 1949, la production s'est fortement développée au cours des années 1950 et 1951, le chiffre de 1951 représentant une augmentation de 23 % sur celui de 1948.

La chute de la production au cours de l'année 1949 est due à un manque d'énergie hydro-électrique, conséquence d'une saison exceptionnellement sèche.

Pendant la période sous revue, les prix moyens de réalisation du cuivre de l'Union Minière calculés en fonction des cours mondiaux ont été respectivement de 22.500 F la tonne en 1948, 19.711 F en 1949, 24.378 F en 1950 et 29.900 F en 1951. La valeur de réalisation de la production de cuivre s'est dès lors établie à 3.498 millions de francs en 1948, 2.787 millions en 1949, 4.288 millions en 1950 et 5.739 millions en 1951. Le chiffre de 1951 représente une augmentation de 64 % par rapport à 1948.

L'Union Minière a pu obtenir cette augmentation de production, sans augmentation correspondante de sa main-d'œuvre indigène, grâce aux mesures suivantes :

1° Augmentation de l'énergie électrique disponible, par la mise en marche, dès le début de 1950, de la centrale hydro-électrique de Koni, comprenant 3 groupes turbo-alternateurs de 15.600 kVA, dont un est normalement en réserve. De ce fait la pénurie d'énergie qui a forcé à ralentir la production en 1949 n'est plus à craindre.

Pour les besoins futurs tant de l'exploitation que de la métallurgie qui sont de gros consommateurs d'énergie, on a commencé la construction de la centrale hydro-électrique de N'Zilo, sur le fleuve Lualaba, au nord de Kolwezi. Cette centrale qui sera mise en marche au début de l'année 1953 comprendra 4 groupes alternateurs de 30.000 kVA, dont un normalement en réserve.

Dès à présent une seconde centrale est prévue sur le Lualaba en aval de N'Zilo. Les premiers travaux d'accès au site sont déjà en cours en 1952 et il est prévu que la centrale pourra entrer en fonctionnement en 1957. La puissance disponible sera de l'ordre de 200.000 kVA.

L'Union Minière a d'ailleurs fait une étude préliminaire de l'aménagement complet du fleuve Lualaba dans la région au nord de Kolwezi. L'aménagement intégral

de la section N'Zilo-Busanga représenterait une puissance de plus de 400.000 kW et une production annuelle de plus de 3,5 milliards de kWh.

Le problème de la fourniture d'énergie abondante et bon marché est donc actuellement résolu pour le sud du Katanga ;

2° Augmentation de la production dans les différents chantiers, tant à ciel ouvert que souterrains, par le développement de la mécanisation et l'éducation de la main-d'œuvre indigène. Pour les transports aux chantiers à ciel ouvert, par exemple, l'évacuation par locomotive électrique ou grosse benne « Euclid » a été fortement développée ;

3° Parallèlement à l'augmentation de la production dans les chantiers, la capacité de traitement des concentrateurs de Kipushi et de Kolwezi a été sérieusement développée. Au concentrateur de Kolwezi on a fait un essai de traitement des minerais siliceux pauvres par pulpe dense de cuivre. Cet essai a été abandonné, vu son prix de revient trop élevé ;

4° De même, la capacité de production a été sérieusement relevée aux usines de Lubumbashi et de Shituru grâce au développement des installations. Le développement des installations de l'usine de Shituru a entraîné le développement de l'usine fabriquant l'acide sulfurique ;

5° Avec la collaboration du B. C. K., la capacité de transport entre les mines de l'ouest et les usines de Jadotville a été élevée à la hauteur des nécessités. Le volume actuel de ce transport a permis l'électrification des chemins de fer de ceinture de Jadotville. De même l'électrification du tronçon de Jadotville-Kolwezi a été décidée et le premier tronçon de Jadotville-Tenke a été mis en service au cours de l'année 1952 ;

6° L'éducation professionnelle de la main-d'œuvre indigène a été assurée grâce à un enseignement professionnel et à des cours de formation professionnelle accélérée mis sur pied par l'Union Minière. Du personnel européen spécialisé, en nombre suffisant, encadre la main-d'œuvre indigène dont les rendements sont étroitement surveillés.

Au cours du premier semestre de l'année 1952, le mouvement de progression de la production a été poursuivi. Cette production s'élève pour cette période à 101.294 t, ce qui correspond à un taux annuel d'environ 202.500 t de cuivre métal.

La courbe de tendance est donc à l'augmentation continue de la production. Cette augmentation ira-t-elle en continuant dans le cours des années à venir ?

Les gisements sont très importants et permettent une augmentation ultérieure de la production. Le problème de l'énergie électrique abondante et bon marché est également résolu suite aux dernières réalisations et aux travaux encore actuellement en cours. Il pourrait se présenter des difficultés au sujet du recrutement du supplément de main-d'œuvre nécessaire ainsi qu'au sujet de la capacité des moyens d'évacuation vers les ports. Le supplément de main-d'œuvre nécessaire peut être fort réduit si l'on continue à développer la mécanisation et à augmenter le rendement de cette main-d'œuvre. Les opérations du recrutement actuellement effectuées par l'Union Minière, au Ruanda, sont remarquablement conduites et donnent de bons résultats et l'on peut conclure que le problème de la main-d'œuvre ne constitue pas un obstacle majeur.

Au point de vue des transports, les réalisations en cours au Congo belge, améliorent continuellement la situation et il paraît raisonnable d'espérer qu'il pourrait être fait face, sans trop de difficultés, à une augmentation ultérieure des quantités à exporter.

Mais une augmentation de la production entraînera des dépenses importantes en matériel et en installations. D'autre part quelle sera la situation du marché du cuivre dans le cours des années à venir ? Si la production doit s'écouler difficilement il n'est nullement indiqué de faire des immobilisés importants qui seront malaisément amortissables. A mon sens, c'est cette évolution du marché du cuivre dans le cours des prochaines années qui constituera l'élément principal de l'évolution de la production de cuivre du Congo belge. Vu l'influence heureuse de la production de cuivre sur l'économie du Congo et sur le budget, il est souhaitable qu'elle puisse se développer.

L'Union Minière a inscrit à son programme, l'étude de la métallurgie du cuivre, à partir du four électrique. Des essais doivent débiter prochainement en utilisant l'un des fours actuellement affecté à la fabrication de l'alliage blanc cobaltifère.

Dans le cours des prochaines années, la production de minerais de cuivre débutera dans le Moyen Congo, au sud et à l'ouest de Léopoldville. Il n'est pas encore possible de donner une idée de l'importance que prendra cette production.

b) **Étain et accompagnateurs.**

La cassitérite et ses accompagnateurs sont extraits actuellement au Congo belge dans les régions du Maniéma et du Kivu et dans le centre de la province du Katanga. Les exploitations du Maniéma sont assurées principalement par la Symétain, le plus gros producteur de minerai d'étain du Congo et par la Cobelmin. Au Kivu, ce sont la Minière des Grands Lacs et le Comité National du Kivu qui assurent la production. La Géomines et la Sermikat travaillent au Katanga.

C'est l'exploitation des gisements détritiques qui four-

nit actuellement la plus grande partie de la production de minerai d'étain du Congo. Les gisements primaires qui ont donné naissance à ces gisements détritiques sont encore très mal connus, et de ce fait peu exploités, spécialement au Maniéma et au Kivu. Il faut remarquer cependant qu'au fur et à mesure de l'exploitation des éluvions, les gisements primaires sous-jacents sont découverts en surface, ce qui facilitera leur étude ultérieure et leur exploitation éventuelle.

A part les exploitations de la Géomines qui ont été fortement mécanisées dès l'année 1935, par l'emploi des pelles électriques, des courroies transporteuses et des laveries fixes, les chantiers des mines stannifères congolaises en sont restés au stade du travail manuel jusqu'en ces dernières années. Cet état de choses s'explique souvent par la dispersion des chantiers, le manque d'énergie bon marché, le faible coût de la main-d'œuvre indigène, le manque de qualification de cette main-d'œuvre et l'absence fréquente de routes convenables avec ouvrages suffisants permettant l'acheminement de matériel lourd. Cependant, cet état de choses se modifie rapidement et dans la période sous revue des sociétés comme Symétain et dans une moindre mesure Cobelmin ont fait un gros effort pour la mécanisation de leurs chantiers. La Symétain qui a commencé la première dans cette voie, dispose actuellement de 2 centrales hydro-électriques totalisant 4.170 CV en 1951 et environ 7.000 CV en 1952. Un projet de centrales hydro-électriques est à l'étude pour le secteur Nord de Symétain. La Cobelmin de son côté a en construction ou à l'étude six centrales hydro-électriques destinées à desservir ses secteurs les plus importants. La fondation Symétain s'est sérieusement préoccupée de la formation professionnelle de la main-d'œuvre indigène et vient d'ouvrir une importante école. Les réalisations routières du Plan Décennal faciliteront le problème des transports. L'établissement des centrales

électriques prévues sur la Ruzizi permettront très vraisemblablement de fournir l'énergie nécessaire aux mines les plus rapprochées du Kivu. La mise en valeur de gisements primaires importants permettra la concentration qui a souvent manqué jusqu'à présent.

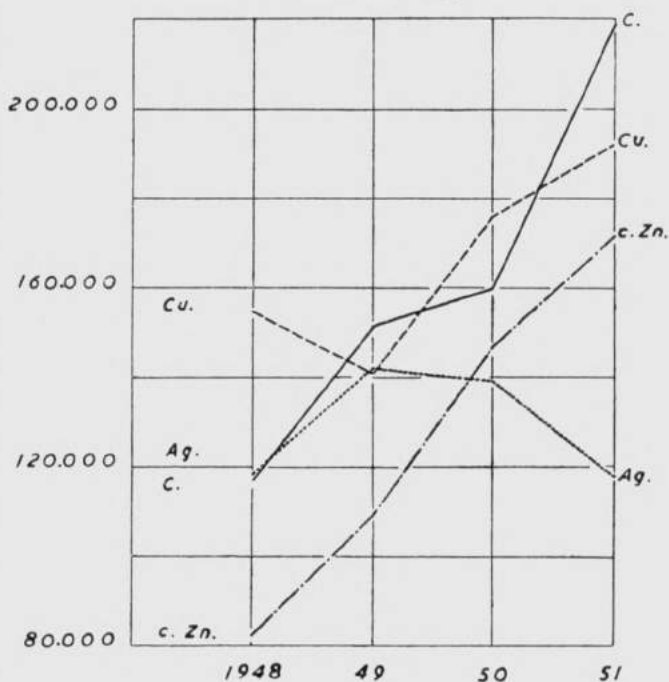
Les résultats déjà obtenus par la Symétain dans le domaine des rendements et du prix de revient sont très encourageants et font bien augurer de l'avenir.

La Géomines dont le gisement est fort concentré et qui jusqu'en 1950 s'était bornée à l'exploitation des éluvions et de la pegmatite altérée, vient d'aborder le problème de l'exploitation de la pegmatite dure. Les réserves en roches dures sont considérables, mais leur mise en valeur pose de multiples problèmes, que les essais actuellement en cours visent à résoudre. Pour le développement de l'extraction et du traitement des roches dures, la Géomines devra disposer de quantités importantes d'énergie et sa centrale de Piana devra être agrandie afin de porter la puissance disponible de 15.000 CV à 40.000 CV.

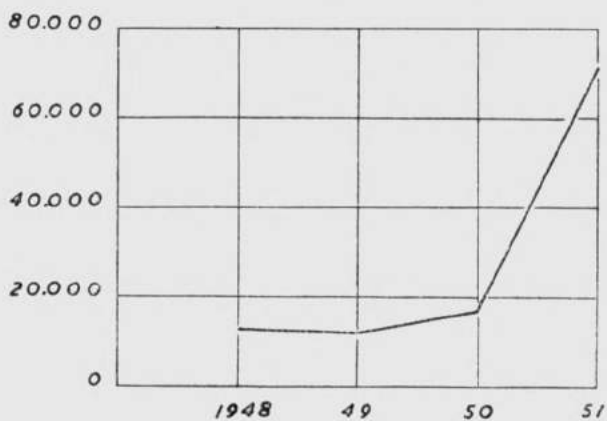
Les accompagnateurs de la cassitérite que l'on récupère actuellement vu leur prix de vente rémunérateur, sont le wolfram et la tantalocolumbite. D'autres accompagnateurs comme l'ilménite contenant du titane, la monazite contenant du thorium, le zircon, le grenat, le béryl et des minerais de fer ne sont pas encore actuellement récupérés, car sous forme de minerai ils ne sont pas exportables, vu le prix élevé des transports. Pour tirer parti de ces produits il faut pouvoir les valoriser sur place par traitement métallurgique ou chimique des minerais.

La cassitérite est un minerai lourd, dont la densité est voisine de 7. A part quelques exceptions (Géomines et Sermikat), jusqu'en ces dernières années la récupération de la cassitérite se faisait au sluice simple. Le rendement d'un tel appareil peut être franchement insuffisant, si

Cuivre-Charbon-Concentrés de zinc crus : en T.
Argent : en Kg.

