

Quant aux époques $\Pi = 360^\circ/0^\circ$ et 180° , elles apparaissent comme des époques transitoires de passage respectifs des conditions $\Pi = 270^\circ$ à $\Pi = 90^\circ$ et des conditions $\Pi = 90^\circ$ à $\Pi = 270^\circ$.

Après cette introduction de climatologie mathématique, la seconde partie du mémoire aborde l'aspect proprement climatologique en rappelant l'étroite dépendance qui existe en zone tropicale entre les régimes d'insolation et les régimes pluviométriques. On sait que la variation saisonnière de l'insolation journalière détermine au premier titre le régime d'activité du cycle externe des précipitations — océan, continent — et celui du cycle interne — précipitations, réévaporation — en un lieu quelconque de la zone tropicale où les pluies sont provoquées par des processus de convection. Augmentation d'insolation signifie ici augmentation des contrastes thermiques entre le continent et les océans, émission de vapeur plus intense par les océans plus chauds, activation du transfert de vapeur au-dessus du continent par effet renforcé de mousson, activation enfin des phénomènes locaux de convection thermique et, en conséquence, intensification du cycle interne des précipitations par une alimentation accrue des processus en énergie et en vapeur d'eau. Aux excès séculaires d'insolation saisonnière, associés à des conditions d'océans chauds, correspondront ainsi des excès séculaires de la pluviosité saisonnière. Or, nous avons vu que la zone tropicale nord jouit d'un excès maximum d'insolation estivale lorsque $\Pi = 270^\circ$ et quand e est élevé. D'autre part, les conditions d'océans chauds sont réalisées lorsque l'obliquité ϵ atteint des valeurs maximales car celles-ci entraînent des états d'interglaciation aux hautes latitudes. Par exemple, pour le système de valeur — $\Pi = 270^\circ$, ϵ maximum —, l'hémisphère nord jouit d'un état de grande interglaciation, tandis qu'un état de petite interglaciation règne sur l'hémisphère sud. Ces états d'inter-

glaciation des hautes latitudes libèrent totalement les océans polaires des glaces (grande interglaciation) ou reculent vers le pôle la limite des glaces océaniques (petite interglaciation). Ils correspondent donc à un réchauffement des hautes latitudes continentales ou océaniques, à une diminution du gradient thermique latitudinal à la surface des océans et à un ralentissement de la circulation océanique. Le brassage entre les eaux chaudes des basses latitudes et les eaux tempérées des hautes latitudes par les courants marins s'affaiblit en conséquence. Ce brassage diminué confère aux océans tropicaux une température de surface plus voisine de leur température propre, due au seul effet de l'insolation. Il résulte de ces considérations que les systèmes- $II = 270^\circ$, ϵ maximum — réunissent toutes les conditions pour que les processus des cycles externe et interne des précipitations soient activés au maximum au-dessus des aires continentales de la zone tropicale, le regain d'activité étant particulière fort, pour les latitudes tropicales nord, au cours de la période estivale de cet hémisphère.

Le raisonnement précédent permet d'induire les caractères qu'ont dû offrir les variations séculaires des régimes pluviométriques des latitudes tropicales, à partir des variations séculaires de leur régime d'insolation et dans le cadre de la théorie astronomique. On aboutit ainsi aux conclusions suivantes :

a) La réalisation du système de valeurs — $II = 270^\circ$, ϵ maximum —, au cours des variations séculaires des éléments de l'orbite terrestre, provoque pour les latitudes intertropicales nord un pluvial caractérisé par de très fortes pluies d'été et une sécheresse hivernale allongée qui renforce les effets érosifs de pluies estivales intenses. Concomitamment, les latitudes intertropicales sud jouissent d'un pluvial caractérisé par des pluies plus abondantes et aussi mieux distribuées au cours de l'année. Nous sommes ainsi amené à distinguer dans un pluvial

s'établissant sur la zone tropicale entière par la coïncidence — $\Pi = 270^\circ$ et ϵ maximum — deux types de pluviaux bien différenciés et propres à chacune des deux bandes tropicales nord et sud : un pluvial à régime plus tropical ou plus différencié dans la bande nord, qu'on peut appeler pluvial tropical, et un pluvial à régime plus équatorial ou plus aplani dans la bande sud, qu'on peut désigner par l'expression de pluvial équatorial. Cependant, afin d'éviter que ces expressions n'induisent à tort l'idée de position en latitude d'un pluvial plutôt que l'idée touchant l'allure du régime pluviométrique, nous proposons de désigner la modalité tropicale de pluvial par l'expression de « *displuvial* », le préfixe « *dis* » exprimant l'idée de disparité saisonnière et contrastée dans le régime pluviométrique ; de même, nous suggérons de désigner la modalité équatoriale par le vocable de « *isopluvial* », le préfixe « *iso* » traduisant l'idée de l'uniformisation du régime pluviométrique.

Plus l'excentricité e est élevée, plus les caractères propres au displuvial nord sont amplifiés : violence et abondance des pluies érosives d'été, allongement de la sécheresse d'hiver. Plus aussi la latitude axiale, de l'isopluvial est rejetée dans l'hémisphère opposé ;

b) La réalisation du système de valeurs — $\Pi = 90^\circ$, ϵ maximum — au cours des variations séculaires des éléments orbitaux établit un isopluvial aux latitudes intertropicales nord et un displuvial aux latitudes intertropicales sud ;

c) L'élément Π ayant une période moyenne de 21.000 ans, un isopluvial ou un displuvial représente un événement bien net sous l'angle chronologique, d'une durée relativement courte et égale à une demi-période de Π , soit à 10.500 ans. En fait, un pluvial au sens astronomique correspond à la notion habituelle de phases au sein d'un pluvial pris dans le sens large des géologues et

préhistoriens du Quaternaire, cette notion de pluvial au sens large correspondant, dans notre manière de voir, à une succession de pluviaux astronomiques non séparés par des périodes d'aridité prononcée et prolongée.

Ces phases d'aridité s'expliquent comme suit dans le cadre de la théorie astronomique. La subdivision majeure qui s'impose dans la notion de pluvial reste celle entre pluvial à pluies cycloniques ou de front polaire des régions tempérées et pluvial à pluies de convection thermique des régions tropicales. Les notions d'isopluvial et de displuvial correspondent à une sous-classification du pluvial convectif. Les pluviaux cycloniques ou convectifs procèdent de causes propres et qui apparaissent indépendantes quand on les envisage sous l'angle des processus climatiques très différents qui déterminent ces types de pluviaux. Ainsi, les pluviaux cycloniques à pluies d'hiver qui ont affecté les parties extrêmes du Continent africain à certaines époques quaternaires résultent de l'avance du front polaire vers les basses latitudes sous l'effet de la progression des calottes glaciaires nord ou sud. Une grande glaciation nord et simultanément une petite glaciation sud correspondent, dans la théorie astronomique, au système — ϵ minimum, $II = 90^\circ$. De même, les états synchrones de grande glaciation sud et de petite glaciation nord s'établissent pour le système — ϵ minimum, $II = 270^\circ$. Aux époques de glaciations provoquées par des valeurs minimales de ϵ , les gradients dans le sens méridien sont les plus marqués. Ces époques correspondent donc à des circulations atmosphérique et océanique plus actives et à un brassage plus intense des eaux périglaciaires très froides avec les eaux tropicales. La chute de la température superficielle des océans tropicaux entraîne alors une diminution de leur évaporation et un ralentissement du cycle externe des précipitations océans-continent. D'autre part, on peut affirmer grâce

aux lois permanentes de la circulation générale de l'atmosphère que des zones désertiques ont toujours séparé la zone tropicale à pluies de convection des zones subtropicales à pluies cycloniques d'hiver. Ces zones désertiques subissent aux époques glaciaires un glissement vers l'Équateur surtout important par l'avance de la glaciation majeure, tandis que l'intensification de la circulation atmosphérique augmente encore leur aridité. Pour nous, les phases d'aridité qu'ont connues les régions tropicales au Quaternaire correspondent au passage ou à l'approche des zones désertiques dans le balancement que celles-ci subissent au cours de l'évolution des causes astronomiques. En Afrique, les désertifications les plus remarquables ont dû être celles provoquées par les grandes glaciations (australes ($\Pi = 270^\circ$, ϵ minimum) et par le développement puissant à ces époques du courant froid du Benguela. Ce courant est actuellement responsable d'une désertification marquée des régions côtières qu'il longe. Le refroidissement considérable de l'Atlantique sud provoqué par ce courant aux époques des grandes glaciations antarctiques devait créer sur le Sud-Ouest africain des conditions désertiques qui pénétraient en profondeur dans le Continent et qui exerçaient leur action jusque dans la Cuvette centrale congolaise.

D'autres conséquences de la théorie sont celles relatives aux climats qui ont affecté les régions côtières africaines et qui ont laissé l'empreinte de leurs caractéristiques dans les terrasses formées par les transgressions océaniques aux époques d'interglaciation (ϵ maximum, $\Pi = 90$ ou 270°). La règle générale — exception faite d'influences locales dues aux courants marins — est que les faits climatiques propres à ces époques doivent attester :

- a) L'existence de displuviaux ou d'isopluviaux dans la zone tropicale à pluies de convection ;
- b) L'existence de périodes plus arides dans les parties

côtières extrêmes du Continent.

Au contraire, aux époques de régression océanique c'est-à-dire de glaciation (ϵ minimum, $\Pi = 90$ ou 270°) doivent correspondre des climats plus arides à très arides de l'équateur vers les tropiques et des pluviaux à pluies cycloniques le long des côtes extrêmes du Continent.

En résumé, dans cette interprétation climatologique de la théorie astronomique, l'obliquité ϵ représente l'élément premier de l'orbite à considérer parce que cet élément détermine les traits essentiels du système climatique terrestre. Aux époques où ϵ est maximé correspondent des états d'interglaciation aux hautes latitudes et des états de pluviosité accrue aux basses latitudes. Les latitudes moyennes subtropicales à pluies actuelles d'hiver connaissent alors des phases d'aridité plus forte par suite de l'élargissement des zones désertiques tropicales et de leur glissement vers les pôles. Lorsqu'au contraire ϵ est minimé, les glaciations s'installent aux hautes latitudes, la pluviosité décroît dans la zone à pluies de convection, des phases de désertification s'installent au cours du passage des zones désertiques, rejetées vers l'équateur avec l'avance des calottes glaciaires. Par contre, les latitudes moyennes subtropicales jouissent alors de pluviaux à pluies d'hiver où même à pluies cycloniques régulières. L'élément Π , position du périhélie, précise au second titre la distribution climatique que détermine dans ses lignes générales l'élément ϵ . Le rôle de Π est d'induire les modalités des glaciations, des interglaciations, des pluviaux ou des interpluviaux propres à chaque hémisphère. Les modalités les plus caractéristiques se réalisent pour les valeurs $\Pi = 90^\circ$ et $\Pi = 270^\circ$, avec une période de 10.500 ans en moyenne. Les passages par ces valeurs dans l'évolution de Π provoquent l'alternance de ces modalités d'un hémisphère à l'autre. Toutefois, un synchronisme d'ensemble régit

l'évolution climatique dans les deux hémisphères par le jeu de la cause commune ϵ . Enfin, l'excentricité e est la troisième variable à considérer. Son évolution contrôle l'intensité des modalités paléoclimatiques réalisées. Ce contrôle s'avère particulièrement étroit aux basses latitudes.

3° La troisième partie du mémoire étudie quelques applications de la théorie. Nous examinons en premier lieu le problème de la variation séculaire du niveau des lacs africains. En écrivant l'équation du bilan hydrologique d'un lac, nous analysons la contribution aux variations de niveau des diverses causes climatiques et physiographiques du bassin lacustre qui interviennent dans le problème. La conclusion de cette analyse est que l'installation d'un displuvial à la latitude du lac considéré réalise les conditions optimales de son développement.

En analysant par les lois de la climatologie physique les causes de l'extension et de la récession des glaciers des hauts sommets africains, nous tirons la conclusion que les conditions optimales d'extension glaciaire correspondent cette fois au passage d'un isopluvial sur la latitude ϕ_e du glacier, c'est-à-dire au système de conditions : ϵ maximum, $\phi_e = \phi_g$. Nous trouvons ainsi que les époques du dernier maximum d'extension glaciaire sont — 5.500 ans pour le Ruwenzori, — 6.200 ans pour le mont Kenya et — 10.000 ans pour le Kilimanjaro.

La dernière application traitée dans cette troisième partie est celle du balancement séculaire des zones phytogéographiques du Continent africain sous l'effet du balancement inducteur des zones climatiques. Aux époques — ϵ maximum, $\Pi = 270^\circ$ — par exemple, le rejet dans l'hémisphère sud de l'isopluvial déplace en même temps la bande des climats Af (classification de KÖPPEN) qui caractérise la zone forestière ombrophile. L'existence d'un displuvial dans l'hémisphère nord y étend alors considéra-

blement la bande forestière limitrophe à climat de mousson Am. La dernière phase climatique quaternaire, centrée sur l'époque — 11.200 ans, correspond à ce cas. La mise en place actuelle de la forêt équatoriale se serait ainsi réalisée par la pénétration du sud vers l'équateur des espèces ombrophiles au sein de la forêt tropophile nord progressivement amenuisée dans son extension et modifiée dans sa composition floristique ;

4° La quatrième partie discute les résultats acquis en fonction des faits et des théories de la bibliographie. Nous nous limitons dans cette discussion à quelques faits postglaciaires chronologiquement bien connus par la méthode du carbone radioactif C_{14} . Tous les faits recueillis qui sont relatifs à la période allant de — 16.500 ans à — 6.000 ans et centrée sur l'époque — 11.200 ans (ϵ maximum, $\Pi = 270^\circ$) semblent correspondre très bien jusqu'ici aux prédictions de la théorie. Cette époque est caractérisée par une coïncidence remarquable entre un important maximum de l'obliquité $\epsilon = 24^\circ 2$, et un passage du périhélie au solstice d'été. Elle correspond donc nettement à un displuvial nord et à un isopluvial sud. Nous l'identifions à la phase humide du Makalien (cf. *Tableau II*).

5° La cinquième et dernière partie, consacrée à la chronologie absolue du Quaternaire africain, aboutit aux conclusions les plus importantes sous l'angle pratique. Le but final d'une telle étude est d'établir *a priori* la séquence des phases de pluviaux et d'aridité pour les grandes régions africaines, dans le cadre d'une chronologie absolue couvrant le dernier million d'années. Les courbes précises d'évolution des éléments ϵ , Π et e ont été recalculées récemment pour cet intervalle de temps [4]. Il est aisé de rechercher en fonction de ces courbes les coïncidences théoriques qui définissent les systèmes caractéristiques relatifs à ϵ , Π et e et aux-

quels correspondent les displuviaux, les isopluviaux et les phases d'aridité pour les principales zones africaines. Par l'effet des différences entre les périodes propres aux éléments ϵ , Π et e , la distribution de ces coïncidences dans le temps semble être régie par le jeu du pur hasard. Pour les latitudes tropicales sud par exemple, on trouve au cours du dernier million d'années quatorze displuviaux. Trois longues périodes d'aridité permanente se réalisent de — 860.000 ans à — 760.000 ans, de — 655.000 ans à — 510.000 ans et de — 400.000 ans à — 220.000 ans. Elles correspondent à des séquences de glaciations australes. Les quatre intervalles de temps que séparent ces périodes correspondent sans doute à quatre pluviaux majeurs. Ces pluviaux apparaissent comme formés de plusieurs phases pluviales au sens astronomique. Le second et le troisième ensemble de displuviaux qui ont eu lieu respectivement de — 760.000 à — 655.000 ans et de — 510.000 à — 400.000 ans sont formés chacun d'une triade de displuviaux équidistants et non séparés par des phases d'aridité. Postérieurement au dernier grand intervalle aride, se présentent trois derniers displuviaux d'intensité décroissante et séparés par des phases arides. Ils s'établissent aux époques respectives ($\Pi = 90^\circ$) : — 208.800, — 94.100 et — 47.500 ans.

Une des principales conclusions de cette étude est aussi la suivante. Les situations paléoclimatiques extrêmes qu'ont connues au Quaternaire les grandes zones latitudinales du globe correspondent à des systèmes de valeurs extrêmes des éléments ϵ , Π et e mais différents d'une zone à l'autre. Ainsi, une grande glaciation nord est provoquée par le système : ϵ minimum, $\Pi = 90^\circ$; un displuvial nord résulte du système opposé : ϵ maximum, $\Pi = 270^\circ$. Il n'y a pas à proprement parler de corrélation directe de cause à effet entre les climats des latitudes polaires et tropicales puisque chaque grande zone cli-

matique procède d'une causalité directe qui lui est propre. Mais la causalité indirecte et première qui est purement astronomique est aussi commune au globe entier. Elle détermine le système des climats et établit des concomitances dans la réalisation de situations extrêmes des paléoclimats régionaux.

Dans la mesure où les séquences des faits observés s'accorderont ou non avec les séquences théoriques prédites, on pourra apprécier si les causes astronomiques ont été déterminantes ou non dans l'évolution des paléoclimats quaternaires et si l'influence de causes différentes (pulsations solaires) doit être ou non considérée.

Le problème reste posé mais ce qui s'avère établi, c'est le fait que les causes astronomiques ont eu des effets importants qu'il est impossible d'écarter ou de sous-estimer.

Yangambi, le 21 février 1959.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] MILANKOVITCH, M. : Théorie mathématique des phénomènes thermiques produits par radiation solaire (Paris 1920, 339 p.).
- [2] MILANKOVITCH, M. : Mathematische Klimalehre und Astronomische Theorie der Klimaschwankungen (in KÖPPEN, W. und GEIGER, R., *Handbuch der Klimatologie*, Berlin 1930, Bd I, Teil A, 176 p.).
- [3] BROUWER, D. : The polar motion and changes in the earth's orbit (in SHAPLEY, H., *Climatic change, evidence, causes and effects*, Cambridge, 1953, Chap. 12, pp. 159-164).
- [4] VAN WOERKON, A.-J.-J. : The astronomical theory of climatic changes (in SHAPLEY, H., *Climatic change, evidence, causes and effects*, Cambridge, 1953, chap. 11, pp. 147-157).
- [5] SIMPSON, Sir George C. : Possible causes of change in climate and their limitations (Proceedings of the Linnean Society of London, 152nd Session 1939-1940, London, 1940, Part 2, pp. 190-219).
- [6] BERNARD, E.-A. : Lois de la climatologie physique et validité de la théorie astronomique des climats quaternaires (En préparation).

**A. Dubois. — Présentation d'un travail
de M. J. Marneffe, intitulé :**

**« Aspects de la rhinite atrophique dite ozène
au Ruanda-Urundi ».**

L'auteur, en une étude très fouillée, et qui est la première faite au Congo et Ruanda-Urundi, apporte des documents intéressants sur l'Ozène au Ruandi-Urundi. Il en a étudié 213 cas.