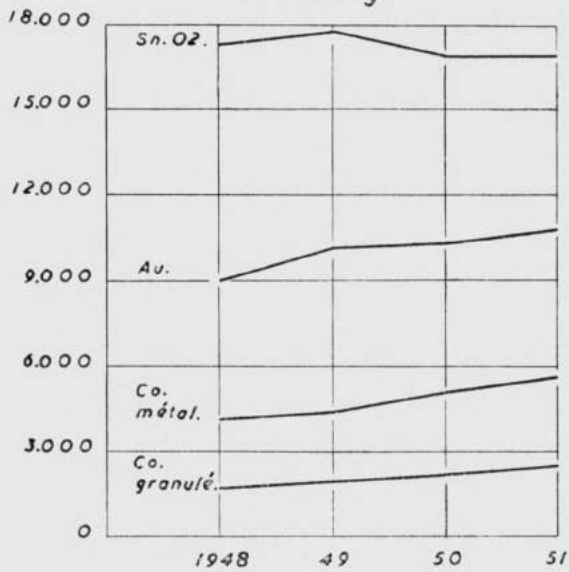


Manganèse : en T.



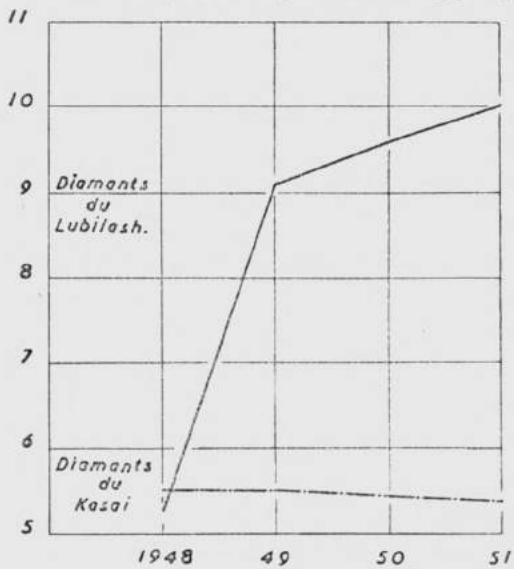
Cassitérite et Cobalt : en T.

Or : en Kg.



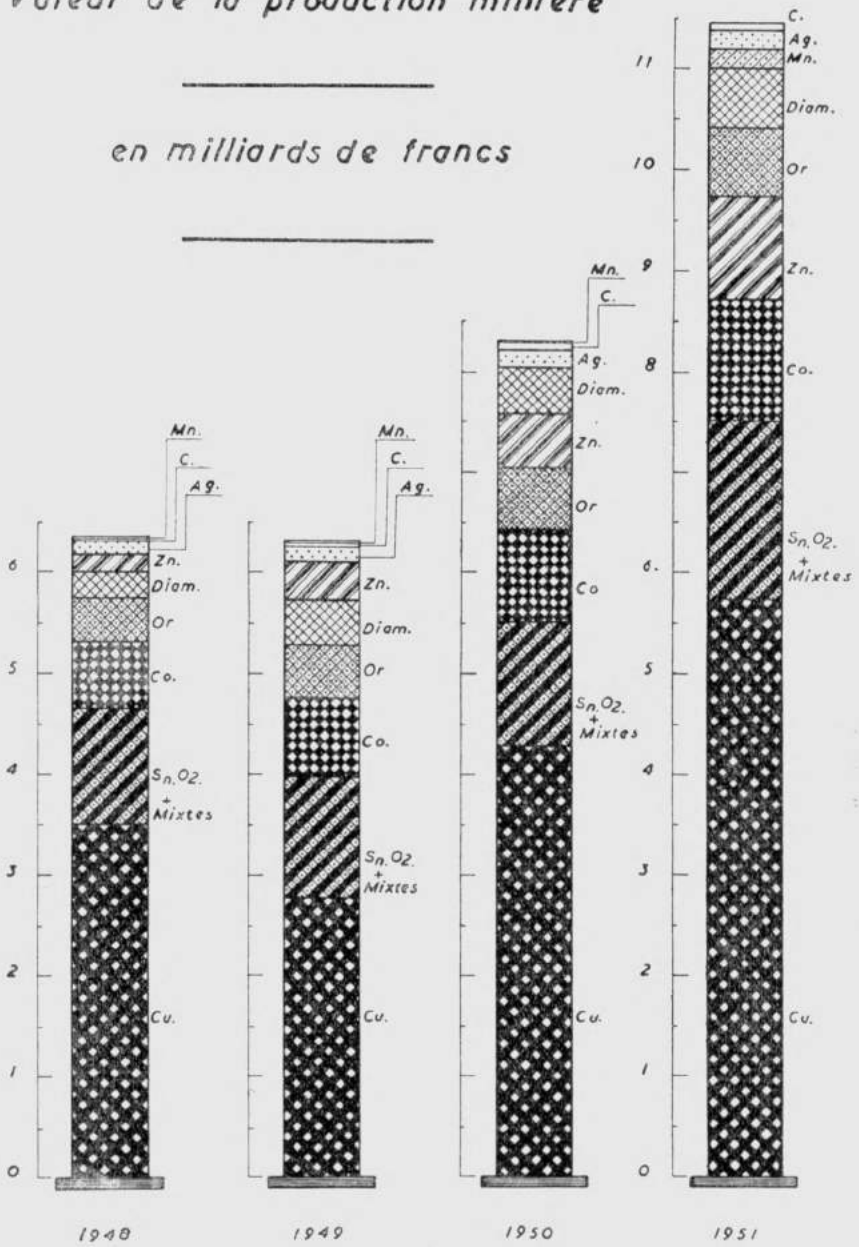
Diamants du Kasai : en 100.000 Carats

" du Lubilash : en million de Carats



Valeur de la production minière

en milliards de francs



le gravier à traiter est fort argileux, si la main-d'œuvre indigène occupée à la formation du lit d'alluvionnement est indolente ou si la cassitérite est très fine.

Pour remédier à ces inconvénients, on a au cours des dernières années commencé à chercher à soumettre le gravier argileux à un sérieux débouillage. Le sluice simple commence à être remplacé par le sluice à courant porteur qui élimine progressivement une partie du stérile et traite séparément des granulométries différentes. Pendant la période sous revue, la société Symétain a serré de plus en plus le problème de la récupération en multipliant l'emploi des bacs à piston, des pulsator-jigs et des tables à secousses, ces derniers appareils étant destinés au traitement des sables.

Entre les années 1948 et 1951, la production de la cassitérite et de ses accompagnateurs, la wolframite et la tantalocolumbite, a évolué comme suit :

1948 :	17.278 tonnes
1949 :	17.768 tonnes
1950 :	16.883 tonnes
1951 :	16.860 tonnes.

Après une augmentation en 1949, le volume de la production a une tendance à diminuer assez faiblement. Cette diminution provient presque exclusivement de la chute de production de la cassitérite au Katanga. Cette situation ne doit normalement être que momentanée et prendra fin dès que la Géomines ayant mis au point ses méthodes d'exploitation des roches dures, sera à même de rétablir sa production antérieure puis de la dépasser.

Pour le premier semestre de l'année 1952, la production de cassitérite et de ses accompagnateurs s'est élevée à 8.215 tonnes, en diminution de 2 % sur le chiffre correspondant de 1951.

Pendant la période envisagée, le cours moyen de réalisation de la cassitérite, calculé en fonction des cours mondiaux, a été de 67.685 F la tonne en 1948, 70.221 F en 1949, 73.777 F en 1950 et 103.400 F en 1951.

Le cours moyen des accompagnateurs de la cassitérite, c'est-à-dire la wolframite et la tantalocolumbite, a subi de fortes variations, avec un raffermissement très important après le déclenchement de la guerre de Corée.

La valeur totale de réalisation de la production de minerais d'étain et de ses accompagnateurs a varié, comme suit :

en 1948 :	1.160.388.000 F
en 1949 :	1.202.247.000 F
en 1950 :	1.238.433.000 F
en 1951 :	1.778.969.000 F.

On voit donc que malgré la légère diminution du volume de la production, la valeur de réalisation de cette production n'a cessé d'augmenter d'année en année.

La majeure partie de la production de cassitérite congolaise est exportée sous forme de minerai et transformée en étain métal soit en Belgique, soit aux États-Unis. Une fonderie d'étain existe à Manono et traite la production de la Géomines, de la Sermikat et de la Géoruanda.

La production d'étain métal à Manono a varié de la façon suivante :

1948 :	3.937 tonnes
1949 :	3.299 tonnes
1950 :	3.290 tonnes
1951 :	3.059 tonnes.

La diminution continue de la production d'étain métal est en relation avec la variation de production de cassitérite de la Géomines. Pour les raisons déjà exposées

précédemment, on peut raisonnablement admettre qu'au cours des prochaines années, cette tendance à la diminution de la production d'étain métal au Congo sera freinée, puis renversée.

c) **Cobalt.**

C'est l'Union Minière du Haut-Katanga qui assure la production de cobalt du Congo belge.

Les gisements situés dans les régions de Kolwezi et Elisabethville comprennent du minerai riche en cobalt (black ore) et du minerai de cuivre contenant du cobalt en proportion variable. Le cobalt s'y trouve sous forme d'oxydes et d'hydrates. Certains minerais pauvres sont enrichis par flottation aux concentrateurs de Kolwezi et de Panda.

Les minerais suffisamment riches et les concentrés enrichis, auxquels on ajoute des scories, sont traités aux fours électriques de Jadotville-Panda. Les minerais subissent au préalable une agglomération. Par fusion réductrice de la charge enfournée dans les fours, on libère à l'état métallique le cobalt, le cuivre et le fer contenus dans les matières traitées. Par différence de densité, les métaux à l'état liquide se séparent en deux couches, l'alliage rouge contenant 85 à 92 % de Cu, 4,8 % de Co et 3 à 5 % de Fe, qui est traité par la suite aux usines de Lubumbashi et l'alliage blanc contenant 15 à 20 % de Cu, 35 à 50 % de Co et 30 à 40 % de Fe, qui est expédié en Belgique ou aux U. S. A. pour raffinage.

Il y avait avant 1951, six fours en activité, chacun d'une puissance de 720 kVA. En 1951, on a installé un four triphasé d'une puissance de 3.000 kW. Dans l'avenir immédiat on prévoit l'installation d'un deuxième four triphasé de même puissance ainsi que la construction d'un four de préaffinage.

Les minerais et concentrés qui sont traités à l'usine de lixiviation de Shituru à Jadotville contiennent du cobalt en quantité variable. Ce cobalt se retrouve dans les solutions accompagnant les gangues rejets de l'usine d'électrolyse du cuivre. On le récupère par électrolyse, suivant un procédé mis au point par l'Union Minière. Les cathodes de cobalt sont fondues et raffinées au four électrique. Les coulées du four sont refroidies par eau et donnent le cobalt granulé qui est un produit marchand (99 % de Co).

Pour la période 1948 à 1951, la production totale de produits cobaltifères (granulés plus alliage blanc) exprimée en tonnes de métal a évolué comme suit :

1948 :	4.160 tonnes
1949 :	4.403 tonnes
1950 :	5.148 tonnes
1951 :	5.715 tonnes.

Pendant la même période, la production de cobalt granulé a été la suivante :

1948 :	1.741 tonnes
1949 :	1.976 tonnes
1950 :	2.176 tonnes
1951 :	2.542 tonnes.

On voit donc qu'entre les années 1948 et 1951, le volume de la production, exprimée en tonnes de cobalt métal, a augmenté de plus de 37 %. L'augmentation s'est portée tant sur le cobalt granulé que sur l'alliage cobaltifère. Cette progression a été rendue possible grâce au développement de l'extraction des minerais et à l'augmentation de la capacité de production tant de l'usine de lixiviation de Shituru que des fours électriques de Jadotville-Panda.

Pendant le premier semestre de l'année 1952, la pro-

gression de la production de cobalt s'est poursuivie, s'établissant à 3.333 tonnes de cobalt métal contre 2.599 tonnes au premier semestre de l'année 1951.

Le cobalt, spécialement utilisé pour la fabrication d'aciers spéciaux capables de résister à de très hautes températures (par exemple moteurs à réaction et turbines à gaz) paraît être un métal d'avenir dont la consommation ira en grandissant. On peut prévoir que la production de cobalt congolais ira en augmentant au cours des prochaines années, suivant les demandes du marché.

Le prix de réalisation du cobalt granulé a évolué comme suit durant la période sous revue, compte tenu des cours mondiaux et des stipulations des contrats à longue durée conclus entre producteurs et consommateurs principaux.

1948 :	142.957 F la tonne
1949 :	160.637 F la tonne
1950 :	190.413 F la tonne
1951 :	240.300 F la tonne.

On voit que la situation a influencé les cours, la demande étant très ferme et dépassant les offres. La valeur de réalisation de la production cobaltifère du Congo belge a dès lors évolué comme suit, compte tenu des cours du cobalt métal et des frais de raffinage de l'alliage cobaltifère.

1948 :	645.418.000 F
1949 :	789.309.000 F
1950 :	906.482.000 F
1951 :	1.209.933.000 F.

On remarque, au point de vue des valeurs de réalisation, l'importance grandissante de la production cobaltifère du Congo belge.

d) **Minerai de Zinc.**

Le minerai de zinc produit actuellement au Congo belge provient de la mine de Kipushi, exploitée par l'Union Minière. En effet, le filon qui est travaillé à cette mine contient du minerai à haute et basse teneur en cuivre, du minerai mixte à cuivre et zinc et du minerai à haute teneur en zinc. Ces minerais qui sont tous sulfurés, lorsqu'ils ne sont pas suffisamment riches sont traités au concentrateur de la mine, où l'on obtient des concentrés riches en cuivre et des concentrés riches en zinc (environ 52 % de zinc métal).

Une partie des concentrés de zinc sont grillés aux usines de la Sogechim à Jadotville, afin d'en enlever le soufre qui est utilisé pour la fabrication de l'acide sulfurique nécessaire aux usines de lixiviation. Les consommations d'acide sulfurique allant continuellement en augmentant, la capacité de production de l'usine de la Sogechim qui était de 40.000 t d'acide par an jusqu'en 1950, a été portée à 60.000 t au début 1952 et des travaux sont en cours pour porter cette capacité de production à plus de 100.000 t par an.

Jusqu'à présent, le concentré de minerai de zinc, soit à l'état cru soit à l'état grillé, était exporté tel quel, en grande partie vers la Belgique, pour y subir les opérations de raffinage. Dans le courant de l'année 1953, l'usine Métalkat qui se construit près de Jadotville, pourra traiter une partie des minerais de zinc congolais et produire du zinc électrolytique. La capacité initiale de production de l'usine est de 35.000 tonnes de métal par an. Le courant nécessaire à la marche de cette usine sera fourni par la centrale hydro-électrique de N'Zilo I qui doit entrer en fonctionnement au début de l'année 1953.

Pendant la période envisagée, la production de con-

centrés de minerai de zinc cru, à teneur d'environ 52 % de métal, a évolué comme suit :

1948 :	82.393 tonnes
1949 :	109.263 tonnes
1950 :	146.753 tonnes
1951 :	172.216 tonnes.

On s'aperçoit donc que l'augmentation de la production a été constante et qu'en l'espace de 4 ans, cette production a plus que doublé en volume. Dans le courant du premier semestre de l'année 1952, la production a atteint 100.042 tonnes, ce qui représente encore une augmentation d'environ 16 % sur les chiffres de 1951.

La production de concentrés de minerai de zinc grillé, obtenue en partant d'une partie de la production de concentrés de minerai de zinc, a évolué comme suit :

1948 :	27.892 tonnes
1949 :	32.911 tonnes
1950 :	41.501 tonnes
1951 :	44.921 tonnes.

L'augmentation de la production de concentrés de minerai de zinc grillé est parallèle à l'augmentation de la production d'acide sulfurique. Pour le premier semestre de l'année 1952, cette production se chiffre à 27.706 tonnes, en augmentation de plus de 30 % sur les chiffres correspondants de 1951.

La valeur moyenne de réalisation de la tonne de concentrés de minerai de zinc cru congolais, a varié en fonction des variations de cours du zinc métal et s'établit comme suit :

1948 :	2.151 F
1949 :	3.416 F
1950 :	3.675 F
1951 :	5.900 F

En fonction de ces cours, la valeur de réalisation de la production de minerai de zinc du Congo belge a atteint les chiffres suivants :

1948 :	177.227.000 F
1949 :	373.242.000 F
1950 :	539.317.000 F
1951 :	1.016.074.000 F.

En 4 ans, cette valeur de réalisation a fait un bond impressionnant. Pour le proche avenir, il faut s'attendre à une normalisation des cours, en dessous du taux de l'année 1951, mais à une augmentation de la production en fonction de la capacité d'extraction de la mine de Kipushi, de la variation de la minéralisation du gisement, et des débouchés offerts aux minerais congolais tant à l'usine de Métalkat qu'à l'extérieur du pays.

e) or.

C'est principalement dans l'est de la Province orientale et dans le Kivu et le Maniéma que se trouvent les exploitations d'or du Congo belge. On récolte cependant un peu d'or au Katanga, dans le Kasai et au Mayumbe, mais il s'agit d'exploitations de peu d'importance. Les mines d'or de la Province Orientale interviennent pour plus de 75 % dans la production et les mines d'or du Kivu et du Maniéma pour près de 20 %.

Dans les terres minéralisées des gisements détritiques, l'or se présente en grains quelquefois très fins ou en pépites. Les gisements primaires consistent essentiellement en filons quartzeux minéralisés et en masses de schistes ou de quartzites imprégnés.

Lorsqu'on dispose de main-d'œuvre en quantité suffisante et bon marché, l'exploitation des gisements aurifères alluvionnaires peut se faire par des moyens très primitifs. Le gravier minéralisé est enlevé à la pelle et à la pioche, transporté par brouettes et traité par allu-

vionnement dans le courant d'eau d'un sluice simple à riffles. L'or étant très dense, sa récupération par le sluice est satisfaisante, à moins que les particules ne soient trop fines ou que le gravier ne soit trop argileux.

Pour l'exploitation des gîtes primaires, il faut procéder à l'abatage de roches dures et broyer ces roches jusqu'au degré de finesse voulu pour pouvoir procéder à la récupération de l'or. Dans certains cas, l'or des gisements primaires est dit réfractaire et sa récupération demande la flottation ou la cyanuration. Une exploitation de gîte primaire demande donc un certain équipement entraînant des immobilisés plus élevés et une consommation importante de force motrice.

On voit immédiatement, pourquoi les exploitations d'or au Congo ont débuté par les alluvions, qui par surplus peuvent aisément être découvertes et inventoriées. Cependant ces gisements détritiques s'épuisent progressivement et avec le développement du pays, la main-d'œuvre disponible devient plus rare et plus chère. Aussi les exploitations des gîtes primaires se développent-elles actuellement assez rapidement et la proportion de la production d'or filonien à la production totale d'or a varié de 24,6 % en 1948 à 35 % en 1949, 40 % en 1950 et 44 % en 1951.

La raréfaction de la main-d'œuvre disponible, le coût de plus en plus élevé de cette main-d'œuvre, la nécessité de ne pas laisser monter les prix de revient et les teneurs limites d'exploitabilité, ont aussi amené à augmenter progressivement la mécanisation dans les exploitations de gisements détritiques. Pour les opérations d'abatage, la pelle mécanique, la dragline, le monitor se multiplient. Pour le transport, la courroie transporteuse, l'éjecteur hydraulique, la pompe à gravier voient augmenter leurs cas d'application. La société des mines d'Or de Kilo-Moto, dans le but de supprimer les transports aux chantiers, a introduit l'utilisation de laveries mobiles alimentées directement par l'engin d'abatage.

Au point de vue prix de vente, l'or constitue un métal qui se différencie nettement des autres, car son prix de vente officiel, depuis avant 1940 est resté fixé à 35 dollars l'once. En tenant compte des dévaluations, le coefficient de majoration du prix légal de vente de l'or en francs congolais par rapport à 1939 est de 1,69, alors que les frais d'exploitation ont plus que triplé depuis cette date. De ce fait la situation de beaucoup de producteurs d'or est très difficile, tant au Congo que dans les autres pays et la teneur limite d'exploitation a dû être constamment relevée.

Afin de remédier à cette situation, les autorités congolaises ont depuis 1947 supprimé tous les droits de sortie sur l'or. Depuis 1949, il a été officiellement admis que 40 % de la production d'or congolais soient vendus sur un marché intérieur contrôlé, pour des fins industrielles ou artistiques, à un prix supérieur au prix officiel. Dans le courant de l'année 1950, on a simplifié les formalités de vente et il a été admis que 60 % de la production d'or congolais pourraient être vendus par l'organisme « Congor » créé dans ce but. Ces mesures ont permis pour l'année 1951, un prix moyen de réalisation de l'or congolais, plus de 10 % plus élevé que le prix de vente officiel.

Le principal producteur d'or au Congo belge est la Société des Mines d'Or de Kilo-Moto dont les gisements sont situés dans l'Est de la Province Orientale. Cette société intervient pour près de 60 % dans le total de la production d'or du Congo.

Pendant la période sous revue, Kilo-Moto a fait un effort très important pour mécaniser ses chantiers et développer ses recherches et ses exploitations dans les gîtes primaires. Les résultats obtenus sont très encourageants. Pour faire face à une demande fortement accrue d'énergie, cette société est occupée à doubler la puissance installée à sa centrale hydro-électrique de Budana,

tandis qu'elle établit un réseau de ligne de transport à haute tension vers les principales mines de la division de Watsa.

Depuis de nombreuses années, Kilo-Moto utilise des dragues, petites ou moyennes, dans ses exploitations alluvionnaires établies en rivières importantes. L'exploitation par drague, lorsque le gisement le permet, est une méthode d'exploitation des plus économiques, largement répandue dans certains pays comme les États-Unis, la Malaisie, l'Indonésie, etc. Il serait très intéressant de rechercher au Congo, les gisements qui se prêtent à ce mode d'exploitation.

Le deuxième producteur d'or du Congo est la M. G. L. dont les gisements se trouvent au Kivu. Jusqu'à présent les exploitations ont surtout porté sur les gisements détritiques spécialement alluvionnaires, mais vu l'épuisement progressif de ces gisements, la société s'est attelée à la recherche et à la mise en valeur des gîtes primaires.

De nombreuses sociétés, de moyenne ou petite importance se livrent également à la production de l'or au Congo belge. Parmi celles-ci, les principales sont : la Minière de la Tele dans la région de Bayenga en Province Orientale, la Cobelmin dans le Maniéma, le C. N. Ki au Kivu, la Mincobel dans la région de Bondo en Province Orientale. La Cobelmin prépare la mise en valeur d'un gîte primaire important dans la région de Namoya.

Pendant la période envisagée, la production d'or fin du Congo belge a varié comme suit :

1948 :	9.020 kg
1949 :	10.149 kg
1950 :	10.321 kg
1951 :	10.799 kg.

L'augmentation est donc continue et provient de l'intensification de la mise en valeur des gisements pri-

maires principalement à la société des Mines d'Or de Kilo-Moto. Pour le premier semestre de l'année 1952, la production d'or fin a atteint 5.844 kg en augmentation de 8 % sur le chiffre du premier semestre 1951.

La valeur moyenne de réalisation de la production de l'or congolais a été la suivante :

1948 :	49.145 F	le kg	d'or	fin
1949 :	51.048 F	le kg	»	»
1950 :	59.364 F	le kg	»	»
1951 :	61.422 F	le kg	»	»

On remarque donc que malgré la rigidité du prix officiel de vente de l'or, exprimé en dollars, la dévaluation de 1949 et les ventes par la société coopérative Congor ont permis une certaine augmentation du prix moyen de réalisation. La valeur de réalisation de la production a dès lors évolué comme suit :

1948 :	443.288.000 F
1949 :	518.086.000 F
1950 :	612.696.000 F
1951 :	663.706.000 F.

L'évolution de la production aurifère congolaise dépendra en grande partie du prix de vente qui sera fixé pour l'or. La mise en exploitation des gîtes primaires importants devrait entraîner une augmentation de la production, mais cette tendance sera fortement freinée si le prix de vente reste fixé à un niveau trop bas.

f) **Diamants.**

Les exploitations diamantifères du Congo se situent principalement au Kasai, dans les régions de Bakwanga et de Tshikapa. Les diamants dits du Lubilash, recueillis dans la région de Bakwanga, comprennent surtout des

diamants industriels et du boart, tandis que les diamants dits du Kasai, recueillis dans la région de Tshikapa, comprennent un assez fort pourcentage de diamants de joaillerie.

Les gisements de Tshikapa, surtout alluvionnaires, sont nombreux mais souvent de peu d'étendue et leur dispersion fait qu'ils ne se prêtent guère à une mécanisation fort poussée. L'enlèvement du stérile et du gravier qui ne se présentent pas souvent en couches très épaisses, se fait manuellement. Le transport du gravier jusqu'à la laverie est assuré par brouettes. La laverie comprend essentiellement un pan dégrossisseur et un pan finisseur. L'énergie nécessaire au fonctionnement de ces laveries est fournie dans la presque totalité des cas par des locomobiles chauffées au bois. On soutire des jigs finisseurs, un concentré lourd qui est transporté en bidons plombés jusqu'à la centrale de triage de Tshikapa. Là le diamant est récupéré sur des tables à graisse après reconcentration sur jigs et séparateurs électromagnétiques. De très sérieuses précautions y sont prévues pour éviter les vols de diamants.

Ces méthodes d'exploitation ont peu varié pendant la période sous revue. On envisage cependant l'électrification des mines les plus rapprochées de la centrale hydro-électrique, d'une puissance de 2.000 CV, installée sur le fleuve Kasai au sud-est de Tshikapa et mise en service au cours de l'année 1950.