L'incidence est comparable à ce qu'elle est en Europe, sauf toutefois le répartition entre sexes.

La race noire en son habitat n'est donc pas exempte de cette maladie socialement grave. Elle est cependant plus fréquente chez les Batutsi que chez les Bahutu. Ce fait explique peut être la rareté des constatations faites au Congo.

Les conditions économiques des territoires sous tutelle sont celles des couches sociales européennes où on rencontre surtout l'affection.

L'auteur discute longuement la pathogénie encore obscure ; il a fait procéder à des analyses bactériologiques, biochimiques ou hématologiques diverses qui ne lui ont rien apporté de décisif.

Il en vient à soupçonner le rôle causal de perturbations métaboliques (Avitaminose A) et endocriniennes (hypogonadisme en particulier) et aussi une base génétique, familiale.

La symptomatologie, le diagnostic sont clairement résumés. La thérapeutique envisage diverses méthodes, l'auteur retenant surtout l'administration de Vitamine A et, éventuellement la chirurgie. Six opérations plas-

tiques ont été exécutées après préparation à l'hydergine. Les résultats sont satisfaisants. La streptomycine appliquée localement a un bon effet désodorisant.

Le travail comporte 68 pages quelques tableaux, 6 photos (pour montrer la morphologie faciale des 2 races, 4 radiographies.

Ce texte m'a paru d'un réel intérêt. Il n'apporte rien de définitif sur l'Ozène mais il constitue une bonne base pour des recherches ultérieures dont certaines sont du reste envisagées.

L'I. R. S. A. C. a facilité les études résumées ici.

L'impression de ce Mémoire me paraît des plus souhaitable.

Le 21 février 1959.

**P. Gérard. — Rapport sur le travail des D^{rs} A. Duprez,
P. Mundeleer, H. Sydranski et M. Cittone, intitulé :**

**« La chirurgie d'exérèse et le traitement
de la tuberculose pulmonaire au Congo belge ».**

En Afrique centrale, où le nombre des tuberculeux est élevé et celui des sanatoria faible, le traitement de la tuberculose par la médication spécifique donne, comme en Europe, des résultats brillants.

Toutefois, et en plus forte proportion qu'en Europe, une partie des tuberculeux noirs hospitalisés, que l'on peut évaluer de 10 % à 15 %, ne guérissent pas définitivement ; ils constituent la catégorie des tuberculeux chroniques, dont les lésions assoupies se réveillent lorsqu'on les rend à leur milieu. Ils deviennent dès lors pour leur entourage des sources de contamination.

D'autre part, leur maintien en sanatorium pendant de longues années accroît peu à peu leur importance numérique et prive de soins nombre de tuberculeux aptes à la guérison. C'est là un problème angoissant, auquel on peut apporter une solution partielle en soumettant ces cas chroniques à un traitement chirurgical.

Entré dans la pratique courante européenne, quels résultats donnerait-il en Afrique centrale, dans un sanatorium de brousse ?

C'est l'expérience qui a été réalisée au Sanatorium CEMUBAC de Shabunda, par l'équipe médicale ordinaire (D^r H. SYDRANSKI et M. CITTONE), complétée par les D^r A. DUPREZ (chirurgien pulmonaire) et P. MUNDELEER (anesthésiste) attachés au Service de Chirurgie de l'Hôpital Saint-Pierre de Bruxelles.

Au cours de deux « campagnes » d'exérèse pulmonaire, chacune d'une durée d'un mois et séparées par un an d'intervalle (1957 et 1958), 48 malades au total furent opérés : les uns de lobectomie, d'autres de pneumonectomie, d'autres de pleuropneumonectomie.

On trouvera dans le travail des auteurs une analyse détaillée de leurs interventions, illustrée par une ample iconographie.

Les résultats globaux peuvent se résumer ainsi : 27,5 % des malades sont morts de suites opératoires.

L'intéressant était de savoir si les opérés ayant survécu resteraient indemnes de rechute. Cette recherche a pu être faite en 1958, un an après l'intervention chirurgicale : il a été constaté que tous les tuberculeux ayant résisté à l'intervention opératoire étaient toujours vivants et bien portants, sauf un seul, qui avait présenté une rechute et était revenu en traitement médical. Ainsi donc, près de 75 % des tuberculeux sont susceptibles de guérison complète.

Ces résultats, obtenus par des moyens modestes, sont certainement susceptibles d'amélioration. Ils démontrent que la chirurgie de la tuberculose pulmonaire, lorsqu'elle aura été organisée au Congo, est tout comme en Europe, capable de rendre à la vie normale un grand nombre de tuberculeux condamnés jusque là à une hospitalisation sans fin prévisible.

Ledit travail comporte les subdivisions suivantes :

I. Introduction à la chirurgie pulmonaire.

1. Climat psychologique
2. Le choix d'une anesthésie
3. Le problème du sang
4. Technique opératoire, soins pré- et postopératoires.

II. Résultats

1. Indications opératoires
2. Constatations anatomiques.

III. Commentaires sur les résultats opératoires

1. Mortalité opératoire
2. Complications postopératoires
3. Les décès postopératoires
4. Résultats tardifs

Conclusions

Bibliographie

Le 24 février 1959.

**A. Dubois. — Rapport sur le travail de MM. A. Duprez
et collaborateurs, intitulé :**

**« La chirurgie d'exérèse dans le traitement
de la tuberculose pulmonaire au Congo belge ».**

Au cours de deux missions au Congo, chacune d'un mois en 1957 et 1958, les Auteurs ont réalisé une intéressante expérience sur la chirurgie d'exérèse chez les tuberculeux congolais (50 en tout) du milieu coutumier.

Ils analysent avec précision — éventuellement avec finesse — les conditions psychologiques et techniques permettant cette chirurgie.

L'anesthésie, étudiée en détail comme il se conçoit, présente quelques difficultés spéciales tenant, semble-t-il, à une réaction pharmacologique différente chez le Blanc et le Noir.

La technique opératoire, les soins postopératoires (lever le 2^e et même le 1^{er} jour) sont aussi précisés.

Les transfusions n'ont pas rencontré de difficultés notables, mais il a fallu donner 200 F aux donneurs plus 2 kg de poisson séché...

Les résultats immédiats se soldent par 20 % de décès. Les résultats tardifs (20 malades survivants sur 24 opérés revus après un an) ont donné 19 guérisons et une rechute traitée médicalement.

Des tableaux résument les différents aspects du problème. Il est question de *figures*, mais elles ne m'ont pas été remises et je n'en puis juger.

La publication de ce travail me paraît d'un haut intérêt au moment où la tuberculose représente le problème médical congolais le plus délicat et où la diffusion des traitements médicaux laissera forcément un nombre non négligeable de cas relevant seulement de la chirurgie.

Le 21 février 1959.

Ch. Marit. — La structure du myocarde ventriculaire.

Rapport de mission.

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

Le but premier était de réaliser une étude d'anatomie comparée sur l'architecture du cœur humain, en particulier du Noir congolais, et des primates africains.

Malgré les nombreux travaux déjà publiés, il est vite apparu que la question reste fort mal connue. Aussi, avec l'accord du professeur DALCO, les recherches ont été divisées en deux chapitres.

Tout d'abord, une étude, faite surtout en Belgique, de la structure du cœur embryonnaire du mammifère, à des stades précoces du développement.

Ensuite, une extrapolation des résultats au cœur adulte, étude pour laquelle les primates africains (cerco-pithèques surtout) se sont révélés un matériel de choix ; de taille plus réduite que celle du cœur humain, ils subissent mieux la macération préparatoire à la dissection, et celle-ci en devient meilleure. Leur situation dans la classification zoologique accroît elle aussi leur intérêt.

Les conclusions des recherches sont les suivantes : à un stade précoce du développement, le cœur du mammifère se présente comme un tube simple, à peu près rectiligne et contractile. Cet organe présente sur sa paroi deux couches musculaires, l'une profonde, de fibres longitudinales l'autre superficielle, de fibres circulaires. Ces données représentent une acquisition neuve.

L'inflexion du tube cardiaque et le développement différentiel de certains territoires vont modifier l'aspect primitif. La systématisation du myocarde adulte peut devenir à la fois plus simple et plus logique à la lumière de cette étude du développement.

Tel est le but de la deuxième partie du travail.

Le 21 février 1959.

CLASSE DES SCIENCES TECHNIQUES

Séance du 30 janvier 1959.

La séance est ouverte à 14 h 30 par M. M. *Legraye*, directeur sortant, sous la présidence de M. R. *Vanderlinden*, directeur de la Classe pour 1959.

Sont en outre présents : MM. J. Beelaerts, R. Bette, C. Camus, E. De Backer, R. Deguent, I. de Magnée, E.-J. Devroey, R. du Trieu de Terdonck, P. Fontainas, l'écuyer E. Mertens de Wilmars, M. van de Putte, membres honoraire et titulaires ; MM. F. Bultot, M.-E. Denaeyer, P. Evrard, P. Geulette, P. Grosemans, L. Jones J. Lamoen, A. Lederer, L. Pauwen, A. Rollet, P. Sporcq, R. Spronck, L. Tison, J. Van der Straeten, J. Verdeyen, membres associés ; MM. W. Bourgeois, A. Prigogine, R. Van Ganse, membres correspondants, ainsi que M. M. Walraet, secrétaire des séances.

Excusés : MM. L. Calembert, F. Campus, M. De Roover, E. Frenay, P. Lancsweert.

Compliments.

Le directeur sortant, M. M. *Legraye*, président de l'Académie pour 1958, et le directeur de la Classe pour 1959, M. R. *Vanderlinden*, échangent les compliments d'usage.

Bienvenue.

M. le *Président* souhaite la bienvenue à M. A. *Prigogine*, qui assiste pour la première fois à nos séances.

KLASSE VOOR TECHNISCHE WETENSCHAPPEN

Zitting van 30 januari 1959.

De zitting werd geopend te 14 u 30 door de H. M. *Legraye*, uittredend directeur, onder voorzitterschap van de H. R. *Vanderlinden*, directeur van de Klasse voor 1959.

Aanwezig : De HH. J. Beelaerts, R. Bette, C. Camus, E. De Backer, R. Deguent, I. de Magnée, E.-J. Devroey, R. du Trieu de Terdonck, P. Fontainas, jonkheer E. Mertens de Wilmars, M. van de Putte, ere- en titelvoerende leden ; de HH. F. Bultot, M.-E. Denaeyer, P. Evrard, P. Geulette, P. Grosemans, L. Jones, J. Lamoen, A. Lederer, L. Pauwen, A. Rollet, P. Sporcq, R. Spronck, L. Tison, J. Van der Straeten, J. Verdeyen, buitengewone leden ; de HH. W. Bourgeois, A. Prigogine, R. Van Ganse, corresponderende leden, alsook de H. M. Walraet, secretaris der zittingen.

Verontschuldigd : De HH. L. Calembert, F. Campus, M. De Roover, E. Frenay, P. Lancsweert.

Begroeting.

De uittredende directeur, de H. M. *Legraye* en de directeur der Klasse, de H. R. *Vanderlinden*, wisselen de gebruikelijke begroetingen.

Welkomstgroet.

De H. *Voorzitter* richt een welkomstgroet tot de H. A. *Prigogine* die voor het eerst aan onze zittingen deelneemt.

Communications administratives.

a) *Nominations.*

Le *Secrétaire perpétuel* annonce que :

1^o Par arrêté royal du 20 janvier 1959, M. A. *Wauters*, directeur de la Classe des Sciences morales et politiques, a été nommé président de l'A.R.S.C. pour 1959 ;

Les bureaux des Classes sont dès lors constitués comme suit :

- 1^{re} Classe : Directeur : M. A. *Wauters*
Vice-directeur : M. P. *Jentgen*
2^{me} Classe : Directeur : M. V. *Van Straelen*
Vice-directeur : M. M. *Vanden Abeele*
3^{me} Classe : Directeur : M. R. *Vanderlinden*
Vice-directeur : M. I. *de Magnée.*

2^o Par arrêté ministériel du 16 janvier 1959, le mandat de MM. R. *Bette* et M. *van de Putte* membres sortants de la Commission administrative, a été renouvelé pour un terme de trois ans, à partir du 1^{er} janvier 1959.

b) *Distinctions honorifiques.*

Voir p. 320.

**Considérations sur le nivellement barométrique
en Afrique centrale.**

M. L. *Jones* résume la communication qu'il a rédigée sur ce sujet (voir p. 402).

**Utilisation du radar à bord des unités fluviales
congolaises.**

M. A. *Lederer* présente une communication intitulée comme ci-dessus (voir p. 413).

Administratieve mededelingen.

a) *Benoemingen.*

De *Vaste Secretaris* deelt mede dat :

1^o Door Koninklijk Besluit van 20 januari 1959 de *H. A. Wauters*, directeur der Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen, benoemd werd tot voorzitter der K.A.K.W. voor 1959 ;

Het bureau der Klassen is als volgt samengesteld :

- 1^e Klasse : Directeur : De *H. A. Wauters*
Vice-directeur : De *H. P. Jentgen*
2^e Klasse : Directeur : De *H. V. Van Straelen*
Vice-directeur : De *H. M. Van den Abeele*
3^e Klasse : Directeur : De *H. R. Vanderlinden*
Vice-directeur : De *H. I. de Magnée.*

2^o Door Ministerieel Besluit van 16 januari 1959 het mandaat der *HH. R. Bette* en *M. van de Putte*, uittredende leden der Bestuurscommissie, hernieuwd werd voor een termijn van drie jaar, ingaande op 1 januari 1959.

b) *Onderscheidingen.*

Zie blz. 321.

**« Considérations sur le nivellement barométrique
en Afrique centrale ».**

De *H. L. Jones* vat zijn mededeling samen, getiteld zoals hierboven (zie blz. 402).

« Utilisation du radar à bord des unités fluviales congolaises ».

De *H. A. Lederer* legt een mededeling voor, getiteld zoals hierboven (zie blz. 413).

Techniques actuelles des déblais rocheux.

M. J. Lamoën présente le travail qu'il a rédigé sur ce sujet (voir p. 425) et qui fera l'objet d'un *mémoire* dans la collection des *Mémoires* in-8° de la Classe.

Hommage d'ouvrages.

Le *Secrétaire perpétuel* dépose sur le bureau les ouvrages suivants :

Aangeboden werken.

De *Vaste Secretaris* legt op het bureau de volgende werken neer :

EUROPE — EUROPA

FRANCE — FRANKRIJK

Annuaire hydrologique de la France d'Outre-mer, année 1956 (Office de la Recherche scientifique et technique outre-mer, Ministère de la France d'outre-mer, Paris, 1958, rel., 557 pp.).

NORVÈGE — NOORWEGEN

- ASTRUP, N., A set of propellers in open water and behind a body of revolution, 2 parts (141 et 151 pp., graph. et fig.).
- ASTRUP, N., Induction factor of the free Vortices and curvature Correction (12 pp.).
- CHRISTENSEN, H., Experimental Determination of propeller Torque Variations on ship models (11 pp.).
- GETZ, J. et REFSNES, B., Expérience with controllable pitch propellers in the Norwegian coastal express (15 pp.).
- HANSEN, H., Systematic Experiments with models of fast coasters.
- LUNDE, J., A note on the linearized theory of wave resistance for accelerated motion, 14 pp.).
- LUNDE, J., On the theory of wave resistance and wave profile (125 pp., graph., 1952).
- LUNDE, J., On the linearized theory of wave resistance for a pressure distribution moving at constant speed of advance on the surface of deep or shallow water (48 pp., graph.).

« *Techniques actuelles des déblais rocheux* ».

De H. J. *Lamoën* legt het werk voor dat hij opstelde over de hierboven vermelde titel (zie blz. 425) en dat zal opgenomen worden in de *Verhandelingenreeks* in-8^o der Klasse.

Geheim comité.

De ere- en titelvoerende leden, verenigd in geheim comité, gaan over tot het verkiezen, als buitengewoon lid, van de H. F. P. *Pietermaat*, burgerlijk ingenieur, hoogleraar aan de Katholieke Universiteit van Leuven.

De zitting werd geheven te 15 u 35.

- Seventh international conference on ship hydrodynamics (Oslo 19-20 august 1954, 185 pp.).
- SUND, E., On the effects of different turbulence-exciter on B. S. R. A. 0.75 Block models made to various scales (24 pp.).
- VEDELER, G., Grillage Beams in ships and similar structures (Oslo, Grondahl and sohn ; 1945, 187 pp.).
- Norwegian Ship Model experiment tank Publications n^{rs} 45, 28, 39, 24, 44, 27, 10, 8, 32, 33, 34, 35, 36, 37, II, Oslo.
- GRAN OLSSON, R., A modification of Chosy's Formula of Hydraulics, 3 pp.).
- GRAN OLSSON, R., On the velocity distribution of turbulent flow behind a system of thin cylindrical rods (6 pp.).
- Det kongelige norske videnskabers selskabs forhandlinger Bind 26 1953 n^r 15 et 17.

Comité secret.

Les membres honoraires et titulaires réunis en comité secret, procèdent à l'élection, comme membre associé, de *M. F. P. Pietermaat*, ingénieur civil, professeur ordinaire à l'Université catholique de Louvain.

La séance est levée à 15 h 35.

I. de Magnée. — Première exploration géophysique du volcan Nyiragongo (Kivu).

(Note préliminaire) *.

Pour les riverains du lac Kivu, la silhouette du Nyiragongo et son panache de fumée sont aussi familiers que le Vésuve l'est pour les Napolitains. Géant débonnaire, son activité est confinée à l'intérieur de son cratère et, jusqu'à présent, il n'a montré aucune tendance à imiter son voisin, le Nyamuraagira, dont les éruptions périodiques caractérisées par de formidables coulées de lave n'ont pas manqué de défrayer la chronique.

Le Nyiragongo est actif depuis l'arrivée des Européens. Cependant, en 1907, 1915-16 et en 1924-26, il semble avoir connu trois périodes de quasi-extinction **.

Par leur formidable masse et les coulées de lave superposées qui les entourent, les deux volcans barrent le grand fossé tectonique de l'Afrique centrale. Le lac Kivu, ancien bassin supérieur d'un affluent du Nil, leur doit sa naissance. Il s'agit d'un événement récent, géologiquement parlant, puisqu'il remonte à moins de 15.000 ans. On a de la peine à s'imaginer qu'en un instant si bref de l'histoire géologique, des dizaines de milliards de mètres cubes de lave basique aient pu jaillir du tréfonds, au centre d'un très vieux continent.

Ce phénomène grandiose n'est pas achevé. Cette profonde blessure de l'écorce terrestre saigne toujours et nous livre une occasion unique d'étudier un phénomène

* Communication présentée à la séance du 19 décembre 1958 de la Classe des Sciences techniques (*Bulletin des Séances*, 1958, N. S., Tome IV, fasc. 7, p. 1416).