Dans la région de Bakwanga, les gisements détritiques sont beaucoup plus importants et plus concentrés, les couches de stérile et de gravier beaucoup plus épaisses. Ces conditions sont favorables à la mécanisation des chantiers et cette mécanisation a été très fortement développée au cours des dernières années. L'enlèvement du stérile se fait par dragline ou par d'imposantes équipes de tournapulls et de tournadozers. Les pelles mécaniques sont de plus en plus employées pour l'extraction du

gravier qui est transporté aux laveries fixes, par de gros camions à moteur Diesel. Comme à Tshikapa, le lavage du gravier se fait dans des pans rotatifs, mais ceux-ci sont de dimensions beaucoup plus grandes. Les concentrés sont traités dans une centrale de triage où la récupération du diamant se fait sur des tables à graisse. Ce système doit être prochainement modifié et dès 1952, il est prévu la mise en marche, pour le traitement des concentrés, d'une installation de sink and float, avec le ferro-silicium comme médium.

La mécanisation demande comme partout de l'énergie à bon marché et en quantité suffisante. Pour faire face à ces besoins, une centrale hydro-électrique, d'une puissance de 7.500 kW, est en construction sur le Lubilash. La mise en marche de la première turbine est prévue pour la fin de l'année 1952. L'actuelle petite centrale hydro-électrique de 1.500 CV sera tenue en réserve.

En dehors du Kasai, on récupère de très faibles quantités de diamants dans certaines exploitations aurifères de la Province Orientale.

Au cours de la période envisagée, la production a évolué comme suit :

a) Diamants du Kasai :

1948 :	550.814 carats
1949 :	550.423 carats
1950 :	543.443 carats
1951 :	537.740 carats

b) Diamants du Lubilash :

1948 :	5.273.753 carats
1949 :	9.099.545 carats
1950 :	9.604.120 carats
1951 :	10.027.015 carats.

Pour le premier semestre de l'année 1952, la production des diamants du Kasai a atteint 283.724 carats, tandis que la production des diamants du Lubilash s'est élevée à 5.617.765 carats. Ces 2 chiffres sont en augmentation respective de 3 et de 9 % sur les chiffres correspondants de 1951.

Le prix des diamants, surtout des diamants de joaillerie dépend de toute une série de facteurs, parmi lesquels on peut citer la grosseur des pierres, leur teinte, leur aspect, leur forme, leurs défauts éventuels. On ne peut donc pas parler de cours mondiaux et nous avons du prendre un prix fort approximatif, tenant compte du fait que le diamant de joaillerie du Kasai est de petite dimension. Dans ces conditions, les prix du carat ont évolué comme suit :

Diamants du Kasai		Diamants du Lubilash	
1948 :	198 F	1948 :	28 F
1949 :	191 F	1949 :	37 F
1950 :	180 F	1950 :	38 F
1951 :	203,50 F.	1951 :	48,50 F.

Partant des chiffres ci-dessus, la valeur de réalisation de la production diamantifère congolaise a évolué de la façon suivante :

Diamants du Kasai		Diamants du Lubilash	
1948 :	109.061.000 F	1948 :	147.665.000 F
1949 :	105.131.000 F	1949 :	336.683.000 F
1950 :	97.820.000 F	1950 :	364.957.000 F
1951 :	109.430.000 F.	1951 :	486.310.000 F.

Nous constatons donc que la valeur de la production des diamants du Kasai ne subit que des variations assez limitées et présente une certaine tendance à la stabilisation. Par contre la valeur de la production des diamants

du Lubilash révèle une progression impressionnante, le chiffre de 1951 étant plus de trois fois supérieur au chiffre de 1948.

Pour le proche avenir, on peut raisonnablement escompter que la production des diamants du Kasai restera assez stationnaire, tant en volume qu'en valeur. Les diamants industriels par contre, sont de plus en plus utilisés dans l'industrie moderne, et on peut escompter que la demande en restera pressante. Tant que cette situation du marché subsistera, elle stimulera la production des diamants du Lubilash.

g) **Charbon.**

Durant la période envisagée, l'extraction du charbon au Congo, s'est limitée à la région de la Luena. En 1948, seule la cuvette de la Luena était en exploitation. Vers la fin de l'année 1949, la cuvette de Kisulu a été également mise en exploitation.

Comme les couches sont situées à faible profondeur les travaux se font en carrière à ciel ouvert. A Kisulu, le stérile qui a au maximum une dizaine de mètres d'épaisseur, est enlevé par une puissante dragline. Cette dragline pourvue d'une flèche d'une longueur de 28 m, rejette à bed-rock, derrière le front de travail, le stérile extrait. Le charbon est pris par pelle électrique et évacué par grosses bennes à moteur diesel.

A Luena, l'exploitation est plus ancienne et les travaux moins mécanisés. Cependant, dans le but de pouvoir pousser la production tout en diminuant la main-d'œuvre indigène occupée, la décision a été prise d'adopter le même mode de travail qu'à Kisulu. Le nouveau matériel est attendu sur place pour la fin de l'année 1952.

Le charbon extrait est traité au triage-lavoir de Luena. Après criblage, le + 50 m/m est épierré à la main, tandis que le - 50 m/m est envoyé au lavoir. Au lavoir,

le charbon est classé en 3 — 10 et 10 — 50. Chacune de ces catégories est traitée au rhéolaveur. Les rhéolaveurs sont à niveau plein pour les fines et à chute libre pour les gros.

Le charbonnage de Greinerville, établi sur le gisement du bassin de la Lukuga, n'a pas été en activité pendant la période sous revue. Dans le cours de l'année 1950, on a cependant creusé un nouveau plantant, équipé d'une courroie transporteuse afin d'accéder au gisement et de prélever des échantillons. Un syndicat d'étude s'est créé, en vue d'examiner les possibilités de traitement de ces charbons pour en faire des carburants et des huiles synthétiques ainsi que des produits chimiques dérivés du charbon. Aux essais, le produit s'est révélé très réactif et bien approprié pour la gazéification. Si les recherches en cours confirment l'importance du gisement et la possibilité d'arriver à un prix de revient d'extraction suffisamment bas, l'usine de synthèse sera construite.

Vu ses caractéristiques, le charbon congolais n'était guère demandé jusqu'à présent. Cependant il convient comme combustible pulvérisé en cimenterie et en centrale thermique. A condition de disposer de foyers convenablement appropriés, il peut servir à la chauffe des chaudières. La preuve a été faite sur les locomotives du B. C. K. Enfin comme nous l'avons déjà signalé ci-dessus il est très réactif et se prête bien à la gazéification.

Jusqu'à présent, le charbon produit à Wankie en Rhodésie du Sud et le bois de production locale faisaient une très sérieuse concurrence au charbon congolais. Mais par suite du développement de l'industrie dans les deux Rhodésies, l'obtention du charbon Wankie se fait de plus en plus difficilement. Le bois de production locale demande une nombreuse main-d'œuvre pour son abatage et son transport et de ce fait devient de plus en plus cher et plus difficile à obtenir. D'autre part, le développement de la production charbonnière congolaise

permet un équipement moderne et une diminution du prix de revient. Ces différents facteurs, joints à l'augmentation des besoins des utilisateurs, font prévoir dans un avenir immédiat un sérieux développement de la production.

Pendant la période envisagée, les chiffres de production ont évolué comme suit :

1948 :	117.494 tonnes
1949 :	152.370 tonnes
1950 :	159.967 tonnes
1951 :	217.900 tonnes.

L'augmentation est donc importante et tout laisse prévoir qu'elle s'amplifiera dans le cours des prochaines années.

Pour le premier semestre de l'année 1952, la production a atteint 116.360 tonnes, en augmentation de 7 % sur les chiffres correspondants de l'année précédente.

Le prix moyen de réalisation de la tonne de charbon a évolué de la façon suivante :

1948 :	350 F
1949 :	327 F
1950 :	327 F
1951 :	360 F.

Ces prix sont très approximatifs et tiennent compte de la qualité peu élevée du produit.

Dès lors la valeur de la production charbonnière congolaise se présente comme suit :

1948 :	41.123.000 F
1949 :	49.825.000 F
1950 :	52.309.000 F
1951 :	78.444.000 F.

h) **Minerai de Manganèse.**

En 1948, seul le gisement de la Sud-Kat situé à Kasekelsa était en exploitation. Depuis le début de l'année 1951, la Bécéka-Manganèse met en valeur le gisement de Kisenge. Ces deux gisements se trouvent à proximité du rail Elisabethville-Dilolo.

Les installations de la Bécéka-Manganèse sont encore fort rudimentaires. Une usine pour la préparation du minerai va être établie et l'on cherche la possibilité de construire une centrale hydro-électrique, à un endroit pas trop éloigné. Il est vraisemblable également, qu'une partie du minerai extrait soit traitée au Katanga pour la fabrication de ferro-manganèse.

Depuis 1949, la production de minerai de manganèse au Congo belge a évolué comme suit : (minerai à $\pm 50\%$)

1948 :	12.767 tonnes
1949 :	12.247 tonnes
1950 :	16.990 tonnes
1951 :	70.945 tonnes.

On remarque la forte augmentation de la production en 1951, qui est due à la mise en exploitation du gisement de la Bécéka-Manganèse. L'augmentation de la production aurait été encore beaucoup plus importante s'il n'y avait eu des difficultés de transport sur le Bengwela-Railway et de l'encombrement au port de Lobito. La demande de minerai de manganèse, qui est intimement liée au volume de la production d'acier dans le monde, a été très soutenue et tout laisse croire que cette situation perdurera. Aussi, si les difficultés de transport peuvent être surmontées, peut-on s'attendre à un développement important de la production du minerai de manganèse congolais.

Au cours du premier semestre de l'année 1952, le

volume de la production a atteint 46.148 tonnes, en augmentation de 42 % sur les chiffres correspondants de l'année 1951.

La valeur moyenne de réalisation de la tonne de minerai se présente de la façon suivante :

1948 :	1.126 F
1949 :	2.256 F
1950 :	1.949 F
1951 :	2.500 F.

Ces cours tiennent compte de la variation de teneur du minerai. Dès lors la valeur de réalisation de la production a été :

en 1948 :	14.373.000 F
en 1949 :	27.629.000 F
en 1950 :	33.114.000 F
en 1951 :	177.363.000 F.

i) **Argent.**

La production d'argent du Congo belge, provient en ordre principal de la mine de Kipushi. Cet argent se retrouve en fin de compte dans le cuivre U. M. P. C. produit à l'usine de Lubumbashi. Il est récupéré en Belgique, lors du raffinage de ce cuivre U. M. P. C. Une petite partie de l'argent congolais provient des exploitations aurifères, où l'on trouve souvent l'or associé à l'argent.

La production d'argent du Congo belge dépendra donc en ordre principal du volume de minerai extrait à la mine de Kipushi et de la teneur en argent de ce minerai. Pendant la période envisagée le volume de la production se présente comme suit :

1948 :	118.368 kg
1949 :	141.500 kg
1950 :	138.720 kg
1951 :	118.046 kg.

La valeur moyenne de réalisation du kg d'argent a évolué de la façon suivante :

1948 :	1.052	F
1949 :	1.072	F
1950 :	1.210	F
1951 :	1.455,5	F

D'où résulte la valeur de la production :

1948 :	124.523.000	F
1949 :	151.688.000	F
1950 :	167.851.000	F
1951 :	171.816.000	F.

Conclusions.

Comme il ressort des faits exposés ci-dessus, dans presque tous les secteurs principaux de l'industrie minière congolaise, nous avons constaté une progression continue des productions, cette progression étant, assez souvent, fort importante. Cette évolution, spécialement après le déclenchement de la guerre de Corée, a été accélérée par la forte demande des produits minéraux et par les cours plus élevés qui ont été offerts.

Mais, fait à mon sens très important, cette progression a été obtenue pour la plupart des sociétés minières importantes, grâce à une modernisation de plus en plus poussée des méthodes de travail et du matériel utilisé. La meilleure preuve en est fournie, me semble-t-il, par la comparaison des chiffres de la main-d'œuvre indigène occupée dans les mines. A fin 1948, ce chiffre était de 131.847 unités. A fin 1951, il est tombé à 114.569. L'énergie mécanique vient donc de plus en plus soulager le travail des hommes, dans l'industrie minière congolaise.

Pour rendre possible cette modernisation, les mines

ont dû résoudre le problème de l'énergie abondante et bon marché, le problème du choix et de l'entretien du matériel mécanique, le problème de la formation professionnelle de la main-d'œuvre noire.

Au Congo belge où nous n'avons jusqu'à présent que peu de charbons locaux et pas de pétrole, la source d'énergie la plus abondante et la meilleure marché est constituée, très souvent, par les centrales hydro-électriques. La plupart des sociétés minières congolaises importantes ont très bien compris cette situation et sont passées aux réalisations. A fin 1951, près de 90 % de la puissance de centrales hydro-électriques fonctionnant au Congo, ont été installés par les mines. Le programme d'investissement est en plein développement et en 1957, l'ensemble des sociétés minières du Congo pourront disposer de plus de 3 milliards de KW/h.

Les conséquences de cette modernisation sont très heureuses. Au point de vue économique, les prix de revient se stabilisent et même souvent peuvent être ramenés en arrière. La rareté de la main-d'œuvre indigène n'est plus un obstacle infranchissable à un fort accroissement de la production. Très fréquemment, la teneur limite des gisements économiquement exploitables peut être abaissée.

Au point de vue social, la modernisation augmente la productivité de la main-d'œuvre et sa qualification. Ces deux facteurs permettent d'augmenter les rémunérations de la main-d'œuvre et son standard de vie.

Au point de vue de l'équipement économique et social du pays, l'apport des mines est extrêmement important. Sous forme de centrales hydro-électriques, de routes, d'hôpitaux, d'écoles, de cités en matériaux durs, les mines ont réalisé une œuvre, souvent très spectaculaire qui profite très souvent à toute une région et à des activités et des populations étrangères à la mine.

Au point de vue du budget de l'État, la contribution

des mines est prépondérante au chapitre des recettes, perçues sous forme de droit de sortie, redevances minières, impôts sur bénéfiques et impôts divers.

Quel sera l'avenir réservé à l'industrie minière congolaise ? Comme nous l'avons déjà signalé précédemment, les gisements connus sont souvent fort importants et permettent presque toujours le maintien ou l'augmentation du rythme actuel de production. De plus le pays n'a pas encore été étudié systématiquement partout et de nouvelles découvertes sont plus que probables.

L'équipement progressif du pays et son évolution favorisent l'essor de l'industrie minière, en diminuant les frais de transport, en permettant le développement de la métallurgie et en créant un marché intérieur pour certains produits tels par exemple le fer et les engrais minéraux qui n'ont pas encore été exploités jusqu'à présent.

Cependant, les produits minéraux, comme les autres matières premières, sont sujets à des variations souvent très sensibles tant dans la demande que dans les prix. Ces fluctuations peuvent obliger les producteurs à des réductions momentanées de l'extraction. Mais il n'en reste pas moins que le monde continue sa marche en avant dans le domaine du progrès matériel, que ce fait entraîne des consommations de biens de plus en plus importantes et que la courbe de tendance longue durée de la production de ces biens est nettement orientée vers l'augmentation.

Service des Mines du Congo belge.
Léopoldville, 27 décembre 1952.

Séance du 27 février 1953.

La séance est ouverte à 14 h 30 sous la présidence de M. J. *Beelaerts*, directeur.

Sont en outre présents : MM. R. Bette, K. Bollengier, R. Deguent, E.-J. Devroey, P. Fontainas, G. Gillon, G. Moulaert, F. Olsen, membres titulaires ; MM. R. Cambier, E. Comhaire, E. De Backer, I. de Magnée, R. du Trieu de Terdonck, P. Lancsweert, M. Legraye, G. Périer, R. Vanderlinden, membres associés ; M. J. Van der Straeten, membre correspondant.

Excusés : MM. H. Barzin, F. Campus, M. De Roover, J. Lamoën, E. Mertens, P. Sporcq, M. van de Putte, P. Van Deuren.

Communication administrative.

Le *Secrétaire général* annonce que, par arrêté ministériel du 21 février 1953, M. *Eugène Mertens*, ingénieur civil des Mines, professeur à l'Université de Louvain, a été nommé membre associé.

Le Gyrobus, nouveau moyen de transport en commun.

M. G. *Gillon* présente l'étude rédigée sur ce sujet par M. EDG. GILLON.

Après un échange de vues auquel participent MM. G. *Moulaert*, R. *Vanderlinden*, K. *Bollengier*, E.-J. *Devroey* et G. *Gillon*, il est décidé de ne publier que la partie purement technique de ladite étude (voir page 360).

L'application faite par les protagonistes du Gyrobus au cas particulier de Léopoldville fera l'objet d'un examen au cours de la prochaine séance.

Zitting van 27 Februari 1953.

De zitting wordt geopend te 14 u 30 onder voorzitterschap van de H. J. Beelaerts, directeur.

Zijn insgelijks aanwezig : De HH. R. Bette, K. Bollengier, R. Deguent, E.-J. Devroey, P. Fontainas, G. Gillon, G. Moulaert, F. Olsen, titelvoerende leden ; de HH. R. Cambier, E. Comhaire, E. De Backer, I. de Magnée, R. du Trieu de Terdonck, P. Lancsweert, M. Legraye, G. Périer, R. Vanderlinden, buitengewone leden ; de H. J. Van der Straeten, corresponderend lid.

Verontschuldigd : de HH. H. Barzin, F. Campus, M. De Roover, J. Lamoen, E. Mertens, F. Sporcq, M. van de Putte, P. Van Deuren.

Administratieve Mededeling.

De *Secretaris-Generaal* deelt mede dat de H. Eugène Mertens, burgerlijk mijnningenieur, professor aan de Universiteit te Leuven, bij ministerieel besluit van 21 Februari 1953 tot buitengewoon lid benoemd werd.

De Gyrobus, nieuw gemeenschappelijk vervoermiddel.

De H. G. Gillon legt een studie voor die de H. EDG. GILLON over dit onderwerp opgesteld heeft onder de titel : « Le Gyrobus, nouveau moyen de transport en commun ».

Na een gedachtenwisseling waaraan de HH. G. Moulaert, R. Vanderlinden, K. Bollengier, E.-J. Devroey en G. Gillon deelnemen, besluit de Sectie alleen het technisch gedeelte van deze studie te publiceren (zie blz. 360).

Hommage d'ouvrages.

Aangeboden werken.

Le *Secrétaire général* dépose sur le bureau les ouvrages suivants :

De *Secretaris-Generaal* legt op het bureau de volgende werken neer :

1. *L'Écho des Mines et de la Métallurgie* (Paris, janvier n° 3452, 1953).
2. *Annalen der Meteorologie* (Meteorologischen Amtes für Nordwestdeutschland, Hamburg, Heft 6, 1952).
3. *Atlantropa* (Atlantropa Instituut, München, n° 7-8, 1952).
4. MARISSIAUX, A., Albertville. — Note historique (Compagnie des chemins de fer du Congo Supérieur aux Grands Lacs Africains, Bruxelles, s. d.).
5. Summary of Meteorological Observations for 1951, Part I, Kenya (East African Meteorological Department, Nairobi, s. d.).
6. *Bulletin de l'Organisation Météorologique Mondiale* (O. M. M., Genève, Vol. II, n° 1, janvier 1953).
7. *Deutsche Hydrographische Zeitschrift* (Deutsches Hydrographisches Instituut, Hamburg, Band 5, Heft 4, 1952).
8. Publications de l'Association des Ingénieurs de la Faculté Polytechnique de Mons. — Catalogue des publications de 1853 à 1952 (Mons, 31 décembre 1952).
9. *Bulletin mensuel du Comité permanent de Coordination de transports au Congo* (Bruxelles, n° 23, 15 février 1953).
10. *La chronique des Mines Coloniales* (Bureau d'Études Géologiques et minières coloniales, Paris, n° 199, janvier 1953).
11. *Technisch-Wetenschappelijk Tijdschrift* (Orgaan van de Vlaamse Ingenieursvereniging, Antwerpen, n° 2, Februari 1953).
12. *Compte rendu de la quatrième session du Comité consultatif de recherches sur la zone aride*. Royal Society, Londres, du 29 septembre au 12 octobre 1952 (Unesco, NS-103, Paris, 31 octobre 1952).

Les remerciements d'usage sont adressés aux donateurs.

Aan de schenkers worden de gebruikelijke dankbetuigingen toegezonden.

La séance est levée à 15 h 55.

De toepassing van de Gyrobus, zoals ze door de voorstanders voor het bijzonder geval van Leopoldstad beoogd wordt, zal tijdens de volgende zitting onderzocht worden.

De zitting wordt te 15 u 55 opgeheven.

Edgard Gillon. — Le Gyrobus.
(Note présentée par M. G. Gillon).

INTRODUCTION

Depuis ces vingt dernières années, les transports urbains sont assurés par trois types d'engins présentant des propriétés techniques fort différentes. Au tramway sont venus s'adjoindre successivement l'autobus et le trolleybus. L'autobus conférait au véhicule une liberté totale, mais abandonnait l'actionnement électrique ; avec le trolleybus on revenait à l'actionnement électrique, mais on abandonnait partiellement la liberté de mouvement en liant le véhicule à des fils de contact.

Dans ces dernières années, un quatrième type de véhicule a été expérimenté avec succès ; c'est le *gyrobus*, ou autobus électrique à volant d'accumulation. Il combine les deux avantages ci-dessus : comme l'autobus, il ne nécessite ni voie ni fils de contact, et jouit dès lors d'une parfaite liberté d'évolution dans le trafic ; d'autre part il n'utilise que de l'énergie électrique pour son actionnement.

A vrai dire, le principe de cette solution était déjà connu depuis longtemps, puisqu'il existe dans certains pays de nombreux véhicules (surtout des camionnettes) à accumulateurs électriques ; mais il n'avait jamais été appliqué à l'échelle des transports urbains. La cause principale de cette carence doit être cherchée dans le poids, le prix et le coût d'entretien des grosses batteries d'accumulateurs, surtout si elles sont mobiles.

Si l'on parvient à réaliser une accumulation d'énergie

sans devoir recourir à des accumulateurs électriques, on se libère en même temps de la sujétion du courant continu, donc de la nécessité de redresser le courant du réseau dans des installations spéciales. Une propriété fort importante du gyrobus est *de ne faire appel qu'au courant triphasé normal des réseaux de distribution à basse tension.*

L'accumulation d'énergie sous forme de force vive dans un volant semble à première vue moins pratique, et plus difficile à réaliser ; c'est d'ailleurs ce qui en a retardé jusqu'ici la mise en œuvre. Mais la technique moderne a permis de venir à bout de ces difficultés : la firme suisse **ERLIKON** a mis au point une solution très originale, que nous proposons d'analyser dans les pages qui vont suivre.

* * *

1) PRINCIPES FONDAMENTAUX.

La première question qui vient à l'esprit lorsqu'on examine ce procédé est la suivante : quelle quantité d'énergie est-il possible d'accumuler dans un volant, et quelle autonomie de marche cette quantité confère-t-elle au véhicule ?

Le point de départ est l'expression $\frac{mv^2}{2}$ de la force vive d'un mobile de masse m doué d'une vitesse v . Transformons cette expression dans le cas d'un volant de poids P kilogrammes, ayant un diamètre de giration D mètres, et tournant à une vitesse de N tours par minute.

$$v = \pi D \frac{N}{60}, \quad \frac{mv^2}{2} = \frac{P}{2g} \left(\pi D \frac{N}{60} \right)^2$$

où $g = 9,81$ est l'accélération de la pesanteur en m/s. Ceci donne :

$$\frac{mv^2}{2} = 140 \cdot PD^2 \cdot N^2 \cdot 10^{-6} \text{ kgm.}$$

Évaluons cette formule pour un volant pesant 1.500 kg, ayant un diamètre de giration de 1,20 m et tournant à 3.000 tours par minute :

$$\frac{mv^2}{2} = 140 \cdot 1500 \cdot 1,44 \cdot 9 = 2.700.000 \text{ kgm.}$$

C'est là l'énergie totale accumulée dans le volant à sa pleine vitesse, mais il va sans dire que cette énergie n'est pas intégralement utilisable. Son transfert aux roues motrices s'effectuant par une double transformation (d'énergie mécanique en énergie électrique et vice-versa), celle-ci s'accompagne de pertes qui réduisent l'énergie disponible. D'autre part il devient difficile d'extraire efficacement l'énergie du volant lorsque celui-ci a trop ralenti. Supposons que les $\frac{3}{4}$ de l'énergie accumulée puissent être utilisés (ce qui correspond à un taux de ralentissement du volant de 50 %, puisqu'à mi-vitesse le volant ne contient plus que $\frac{1}{4}$ de son énergie). Il s'ensuit que l'énergie disponible vaudrait dans ces conditions, en chiffres ronds : 2.000.000 kgm.

Si d'autre part nous supposons que le rendement moyen de la transmission vaut 0,75 pour la double transformation d'énergie, il en résulte pour l'énergie réellement transmise aux roues motrices la valeur de : 1.500.000 kilogrammètres.

Admettons pour le véhicule un poids de 12 tonnes (voyageurs compris) et tablons sur un effort de traction requis de 20 kg/T, ce qui correspond au cas le plus défavorable du roulement sur pavés d'un véhicule sur pneus. L'effort de traction nécessaire valant 240 kg, le véhicule pourrait parcourir :

$$\frac{1.500.000}{240} \text{ mètres, soit environ } 6 \text{ kilomètres.}$$

Toutefois, cette distance serait relative à un trajet sans arrêts intermédiaires. Compte tenu de ceux-ci et de la puissance supplémentaire requise pour les accélérations, on peut admettre que *l'autonomie réelle du véhicule sera supérieure à 4 kilomètres*. Tous les coefficients appliqués dans le calcul ci-dessus ont été choisis à dessein à la limite la moins favorable.