** Seule la dernière peut être considérée comme une extinction véritable.

primordial dont la rapidité soit telle que l'homme puisse être témoin visuel d'une évolution.

Le puissant intérêt scientifique qui s'attache à ces manifestations des forces internes du globe a été compris par plusieurs Institutions scientifiques belges et congolaises. C'est ainsi que, depuis longtemps déjà, le Service géologique du Congo belge a affecté l'un de ses géologues (M. A. MEYER) à l'étude du volcanisme des Virunga, en collaboration avec l'Institut des Parcs nationaux du Congo belge. Celui-ci a également favorisé les premières missions, telle celle, mémorable, de M. J. VERHOOGEN [1]*. Lors de la longue éruption du Nyamuraagira en 1938-40, ce géologue thermodynamicien avait même établi sur ce volcan un premier observatoire volcanologique. Plus récemment, l'I.P.N.C.B. a organisé les missions du professeur Th. G. SAHAMA (Helsinki), minéralogiste de réputation mondiale, qui consacre une partie importante de son activité scientifique à l'étude des minéraux et laves des Virunga et particulièrement du volcan Nyiragongo (1). Celui-ci s'est révélé être une véritable mine de minéraux nouveaux pour la Science [2].

Citons aussi les nombreux travaux de notre confrère M. M.-E. DENAEYER [3], chargé de mission à diverses reprises par la Commission de Géologie du Ministère des Colonies et par le « Centre scientifique et médical de l'Université libre de Bruxelles en Afrique centrale » (CEMUBAC).

Plusieurs autres géologues et pétrographes belges ont publié des travaux sur les laves si particulières de la chaîne des Virunga : F. DELHAYE, H. TAZIEFF, C. SOROTCHINSKY, M. VERHAEGHE.

Leur intérêt fondamental du point de vue pétrologique

* Les chiffres entre [] renvoient à la bibliographie *in fine*.

(1) Il convient de citer aussi l'efficace collaboration des chimistes du Service géologique du Congo belge et du Laboratoire de Recherches chimiques du Ministère du Congo belge et du Ruanda-Urundi.

et géochimique a suscité l'intérêt et inspiré les travaux de plusieurs grands noms des sciences géologiques : N. L. BOWEN, A. D. COMBE, A. HOLMES, L. FINCKH, A. LACROIX, J. RICHARD.

Constatons que ces recherches nous ont valu une belle moisson de résultats, que concrétisent de nombreuses publications scientifiques. Elles concernent principalement la constitution chimique et minéralogique des laves.

Moins nombreuses sont les publications qui décrivent les éruptions récentes. Rappelons que celles-ci se groupent, à une exception près⁽¹⁾, autour du volcan Nyamuragira. Elles sont devenues de plus en plus fréquentes ces dernières années. On n'a pas réussi jusqu'à présent, faute d'observatoire permanent, à assister au début d'une éruption. D'autre part, ces études sont fatalement incomplètes parce que l'observateur a été seul et isolé, là où il eût fallu une équipe, bien pourvue d'instruments géophysiques permettant l'enregistrement et la corrélation des divers ordres de phénomènes liés aux éruptions.

Trois éruptions seulement ont fait l'objet de mémoires complets et détaillés : celle de 1938-40, décrite par J. VERHOOGEN [1] ; celle de 1948, décrite par H. TAZIEFF [5] et celle de 1951-52, décrite par A. MEYER [6].

A part la mesure des températures, seul J. VERHOOGEN a pu faire quelques mesures géophysiques au cours de l'éruption (magnétisme, spectrographie des flammes), à l'aide d'instruments d'ailleurs insuffisants. Dans les trois cas, de nombreux phénomènes n'ont pu être enregistrés ou mesurés.

* * *

(1) Cette exception est la brève éruption du 1^{er} août 1957, qui a formé un petit volcan, le MUGOGO, à 10 km au nord du sommet du volcan éteint VISOKE. Celui-ci fait partie du « groupe central » de grands volcans, avec le KARISIMBI et le MIKENO. Cette éruption a été décrite par M. A. P. VERHAEGHE, géologue du S. G. C. B. [4].

Depuis sa fondation, l'Institut pour la Recherche scientifique en Afrique centrale (I. R. S. A. C.) s'est, lui aussi, activement intéressé au volcanisme du Kivu, dans le cadre de l'étude d'ensemble du Graben des Grands Lacs. C'est de propos délibéré que cet Institut choisit de mettre en œuvre les méthodes géophysiques, seuls moyens efficaces pour étudier les phénomènes et structures profondes.

Le Centre de Lwiro est devenu peu à peu un Centre de Physique du Globe, comprenant notamment une station magnétique, gravimétrique et sismique. Comme l'étude des séismes liés à la zone d'effondrement paraissait particulièrement intéressante, des stations sismiques satellites furent créées à Uvira, Astrida et Rumangabo, cette dernière en pleine zone volcanique, au nord du Nyiragongo.

L'enregistrement continu des séismes locaux, la localisation des épicentres, la corrélation avec les éruptions ont déjà fourni un ensemble de données qui permettent des premières interprétations et la prévision des éruptions.

L'I. R. S. A. C. a également commencé l'étude gravimétrique du Graben. En 1956, M. Ph. MATHIEU réalisa un réseau gravimétrique de premier ordre [12].

L'Institut météorologique du Congo belge a, lui aussi, abordé l'étude des anomalies gravimétriques associées au Graben.

Enfin, l'Institut géographique du Congo belge vient de compléter le levé aérographique de la zone volcanique. Sa restitution fournira un document de base essentiel pour les études ultérieures.

Pendant que se développait cet effort scientifique, le volcan Nyiragongo restait relativement peu étudié. Il est vrai que son activité ne comporte pas de paroxysmes spectaculaires et reste confinée au fond d'un puits difficilement accessible. Elle se traduit essentiellement par la

présence d'un lac de lave en fusion, que brassent sans cesse des gaz « juvéniles ». Depuis la disparition, en 1924, du fameux lac Halemaumau (Kilauea, Hawaïi), ce phénomène est unique au monde, si l'on fait abstraction des petits lacs de lave éphémères qui accompagnent les phases éruptives de certains volcans ⁽¹⁾.

La permanence de son activité fait du Nyiragongo un sujet d'études particulièrement intéressant, réalisable suivant un programme déterminé et en utilisant tous les outils de la Géophysique moderne.

Il ne faut pas oublier que c'est la constitution profonde du globe qui est au centre des préoccupations des géologues et des géophysiciens. Or, le volcan Nyiragongo n'est rien d'autre qu'une immense cheminée d'équilibre, sorte de manomètre géant qui traverse l'écorce terrestre jusqu'à une profondeur de plusieurs dizaines de kilomètres. Les oscillations de courte ou de longue période du niveau de son lac de lave mesurent les variations de pression du réservoir profond de magma. Elles enregistrent probablement les marées terrestres. La circulation continue de la lave dans la cheminée remonte vers la surface du lac des fragments arrachés aux parois profondes, voire abyssales.

Jusqu'à présent, les oscillations et variations de niveau du lac de lave n'ont pu être mesurées. De même, on n'a pu prélever la lave vive elle-même, ni les gaz qui la brassent. La composition chimique de ceux-ci présente un grand intérêt scientifique.

On peut s'étonner de ce que ces observations et prélèvements n'aient pas été faits jusqu'à présent, pas plus que d'autres mesures géophysiques directes.

La raison en est simple : il faut d'abord pénétrer dans le cratère interne du volcan. Une telle entreprise est

(1) L'éruption 1938-40 du Nyamuragira comporta la formation d'un petit lac dont l'évolution a été décrite avec précision par J. VERHOOGEN.

techniquement réalisable, mais exige des hommes expérimentés et un équipement approprié : treuils spéciaux, protection contre les gaz et le rayonnement thermique.

En 1948 et en 1953, H. TAZIEFF avait montré [7] qu'il était relativement facile de descendre jusque sur la plateforme supérieure du cratère et d'y séjourner longtemps sans danger. Par la suite, A. MEYER commença l'étude géologique du cratère externe, avec la collaboration du professeur SAHAMA. Le *Progress Report* [2], qu'ils ont publié récemment, me dispense de revenir sur les caractères morphologiques et géologiques du cratère. Ce mémoire contient des résultats fort importants en ce qui concerne la minéralogie et la pétrologie des laves si particulières du Nyiragongo. Leur étude se poursuit.

* * *

Pendant longtemps cependant, l'étude géophysique du volcan était restée à l'état de vague projet. Les réalisations de l'I. R. S. A. C., aussi intéressantes et fructueuses qu'elles furent, restèrent bien en deçà des programmes établis par ses commissions scientifiques de Géologie, de Géophysique et de Volcanologie. L'étude du Nyiragongo ne fut pas entreprise par les géophysiciens de l'I. R. S. A. C.

En 1957, l'Année géophysique internationale fournit l'occasion d'un nouveau départ : à côté de son entreprise dans l'Antarctique, notre pays se devait d'apporter d'autres contributions à ce gigantesque effort scientifique international.

La sous-commission de volcanologie de l'I. R. S. A. C. élaborera un projet de mission, qui comportait la descente dans le cratère interne du volcan, c'est-à-dire sur la « plateforme inférieure » [2].

H. TAZIEFF étudia soigneusement la possibilité de cette approche, détermina l'équipement nécessaire et obtint

la collaboration d'un constructeur français, C. QUEFFÉ-LEC, pour la réalisation d'un treuil spécial pouvant prendre appui à plusieurs mètres de distance du rebord du puits central [8].

Rappelons que les parois de celui-ci, formées de coulées de lave empilées, sont quasi verticales, hautes de 175 à 180 mètres et assez fissurées. La technique de descente est décrite dans l'article cité [8] et nous n'y reviendrons pas.

Le programme initial de cette mission était ambitieux et mettait en œuvre la plupart des disciplines de la géophysique, de sorte que son exécution impliquait la présence d'une dizaine de spécialistes et l'utilisation de multiples instruments de mesure pendant une période suffisante pour enregistrer des variations en fonction du temps. Il répondait à un vœu de l'Association internationale de Volcanologie.

Ce programme fut approuvé par le Conseil d'Administration de l'I. R. S. A. C.

Cependant, de nombreuses difficultés se firent jour et il devint bientôt évident qu'il fallait se résoudre à diviser l'exploration en phases distinctes, dont la première, à exécuter en 1958, avait comme objectif d'atteindre le lac de lave et de réaliser en deux semaines, toutes les observations qui étaient possibles avec les instruments existants et un très petit nombre de géologues et de géophysiciens. En outre, cette mission préliminaire devait établir le programme des missions futures et déterminer l'équipement spécial dont elles devaient disposer. Dans cette tâche, elle devait être assistée par un volcanologue américain réputé, mais celui-ci dut malheureusement renoncer au dernier moment à rejoindre la mission déjà réunie à pied d'œuvre.

* * *

Les membres de la mission se retrouvèrent le 25 juillet 1958 à Goma. Les observations scientifiques furent faites

du 31 juillet au 12 août. L'évacuation était pratiquement terminée le 16 août.

L'I. R. S. A. C. m'avait fait l'honneur de me désigner comme chef de mission. Mes collaborateurs étaient MM. E. BERG (géophysicien de l'I. R. S. A. C.), A. MEYER et H. TAZIEFF. Le commandant C. TULPIN, de la Force Publique, était chargé de l'organisation logistique, tâche complexe dont il s'acquitta avec une efficacité digne d'admiration. Le Gouvernement général avait consenti à nous accorder l'aide de l'un de ses médecins, le Dr L. COUTELIER. Celui-ci participa de bout en bout à l'expédition et, bien qu'il n'ait pas eu à intervenir sur le plan professionnel, son aide fut particulièrement précieuse.

En outre, nous avons bénéficié pendant quelques jours de la collaboration de MM. A. H. DELSEMME, (astrophysicien de l'I. R. S. A. C.), M. VERHAEGHE (Service géologique du Congo belge), G. ROUSSEAU (conservateur-adjoint du P. N. A.) et du capitaine A. DEFREYNE.

L'équipement scientifique consistait en balances magnétiques, théodolites, pyromètre optique et canne pyrométrique, spectrographe, géophones pour l'étude des vibrations, compteur de GEIGER, dispositifs pour la prise et le stockage de gaz, enregistreur de son, caméras.

L'équipement technique comprenait plusieurs treuils (dont le treuil spécial en duralumin [8]), un treuil-téléphérique construit par M. MEYER, masques Chemox et bonbonnes d'oxygène, masques filtrants Dräger, vêtements anti-rayonnement thermique, échelles souples, câbles, cordage, cordelettes nylon, barres à mines, etc.

Grâce à la collaboration de la Force Publique, la mission disposait d'un important matériel de campement, d'un réseau téléphonique de campagne reliant les différents camps et d'un émetteur-récepteur radiophonique. Un petit groupe de soldats assurait les liaisons, les transports à l'intérieur du cratère et la manœuvre des treuils.

Il convient de rendre hommage à leur endurance, leur dévouement et leur esprit d'équipe.

Les observations scientifiques ont été contrariées par le mauvais temps qui a régné du 27 juillet au 12 août. Pendant cette période, le lac de lave n'était visible que pendant de courtes éclaircies. Comme l'équipe était peu nombreuse, les collaborateurs scientifiques ont été fortement absorbés par des tâches matérielles : transport à l'intérieur du cratère, installation du treuil, organisation, mesures de sécurité, assurance réciproque et escalades répétées (très fatigantes vers 3.400 mètres d'altitude).

En général, l'équipement technique s'est révélé satisfaisant et bien adapté aux exigences du milieu hostile que constitue un cratère aux parois abruptes et instables.

La difficulté principale à vaincre était la descente quasi verticale de la première à la deuxième plateforme, soit environ 180 mètres de paroi rocheuse, avec parties en surplomb fissurées, ne tenant que par « la force de l'habitude ». L'emplacement du treuil QUEFFÉLEC avait été soigneusement choisi sur la lèvre nord du puits intérieur, en un endroit présentant peu de fissures visibles [8].

Après une série d'essais sous charge, H. TAZIEFF fut descendu, suspendu au câble de treuil. Par mesure de sécurité, il équipa la paroi d'échelles souples du type spéléologique. Enfin, le 11 août à 11 h, il atteignit la deuxième plateforme, à une trentaine de mètres au-dessus du lac de lave.

Cette plateforme annulaire se révéla habitable et TAZIEFF fut bientôt rejoint par le commandant TULPIN et par MEYER. Cette équipe y passa une nuit très froide et fut remontée le lendemain après-midi, sans incident.

Il était ainsi prouvé que le lac est approchable à courte distance, et que ni les gaz, ni la chaleur ne constituent des obstacles réels à des observations et mesures prolongées.

C'était là un résultat de toute première importance, puisqu'il permet désormais les observations à courte distance indispensables pour élucider le mécanisme du

lac de lave et échantillonner les gaz, la lave vive et les parois du puits central.

Retardée par le mauvais temps, la mission préliminaire a cependant utilisé au maximum le court espace de temps qui restait disponible, en faisant les observations et prélèvements que permettaient son équipement scientifique et technique.

Certains points du programme n'ont pu être exécutés, soit par manque de temps, soit par manque d'instruments adéquats, soit par manque de personnel. Cette dernière insuffisance a été accentuée par un événement imprévu : l'éruption du 8 août sur le flanc nord du Nyamuraagira (nouveau volcan Kitsimbanyi). Elle a provoqué le départ précipité de MM. VERHAEGHE et ROUSSEAU.

Les résultats scientifiques sont esquissés ci-après.

GÉOTHERMIE.

Au moment où la plateforme inférieure a été atteinte, le niveau du lac de lave se trouvait à environ 25 mètres plus bas. Malgré la présence du *crag*, île flottante qui s'appuie contre la paroi orientale, il était trop dangereux de descendre jusqu'au lac. Pour effectuer cette descente, il faut un personnel assez nombreux et entraîné, ainsi que des échelles appropriées.

Les mesures de températures ont donc été effectuées à l'aide du pyromètre optique, en visant les « fontaines » de lave les plus lumineuses. Les lectures s'échelonnent entre 1020° et 1060° C. D'après des essais faits par J. VERHOOGEN [1, p. 131], ces températures devraient être augmentées d'environ 20° pour tenir compte du coefficient d'absorption de la lave. *

Ainsi corrigées, les températures observées sont pres-

* Une correction positive supplémentaire devrait être faite pour tenir compte de l'absorption par une épaisseur d'environ 50 m d'une atmosphère comportant des vapeurs.

que identiques à celles trouvées en 1938-40 par VERHOOGEN au Nyamuraagira, dans les fontaines des bassins de lave temporaires (valeurs corrigées variant de 1060° à 1095° C).

Ces températures sont systématiquement supérieures de plus de 100° à celles mesurées à partir de la plateforme supérieure du Nyiragongo. Les mesures publiées par MM. MEYER et SAHAMA [2] sont à majorer de 100° (ou 120° en tenant compte de la correction citée plus haut).

La différence est à attribuer à une forte absorption par le voile de vapeur d'eau et de fumée.

Sous réserve de vérifications ultérieures, il semble que la température de la lave ne varie guère au cours de son trajet dans le lac, de sorte que le phénomène serait sensiblement isotherme, abstraction faite de la croûte flottante de lave refroidie au contact de l'air.

Ces mesures ne font qu'aborder un problème fondamental, celui de l'évaluation de la déperdition d'énergie thermique du Nyiragongo. Celle-ci s'effectue par rayonnement, conduction et départ de gaz chauds. Ce dernier facteur est certainement le poste principal du bilan géothermique. Sa détermination exige la mesure du débit total de gaz, chose qui ne paraît pas impossible à réaliser au moyen de techniques empruntées à la météorologie.

CINÉMATIQUE DU LAC DE LAVE.

Il y a lieu de distinguer les mouvements verticaux et horizontaux, ainsi que le mécanisme de départ des gaz. Les différents phénomènes ont été décrits [2] et nous ne ferons que des observations complémentaires et un essai d'interprétation.

Les *mouvements horizontaux* sont mis en évidence par le cheminement lent de la croûte refroidie, à aspect et ténacité comparables à celles d'une « peau d'éléphant ». De nombreuses fissures irrégulières la divisent en un

puzzle de « radeaux ». Le départ des gaz provoque des jaillissements localisés de lave peu visqueuse : les « fontaines ». Les unes ont un emplacement fixe, les autres se déplacent lentement. Presque toutes sont intermittentes, ou du moins, leur activité varie suivant un cycle de l'ordre de quelques minutes ou plus.

Il y a une certaine indépendance entre leurs cycles respectifs. Il arrive cependant de temps en temps que presque toutes soient simultanément actives, de sorte que tout le lac devient turbulent. Un des buts des études futures doit être l'enregistrement des cycles d'activité d'ensemble, à courte et à longue période [1].

Le déplacement des « radeaux » reflète le mouvement de la lave chaude sous-jacente. Nous avons pu l'enregistrer, imparfaitement d'ailleurs, par le cinéma et par des photos prises de minute en minute.