Lorsque le volant a cédé une partie plus ou moins importante de son énergie, il faut lui restituer celle-ci. La « recharge » s'effectue aux extrémités du parcours, et pendant certains arrêts intermédiaires. A cet effet, un moteur faisant corps avec le volant est branché sur le réseau public de distribution électrique, suivant des modalités qui seront précisées plus loin.

Il est aisé d'établir la puissance requise des raccordements qui assureront cette recharge. Supposons qu'il faille restituer au volant les 2.000.000 kgm qu'il est censé avoir fournis pendant un trajet. Si la recharge s'effectue aux terminus de ligne, et que l'on puisse p. ex. lui consacrer 2 minutes, la puissance requise vaudra :

$$\frac{2.000.000}{120} = 16.600 \text{ kgm/s, c. à d. } \frac{16.600}{75} = 220 \text{ CV.}$$

En admettant un rendement de 88% du moteur de recharge, comme moyenne pendant la durée de celle-ci, il faudra tabler sur une puissance de 250 CV, soit 185 *kilowatts* au raccordement.

Si l'on désirait opérer la recharge plus rapidement, il faudrait évidemment utiliser une puissance croissant en raison inverse de la durée admise. Mais d'autre part, si l'on assure des recharges plus fréquentes en cours de route, on pourra arriver à des durées très courtes si la puissance est choisie de manière adéquate. Ainsi, pour fournir au volant 500.000 kgm (après un trajet de l'ordre de 1 km) avec la même puissance de 250 CV p. ex., il suffira d'un temps 4 fois moindre, soit 1/2 minute, ce

qui pourra se faire à un arrêt intermédiaire sans impatienter les voyageurs.

En conclusion, la durée des recharges sera d'autant plus réduite que l'on y procédera plus fréquemment et que l'on disposera de puissances de raccordement plus importantes. Mentionnons ici que le moteur de recharge est normalement de l'ordre de 300 CV.

2) TYPES DE MACHINES ÉLECTRIQUES UTILISÉS.

Nous avons dit ci-dessus que le gyrobus présente l'avantage de *dériver toute son énergie du réseau public de distribution*, sans nécessiter de redressement. On peut ajouter à cela qu'il *ne fait usage que de machines asynchrones*, et encore du type le plus simple et le plus robuste, c. à. d. à *cage d'écureuil*.

Ceci a été possible grâce à un procédé très exceptionnel : la production d'énergie électrique par *une génératrice asynchrone autonome* alimentant le moteur de traction, asynchrone également. Cette génératrice, calée sur l'arbre du volant, n'est autre que le moteur qui sert à sa remise en vitesse : c'est donc la même machine qui, branchée sur le réseau aux points d'arrêt, « recharge » le volant, et qui reprend l'énergie du volant pendant la marche pour la transmettre au moteur de traction.

3) RÉALISATION ET AMÉNAGEMENT DU VOLANT.

La figure 1 représente une coupe schématique à travers l'*électrogyro*, c. à. d. le groupe volant-génératrice. Le volant V, dont le poids normal est de 1500 kg et le diamètre extérieur de 1,60 m, est à axe vertical et surmonté de la génératrice G, dont le rotor est calé sur son arbre. Il est suspendu à une butée à billes B et guidé aux deux extrémités de son axe par des roulements R₁ et R₂.

L'exécution mécanique doit être particulièrement soignée, de manière à rendre tout accident impossible ; à cet effet, l'acier du volant travaille au maximum au $1/4$ de sa tension de rupture, et les roulements sont très largement prévus (essayés à 10 fois leur charge normale). On a assuré une suspension élastique au moyen de supports en caoutchouc. La fig. 2 montre l'électrogyro *ÆRLIKON* avant son montage dans le stator.

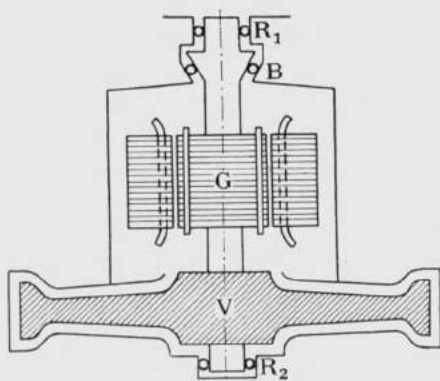


Fig. 1.

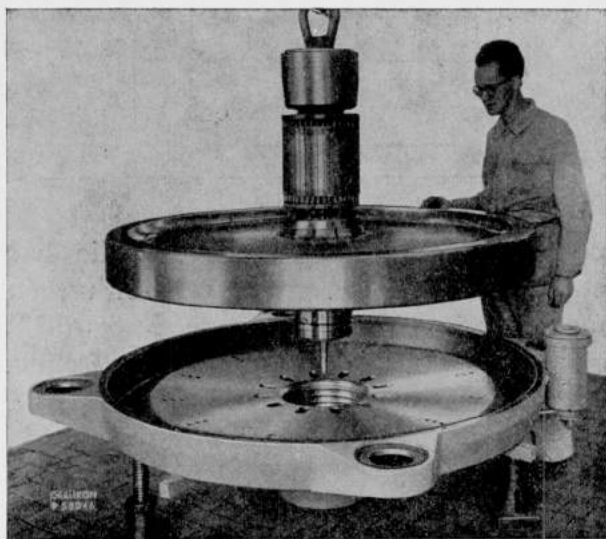


Fig. 2 (Cliché *Ærlikon*).

Une particularité très curieuse de ce groupe, c'est que *son rotor tourne dans une atmosphère d'hydrogène à basse pression (0,2 atm)*, ce afin de réduire au minimum les pertes par ventilation qui seraient importantes si le volant de 1,60 m tournait dans l'air à la pression atmosphérique. Tous les paliers étant à billes et les pertes par ventilation fort réduites, *la décélération libre du volant est extrêmement lente* : il faut *près de 12 heures* pour que le groupe volant-génératrice revienne à l'arrêt lorsque cette dernière est à vide (alors qu'il suffirait de 4 heures dans l'air à la pression atmosphérique).

La fig. 3 représente la courbe de décélération relevée expérimentalement. La très faible valeur des pertes mécaniques fournit la justification d'un procédé original (exposé plus loin) de recharge du volant pendant que le véhicule est au dépôt.

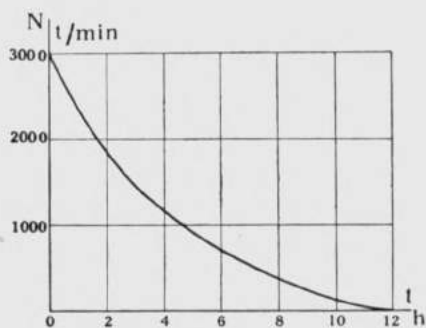


Fig. 3.

L'atmosphère d'hydrogène dans laquelle baigne la génératrice asynchrone assure à celle-ci un excellent refroidissement ; les propriétés réfrigérantes de l'hydrogène pour les machines électriques sont fréquemment mises à profit dans les turbo-alternateurs de grande puissance. En particulier les barres du rotor, qui sont le siège de pertes assez élevées pendant la recharge, sont exécutées sous forme de tubes creux parcourus par un courant d'hydrogène à la vitesse d'environ 100 m/sec.

D'autre part, les calories collectées par l'hydrogène sont évacuées grâce à une circulation d'eau établie autour de la carcasse du stator.

4) MÉCANISME DE LA TRANSMISSION PAR MACHINES ASYNCHRONES.

Nous nous bornerons à rappeler ici les principes fondamentaux du fonctionnement de la génératrice asynchrone, de manière à pouvoir expliquer les modalités de son application dans ce cas particulier.

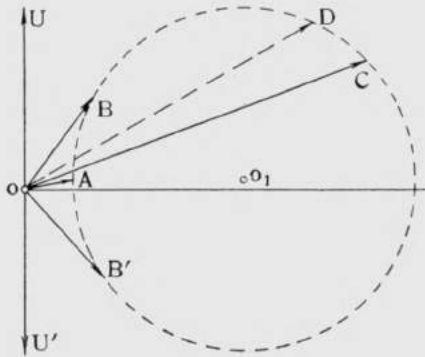


Fig. 4.

On sait que le moteur asynchrone absorbe un courant dont le vecteur représentatif admet un diagramme circulaire représenté à la fig. 4. Portant la tension appliquée suivant la verticale, le courant absorbé sera représenté par OA si le moteur est à vide, OB s'il est à pleine charge, et OC si le rotor est à l'arrêt. En marche à vide le rotor est pratiquement à la vitesse de synchronisme (qui est celle à laquelle tourne son champ magnétique). Si l'on actionne la machine au-delà de la vitesse synchrone, elle se met à fonctionner comme génératrice, et le vecteur courant passe dans la partie inférieure du cercle (en OB', p. ex.) ; dans ces conditions, on peut dire que si U est la tension appliquée à la machine tant qu'elle

est moteur, le vecteur $U' = -U$ représente la tension produite par la machine lorsqu'elle passe au fonctionnement en génératrice. On conclut de là que *le courant débité par une génératrice asynchrone doit nécessairement être en avance sur la tension qu'elle développe* (OB' étant décalé vers l'avant par rapport à U' , puisque le sens de rotation admis pour les vecteurs est celui inverse des aiguilles d'une montre).

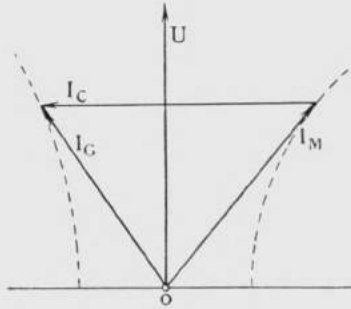


Fig. 5.

C'est là une sujétion dont il faut tenir compte pour l'emploi de ce type de génératrice. Celle-ci devant débiter un courant en avance, s'accommodant du cercle de gauche à la fig. 5, alors que le moteur de traction absorbe un courant en retard devant s'accommoder du cercle de droite, le seul moyen de concilier ces deux exigences est d'alimenter en même temps que le moteur une *batterie de condensateurs*. On sait que ceux-ci ont la propriété d'absorber un courant avançant de 90° sur la tension. Dès lors, il viendra s'ajouter au courant I_M absorbé par le moteur un courant I_C dans la capacité, et si la valeur de celle-ci est judicieusement choisie, la résultante I_G à fournir par la génératrice se trouvera sur le cercle caractéristique de celle-ci, ce qui assurera un fonctionnement stable.

Il faut signaler ici une particularité importante de ce mode d'actionnement. Alors que le fonctionnement nor-

mal d'une machine asynchrone, comme moteur ou comme génératrice, implique l'existence d'un réseau imposant une tension et une fréquence bien déterminées, il n'en est plus de même dans le gyrobus en cours de route, celui-ci étant isolé du réseau. La fréquence sera évidemment fixée par la vitesse de rotation de la génératrice, et comme celle-ci ralentit progressivement au fur et à mesure de la « décharge » du volant, la fréquence de fonctionnement sera graduellement décroissante. Quant à la tension, elle sera déterminée par l'équilibre de courant qui s'établira à chaque instant entre la génératrice, le moteur et la batterie de condensateurs ; la valeur de cette tension pourra fluctuer entre des limites que le constructeur peut prévoir.

Rôle des condensateurs pendant la recharge du volant. — Lorsque l'on procède à la recharge du volant, la génératrice qui devra fonctionner comme moteur a fortement ralenti, et accuse un glissement qui peut varier de 20 à 50%. Si on la branchait simplement sur le réseau, elle absorberait un courant intense avec un très mauvais $\cos \phi$ (point D à la fig. 4). La batterie de condensateurs, quoique non indispensable ici, permettra d'améliorer cette situation ; le circuit peut être réglé de manière à ce que la puissance prélevée au réseau soit peu variable durant la charge et ce avec un facteur de puissance toujours supérieur à 0,8.

5) DESCRIPTION DU MOTEUR DE TRACTION.

Un moteur asynchrone tournant environ à sa vitesse de synchronisme, laquelle est proportionnelle à la fréquence, le moteur de traction ralentirait dans la même proportion que le groupe volant-génératrice, si l'on ne prenait la précaution de modifier certaines connexions pour compenser cette diminution. D'autre part, on doit

évidemment pouvoir assurer au véhicule une vitesse élevée ou faible d'après les circonstances du trafic : il faudra donc à certains moments que le moteur de traction puisse tourner lentement malgré que la fréquence produite par la génératrice soit encore élevée, tandis qu'à d'autres il devra pouvoir tourner vite malgré la baisse de fréquence qui se manifeste en fin de parcours.