Le cinéma montre la déformation des radeaux lorsqu'ils sont poussés ou freinés par leurs voisins ou par les parois, ou encore lorsqu'ils s'engloutissent à l'aplomb d'une fontaine. J. VERHOOGEN a donné une explication de ce dernier phénomène, mais la question n'est en fait pas encore résolue.

Les photos prises à intervalles d'une minute montrent un mouvement général du Nord vers le Sud, à une vitesse moyenne de l'ordre de 0,25 m/sec. Le « retour en arrière » observé antérieurement [2] ne se produit pas.

Rappelons que la surface libre du lac à la forme d'un croissant, long de 320 m d'une corne à l'autre (direction environ N.-S.) et large de 160 m en son milieu [2]. La « source » de lave se trouve près de la corne nord, où le débit de gaz est également le plus intense et quasi continu. Les lignes de flux, dessinées d'après photos, divergent à partir de cette extrémité pour se rapprocher de nouveau du côté sud, où les radeaux s'engouffrent sous la paroi du puits. Par rapport à ce mouvement général, les mouvements locaux autour des fontaines sont des phénomènes accessoires.

Les photos montrent que les « fontaines mobiles » suivent le mouvement des radeaux pendant un temps. Ces radeaux sont un obstacle que les bulles de gaz montantes sont forcées de contourner. A un certain moment, le dégagement de gaz s'arrête à l'avant du radeau, pour recommencer bientôt à l'arrière. Sans doute des poches de gaz doivent-elles se former momentanément sous cette « peau » remarquablement tenace et se déplacer elles-mêmes avec le flux général.

L'arrivée continue de gaz ne peut expliquer à elle seule le mouvement d'ensemble. Celui-ci n'est qu'un aspect partiel d'une circulation souterraine, dans le réseau de tunnels horizontaux et de cheminées plus ou moins verticales qui s'étend probablement sous toute l'étendue de la plateforme supérieure.

Le problème du « moteur » de ce mouvement perpétuel est au centre des préoccupations des volcanologues. Rappelons que PERRET et DALY attribuaient la circulation à la différence de densité entre la lave chaude riche en gaz juvéniles et la lave refroidie et dégazée. JAGGAR est arrivé à une conception un peu différente, basée sur les réactions exothermiques provoquées par les gaz. VERHOOGEN considère que les gaz sont peut-être le seul apport juvénile et profond, mais qu'ils ne jouent aucun des rôles mécaniques qu'on leur attribue généralement.

Il est légitime de penser que l'étude approfondie et prolongée du Nyiragongo apportera la solution de ce problème fondamental.

Les *oscillations verticales* du niveau du lac présentent elles aussi un très grand intérêt.

Les observateurs qualifiés se sont malheureusement succédés à de trop longs intervalles pour qu'il soit possible de reconstituer les oscillations de grande amplitude et de longue période. Vers 1949, il a dû momentanément se trouver très près de la deuxième plateforme, car une

immense éclaboussure a rejailli sur celle-ci, en drapant de lave fraîche les blocs éboulés qui la jonchent.

M. MEYER [2] a signalé qu'en novembre 1956, le niveau est tombé d'environ 35 m, pour remonter ensuite.

A l'arrivée de la mission I.R.S.A.C., le niveau se trouvait à environ 25 m sous la plateforme. Il baissait assez rapidement en se rétrécissant et faisant apparaître localement deux étroites plateformes supplémentaires. En même temps, apparaissaient dans sa partie Sud deux îles à tête plate. Le mouvement descendant semble s'arrêter le 9 août. Le 10, le lac monte nettement, mais une nouvelle descente s'amorce le 11.

D'après des renseignements reçus de M. MEYER et un levé de M. VERHAEGHE effectué en septembre, le lac a continué à descendre fortement dans l'intervalle, en se rétrécissant au point qu'un mois après le départ de la mission, il affectait une forme presque circulaire et que sa surface avait diminué de 50 %.

Une question qui se pose est la relation entre cette baisse de niveau et l'éruption du 8 août, qui n'a cessé qu'au début de 1959 et a épanché un très grand volume de lave. Cette lave est chimiquement assez différente de celle du Nyiragongo * et il ne peut être question d'une communication souterraine *directe* entre les deux volcans.

La relation chronologique entre la baisse de niveau et la diminution d'activité du Nyiragongo d'une part et la nouvelle éruption d'autre part, peut être une coïncidence fortuite. Mais on peut aussi interpréter le comportement du Nyiragongo comme résultant d'une diminution de pression dans un grand réservoir magmatique très profond, due à un épanchement de lave par une source située à basse altitude, le Kitsimbanyi. La possibilité d'existence de tels réservoirs profonds était purement spéculative jusqu'il y a peu de temps.

* Sous réserve d'analyses chimiques à exécuter.

En 1958, le volcanologue russe G. S. GORSHKOV a publié [11] la découverte, à la station volcanologique du Kamchatka, d'une « zone d'ombre » pour les ondes sismiques transversales (phases S) en provenance des tremblements de terre du Sud du Japon. Les calculs le conduisent à admettre l'existence d'un réservoir magmatique situé à 50-70 km de profondeur sous le volcan Kliuchevsky. L'extension horizontale et l'épaisseur verticale sont de l'ordre de 25 à 35 km. L'existence de tels réservoirs, à la limite entre l'écorce et le manteau terrestres, constitue un fait nouveau, dont l'étude est appelée à modifier les idées courantes sur les causes du volcanisme. Un tel réservoir de magma en fusion pourrait exister sous les Virunga.

Pour suivre les oscillations verticales du lac, la mission avait installé deux théodolites à poste fixe sur le rebord du cratère interne. La préoccupation principale était la mise en évidence éventuelle d'une période d'oscillation correspondant aux marées terrestres, c'est-à-dire à la variation de g due à l'attraction luni-solaire. Des observations fragmentaires faites au Vésuve et au Kilauea font supposer que les cheminées volcaniques (comme les sondages profonds et les sources chaudes) constituent des enregistreurs des dilatations et contractions de l'écorce terrestre.

Pour enregistrer au théodolite les cycles correspondant aux marées, il fallait une période de visibilité de quelques jours et des lectures continues de demi-heure en demi-heure. La seule période qui eût convenu était celle du 10 au 13 août. Malheureusement, pendant celle-ci, l'équipe était entièrement occupée par les opérations de descente dans le cratère interne, de sorte que ces observations ont dû être remises à plus tard.

SPECTROSCOPIE DES FLAMMES VOLCANIQUES.

Rappelons que M. J. VERHOOGEN avait réussi à enregistrer des spectres de flammes volcaniques pendant l'éruption 1938-40 du Nyamuraagira. Ces spectres étaient caractérisés par la présence constante des bandes d'azote N². Cette importante observation, jamais confirmée, l'avait conduit à une hypothèse originale sur l'origine de l'énergie volcanique.

Le spectrographe utilisé était à optique en verre. Il était particulièrement intéressant d'obtenir des spectres ultra-violet, en utilisant une optique en quartz.

Les nuits du 31 juillet au 2 août, M. A. H. DELSEMME a tenté d'obtenir des spectres de flammes à l'aide d'un petit spectrographe à quartz HILGER, installé sur la première plateforme, à 400 m environ de la flamme la plus proche. Malheureusement, les circonstances atmosphériques furent particulièrement mauvaises et M. DELSEMME était dans l'impossibilité de prolonger son séjour.

Le seul spectre obtenu était sous-exposé. Il montrait le doublet du sodium à 5890 à 96 Å et deux bandes floues attribuables au radical CN.

L'étude spectrographique promet d'être très intéressante. Au cours d'une prochaine mission, elle pourra être faite à partir de la plateforme inférieure, c'est-à-dire à courte distance des flammes. Techniquement parlant, la réussite est certaine, du moins en ce qui concerne les dards de flammes jaunes qui fusent en permanence de plusieurs événements situés dans la « faille vivante », qui sépare l'île flottante de la paroi du puits. Il sera peut-être possible de spectrographier aussi les flammes vertes fugaces qui apparaissent en divers points du lac.

MAGNÉTISME.

M. E. BERG a effectué 131 mesures de la composante verticale du champ magnétique. Les stations sont espa-

cées de 20 en 20 mètres le long des côtés d'un polygone tracé sur la première plateforme, autour du puits central. Les intempéries et le manque de visibilité ont ralenti considérablement ce levé.

Comme il fallait s'y attendre sur des laves ultrabasiques, les anomalies purement locales sont nombreuses. Grâce au nombre important de stations, les profils permettent cependant de dégager une anomalie fondamentale affectant l'ensemble du cratère.

La composante Z varie de -12.800 à -17.400 gammas. Un minimum (en valeur absolue) bien marqué se dessine dans la partie nord de la plateforme. En faisant abstraction des anomalies locales, l'anomalie totale est de l'ordre de 3.000 gammas.

La déclinaison magnétique, mesurée aux angles du polygone, varie d'environ 8° entre les mesures extrêmes.

Les anomalies locales donnent des variations brutales de Z . Il faudrait des stations très rapprochées pour les définir. En un point situé au sud du cratère, la déclinaison changeait d'environ 180° sur une distance de 40 cm ! Les échantillons de lave prélevés à cet endroit sont nettement magnétopolaires et contiennent sans doute une forte proportion de magnétite. Ces variations de composition minéralogique sont inattendues dans la couche de lave vitreuse d'un seul tenant que constitue la plateforme. Celle-ci n'est manifestement que la surface « figée » d'un ancien lac occupant tout le cratère majeur, soit environ $0,9$ km² [7].

Cette couche a probablement enregistré la direction du champ magnétique régnant à l'époque (inconnue) où ce grand lac s'est figé. En vue d'études paléomagnétiques ultérieures, quelques « échantillons orientés » ont été prélevés par M. MEYER. Si ceux-ci indiquent une constance suffisante de l'aimantation permanente, il sera intéressant d'étendre les mesures à toutes les couches

de lave superposées qui forment les parois des cratères interne et externe.

On obtiendrait ainsi une image des variations de la déclinaison magnétique pendant plusieurs siècles ou dizaines de siècles, ainsi qu'une méthode de corrélation avec les laves qui affleurent autour du volcan.

SÉISMOLOGIE.

Comme l'ont prouvé notamment les études approfondies des volcanologues japonais, il est particulièrement intéressant d'enregistrer l'agitation micro-séismique (*volcanic tremor*) liée à la turbulence de la lave vive. Dans le cas du Nyiragongo, les variations d'intensité de ces vibrations fourniraient sans doute le moyen le plus sûr de mettre en évidence l'allure cyclique de l'activité du lac de lave. L'enregistrement micro-séismique est sujet à moins d'aléas que les autres méthodes auxquelles on pourrait songer, par exemple l'enregistrement de l'intensité du bruit ou du rayonnement.

La mission I.R.S.A.C. disposait, grâce à la généreuse obligeance de la *Seismograph Service Ltd.* (Londres), de quatre géophones électro-magnétiques et de deux galvanomètres précédés d'amplificateurs à basse fréquence transistorisés. Il s'agissait d'équipement utilisé en prospection séismique, le seul qui fût immédiatement disponible.

Les géophones les plus sensibles, type GS 13 à 4 cycles par seconde, placés à l'abri du vent sur la première plateforme, ont donné des indications trop faibles pour être utilisables (courant de sortie inférieur à 1 micro-ampère) *.

Le 11 août, un géophone a été installé sur la deuxième

* Observation F. BERG.

plateforme. Cette fois, les oscillations de l'aiguille du galvanomètre atteignaient 1,5 à 2 divisions d'échelle (15 à 20 micro-ampères) avec « sautes » occasionnelles jusque 9 divisions*.

La mission ne disposait pas d'un enregistreur adéquat. Le géophone a été laissé en place sur la plateforme inférieure et relié en permanence, par fils téléphoniques, à la plateforme supérieure.

Dès qu'un enregistreur adéquat, permettant de lire le 1/10 de seconde, sera disponible, il sera possible de le raccorder au géophone, à l'occasion d'une visite à la plateforme supérieure. Celle-ci ne nécessite pas l'organisation d'une véritable « expédition ».

Une deuxième mission aurait à s'équiper de séismographes portatifs plus sensibles, pour composantes horizontales et verticales. De tels instruments ont été développés en Allemagne et au Japon.

Dans le même ordre d'idée et en relation avec les observations de GORSHKOV, il est hautement désirable que l'équipement séismique de la station de Rumangabo soit complété de façon à permettre l'enregistrement des trois composantes et la mise en évidence des phases S.

RADIOACTIVITÉ.

Des mesures au compteur GEIGER-MÜLLER à tubes multiples n'ont montré que la radioactivité gamma normale à l'altitude de plus de 3.000 mètres. Les nombreuses fumerolles dégageant de la vapeur d'eau par les fissures de la plateforme supérieure ne montrent aucune radioactivité anormale. Cela confirme le fait qu'il ne s'agit que d'évaporation d'eau météorique qui s'infiltré par ces crevasses.

* Observation H. TAZIEFF.

Les mesures de radioactivité ne seront intéressantes que dans les fumerolles très chaudes à gaz combustible et sur les sublimés sulfureux ou sulfatés formés par celles-ci.

ÉCHANTILLONNAGE GÉOLOGIQUE.

Du point de vue scientifique, le résultat le plus important est probablement la récolte de laves récentes et anciennes qu'a permis la descente dans le cratère central.

Aidé par ses coéquipiers, M. MEYER a échantillonné la paroi du puits central, ainsi que la plateforme inférieure. Étant donné les circonstances, cet échantillonnage a dû être fait rapidement et n'est donc pas aussi complet que nous l'eussions désiré.

L'échantillonnage de la paroi, avec repérage à l'altimètre, permettra de dessiner la coupe complète du cône terminal. Les laves prélevées sont à l'étude. A première vue, elles ne diffèrent pas essentiellement des types déjà décrits [2, 9] et la kalsilite ($K Al Si O_4$) y semble abondante ⁽¹⁾.

La lave vive elle-même n'a pu être prélevée, pour les raisons indiquées plus haut. Mais la lave noire bulleuse et les « cheveux de Pélé » rejetés par le lac sur la plateforme inférieure représentent, à quelques années près, la lave actuelle du Nyiragongo.

Enrobées dans les « éclaboussures » de lave, des « bombes » quartzieuses jonchent la plateforme. Il s'agit de masses blanches poreuses formées essentiellement de quartz, enrobées dans un verre limpide, à aspect de quartz fondu. Au microscope, on décèle également du feldspath contenant de nombreuses aiguilles de sillimanite ou mullite. Il pourrait s'agir de granite partiellement fondu.

Or, on n'avait pas encore signalé d'enclaves acides, ni sur les pentes, ni dans le cratère du Nyiragongo, contraire-

⁽¹⁾ Communication de M. MEYER.

ment à ce qui est le cas pour le Nyamuragira. L'abondance de ces enclaves « non digérées » dans la lave actuelle pose un nouveau problème.

Tous ces matériaux nouveaux sont à l'étude, avec le concours du professeur SAHAMA.

PROGRAMMES POUR LES FUTURES MISSIONS.

L'expérience technique acquise et le matériel déjà éprouvé dont disposeront les futures missions faciliteront singulièrement l'exécution des programmes d'observation géophysique. Les problèmes les plus intéressants ont été déterminés. La connaissance des conditions d'observation permet de choisir à bon escient les instruments qui restent à acquérir et de prévoir le *timing* et le personnel qui donneront le meilleur rendement possible au travail d'équipe.

L'équipe devra être plus nombreuse et, outre les scientifiques, comprendre au moins deux hommes rompus aux techniques d'escalade. La sécurité et l'effcience sont à ce prix.

Au cours de la mission préliminaire, deux disciplines importantes ont dû être négligées : la gravimétrie et le nivellement. Elles sont en quelque sorte complémentaires. Un levé gravimétrique, complété par un nivellement précis, ne se conçoit qu'à l'échelle du Graben. Ce sera nécessairement une entreprise coûteuse, mais dont l'intérêt est réellement fondamental.

Une nouvelle mission interdisciplinaire devrait séjourner environ deux mois dans le cratère, quitte à organiser un roulement entre les observateurs. La mission gravimétrique serait évidemment de plus longue durée.

REMERCIEMENTS.

Au nom des membres de la mission, j'exprime notre vive reconnaissance à S. M. le roi LÉOPOLD, qui nous a

donné spontanément son appui et nous a aidé efficacement à surmonter les difficultés initiales. Il n'a cessé de s'intéresser personnellement au déroulement de la mission.

Nous remercions chaleureusement le Vice-Président et le Conseil d'Administration de l'I.R.S.A.C. et tout particulièrement son secrétaire général, M. L. SOYER, qui s'est dévoué sans compter à la réussite de nos projets.

Nous avons aussi une dette de reconnaissance envers le Gouvernement général du Congo, qui a consenti à ce que l'un de ses médecins fasse partie de notre équipe, ainsi qu'envers la Force aérienne, qui a transporté l'équipement de Bruxelles au Congo. La Force Publique nous a donné l'aide précieuse de l'excellent officier de commando qu'est le commandant TULPIN, à la tête de quelques soldats noirs d'élite. Sans eux, notre entreprise eût été tout simplement irréalisable. Un de nos plus beaux souvenirs reste le dévouement de nos amis noirs. Nous leur associons les hommes qui ont, sans le moindre incident, assuré le portage, malgré le froid, la pluie et la rudesse de la montée au sommet du volcan.

Nous avons particulièrement apprécié l'aide efficace du Service géologique du Congo belge, tant en matériel qu'en personnel.

Nos remerciements vont aussi à la Mission des Gaz Méthanes du lac Kivu, dont la station de Goma était notre base de départ, ainsi qu'à l'Institut des Parcs nationaux, qui nous accorda des permis de visite spéciaux.

Soulignons aussi la générosité de la firme CÉGÉDUR de Paris, qui nous a offert le métal léger pour la construction du treuil, ainsi que celle de la *Seismograph Service Limited* de Londres, qui a construit pour nous, à titre gracieux, des équipements sismiques portatifs.

Nous n'oublions pas le geste de la Compagnie Minière des Grands Lacs Africains, qui nous a donné un lot important de barres à mines, ni celui de l'Union Minière,

qui a mis à notre disposition des masques à oxygène, ni celui de l'Association des Industriels de Belgique, qui a fait les essais de notre treuil spécial.

Je ne saurais citer, à mon vif regret, tous les amis qui nous ont rendu service. Il est profondément réconfortant pour des chercheurs de susciter tant d'intérêt agissant et de générosité spontanée.