Étant donné l'impossibilité qu'il y a ici à régler la vitesse du moteur de traction par le procédé classique de l'insertion de résistance au rotor (vu que ce dernier est du type à cage d'écureuil), il ne restait comme solution simple que la *modification du nombre de paires de pôles de l'enroulement statorique du moteur*, ce par des changements apportés aux connexions des bobines constituant ces enroulements. Il est assez facile de réaliser par ce procédé un moteur à deux vitesses, et l'on peut même combiner des enroulements de manière à en obtenir trois. Mais un bon fonctionnement du gyrobus exige un nombre de réductions encore plus grand. Après quelques tâtonnements et essais, CÆRLIKON s'est arrêté à l'emploi d'un *moteur triple* (fig. 6) comportant trois

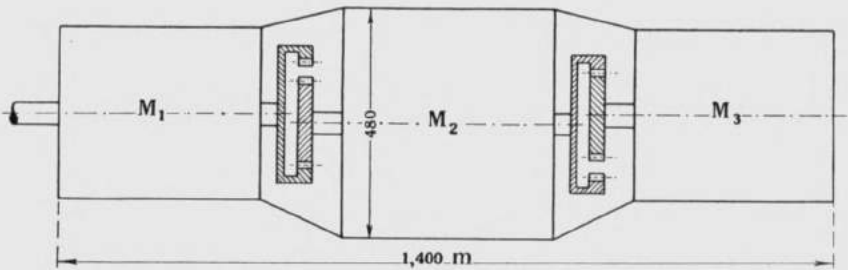


Fig. 6.

machines ayant sensiblement la même puissance (environ 100 CV) dont l'une est du type à trois vitesses et les deux autres du type à deux vitesses. Ces trois machines sont reliées entre elles par des engrenages, de sorte que toutes les trois tournent en permanence,

malgré qu'à chaque instant une seule soit sous tension. Il en résulte évidemment une certaine majoration des pertes mécaniques, qui sont triplées par rapport à celles d'un moteur simple, mais ces pertes sont relativement peu importantes, et l'on profite par contre d'une simplicité plus grande de la commande.

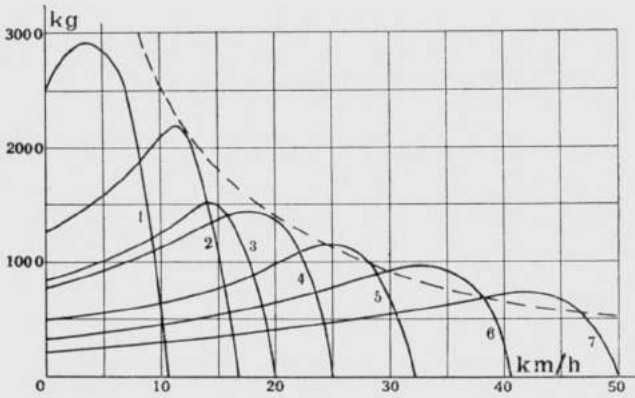


Fig. 7.

La fig. 7 montre les *caractéristiques* obtenues : elles ont été établies pour la fréquence de 50 p/s, et montrent pour les diverses connexions du moteur la relation entre l'effort de traction et la vitesse du véhicule. On voit que pour les charges modérées les sept vitesses se répartissent assez régulièrement entre les valeurs 10 et 50 km/h. Aux charges plus élevées, on est obligé de se limiter aux vitesses inférieures, les plus hautes ne permettant pas de produire l'effort de traction requis sans dépasser la puissance de 100 CV d'un moteur (représentée dans le diagramme effort-vitesse par une hyperbole équilatère).

6) FREINAGE PAR RÉCUPÉRATION.

Une propriété très intéressante du gyrobús consiste dans la possibilité de récupérer de l'énergie lors des

freinages, qu'il s'agisse de ceux préparatoires à un arrêt ou de ceux provoqués par la marche en déclivité.

Lorsqu'un moteur asynchrone est entraîné au-delà de sa vitesse de synchronisme, il se met à débiter comme génératrice. Dans le fonctionnement normal du gyrobus, c'est le volant qui actionne ainsi la machine G, laquelle envoie son énergie au moteur de traction. Mais si le véhicule se met à accélérer sur une déclivité, il entraîne le moteur de traction qui devient à son tour génératrice et renvoie du courant vers G : cette machine devient donc moteur et entraîne mécaniquement le volant. Ce dernier se trouve dès lors momentanément en recharge sans être en contact avec le réseau : l'énergie qui lui est ainsi cédée provient en réalité du véhicule en freinage.

Nous avons supposé ci-dessus que le véhicule commençait par accélérer sous l'effet de la déclivité. Mais grâce aux 7 combinaisons possibles pour le moteur de traction, ce fonctionnement peut se réaliser même avec un véhicule que l'on freine progressivement. On peut aisément se rendre compte de l'intérêt économique de cette récupération, surtout sur des parcours un peu accidentés. A noter au surplus que cet avantage est obtenu sans qu'il soit nécessaire de prévoir du matériel supplémentaire à cet effet, comme c'est le cas dans les systèmes de traction électrique utilisant du courant continu produit par redresseur (où l'on doit assurer la « réceptivité » du réseau).

7) SCHÉMA DE PRINCIPE.

Ce schéma est représenté à la fig. 8. Lors d'une recharge, l'énergie est amenée au véhicule par une « prise de courant » tripolaire d'un type spécial. Sur le toit du véhicule sont disposées trois palettes mobiles P. En route elles sont abaissées, mais en arrivant à un point de charge le wattman les relève au moyen d'un servomoteur à pression d'huile, et les amène en contact avec

trois bornes fixes de forme appropriée, montées sur une traverse de poteau surplombant le véhicule. La tension est ainsi appliquée à la génératrice G (qui se met à fonctionner comme moteur et remet le volant graduellement en vitesse), ainsi qu'aux condensateurs C à l'intermédiaire d'un combinateur spécial c_1 .

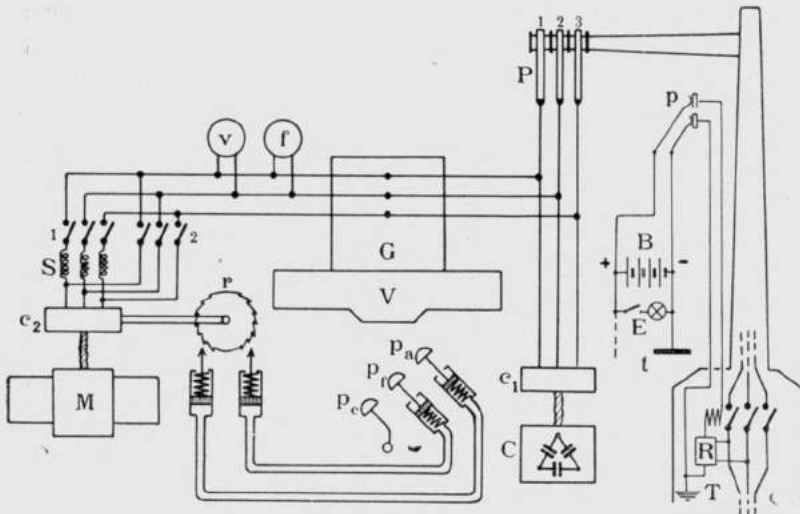


Fig. 8.

Le moteur de traction est représenté en M. Il est alimenté à travers un combinateur c_2 commandé par une roue à rochet r , actionnée elle-même pas à pas dans un sens ou dans l'autre, d'après que le wattman appuie sur la pédale d'accélération p_a ou de freinage électrique p_r (une troisième pédale p_c commande le frein à air comprimé). La mise sous tension du moteur s'opère par un contacteur 1 à l'intermédiaire d'une self S, que l'on court-circuite immédiatement après par la fermeture du contacteur 2. Sur la ligne se trouvent branchés un voltmètre et un fréquencemètre. Ceci est vraiment caractéristique du fonctionnement du gyrobús : alors que sur les véhicules électriques alimentés par un réseau l'appareil important est l'ampèremètre (la tension étant fixe),

c'est ici la tension variable que le wattman devra surveiller, de même que la fréquence dont la diminution graduelle permettra d'apprécier le moment où une recharge devient nécessaire.

Dans un but de simplification, nous avons intentionnellement omis de nombreux appareils auxiliaires, en particulier : les moteurs alimentant le compresseur produisant l'air comprimé nécessaire au freinage, et le moteur de ventilateur assurant le refroidissement de l'eau de circulation. Le véhicule est muni d'une batterie B de 12 volts 100 Ah alimentant divers services schématisés en E : éclairage, klaxon, commandes de contacteurs, etc... Cette batterie reçoit également sa charge pendant les arrêts, grâce à deux palettes auxiliaires p qui sont amenées en contact avec deux bornes fixes alimentées en courant continu. Mais ce circuit de charge remplit en même temps un deuxième rôle des plus importants pour la sécurité : il assure pendant la recharge du volant *la mise à la terre de la masse t du véhicule*, celle-ci étant en effet reliée directement à la terre T au poteau de recharge.

Ce dernier comporte, ainsi qu'on le voit à la figure, un socle contenant un contacteur sur le circuit principal, ainsi qu'un redresseur R (18 V, 50 A) destiné à la recharge de la batterie auxiliaire. La ligne principale monte par l'intérieur du poteau jusqu'à la traverse ; celle-ci se compose de trois cylindres métalliques 1, 2 et 3, convenablement isolés l'un de l'autre, qui constituent les contacts fixes contre lesquels viennent s'appuyer les palettes P du véhicule. Quant à la ligne auxiliaire à courant continu pour la charge de la batterie, elle aboutit à une paire de contacts contre lesquels viendront s'appuyer les palettes p .

La fig. 9 montre une photographie d'un gyrobus ŒRLIKON arrêté en un point de charge. On y aperçoit

nettement les deux jeux de palettes, P au-dessus et p à gauche du véhicule.



Fig. 9 (Cliché *Ærlikon*).

8) DISPOSITION DU MATÉRIEL DANS LE VÉHICULE.

La figure 10 représente schématiquement la disposition dans le véhicule des organes essentiels du gyrobus. La pièce principale, par le poids et l'encombrement, est l'électro-gyro disposé en 1 au centre du châssis ; le volant de 1500 kg, étant placé à la partie inférieure, se trouve assez près du sol, ce qui favorise la stabilité du véhicule (celle-ci est d'ailleurs encore augmentée grâce à l'action gyroscopique du volant). Le moteur de traction 2 est disposé à l'arrière ; son axe est parallèle à celui du véhicule, il attaque le pont arrière par l'intermédiaire d'un différentiel (dans la figure ci-contre, il s'agit d'un moteur simple, utilisé par *Ærlikon* dans une première réalisation).

De part et d'autre du moteur on voit en 3 les condensateurs statiques ; en 4, la batterie d'accumulateurs pour

l'alimentation des services auxiliaires. Le reste du matériel (organes de commande, combineurs, ventilateur, compresseur, organes de prise de courant,...) est disposé en des endroits adéquats, sur le châssis ou sur le toit du véhicule.

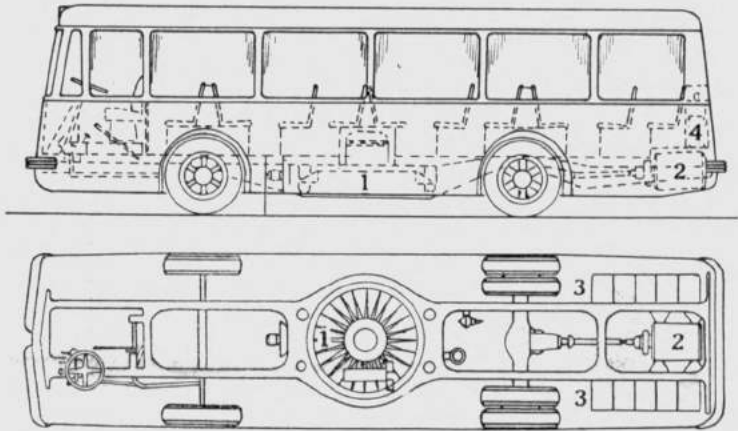


Fig. 10.

9) POSTES DE CHARGE.

Ainsi qu'on l'a dit ci-dessus, le gyrobus ne consomme que de l'énergie à basse tension, qui peut être prise au réseau de distribution. Ces points de charge étant imposés (terminus ou arrêts intermédiaires), les poteaux spéciaux décrits ci-dessus doivent être reliés à des cabines de puissance appropriée par des câbles de section adéquate. On voit immédiatement que l'installation sera moins coûteuse si l'alimentation se fait à 380 V que s'il s'agit d'une distribution à 220V, les intensités étant beaucoup plus réduites pour la même puissance.

Les dispositions pratiques différeront d'un cas à un autre. Lorsque le service de gyrobus doit être organisé dans une agglomération possédant déjà son réseau de distribution, il sera judicieux de prévoir les arrêts en

des points pas trop éloignés des cabines. La charge prélevant une puissance de l'ordre de 100 à 250 kW d'après la durée tolérée, on sera généralement amené à installer un transformateur réservé au service des gyrobus, afin de ne pas surcharger les transformateurs existants, ni provoquer des fluctuations de tension désagréables pour les autres usagers.

Si par contre on doit organiser les transports dans une agglomération n'ayant pas encore de réseau de distribution adéquat (comme c'est le cas pour une partie importante de Léopoldville), il est évident que l'on cherchera à établir ce réseau de manière à harmoniser les deux objectifs : les transports par gyrobus et l'extension de la distribution publique. Les emplacements des arrêts et ceux des nouvelles cabines seront choisis, dans la mesure du possible, assez voisins que pour raccourcir au minimum les câbles de connexion.