Le 19 décembre 1958.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] VERHOOGEN, J. : Les éruptions 1938-40 du volcan Nyamuragira (Institut des Parcs nationaux du Congo belge, F. 1, 1948, pp. 1-187).
- [2] MEYER, A. et SAHAMA, G. : Study of the Volcano Nyiragongo. A Progress Report (I.P.N.C.B., F. 2, 1958, pp. 1-85).
- [3] DENAEYER, M.-E. : Revision de la famille des Niligongites (C.R.Ac.Sc. 243, 1956, pp. 80-82).
- [4] VERHAEGHE, M.-A.-P. : Le volcan Mugogo (I.P.N.C.B., F. 3, 1958, pp. 1-29).
- [5] TAZIEFF, H. : L'éruption du volcan Gituro (Kivu, Congo belge) de mars à juillet 1948 (Service géol. du Congo belge, *Mém.* n° 1, 1951).
- [6] MEYER, A. : Le volcan Nyamuragira et son éruption de 1951-52 (*Bull. Inst. Roy. Col. Belge*, XXIV, f. 1, 1953, pp. 233-286).
- [7] TAZIEFF, H. : Première exploration du cratère du volcan Nyiragongo (*Bull. Soc. belge de Géol.*, T. LVIII, pp. 165-172).
- [8] QUEFFELEC, C. et TAZIEFF, H. : A propos du treuil utilisé par l'expédition de l'I.R.S.A.C. au volcan Nyiragongo (Congo belge) dans le cadre de l'Année Géophysique internationale (*Revue P.A.C.T.*, n° 6, Déc. 1958, pp. 428-433).
- [9] DENAEYER, M.-E. et TAZIEFF, H. : Nature de la lave actuelle et de quelques laves plus anciennes de la caldère du Nyiragongo (Kivu) (C.R.Ac.Sc. 244, 1957, pp. 218-221).
- [10] DENAEYER, M.-E. et HART, H. : Mission géologique de l'O.C.A. (1952) (*Mém.* in-8° de l'Inst. R. Col. belge, T. X, f. 4, 1954, pp. 1-228).
- [11] GORSHKOV, G.-S. : On some theoretical problems of volcanology (*Bulletin volcanologique*, Série II, T. XIX, 1958, pp. 103-113).
- [12] EVRARD, P., JONES, L. et MATHIEU, Ph. : Étude gravimétrique du Graben de l'Afrique Centrale. Établissement d'un réseau de base. (sous presse).

**L. Jones. — Considérations
sur le nivellement barométrique au Congo belge.**

INTRODUCTION

Voici un peu plus de deux ans que, rédigeant le texte de l'Instruction technique sur le nivellement barométrique au Congo belge [1] *, nous signalions l'existence, dans cette méthode, de certaines questions restées sans réponse, ce qui entraînait l'adoption de solutions hasardées, admises par nécessité.

Aujourd'hui, nous pouvons apporter quelque lumière sur l'une de ces questions : il s'agit de la nature des erreurs affectant le nivellement barométrique. Cela fera l'objet de la première partie de cette communication.

Par ailleurs, et ceci constituera la seconde partie de notre exposé, des articles parus dans des revues étrangères, des échanges de vue avec des utilisateurs du nivellement barométrique d'autres pays, nous ont conduit à comparer les diverses méthodes appliquées actuellement, en ce qu'elles ont de commun fondamentalement, en ce qu'elles diffèrent quant à leur caractère « productif ».

Enfin, et pour conclure, envisageant ce qui précède, et tenant compte des problèmes restant à résoudre, nous tracerons les grandes lignes d'un programme de recherches qui pourrait être réalisé au Congo belge dans le but d'asseoir, définitivement, une doctrine du nivellement barométrique en Afrique centrale.

* Les chiffres entre [] renvoient à la bibliographie *in fine*.

I. NATURE DES ERREURS AFFECTANT LE NIVELLEMENT BAROMÉTRIQUE.

Les erreurs affectant les résultats (nous disons bien les résultats c'est-à-dire les différences d'altitudes conclues, et non les mesures) d'un nivellement barométrique ont-elles un caractère accidentel, ou systématique, ou les deux à la fois ?

Telle est la question strictement limitée, à laquelle il convient de trouver la réponse, sous peine de ne pas savoir calculer des valeurs d'altitudes les plus probables (moyennes arithmétiques, compensation par les moindres carrés) et de ne pas pouvoir fixer, judicieusement, des limites de tolérance, qu'il s'agisse de projets ou de réalisations de levés altimétriques par nivellement barométrique.

Si cette question n'a jamais été abordée de front, à notre connaissance, c'est qu'il s'agit d'un problème qui ne présente pas la relative simplicité qu'il a dans les cas des méthodes topographiques courantes, par exemple celui du nivellement géométrique. Ici, les mesures sont métriques (lectures sur des mires) ; une équation d'observation, linéaire, de forme élémentaire, lie ces lectures pour fournir le résultat : une différence d'altitude. En nivellement barométrique, la différence d'altitude provient d'une équation (formule de LAPLACE) qui fait intervenir des mesures à l'altimètre (ou au baromètre), des mesures de température de l'air, d'humidité, de pression barométrique, toutes grandeurs de nature bien différente, essentiellement variables dans le temps et dans l'espace suivant des lois dont on ne connaît qu'une forme approchée. Une méthode toute théorique pourrait fournir l'erreur moyenne sur la différence d'altitude : il suffirait de différencier la formule de LAPLACE et d'appliquer ensuite la loi de composition quadratique des

écarts. On n'aurait pas, pour autant, serré la réalité de près. Que représenteraient notamment les diverses erreurs moyennes de mesure de pression, de température, etc. ? Ces erreurs moyennes représenteraient plus une précision instrumentale que la précision avec laquelle on prétendrait connaître l'élément, météorologique, mesuré.

On ne voit pas une solution purement mathématique du problème ; il faut se tourner vers les solutions expérimentales.

L'une de celles-ci nous a été procurée par les milliers de mesures de nivellement barométrique effectuées, durant 3 ans, sur les 62 degrés carrés de la Cuvette congolaise. Nous dirons tout d'abord que cette vaste expérience ne peut prétendre donner la solution que nous cherchons car, tel n'étant pas son but, son programme n'avait pas été conçu en fonction d'un tel but. Mais le nombre considérable des mesures faites nous a permis d'aborder le problème de la nature des erreurs du nivellement barométrique et d'émettre une hypothèse vraisemblable à ce sujet.

Dans ce qui suit, nous nous bornerons à synthétiser ce qui figurera *in extenso* dans la deuxième partie de la Série géodésie et géophysique des Mémoires consacrés aux résultats scientifiques des Missions du Syndicat pour l'Étude géologique et minière de la Cuvette congolaise [2].

L'examen des résultats du nivellement barométrique dans la Cuvette a porté sur deux de leurs aspects. Le premier est celui des différences d'altitudes telles qu'elles furent obtenues par calcul à partir de la formule de LAPLACE [1, page 33] : il était ainsi possible d'étudier *a priori* la distribution des résultats. Le deuxième aspect est celui de la compensation par les moindres carrés du réseau formé par les polygonales de nivellement barométrique : ainsi pouvait-on examiner *a posteriori*

le bien-fondé de l'application de cette méthode de compensation.

L'ensemble des circuits levés dans la Cuvette congolaise se présente sous la forme d'un réseau de 110 mailles contiguës fermées, dont 37 forment un groupe nord (sensiblement au nord du parallèle d'Inongo) relié par trois jonctions aux 73 mailles du groupe sud. Le groupe sud a été mesuré dans de bien meilleures conditions que le groupe nord. Des antennes sont branchées sur ce réseau.

L'étude *a priori* a porté principalement sur les résultats de réitérations des mesures, dans le groupe sud, de couples de stations ; réitérations faites avec altimètres de même type ou de types différents.

Les graphiques de fréquence établis font apparaître une répartition accidentelle des erreurs de mesures, avec une concentration des résultats correspondant à une erreur probable de $\pm 2,5$ m (ou une e-m-q de ± 4 m). Par ailleurs, il apparaît une indépendance des résultats vis-à-vis de l'instrument utilisé.

Accessoirement, si l'on examine les erreurs de fermeture brute des 110 mailles du réseau, on constate, tant pour le groupe nord que pour le groupe sud, un bon équilibre entre les nombres de fermetures négatives et positives. Les fermetures moyennes, tant nord que sud, sont bien concentrées et d'un ordre de grandeur en rapport avec les conditions de levé : bonnes au sud (— 8 m ; + 8,5 m), beaucoup moins bonnes au nord (— 21 m ; + 20,5 m).

Examinons d'autre part les résultats de la compensation, qui pouvait être réalisée par les moindres carrés puisque l'étude *a priori* concluait à la possibilité du caractère accidentel des erreurs entachant les résultats du nivellement barométrique. Nous limitant au groupe sud, pour la raison dite plus haut, nous signalerons

d'abord la valeur de l'erreur moyenne de l'unité de poids : elle est de ± 5 m.

Il est à noter que cette erreur moyenne (± 5 m) s'applique à un tronçon entre nœuds du réseau ; ce tronçon est constitué d'un nombre plus ou moins grand de différences de niveaux partielles de station à station, pour lesquelles l'étude *a priori* concluait à une e-m-q de 4 m. Retenant cette confrontation pour plus tard, nous signalerons par ailleurs le résultat tiré de la comparaison des altitudes barométriques avec les altitudes du nivellement trigonométrique de 15 sommets de la triangulation du Kasai [3], dans laquelle a été choisi le repère fondamental du nivellement de la Cuvette. Considérant les altitudes trigonométriques comme des vraies valeurs, on calcule une erreur moyenne pour les altitudes barométriques qui vaut ± 5 m. De cet ensemble de faits nous dégageons une hypothèse : la précision d'un nivellement barométrique aurait un caractère d'unicité ; nous entendons par là que la précision des différences d'altitudes calculées définirait du même coup la précision des altitudes conclues ou compensées.

En d'autres termes, la propagation des erreurs ne se ferait pas selon une loi quadratique, fonction de la distance par exemple comme le prétend l'I.G.C.B. [4, page 6] qui en donne, sans la justifier, la forme $2 \sqrt{D_{km}/10}$ *. Nous reconnaissons que cette hypothèse a quelque chose de déconcertant ; mais nous soupçonnons son existence également dans les nivellements géométriques de haute précision actuellement en cours en Belgique.

Pour clôturer l'examen de la compensation du réseau de nivellement barométrique de la Cuvette, il nous reste à mentionner les résultats obtenus par notre collègue de l'I.G.M., M. CHEVALIER, à qui nous avons demandé

* Unité : le mètre.

D_{km} : longueur du cheminement, en kilomètres.

d'étudier le caractère des erreurs, à partir des résultats de la compensation [2, Annexe 2]. Il existe un critère, faisant intervenir les résidus de la compensation, dont la valeur 1, ou proche, représente une condition nécessaire, mais non forcément suffisante, qui permet de conclure à l'absence d'erreur systématique. Ce critère, pour le groupe sud, est vérifié par le nombre 0,9921. Par ailleurs, M. CHEVALIER a appliqué la méthode de la droite de HENRI, qui confirme le caractère accidentel des erreurs.

Voilà les renseignements relatifs aux erreurs en nivellement barométrique que nous apporte le vaste levé altimétrique dans la Cuvette congolaise dont le but était, rappelons-le, pratique et non expérimental. Nous les résumerons comme suit : les erreurs affectant les résultats d'un nivellement barométrique auraient un caractère accidentel ; leur propagation le long des polygones nivelées ne suivrait pas une loi quadratique.

II. COMPARAISON DES DIVERSES MÉTHODES DE NIVELLEMENT BAROMÉTRIQUE.

C'est par un souci de synthèse, donc par un souci de voir clair, que nous avons proposé dans l'*Instruction technique* [1], de classer les méthodes de nivellement barométrique en deux seules catégories :

la méthode par observations simultanées, dans laquelle toutes les observations sont faites, en même temps, en chaque station ;

la méthode par observations itinérantes, dans laquelle les observations faites en chaque station s'échelonnent dans le temps. A la correction de marée barométrique près, cette méthode ne diffère d'ailleurs pas, dans son principe, de la précédente.

Les méthodes de nivellement barométrique dont on parle le plus ces dernières années sont dénommées :

Single base method (méthode de la base unique) ;
Two-base » (» des 2 bases) ;
Leap-frog » (» du saute-mouton) ;

Chronologiquement, ces méthodes sont apparues successivement. Et nous ne serions pas étonnés d'en voir surgir d'autres encore : il n'y a pas de raison de s'arrêter. Malheureusement, cela risque d'embrouiller les idées des utilisateurs de nivellement barométrique (géologues, géographes, naturalistes...) qui ne demandent qu'un outil de travail ; le nivellement barométrique est pour eux un accessoire, un moyen, dont ils escomptent des résultats précis et sûrs.

Nous voudrions rassurer, le cas échéant, ceux que pourrait effrayer la multiplicité des méthodes de nivellement barométrique, en montrant ce que ces méthodes ont de commun, fondamentalement, et comment il y a lieu de considérer les détails qui les différencient afin de choisir la méthode la plus productive.

Rappelons d'abord très sommairement en quoi consiste chacune des méthodes énumérées ci-dessus [5] :

Dans la *single base method* un observateur lit, de façon continue, à la station-base : altimètre, thermomètre et montre pendant tout le temps que l'observateur itinérant met à parcourir son circuit avec son (ou ses) altimètres, étalonnés sur ceux de la base. L'exploitation des mesures conduit au calcul des différences d'altitudes rapportées, toujours, à la *station-base*.

En fait ce n'est rien d'autre qu'une méthode d'observations simultanées.

Dans la *Two-base method* (ou *three-base...*) le procédé est identique, mais il existe 2, 3... *stations-bases*.

Ici encore, il s'agit d'observations simultanées, avec la simplification intéressante qu'il ne faut pas se préoccuper de la correction de température.

Enfin, dans la *Leap-frog method*, chaque station est

alternativement station itinérante, et station base pour la station itinérante suivante. C'est la *single-base method* qui se déplace sur le terrain.

Encore une fois, il s'agit d'observations simultanées.

Quant à notre méthode des observations itinérantes, si on voulait la comparer aux trois méthodes précédentes, on pourrait dire qu'elle est une forme camouflée de *leap-frog* grâce à l'artifice du calcul qui permet, à l'aide de l'enregistrement de la marée barométrique en un seul poste-base, de ramener les observations en toute station à l'heure à laquelle se sont faites les observations à la station précédente.

Donc, dans leur principe, toutes ces méthodes sont identiques : il s'agit d'observations simultanées, ou pseudo-simultanées.

Comme nous adoptons ici le point de vue de l'examen de méthodes de nivellement barométrique ayant un rendement quantitatif *optimum*, nous n'envisageons que l'utilisation d'altimètres dont la rapidité de mise en œuvre dépasse largement celle des baromètres. Dès lors nous devons reconnaître que les méthodes base-simple, base double (base multiple) sont handicapées par le fait que les observations à l'altimètre de la base, qui reste immobile, ne représentent pas toujours fidèlement les variations de la pression atmosphérique. Ce défaut possible de précision est moins important dans la *leap frog method*. Il est inexistant dans la méthode des observations itinérantes.

Par ailleurs, les méthodes base simple, double (multiple) sont limitées dans l'espace. Cela est dû au fait que les différences d'altitudes sont, toutes, rapportées à la ou aux bases.

Cet inconvénient n'existe pas pour la *leap-frog method* ; pour les observations itinérantes, cet inconvénient existe dans la mesure où l'on ne dispose pas d'assez d'instruments pour équiper plusieurs stations-bases d'enregistrement de la marée.

Quant à l'aspect de la productivité de chaque méthode, nous constaterons : la *leap-frog method* exige le plus de personnel, de matériel et de charroi : 2 équipes, 2 véhicules, et, pour être rentable au maximum, 2 postes radio (*walkie-talkie*) ; les *single-base, two-base... methods* exigent l'équipe supplémentaire de la ou des bases. La méthode des observations itinérantes est certainement la plus économique et celle qui permet le levé du plus grand nombre de stations par jour.

Nous ferons enfin remarquer que les méthodes *single, two-base, leap-frog* ont été imaginées, pensons-nous, parce qu'il s'agissait de faire du nivellement barométrique dans des régions non équatoriales, où la contingence des variations de pression barométrique se présente sous une forme qui n'est pas celle, favorable (régularité de la marée barométrique), propre aux régions équatoriales.

Nous avons été amenés à concevoir la méthode des observations itinérantes, qui n'a rien d'original dans son principe, parce qu'elle est économique, qu'elle a un grand rayon d'action, un grand rendement quantitatif, et qu'elle utilise au maximum la propriété de régularité de la marée barométrique en Afrique centrale. Sa précision interne, et la précision absolue des résultats peuvent être grandes pour autant que l'on respecte certaines conditions [1]. Elle présente un inconvénient : le temps qu'exigent le dépouillement des barogrammes et leur exploitation. Nous sommes convaincus que c'est la forme de nivellement barométrique qui s'indique en Afrique centrale, mais il faudrait la soumettre, une fois pour toutes, à une étude expérimentale systématique. Cette opinion nous amène à conclure.

III. CONCLUSION.

Nous l'avons dit plus haut : jusqu'à nouvel ordre, le nivellement barométrique repose uniquement sur la

formule de LAPLACE. Celle-ci n'est qu'une solution, la moins mauvaise, d'un problème où interviennent des éléments météorologiques essentiellement variables dans le temps et dans l'espace. Toute recherche purement mathématique, de bureau, dans le but de connaître les éléments de la précision des résultats, d'augmenter cette précision, et, surtout, de garantir la sécurité des résultats, est illusoire. Seules des recherches expérimentales peuvent permettre d'atteindre ce but. C'est dans ce sens que l'on travaille dans d'autres pays : en Amérique [6], en Australie [7].

Une pareille recherche pourrait être entreprise utilement au Congo belge et au Ruanda-Urundi. Son but serait de déterminer les valeurs, suivant les régions, du rayon K d'efficacité des postes-bases enregistrant la marée barométrique ; de vérifier les hypothèses que nous avons présentées ici au sujet du caractère accidentel des erreurs affectant les résultats et de la loi de propagation de ces erreurs ; de déterminer les meilleurs types d'instruments à utiliser notamment pour l'enregistrement de la marée barométrique. Une campagne de quelques mois suffirait, durant laquelle deux bons observateurs exécuteraient ponctuellement un programme de levé préalablement établi dans tous ses détails. Il serait ainsi possible de codifier définitivement une méthode de nivellement barométrique ; au demeurant les déterminations altimétriques réalisées seraient toujours utiles à des fins pratiques.

Malgré que les réseaux congolais de nivellement trigonométrique et, depuis peu, géométrique, s'étendent, il ne faudrait pas négliger pour autant l'appoint de réseaux de nivellement barométrique qui sont de loin plus économiques et d'exécution plus rapide. Si l'on espère établir une cartographie du Congo dans des délais raisonnables, et si l'on veut être réaliste, c'est

encore au nivellement barométrique qu'il faudra faire appel pour appuyer l'altimétrie de la carte.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] JONES, L. : Instruction technique sur le nivellement barométrique au Congo belge (*Mém. in-8° de l'A.R.S.C., N. S., T. VII, fasc. 4*).
- [2] JONES, L., MATHIEU, P.-L., STRENGER, H. : Déterminations altimétriques (Résultats scientifiques des missions du Syndicat pour l'étude géologique et minière de la Cuvette congolaise et travaux connexes... A paraître dans les *Annales du Musée royal du Congo belge, Série in-8° Sciences géologiques*).
- [3] I.G.C.B. : Triangulation du Kasai (1953).
Triangulation du Kasai (1954).
- [4] I.G.C.B. : Aperçu sur le canevas général altimétrique du Congo belge (1956).
- [5] HAMILTON, BIDDLE, SPARKS : Surveying aneroids : Their Use and Limitations (*The Geographical Journal, Vol. CXXIII, Part 4, Dec. 1957, pp. 481-498*).
- [6] CRAVAT, H.-R. (C. G. S.) : Nivellement barométrique leap-frog (*Revue hydrographique internationale, vol. XXXV, n° 1, Mai 1958, pp.24-27*).
- [7] DESMOND O'CONNOR : Australian investigations in precise altimetry (*Surveying and Mapping, April-June 1958*).

30 janvier 1959.

**A. Lederer. — Utilisation du radar
à bord des unités fluviales congolaises.**

Le 13 mai 1949, pour la première fois au Congo, un bateau fluvial était équipé d'un radar.

C'était le m/b *Général Olsen*, courrier à moteurs Diesel, mis en ligne par l'OTRACO une année auparavant.

Dans le courant de l'année 1949, les trois cargos de 800 t, les s/w *Chaltin*, *Capitaine Hanssens* et *Baron Jacques*, furent aussi dotés d'un radar.

Les premiers équipements mis en service étaient du type marin. Mal adaptés à la navigation fluviale, ils rendirent cependant, déjà à l'époque, de grands services.

Citons notamment qu'en janvier 1950, le m/b *Général Olsen* accomplit le trajet Léopoldville-Coquilhatville en 47 heures, grâce à son radar, alors que l'horaire normal, à ce moment, était de plus ou moins cinq jours, soit 120 heures environ. Rappelons qu'il n'y avait pas encore au Congo de balisage à la peinture réfléchissante, que les bateaux fluviaux étaient équipés d'un seul phare de 1.000 Watts (actuellement, ils sont pourvus de deux phares de 2.000 Watts) et que l'horaire était établi pour des bateaux utilisant le bois comme combustible, ce qui impliquait l'obligation de s'approvisionner chaque soir dans un des nombreux postes à bois établis le long de la rive. Le m/b *Général Olsen* était le premier grand bateau fluvial congolais propulsé par moteurs Diesel et était donc libéré de cette sujétion.

Le moteur Diesel et le radar, installés simultanément sur un même bateau, permettaient, pour la première fois, de naviguer sur le fleuve Congo 24 heures sur 24 et cela, avec grande sécurité.

Les quatre premiers radars installés étaient de deux types différents, afin d'établir une comparaison. Les portées visibles sur l'écran d'un type étaient 1, 2, 4 et 8 miles et pour l'autre type, elles variaient de 1,5 mile à 40 miles. L'un et l'autre étaient du type marin et ne donnaient pas une définition très grande de l'image. En outre, le point central représentant la position du bateau était beaucoup trop gros et correspondait à un rayon de près de 100 mètres. Ceci empêchait de déterminer avec précision la position du bateau par rapport aux objets rapprochés et diminuait la sécurité de navigation.

Au début, une éducation du personnel fut nécessaire ; il fallait inculquer l'idée que le radar est une aide à la navigation et non un moyen exclusif de diriger le bateau qui en était équipé.

Le radar devait permettre de repérer avec plus de certitude la position sur la carte de navigation et faciliter ainsi, dans la nuit, la recherche au phare des signaux de balisage, des bouées et des repères de navigation. Il permettait également, par temps de brouillard, de continuer la route avec prudence et, éventuellement, de mouiller le convoi en un lieu sûr, à l'approche d'une passe difficile.

Pour éviter d'être mis au dépourvu devant une situation délicate, le conducteur du bateau devait faire fonctionner le radar en permanence de façon à pouvoir interpréter, à tous moments, les détails de l'image apparaissant sur l'écran. Il est trop tard de mettre le radar en service lorsqu'on est en difficulté, car il faut environ 45 secondes avant que l'image ne se forme sur l'écran. De plus, les risques d'erreur d'interprétation existent réellement lorsque, au dépourvu, on doit rapidement déterminer la situation et prendre une décision.

Le personnel s'habitua bien vite à l'utilisation du radar et apprécia d'ailleurs en peu de temps, à sa juste valeur, les services qu'il fallait en attendre.

Un entraînement fut nécessaire pour comparer ce qui est visible sur l'écran radar avec la carte de navigation.

Afin de faciliter la tâche des navigateurs, l'OTRACO a dressé, pour certaines passes difficiles, une carte radar, constituée par une mosaïque de photographies successives de l'image apparaissant à l'écran.

En superposition, on y a dessiné la route de navigation et la représentation des repères de balisage (*Fig. 1 et 2*).

Le radar permet non seulement de suivre la route de navigation, mais encore de détecter à distance, les tornades.

En effet, lorsque le réglage est effectué de façon à obtenir une grande portée visible, les fortes pluies apparaissent sur l'écran sous la forme d'une tache floue.

En peu de temps, la construction du radar se perfectionna de façon à l'adapter à la navigation fluviale. La discrimination de l'image fut fortement poussée en réduisant la longueur utilisée de 12 cm à 3 cm. La fréquence des impulsions émises passa de 0,4 μ sec à 0,1 μ sec.

L'antenne émettrice fut séparée de l'antenne réceptrice. La vitesse de rotation de l'antenne, à l'origine, de 10 t/min, fut portée à 24 t/min, ce qui était nécessaire, vu la proximité des obstacles et la vitesse des bateaux avalants.

La construction des appareils devint plus robuste et les pannes moins fréquentes.

Le point central de l'écran donnant la position du bateau fut ramené à des dimensions plus modestes permettant de repérer un objet situé à une distance de 18 mètres du navire.

Le choix des échelles de portée de 1 à 25 miles et du diamètre de l'écran, 12 pouces, fut adapté à la navigation fluviale ; pour apprécier la distance d'un obstacle, il devint possible de faire apparaître, à volonté, des cercles de distance sur l'écran.

Un indicateur de giration précis fut mis au point ;

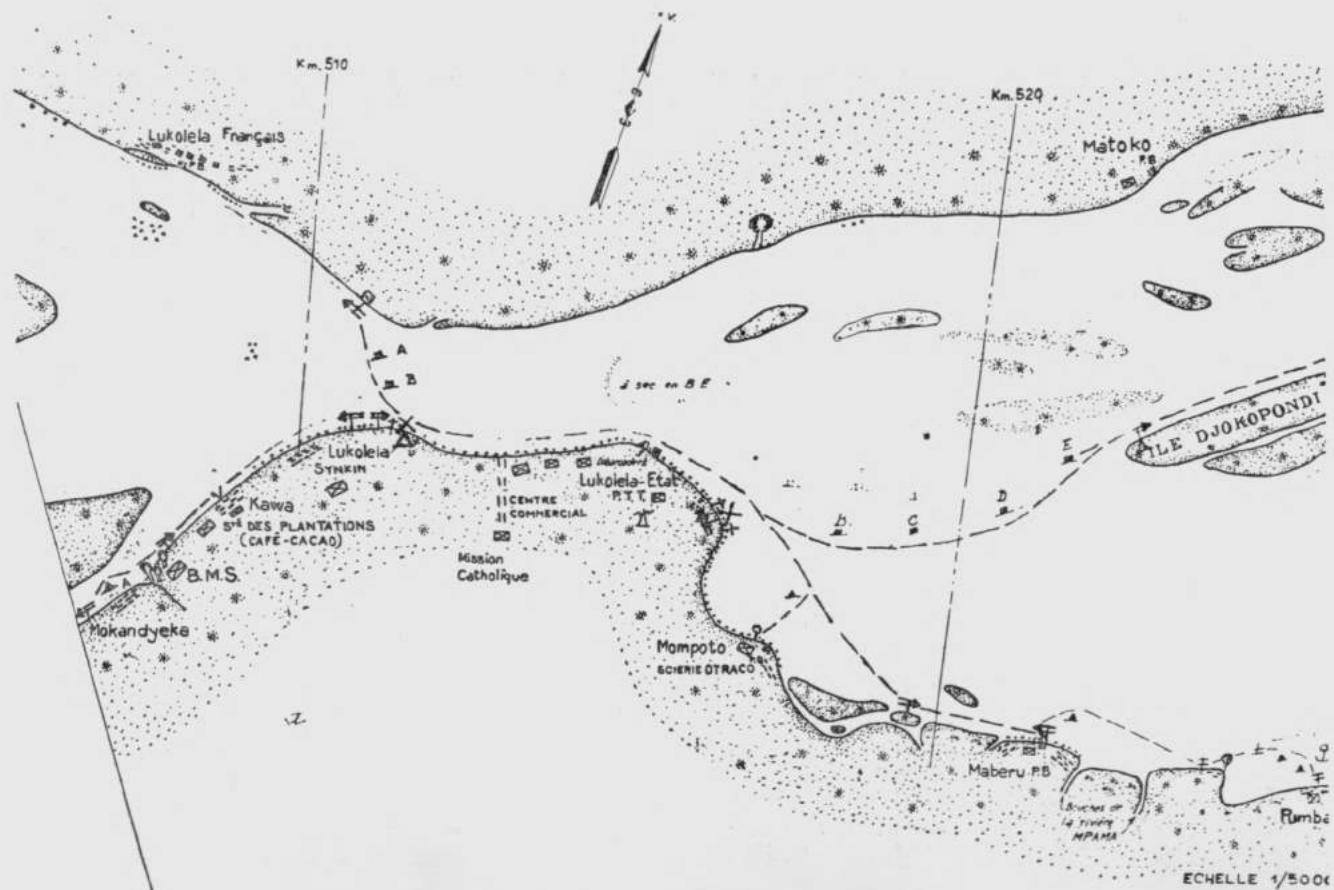


FIG. 1. — Carte de navigation de la région de Lukolela.

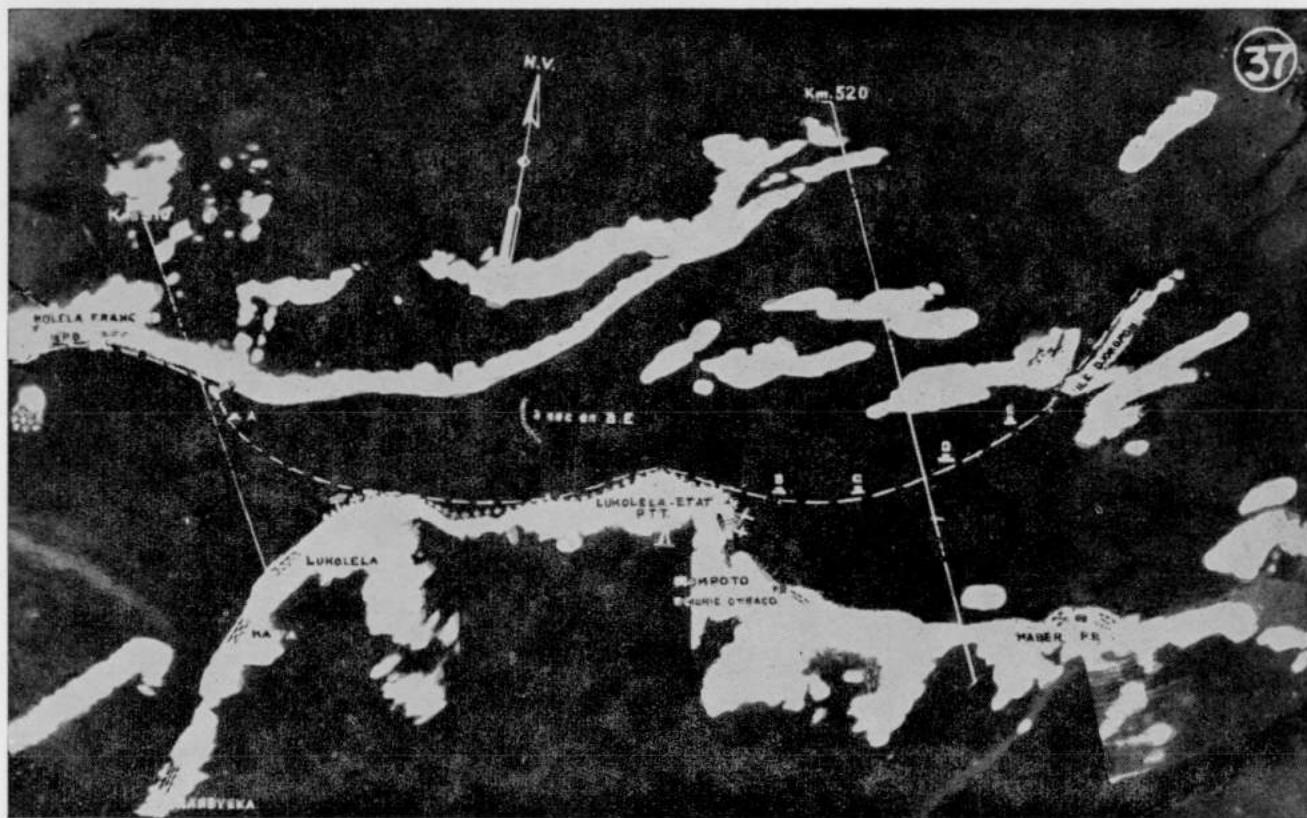


FIG. 2. — Carte radar de la région de Lukolela.

ce perfectionnement, estimé indispensable pour naviguer au radar sur le Rhin, n'a pas été jugé nécessaire au Congo, car le trafic y est moins dense et la largeur du chenal de navigation suffisamment vaste.

Enfin, un dispositif de réglage spécial permet de faire varier l'intensité de l'image sur l'écran. Cette amélioration est précieuse lorsqu'on navigue dans des eaux encombrées de plantes, telles les jacinthes d'eau (*Eichhornia crassipes*). Lorsque l'intensité de l'image est trop forte, il n'y a plus moyen de discriminer les bouées des plantes. Cependant, même dans ce cas, le radar est encore utile, car il permet de situer la position du bateau par rapport aux rives, ce qui facilite grandement la recherche des signaux et des balises.

Aussi, à partir de 1951, date de la mise en ligne par l'OTRACO du premier remorqueur à moteur Diesel de 1.000 CV, tous les nouveaux remorqueurs et *integrated tow-boats* du fleuve et du Kasai furent équipés de radar. La progression de son utilisation dans la flotte de l'OTRACO est relevée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1.

Années	Radars en service
1949	4
1951	5
1952	6
1953	18
1956	24
1957	26

En 1959, trois nouveaux radars équiperont des remorqueurs à roues et à moteurs Diesel. Ces remorqueurs étaient propulsés à l'origine par une machine à vapeur de 850 CVI. Actuellement, ils sont en cours de transformation et la machine d'origine est remplacée par deux moteurs Diesel développant chacun 500 CVE.

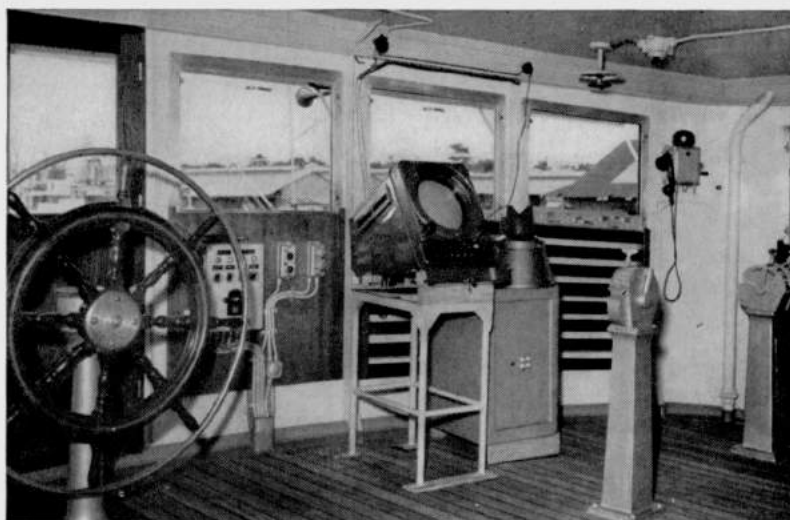


FIG. 3. — Passerelle de commandement d'un remorqueur de 1.000 CV. L'écran radar est monté sur une table métallique.

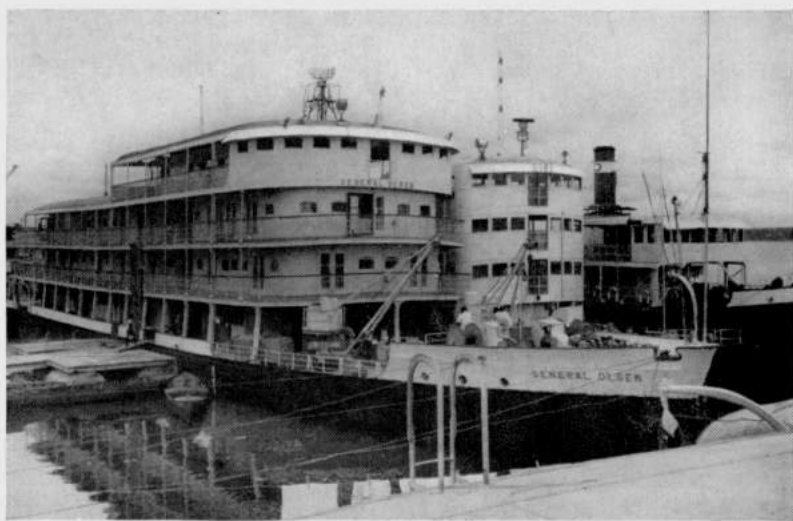


FIG. 4. — Le m/b *Général Olsen* équipé d'un radar avec une antenne émettrice-réceptrice; le radar du m/b *Kiri* est pourvu de deux antennes, une pour la réception, une pour l'émission, montée sur une armature unique

Ces modifications ont été entreprises dans le cadre du programme d'amélioration du rendement de la flotte de l'OTRACO.