Une mention spéciale doit être faite ici en ce qui concerne les *postes de charge des dépôts de gyrobus*. On peut admettre qu'au moment de la reprise du service vers la fin de la nuit, le volant du gyrobus est pratiquement déchargé : d'après la courbe de la figure 3, la vitesse du volant est réduite après 6 heures à un peu moins du $1/4$, et après 8 heures à environ $1/7$ de celle qu'il avait à son arrivée au dépôt. Il faudra donc prévoir une recharge à pleine puissance qui durera plusieurs minutes. Si les véhicules ne peuvent sortir successivement à des intervalles de l'ordre de 3 à 5 minutes, il sera nécessaire d'en recharger plusieurs simultanément, ce qui augmentera la puissance à installer ; or celle-ci serait fort mal utilisée, puisqu'après une période de pointe à l'heure du départ des véhicules, le nombre de recharges serait fortement réduit, et même annulé pendant certaines heures.

Pour éviter cet inconvénient, on peut utiliser un autre procédé consistant à *entretenir la vitesse du volant pendant la nuit*. Il suffit pour cela de l'alimenter pendant toute

la durée du repos, à la puissance requise pour compenser les pertes mécaniques, très faibles grâce à la rotation dans l'hydrogène (de l'ordre de 2 kilowatts). On pourra à cet effet prévoir dans les dépôts une alimentation de tous les gyrobus sous une tension assez basse (d'environ 70 V) produite par un transformateur spécial, de puissance relativement faible, qui sera en service pendant toute la nuit, et éventuellement pendant les heures du jour où l'on maintient au dépôt les véhicules assurant le service de pointe. On remarquera l'analogie de ce procédé d'entretien de la vitesse avec la « charge en tampon » des accumulateurs électriques.

10) COMPARAISON AVEC LE TROLLEYBUS ET L'AUTOBUS.

Cette comparaison revêt un double aspect : technique et économique. Nous devons nous borner ici à énoncer certains principes fondamentaux, car il est clair que pour pousser cette comparaison jusqu'à la conclusion finale, c. à. d. le choix du moyen de transport à adopter dans un cas déterminé, il y a lieu de procéder à une étude détaillée de tous les éléments du problème : véhicules en service et en réserve, personnel nécessaire, dépôts et ateliers, charges financières, entretien et renouvellement, etc...

Faisons d'abord ressortir les points de similitude entre les deux types de véhicules électriques : trolleybus et gyrobus. Ils sont tous deux montés sur pneumatiques, et ne sont pas liés à une voie. Le trolleybus est cependant lié à sa ligne de contact, dont il ne peut s'écarter latéralement de plus de 2 à 3 mètres : le gyrobus est entièrement libre, et n'est tenu qu'à quelques points de charge qui peuvent être assez distants l'un de l'autre : il est d'autre part loisible de modifier l'itinéraire du véhicule entre deux points de charge. Enfin, dans le cas d'avenues bordées d'arbres, il faudra procéder à des élagages répé-

tés pour maintenir en état les lignes de contact du trolleybus.

Au point de vue de la *capacité de transport*, on peut admettre qu'elle est la même pour les deux types de véhicules : aucun d'eux ne peut en effet aisément être muni d'une remorque. C'est là l'apanage du seul tramway qui conserve ce grand avantage : on le cite à juste titre pour justifier le maintien en service des installations existantes là où le trafic de pointe est important ; mais il ne suffirait probablement pas pour faire pencher la balance en faveur du tramway dans une installation nouvelle.

Si l'on considère les *diagrammes de consommation d'énergie*, on trouve un nouvel avantage de principe en faveur du gyrobus. Le trolleybus participe de l'inconvénient bien connu des systèmes d'alimentation à tension constante lors du démarrage d'un moteur. Celui-ci devant développer un couple déterminé, doit donc absorber à la ligne une intensité correspondant à ce couple. Si l'alimentation est à tension constante, il en résulte que le moteur absorbe au réseau une puissance constante assez élevée, dont une fraction importante est dissipée dans les résistances de démarrage. Par contre, le gyrobus reçoit une alimentation à tension variable, au moyen d'un moteur multiple : on peut démontrer que ceci conduit à des pertes considérablement réduites.

Pendant la marche du véhicule à vitesse constante, les deux systèmes sont comparables. Mais lors des freinages préliminaires en vue des arrêts, le gyrobus a de nouveau l'avantage. Le ralentissement d'un véhicule pesant 10 à 12 tonnes libère une énergie correspondant à sa force vive. Il est assez peu pratique de la récupérer dans le trolleybus : il faut des connexions spéciales des moteurs et des dispositifs de « réceptivité » dans les installations de redressement qui alimentent le réseau. Par contre le gyrobus utilise très facilement l'énergie

libérée et la retourne au volant, ce qui vient en déduction de l'énergie nécessaire à la recharge suivante.

L'économie résultant de ces avantages de principe variera évidemment d'un cas à un autre, avec la longueur des tronçons entre arrêts consécutifs, le profil du trajet, etc... En raison de sa réserve limitée d'énergie, le gyrobus convient moins bien pour les trajets à fortes côtes.

La *comparaison économique* des deux moyens de transport devra porter évidemment :

1^o Sur les *frais de premier établissement*. Le gyrobus doit être normalement plus coûteux que le trolleybus, vu l'appareillage très spécial dont il est pourvu. Il économise la ligne de contact et les sous-stations de redressement, mais exige cependant certaines installations fixes dans les cabines, aux « points de charge », ainsi que les câbles reliant les premières aux seconds ;

2^o Sur les *frais d'exploitation*, dans lesquels interviennent entre autres :

a) la *consommation de courant*, qui pour un trajet donné sera moindre pour le gyrobus.

b) l'*entretien du matériel électrique*, où l'avantage doit aussi aller au gyrobus, vu l'absence de moteurs à courant continu, donc de collecteurs. Les machines (génératrice et moteur) du gyrobus sont particulièrement robustes ; d'autre part les condensateurs qui avaient jadis mauvaise réputation au point de vue longévité, sont actuellement bien mis au point, et présentent un grand degré de sécurité.

Enfin, dans la comparaison gyrobus — autobus, l'attention se portera surtout sur l'origine radicalement différente de l'énergie motrice. Là où le combustible liquide est coûteux et où l'on peut avoir des doutes quant à la régularité de son approvisionnement, on trouvera un argument en faveur du véhicule électrique, surtout si le kWh peut être obtenu dans des conditions favorables. D'autre part, dans certains cas on attachera

une certaine importance à éviter le bruit et l'odeur des véhicules à moteur Diesel. Enfin, celui-ci nécessitant un entretien régulier après un kilométrage donné, il y aura lieu de prévoir les réserves adéquates au parc de véhicules.

CONCLUSIONS.

Dans les pages qui précèdent, nous nous sommes attaché à décrire les propriétés techniques et économiques d'un nouveau procédé de transport urbain, tout récemment mis au point, et qui pour cette raison n'a encore pu être essayé en exploitation que d'une manière sporadique. Très original par son principe d'actionnement (utilisé pour la première fois), il peut être alimenté par un réseau normal de distribution, et fait usage du type de machine électrique le plus robuste. Ce véhicule possède en outre une complète liberté d'évolution dans le trafic, n'étant lié ni à une voie ni à une ligne de contact.

L'électrogyro a également reçu des applications dans le domaine de la traction sur rails. Le premier véhicule à volant ayant assuré un service régulier fut un *gyrotracteur* utilisé à titre d'essai aux usines Øerlikon pour la manœuvre des wagons de chemin de fer. Cette société a d'autre part construit déjà plusieurs *locomotives de mines* basées sur ce principe. On pourrait également réaliser des *gyromotrices* pour le transport de voyageurs dans le cas où une voiture unique automotrice peut assurer le trafic : un véhicule à électrogyro aurait une autonomie de marche beaucoup plus grande sur rails que sur pneus, l'effort de traction requis étant beaucoup moindre par suite de la réduction importante de la résistance au roulement. Si celle-ci ne dépasse pas 5 kg/tonne, un véhicule de 20 tonnes aurait dans les mêmes conditions que celles admises ci-dessus (n° 1) une autonomie de marche de l'ordre de 10 à 15 kilomètres en palier.

Signalons enfin que le constructeur propose même l'emploi de l'électrogyro pour la propulsion de petits bateaux de tourisme utilisés sur les lacs suisses. D'après leur tonnage, on pourrait envisager l'emploi de deux ou même quatre volants. La recharge s'effectuerait aux divers arrêts, qui sont d'ailleurs plus longs que pour les véhicules sur route, au moyen d'un appareillage de prise de courant adapté aux bateaux et aux embarcadères.

27 février 1953.

Institut d'Électrotechnique
de l'Université de Louvain.

J. M. Jadot. — Rapport sur le manuscrit : Cinquante années d'Histoire du « Territoire de Beni » par P. E. Joset ...	108, 109 ; - 121-123
P. Ryckmans. — L'assemblée des Nations-Unies et les ter- ritoires dits indépendants	108, 109
Hommages d'ouvrages. — Aangeboden werken	108
Comité secret. — Geheim Comité	109, 115
Séance du 16 février 1953	124
Zitting van 16 Februari 1953	125
Décès de M. Antonio Vincente Ferreira	124
Overlijden van de H. Antonio Vincente Ferreira	125
P. Ryckmans. — Une page d'histoire coloniale	124, 125
J. M. Jadot. — A propos de deux romans allemands, 126, 127 ; 134-156	
Abbé L. Jadin. — Rapport sur les recherches aux Archives d'Angola du 4 juillet au 7 septembre 1952. (Note présentée par S. E. Mgr J. Cuvelier)	126, 127 ; 157-169
S. E. Mgr J. Cuvelier. — Documents sur une Mission française au Kakongo (1766-1776)	126, 127 ; 170-171
A. Moeller de Laddersous. — Rapport sur le travail « Cin- quante années d'Histoire du Territoire de Beni (1889-1939) » par Paul E. Joset	126, 127 ; 172-176
Prix de littérature indigène	128
Prijs voor inlandse literatuur	129
Hommages d'ouvrages. — Aangeboden werken	128

Section des Sciences naturelles et médicales.

Sectie voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen.

Séance du 17 janvier 1953	178
Zitting van 17 Januari 1953	179
Communication administrative. — Administratieve medede- ling	178, 179
M. P. Fourmarier. — Présentation de la carte géologique de l'Afrique au 5.000.000 ^e	180, 181 ; 188-190
P. Herrinck. — Observations météorologiques au Plateau des Bianos (Katanga) et à Panfontein (Union Sud-Africaine)	180, 181
R. P. Dom Adalbert. — Sur les gisements préhistoriques des hauts plateaux katangais	180, 181
Hommages d'ouvrages. — Aangeboden werken	182
Comité secret. — Geheim Comité	183, 186
Séance du 21 février 1953	192
Zitting van 21 Februari 1953	193
J. Gillain. — Quelques observations sur la reproduction con- sanguine chez les races bovines indigènes au Congo belge 192, 193 ; 201-210	

M. Robert et E.-J. Devroey. — A propos de l'orthographe des noms géographiques congolais	192, 193 ; 211-213
M. E. Van Oye. — Sur l'anémie dans le « kwashiorkor » en Afrique centrale	194, 195
S. De Backer. — Rapport sur le manuscrit de M. P. Herrinck. « Observations photométriques du ciel nocturne et observations du rayonnement solaire et des températures au Plateau des Bianco, Congo belge »	194, 195 ; 214-216
Hommages d'ouvrages. — Aangeboden werken	194
Comité secret. — Geheim Comité	200, 195

Section des Sciences techniques.

Sectie voor Technische Wetenschappen.

Séance du 30 janvier 1953	218
Zitting van 30 Januari 1953	219
Communication administrative. — Administratieve mededeling	178, 179
R. Cambier. — Rapport sur le manuscrit de M. A. Meyer « Le Volcan Nyamuragira et son éruption de 1951-1952 »	218, 219 ; 225-232
A. Meyer. — Le Volcan et son éruption de 1951-1952. (Note présentée par MM. R. Cambier et I. de Magnée)	233-287
K. Bollengier. — A propos des ports de Banana et de Matadi	220, 221
R. van Ganse. — Une critique statistique d'essais de bétons à Léopoldville. (Note présentée par M. E.-J. Devroey)	220, 221 ; 288-304
I. de Magnée. — Présentation de la note : « L'évolution de l'industrie minière du Congo belge entre les années 1948 et 1951 », par M. A. Vaes	220, 221 ; 303, 304
A. Vaes. — L'évolution de l'industrie minière du Congo belge entre les années 1948 et 1951	305-355
Hommages d'ouvrages. — Aangeboden werken	220
Comité secret. — Geheim Comité	222, 221
Séance du 27 février 1953	356
Zitting van 27 Februari 1953	357
Communication administrative. — Administratieve mededeling	356, 357
G. Gillon. — Présentation de la note de M. Edg. Gillon sur le « Gyrobus »	356, 357 ; 360-382
Hommages d'ouvrages. — Aangeboden werken	358