La rotation du matériel fluvial congolais fut heureusement influencée grâce à cinq mesures commentées ci-dessous :

1) Propulsion par moteurs Diesel au lieu de machines à vapeur avec chaudières chauffées au bois. Cette décision permet d'éviter l'approvisionnement journalier en combustible, car dorénavant les unités quitteront Léopoldville avec le gasoil nécessaire au voyage aller et retour ;

2) Balisage avec des signaux recouverts de peinture réfléchissante. L'utilisation de la peinture « scotchlite » permet d'apercevoir de la passerelle de commandement les signaux dès qu'ils sont balayés par le faisceau lumineux d'un projecteur ;

3) Adoption de la remorque en poussée. Avec cette méthode de navigation, le capitaine du pousseur est maître de la direction de tout le convoi. La sécurité de celui-ci ne risque plus d'être compromise par les embarquées des barges de la traîne provoquées par les coups de barre malheureux dus à l'inattention des bateliers ;

4) L'équipement des grandes unités comporte deux phares de 2.000 Watts au lieu d'un seul de 1.000 Watts. A la puissance lumineuse accrue correspond une augmentation de portée corrélative. La navigation au moyen de deux phares est plus aisée et plus sûre qu'avec un seul. En effet, le signal vers lequel on se dirige est maintenu en permanence dans le faisceau lumineux d'un phare. Le second sert à rechercher le signal suivant. Lorsqu'il n'est pas utilisé à cet effet, et qu'on suit une rive, son faisceau lumineux est dirigé vers celle-ci perpendiculairement à la route de navigation. De cette

façon, d'un simple coup d'œil, le barreur contrôle s'il reste à une distance de la rive compatible avec la sécurité de marche du bateau ou du convoi poussé ;

5) Équipement de radar des grandes unités. Ceci permet de repérer facilement la position du bateau sur la carte et de déterminer la direction dans laquelle des signaux de navigation doivent être recherchés.

Le radar permet la navigation dans le brouillard, lorsqu'il n'est pas trop dense, et la détection, à distance, des tornades.

Ces cinq mesures ont permis la navigation ininterrompue sur le Congo, entre Léopoldville et Stanleyville, et sur le Kasai, jusqu'à Port-Francqui. Il en résulta une réduction de 40 % de la durée des voyages, ainsi qu'il ressort du tableau ci-dessous.

Tableau 2.

Parcours	Durée du voyage en jours			
	Remorqueurs (marchandises)		Courriers (passagers)	
	1950	1955	1950	1955
Léopoldville Stanleyville	21	12	11	7
Stanleyville Léopoldville	13	7	8	5
Léopoldville Port Francqui	17	8	8	5
Port Francqui Léopoldville	8	6	5	3

Aux États-Unis d'Amérique, on a fait les premiers essais de navigation fluviale à l'aide de radars à partir de l'année 1946.

L'intérêt de cette installation apparaît évident et c'est au mois de mars 1947 qu'un premier radar pour

bateaux d'intérieur fut vendu et installé à bord du m/b *Cherokee*, du Corps of Engineers. En septembre 1947, ce radar fut transféré sur le bateau patrouilleur *Surveyor* qui convenait mieux pour le service de surveillance de l'Ohio.

A partir de cette époque, l'utilisation du radar sur les bateaux parcourant le Mississippi et l'Ohio se généralisa très rapidement. La progression de leur nombre en service jusqu'en 1952, est donnée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 3.

Novembre 1946	1 radar
Juin 1947	12 radars
Octobre 1948	44 radars
Mars 1950	85 radars
Juin 1952	154 radars

De ce côté de l'Océan Atlantique, en introduisant le radar dans la flotte fluviale congolaise dès 1949, l'OTRACO a fait figure de précurseur.

En effet, c'est seulement en 1951 qu'une expérience fut tentée sur le Rhin, à bord du remorqueur *Chargue-raud*, du service de la navigation du Rhin à Strasbourg.

Le premier radar utilisé était du type maritime et il s'avéra rapidement que la mise au point d'un radar fluvial était une nécessité impérieuse pour naviguer avec sécurité dans des eaux resserrées à trafic intense.

Il fallut attendre 1955 pour équiper cinq automoteurs, un de chacun des pays rhénans (Suisse, France, Pays-Bas, Allemagne et Belgique), d'un radar mis au point pour la navigation fluviale.

Ces expériences furent concluantes et, dès 1956, une trentaine de bateaux rhénans étaient équipés de cet appareil ; en 1957, il y en avait 70 et fin 1958, ils étaient au nombre de 120 pour le Rhin et 12 seulement pour les autres fleuves européens.

La répartition des bateaux équipés de radar est reprise dans le tableau IV.

Tableau 4.

Suisse	19
Allemagne	36
Hollande	50
Belgique	4
France	23

Pour ce dernier pays, on en compte 18 sur le Rhin, 3 sur la Seine, 1 sur la Gironde et 1 sur le Rhône.

Notons encore que des essais de radar ont été entrepris seulement en 1955 sur le Pô, en 1957 sur le Danube et en 1958 sur la Seine.

Les essais sur la Seine ont rendu possible la navigation continue de nuit, de l'embouchure à Paris, en associant le radar à un balisage des piles de pont.

Les essais sur le Rhône permettent de conclure que la navigation au radar sera possible à la montée, à condition de prévoir un balisage des piles de pont, d'une part, et un balisage de navigation, d'autre part.

Sur le Rhin, le balisage des piles de pont est en cours.

Les conditions de navigation au radar sur le Pô et le Danube sont jugées trop différentes de celles du Rhin, de la Seine et du Rhône pour qu'une comparaison directe puisse conduire à des conclusions valables.

La flotte congolaise de l'OTRACO, avec ses 26 radars, se compare très avantageusement aux flottes européennes, surtout lorsqu'on prend en considération l'intensité du trafic et le nombre d'unités en ligne.

On peut se demander s'il est justifié d'équiper de radar les unités fluviales et si l'on n'a pas étendu exagérément l'utilisation de cet auxiliaire de navigation dans la flotte congolaise.

Rappelons qu'en 1949, le prix d'achat d'un radar était de 800.000 F, qu'il était descendu à 230.000 F envi-

ron à partir de 1952 et qu'il se situe actuellement à 270.000 F ; l'incidence de cet équipement sur le coût de bateaux fluviaux, dont la valeur totale s'élève à plusieurs dizaines de millions de francs est minime. Encore, pour les pousseurs et les *integrated-tow-boats*, il faut également prendre en considération la valeur des barges, car c'est la rotation de l'ensemble du convoi qui est améliorée par l'utilisation du radar. Nous savons que les mesures prises pour accélérer la rotation du matériel fluvial sur le fleuve Congo et le Kasai ont permis une réduction des horaires de voyage de 40 %. Il est évidemment impossible de dissocier la part de chacune d'entre elles dans ce gain ; cela dépend des circonstances de navigation, variables d'un voyage à l'autre. Il faut considérer que l'ensemble des mesures adoptées forme un tout qui ne peut être séparé.

La valeur d'un radar représentant au plus 1 % du coût des unités ou des convois qui en bénéficient, il est permis de conclure qu'il s'agit d'une dépense nullement exagérée pour les grandes unités des lignes du Congo et du Kasai, eu égard aux services rendus, qui se traduisent par une économie de matériel fluvial.

Les unités d'affluent n'ont pas été dotées de cet équipement. En effet, la largeur des affluents est moindre que celle du Congo et du Kasai. La plupart du temps, les deux rives sont visibles de la passerelle et le capitaine ne doit pas chercher sa route dans un dédale d'îles ; la recherche des signaux indiquant la route de navigation ne présente pas les mêmes difficultés que sur les grandes artères. En outre, sur les affluents, il y a peu de bouées et le trafic y est beaucoup moins dense.

Pour toutes ces raisons, le bénéfice à espérer de l'utilisation du radar sur les bateaux d'affluent est douteux. Son installation sur ces unités ne se justifie pas, car, déjà actuellement, on navigue jour et nuit, en sécurité, sur la plupart des affluents.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] DIVOIRE, E. : Le radar au service de la navigation fluviale au Congo (*I.R.C.B., Bulletin des Séances*, Tome XXI, 1950, 2, pp. 503-511).
- [2] FERRATON, J. : Le Radar, sur le Rhin, est entré dans le domaine des applications pratiques (*Revue de la Navigation intérieure et rhénane*, Strasbourg, 25 novembre 1955, pp. 734-738).
- [3] CHARDOME, P., et LEDERER, A. : L'exploitation et la construction des bateaux coloniaux (3^me Congrès international des Ingénieurs navals, Bruxelles, 9 juin 1955, pp. 104-148).
- [4] GRISWOLD, W. R. and ISBISTER, Eric-J. : Radar in restricted waters (*The Dock and Harbour Authority*, London, n° 234, vol. XXV, juin 1949).
- [5] BIDGOOD, C. Lt Col. : Radar in Inland waterways (*Waterways*, Pittsburgh, Vol. 6, n° 3 et 4, décembre 1952 et janvier 1953).
- [6] Le développement de la navigation fluviale au radar (*Revue de la Navigation intérieure et rhénane*, Strasbourg, 10 janvier 1959, pp. 15-16).

30 janvier 1959.

J. Lamoën. — Présentation d'un mémoire, intitulé :

**« Incidence des déblais rocheux
dans l'aménagement hydroélectrique d'Inga ».**

Dans le cadre des études relatives à l'aménagement hydroélectrique du site d'Inga, un arrêté royal en date du 4 décembre 1957, a créé l'Institut national d'Études pour le Développement du Bas-Congo.

En vertu de l'article 13 de cet arrêté, cet organisme a pour premier objet d'étudier — en faisant éventuellement appel à des institutions publiques ou privées spécialisées — l'ensemble de l'équipement hydroélectrique du site, y compris l'infrastructure nécessaire.

Lors des délibérations du Comité des Experts, institué en 1957 par M. le ministre des Colonies A. BUISSERET et présidé par M. le professeur F. CAMPUS, il était apparu certaines divergences de vues en ce qui concerne les prix unitaires d'exécution de déblais rocheux à ciel ouvert et en souterrain.

La quote-part de ces travaux dans le coût direct de l'aménagement de première étape (vallée VAN DEUREN : environ 800.000 kW garantis au départ de la centrale) dépassant 20 %, l'Institut a estimé nécessaire de faire mettre au point cette question par un Comité de spécialistes, qu'il installa en mai 1958, et auquel il confia au surplus la mission de rechercher les méthodes de travail les plus modernes pouvant convenir aux excavations rocheuses à Inga.

Ce Comité, dénommé « Comité des Déblais rocheux », a réuni les personnalités suivantes :

M. P. DEMART, professeur à l'Université libre de Bruxelles ;

M. L. BRISON, professeur à la Faculté polytechnique du Hainaut, à Mons ;

M. A. DOYEN, ingénieur en chef-directeur des Ponts et Chaussées au Ministère des Travaux publics et de la Reconstruction.

Dans le cours de ses études, ce groupe de travail a visité diverses installations hydroélectriques présentant un intérêt particulier dans le cadre de la mission impartie, et notamment en Suisse, en Suède, en Espagne et en France, tandis que l'un des membres faisait un bref séjour à Inga.

Du rapport de ses travaux ont été extraits les éléments permettant d'établir le coût moyen le plus probable auquel il paraît raisonnable de s'attendre à Inga pour le creusement de *tunnels*. Ce coût varie en fonction inverse de la section, suivant une loi de la forme

$$P = P_0 \left(\frac{10}{S} \right)^{0,290} .$$

P = prix en F. B. par m³ de déblai.

S = section en m² du *tunnel*.

P₀ = prix en m³ lorsque S = 10 m².

A titre d'indication et en se basant sur 20 % de frais généraux de chantier et 15 % pour bénéfice et frais généraux de siège, les prix suivants ont été obtenus :

Section en m ²	Prix moyen en FB/m ³
100	415
177	355
250	315
400	290
560	265

Pour *les conduites forcées*, les conclusions de l'étude signalent que, pour un même terrain, le rapport

$\left(\frac{\text{prix du m}^3 \text{ conduite}}{\text{prix du m}^3 \text{ tunnel de même section}} \right)$ est pratiquement constant et compris entre 1,58 et 1,73, suivant les données recueillies.

Pour les *excavations en caverne*, le prix est influencé par le rapport $\left(\frac{\text{longueur}}{\text{section}} \right)$ de la caverne. Il est généralement supérieur au prix du m³ excavé en grand tunnel, mais peut, le cas échéant, s'en approcher suivant l'organisation du chantier.

En ce qui concerne le coût des excavations à ciel ouvert, le nombre réduit de renseignements récoltés par le Comité rend illusoire leur traduction par des formules mathématiques. Les prix unitaires se situent entre 100 et 200 F par m³, y compris le transport des déblais à 1 km.

Des informations obtenues par le Comité, ressort en outre clairement l'importance d'une coordination aussi parfaite que possible des diverses phases du travail.

En ce qui concerne plus spécialement les méthodes de travail pour l'exécution des déblais, la disposition, le nombre et la charge des mines doivent être déterminés pour que :

1. — Le volume des déblais abattus par un tir soit suffisant pour permettre l'utilisation à plein rendement, jusqu'au tir suivant, du matériel de chargement et de transport ;

2. — L'intervalle entre 2 tirs corresponde au temps nécessaire pour effectuer le forage dans de bonnes conditions ;

3. — Les déblais soient assez fragmentés pour permettre le chargement mécanique sans minages secondaires, mais non inutilement broyés, ni projetés à distance.

Partant de ces principes, l'expérience des spécialistes a conduit aux dispositions suivantes :

1. — Pour les attaques à pleine section en chantiers souterrains, emploi de marteaux perforateurs moyens, sur béquilles ;

2. — Pour les attaques en tranchée à ciel ouvert, ainsi que pour les enlèvements de tranches successives en souterrain (après abattage de la calotte), emploi de marteaux perforateurs lourds sur *wagon-drill* ;

3. — Emploi de fleurets monoblocs, avec taillants en carbure de tungstène rapportés directement sur le fleuret ;

4. — Pour les attaques souterraines à pleine section, schéma de minage à bouchon conique ou pyramidal, dès que la formation du personnel a été assurée (importance de l'utilisation de détonateurs électriques avec suffisamment d'étages de retard) ;

5. — Pour les attaques souterraines par tranches successives ou dans les tranchées à ciel ouvert, tir par files de mines parallèles sautant successivement ;

6. — Choix judicieux de l'explosif pour obtenir une fragmentation convenable des déblais (rarement plus de 50 % de nitroglycérine). Tassement pneumatique des charges. En souterrain, recours à des charges hémicylindriques dans les trous de pourtour, pour prévenir la fissuration de la roche qui doit rester en place ;

7. — Chargement et transport entièrement mécanisés des déblais. Intensifier les moyens d'évacuation des déblais, c'est forcer au rendement des équipes d'abattage et accélérer le rythme de toutes les opérations, ce qui, en général, en abaisse le coût, en diminuant l'incidence de toutes les dépenses proportionnelles au temps ;

8. — Si la consolidation du ciel ou des parois des excavations souterraines apparaît nécessaire, recours systématique au boulonnage, sauf en terrain déliteux ou failleux, ou à stratifications entrecroisées, où ce procédé est exclu et remplacé par un soutènement traditionnel.

Au point de vue sécurité et hygiène, facteur primordial de rendement de la main-d'œuvre, les accidents survenus dans les travaux souterrains peuvent être classés suivant leur fréquence dans l'ordre ci-après :

1. — Installations de traction ;
2. — Circulation du personnel ;
3. — Emploi des explosifs ;
4. — Chutes de pierres.

La visite faite en Espagne par les membres du Comité a montré que l'effet psychologique d'un accident de personne peut être considérable dans une région où la main-d'œuvre n'était pas familiarisée avec les grands chantiers souterrains.

Si au lieu du prix de 480 F/m³ de l'homogénéisation on applique le prix unitaire de 315 F/m³ — tel que déterminé ci-avant pour des galeries de 250 m² de section — aux déblais rocheux des galeries de fuite de l'avant-projet V. B. B. (Vattenbygnadsbyrån), le gain réalisé en 1^{re} étape (puissance installée d'environ 750 MW) par l'adoption de ce nouveau prix peut être estimé à 450.000.000 F B sur un montant total immobilisé d'environ 6.400.000.000 F B, soit un bénéfice d'environ 7 %.

Le mémoire comprend les subdivisions suivantes :

Le mémoire comprend les subdivisions suivantes :

- I. Introduction.
- II. Voyages d'études.
- III. Conclusions du Comité des Déblais rocheux :

- A. Alignement des prix de revient d'excavations souterraines.
 - B. Considérations relatives au coût des excavations à ciel ouvert.
 - C. Organisation générale des opérations de chantier.
 - D. Remarques au sujet de la section des galeries et cavernes.
 - E. Sécurité et hygiène.
 - F. Éléments d'orientation dans le choix d'une solution.
 - G. Remarques finales.
- IV. Incidence des coûts d'excavation en roche sur l'aménagement hydroélectrique d'Inga.

Bibliographie.

Tables des figures.

Le 30 janvier 1959.

Séance du 27 février 1959.



Zitting van 27 februari 1959.

Séance du 27 février 1959.

La séance est ouverte à 14 h 30 sous la présidence de M. R. *Vanderlinden*, directeur.

Sont en outre présents : MM. F. Campus, C. Camus, R. Deguent, I. de Magnée, E.-J. Devroey, R. du Trieu de Terdonck, P. Fontainas, M. Legraye, l'Écuyer E. Mertens de Wilmars, membres titulaires ; MM. H. Barzin, F. Bultot, L. Calembert, M.-E. Denaeyer, M. De Roover, P. Evrard, E. Frenay, P. Geulette, P. Grosemans, L. Jones, A. Lederer, A. Marthoz, L. Pauwen, E. Roger, A. Rollet, P. Sporcq, R. Spronck, L. Tison, J. Van der Straeten, J. Verdeyen, membres associés ; MM. W. Bourgeois, J. Quets, A. Prigogine, R. Van Ganse, membres correspondants, ainsi que M. M. Walraet, secrétaire des séances.

Excusés : MM. J. Beelaerts, J. Lamoën, P. Lancsweert, M. van de Putte.

Perspectives d'Inga.

M. F. *Campus* résume la communication qu'il a rédigée sur ce sujet (voir p. 436).

Sur le régime des rivières du bassin congolais.

M. F. *Bultot* présente une communication intitulée comme ci-dessus (voir p. 442).

La bauxite dans le Bas-Congo.

M. P. *Grosemans* présente la communication qu'il a rédigée sur ce sujet (voir p. 457).

Zitting van 27 februari 1959.

De zitting werd geopend te 14 u 30 onder het voorzitterschap van de H. R. *Vanderlinden* directeur.

Aanwezig : de HH. F. Campus, C. Camus, R. Deguent, I. de Magnée, E.-J. Devroey, R. du Trieu de Terdonck, P. Fontainas, M. Legraye, jonkheer E. Mertens de Wilmars, titelvoerende leden ; de HH. H. Barzin, F. Bultot, L. Calembert, M.-E. Denaeyer, M. de Roover, P. Evard, E. Frenay, P. Geulette, P. Grosemans, L. Jones, A. Lederer, A. Marthoz, L. Pauwen, E. Roger, A. Rollet, P. Sporcq, R. Spronck, L. Tison, J. Van der Straeten, J. Verdeyen, buitengewine leden ; de HH. W. Bourgeois, J. Quets, A. Prigogine, R. Van Ganse, corresponderende leden, alsook de H. M. Walraet, secretaris der zittingen.

Verontschuldigd : de HH. J. Beelaerts, J. Lamoen, P. Lancsweert, M. van de Putte.

« Perspectives d'Inga ».

De H. F. *Campus* vat de mededeling samen getiteld zoals hierboven (zie blz. 436).

« Sur le régime des rivières du bassin congolais ».

De H. F. *Bultot* legt een mededeling voor betreffende dit onderwerp (zie blz. 442).

« La bauxite dans le Bas-Congo ».

De H. P. *Grosemans* legt de mededeling voor die hij over dit onderwerp opstelde (zie blz. 457).

Contribution à l'étude géologique et minéralogique
des latérites bauxitiques du N.-E. du Mayumbe.

M. I. de Magnée présente un travail de son collaborateur M. M. STAS, intitulé comme ci-dessus (voir p. 470).

Le développement énergétique de la Belgique d'outre-mer.

Se ralliant aux conclusions des rapporteurs MM. E. Mertens de Wilmars et R. Vanderlinden, la Classe décide la publication, dans les *Mémoires in-8°*, du travail remanié de M. A. CLERFAYT.

Présentation des manuscrits.

Voir p. 340.

Hommage d'ouvrages.

Le Secrétaire perpétuel dépose sur le bureau l'ouvrage suivant :

Aangeboden werken.

De Vaste Secretaris legt op het bureau volgend werk neer :

BELGIQUE — BELGIË

Les seigneurs de la Forêt d'après le film de la fondation internationale scientifique ⁽¹⁾ ⁽²⁾ sous la présidence d'honneur de S. M. le Roi Léopold III (1958)

La séance est levée à 15 h. 45.

(1) La Fondation Internationale Scientifique (F.I.S.), sous la présidence d'honneur de S. M. le roi Léopold III, comprend, parmi ses dirigeants, nos confrères : *Olbrechts, F.* (†), président ; *De Roover, M.*, administrateur-délégué ; *Van den Berghe, L.*, Administrateur en Afrique ; *Biebuyck, D.*, collaborateur. Y ont en outre apporté leur concours, nos Confrères *C. Donis, J. Maquet, L. Pétilion, M. Robijns* et *V. Van Straelen*.

(2) De « Fondation Internationale Scientifique (F.I.S.) », waarvan Z.M. koning Leopold III erevoorzitter is, telt tussen haar leiders, onze confraters : *Olbrechts F.* (†), voorzitter ; *De Roover, M.*, afgevaardigde-beheerder ; *Van den Berghe, L.*, beheerder in Afrika, *Biebuyck, D.*, medewerker. Verleenden er verder hun medewerking aan, onze confraters *C. Donis, J. Maquet, L. Pétilion, W. Robijns* en *V. Van Straelen*.

**« Contribution à l'étude géologique et minéralogique
des latérites bauxitiques du N.-E. du Mayumbe ».**

De H. I. de Magnée legt een werk voor van zijn medewerker de H. M. STAS, getiteld zoals hierboven (zie blz. 470).

« Le développement énergétique de la Belgique d'outre-mer ».

Sich verenigend met de besluiten der verslaggevers, de HH. E. Mertens de Wilmars en R. Vanderlinden, besluit de Klasse het herziene werk van de H. CLERFAYT te publiceren in de *Verhandelingenreeks in-8°*.

Aanzicht der handschriften.

Zie blz. 341.

De zitting werd gegeven te 15 u 45.

F. Campus. — Perspectives d'Inga.

I. — La puissance totale d'énergie hydroélectrique installée dans le monde occidental est supérieure à 78.000 MW. ⁽¹⁾.

La puissance potentielle disponible y serait de 451.660 MW environ, celle de l'U. R. S. S. et de la Chine étant évaluée à quelque 285.000 MW.

La puissance potentielle concentrée à Inga [3], * de 25.000 MW garantis et même de 30.000 MW à environ 90 % de garantie, en fait non seulement un site exceptionnel en valeur absolue, mais aussi en valeur relative : 5 à 6 % des ressources potentielles du monde occidental !

La part de l'énergie hydroélectrique dans le développement énergétique mondial est de plus en plus importante et le restera ; le recours à l'énergie nucléaire est un appoint et une ressource d'avenir encore enveloppés de beaucoup d'incertitudes et de difficultés intrinsèques, cependant que les aménagements prévus à Inga sont dépourvus de risques naturels.

II. — La situation géographique d'Inga est exceptionnelle, en raison à la fois de sa latitude et de sa proximité d'un estuaire facilement navigable, au centre du bassin atlantique. On peut se représenter ce que cela signifie en songeant à l'essor prodigieux de l'industrialisation et de la prospérité de la Norvège, dont la situation géographique est beaucoup moins favorable que celle du Bas-Congo.

⁽¹⁾ 1 mégawatt (MW) = 1.000 kW.

* Sources indiquées *in fine*.

En effet, en Norvège, d'après les sources utilisées, la puissance potentielle hydroélectrique est de 14.700 MW, notablement inférieure donc à celle d'Inga.

Le site d'Inga présente dès lors une valeur et une signification mondiales, par sa nature même. Rien d'étonnant à ce qu'il ait suscité un intérêt universel, qui se manifeste non seulement par la voix de la presse internationale, mais plus sûrement encore par les démarches des diplomates et des personnalités représentatives des milieux économiques et industriels les plus importants de tous les pays. Par ailleurs, des groupements belges puissants, associant le plus souvent des sociétés étrangères, ont été constitués spécialement en vue d'utiliser l'énergie disponible à Inga à diverses productions industrielles.

Il est désormais certain que la puissance potentielle énorme d'Inga pourra être entièrement utilisée et qu'une concentration de production sans pareille pourra s'y épanouir. Son établissement n'est qu'une question de temps, indépendamment de toutes circonstances politiques.

III. — A ces caractéristiques naturelles exceptionnelles, les rapides d'Inga joignent l'avantage de possibilités d'aménagement et d'exploitation techniquement simples en général et très adaptables. Le seul ouvrage présentant un caractère particulier est le barrage du fleuve. Mais le plan d'aménagement unanimement proposé permet d'en ajourner l'exécution d'au moins une dizaine d'années et probablement davantage. Ce travail pourra donc être étudié et préparé avec soin, à la faveur de la meilleure connaissance du site que procureront l'exécution et l'exploitation des premières usines.

Les autres ouvrages n'ont d'autre caractéristiques exceptionnelles que les grandes quantités de travaux à effectuer, mais dont l'exécution doit d'ailleurs être progressive.

Un accident naturel du terrain, voisin du fleuve, la vallée Van Deuren, permet un aménagement initial déjà très économique, de telle sorte qu'à l'abondance de l'énergie s'ajoute, dès le début, son bas prix. C'est cela qui a mis en vedette la valeur économique d'Inga, en raison de la pénurie mondiale actuelle de sources d'énergie importantes à bas prix. Si les fluctuations économiques actuelles ont pu sembler récemment freiner les projets de développement des industries utilisatrices futures de l'énergie d'Inga, ce ne peut être là qu'une hésitation passagère, car l'attrait d'Inga ne cessera de croître d'une manière permanente, en raison de la demande toujours plus pressante d'énergie à bon marché en grandes quantités.

IV. — Le rapport du Comité des Experts [1, p. 18] a exposé la difficulté initiale de démarrage, caractérisée par la notion du seuil économique, qui a été évoquée dès les débuts de l'étude de la question. Ce seuil économique est défini par la puissance minimum nécessaire pour assurer un prix assez attractif de l'énergie, afin qu'il incite les premiers usagers à contracter une consommation d'énergie au moins équivalente à la pleine utilisation de cette puissance de départ. La difficulté de ce point provenant de ce que les premières évaluations du seuil économique étaient trop élevées, des efforts considérables ont été exercés pour abaisser ce seuil économique. Parallèlement, des efforts étaient faits en vue de développer la consommation, par une prospection et une information économiques extensives.

Actuellement, le résultat de ces efforts combinés a permis de résoudre le problème initialement indéterminé du seuil économique. En effet, on a maintenant la quasi certitude d'abaisser très fortement le seuil économique, cependant que se dégage aussi le très ferme espoir d'une demande désormais supérieure à ce même seuil. Dès lors,

l'obstacle est surmonté et la voie est ouverte à un aménagement initial permettant une première installation de quelques industries-clefs, grandes consommatrices de courant à bas prix. Le développement ultérieur de ces industries de départ et l'installation d'autres, nouvelles, sont ensuite rendus possibles par la quantité considérable de puissance en réserve. La variété des industries utilisatrices de l'énergie d'Inga dès le début est une circonstance très heureuse qu'il convient de favoriser.

L'établissement du projet définitif avec le concours d'un bureau d'études national est maintenant bien orienté et ne semble plus devoir réserver de difficultés majeures. Le prix de ces études est évalué à 250 millions environ et tous les crédits nécessaires sont disponibles jusqu'à la fin de 1960 ; ils couvrent aussi d'ailleurs l'établissement de la route nouvelle de Matadi à Inga qui vient tout juste d'être adjugée, ainsi que les aménagements portuaires nécessaires.

V. — Au point de vue financier, l'établissement des premières usines consommatrices n'exigera pas des investissements particuliers excessifs, du fait de la multiplicité et de la variété des industries utilisatrices, qui ne pourront avoir chacune au départ qu'une grandeur moyenne, en raison de la limitation même de l'équipement hydroélectrique initial. Celui-ci ne dépassera probablement pas et n'atteindra peut-être même pas entièrement la demi-étape initiale de 800 MW environ prévue au rapport du Comité des Experts de 1957 [1, p. 22]. Les premières fournitures de courant pourront encore être prévues, si l'on fait diligence, pour la fin de 1964. L'achèvement de cette demi-étape initiale ne pourrait être assuré avant 1966 et le développement ultérieur pourrait progresser d'après la demande des utilisateurs.

Quant au financement de l'équipement initial des centrales, il pourra se faire en totalité ou en majeure partie, selon les décisions de l'organisme de gestion et

d'exploitation, par voie d'emprunt de capitaux privés, gagés par les contrats de consommation d'énergie souscrits par les premiers utilisateurs avant le début des travaux de construction des centrales. On peut estimer que l'investissement initial serait de l'ordre de 8 à 9 milliards de francs jusqu'à la fin de 1966.

Il ne semble pas opportun que le financement des centrales soit assuré par la Belgique seule, bien que ces centrales seront la propriété d'un organisme de caractère public. En effet, ainsi qu'il a déjà été exprimé en conclusion d'un article publié dans la revue *Industrie* en juin 1958 [2] l'aménagement hydroélectrique d'Inga, œuvre de la communauté belgo-congolaise, profitera principalement au Congo, dont tout le territoire contribue à la formation du débit considérable et régulier du fleuve à Inga.

Cependant que la Belgique se trouve surprise, par le départ de la Communauté économique européenne, en flagrant délit d'insuffisance d'infrastructure et d'équipement nationaux et d'impréparation de sa structure économique, il semble bien nécessaire que les Belges réservent leurs propres ressources par priorité à leur propre territoire.

VI. — L'aménagement d'Inga pose d'ailleurs un problème politique dont la signification sera claire aux yeux de tous lorsque les premiers aménagements seront entrepris et commenceront à exercer leurs effets. On reconnaîtra alors que cette question ne relève pas de la politique ordinaire des partis, pas même d'une politique nationale belge, ni d'une politique de communauté belgo-congolaise. Elle appartient à la grande politique internationale, sur un plan rigoureusement réaliste et économique. Déjà des indices en apparaissent de divers côtés.

La Belgique est bien placée, singulièrement par l'exemple de l'œuvre de LÉOPOLD II en Afrique, et aussi par les

traditions profondes de sa politique congolaise, pour s'adapter aux nécessités d'une politique internationale de cette nature. Elle peut y trouver aussi les formules qui garantiront la stabilité requise pour rendre possibles les énormes investissements totaux qu'exige déjà l'équipement complet énergétique et industriel de la phase réduite de départ. Et, par le fait même, Inga pourrait devenir un gage solide de la pérennité de l'œuvre commune des Belges et des Congolais en Afrique centrale.

VII. — L'aménagement d'Inga a été considéré par certains, encore récemment, comme une utopie. Utopie gigantesque certes, constructive et bénéfique, mais l'œuvre de LÉOPOLD II aussi a été considérée comme utopique. Sous l'impulsion d'un nouveau patronage royal, la nouvelle utopie va devenir une réalité au Congo.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] CAMPUS, F. : L'aménagement hydroélectrique du fleuve Congo à Inga (*Mém. Acad. royale des Sc. col.*, Bruxelles, 1958).
- [2] — : Inga (*Industrie*. Revue de la Fédération des Industries belges, juin 1958, pp. 398-403).
- [3] GUTHRIE BROWN, J. Hydroelectric engineering practice (London, Blackie and Son Ltd, 1958, volume III, d'après :
 - 1) Statistical year books of the World Power Conference, de 1936 à 1954 ;
 - 2) Statistical Year Book of the United Nations, 1953;
 - 3) Transactions of the 4th (1950) and the 5th (1956) World Power Conference.

Le 14 février 1959.

**F. Bultot. — Sur le régime des rivières
du bassin congolais.**

En climatologie, on use volontiers, on le sait, de cartes fournissant un aperçu global de la répartition dans l'espace de paramètres climatiques divers, de moyennes journalières mensuelles, annuelles par exemple. L'établissement de ces cartes d'isoplèthes satisfait non seulement notre besoin de synthèse, mais l'analyse de leur configuration constitue encore un moyen efficient d'investigation des mécanismes atmosphériques. Citons, par exemple, les cartes pluviométriques moyennes mensuelles dont la structure même permet de mieux mesurer l'influence du relief, des vents dominants, de la proximité des océans, de suivre plus aisément le déplacement annuel des centres pluvieux et secs, etc... Que de telles cartes rendent des services précieux aux utilisateurs de toutes disciplines en concentrant les données climatographiques est, d'autre part, évident.

Dans cette note, nous avons tenté de transposer cette méthode en hydrologie en nous attachant plus précisément aux niveaux hydrométriques moyens mensuels. Certes, des cotes hydrométriques ne sont pas, telles quelles, comparables spatialement comme le sont des cotes udométriques et, dès lors, il importe avant tout de choisir des paramètres dérivés se prêtant à la comparaison spatiale. En fait, les cartes présentées ci-après sont semblables aux cartes pluviométriques dans l'esprit mais non dans la lettre.

1. *Le régime hydrologique moyen annuel.*

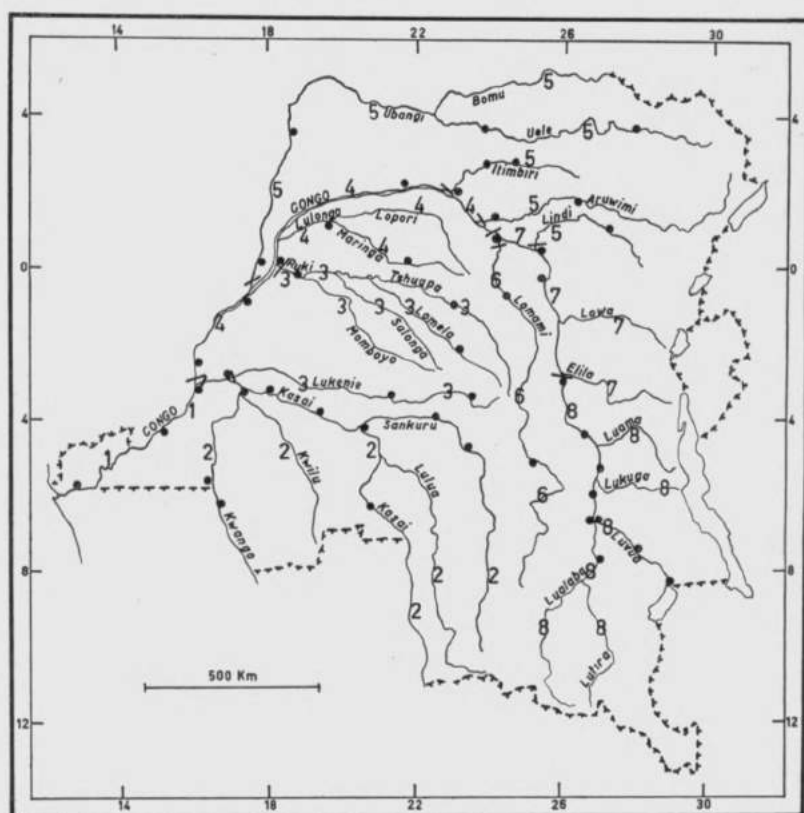
Lorsqu'on parle de cotes hydrométriques mensuelles moyennes, il convient *in limine* d'en rechercher la signi-

fication. Et tout d'abord, pour éviter toute confusion quant au mot moyenne, nous désignerons par « cote hydrométrique mensuelle » d'un mois donné, la cote hydrométrique moyenne de ce mois. Si nous disposons donc de 25 ans d'observations, nous aurons, partant, 12 séries de 25 cotes hydrométriques mensuelles. Pour chacune d'elles, nous pouvons rechercher la moyenne pour la période considérée ; c'est de cette moyenne qu'il sera question ici.

Les séries de cotes hydrométriques mensuelles relatives aux rivières congolaises ne sont pas assez longues pour qu'on puisse en faire une étude statistique fine. Les quelques sondages que nous avons effectués nous ont révélé cependant que leurs distributions de fréquences sont assez symétriques ; la moyenne et la médiane de la distribution sont extrêmement voisines. Il n'eût pas été possible de tester valablement la normalité des distributions mais, de prime abord, il semble que celles-ci soient, en général, légèrement platycurtiques. En bref, dans le cas des cotes hydrométriques mensuelles, la moyenne ne devrait pas être considérée comme la valeur à laquelle est attachée une probabilité d'occurrence maximum, ainsi qu'il en est avec une variable gaussienne, mais devrait être prise, jusqu'à nouvel ordre, dans le sens d'une médiane, c'est-à-dire de la valeur dépassée une fois sur deux. Si nous avons calculé les moyennes des séries plutôt que les médianes, c'est uniquement pour une raison de facilité.

C'est dans l'*Annuaire hydrologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi* de E.-J. DEVROEY, cette précieuse publication où sont colligées les cotes hydrométriques observées depuis 1932, que nous avons puisé la documentation de base. Nous avons calculé les cotes hydrométriques mensuelles moyennes pour 48 stations parmi lesquelles 41 ayant observé pendant plus de 20 ans. Nous n'avons pas adopté de période de référence unique afin de pouvoir profiter des moyennes partielles déjà publiées et

relatives à des périodes anciennes, et parce que, en fin de compte, l'échelle des hauteurs choisie, comme nous le verrons plus loin, est suffisamment lâche pour tolérer l'imprécision ainsi acceptée. Nous avons groupé ensuite les stations dont les régimes hydrologiques moyens avaient sensiblement la même allure, ce qui nous a amené ainsi à diviser le bassin hydrographique congolais en 8 secteurs (*Tableau 1*). Les principaux cours d'eau sillonnant ceux-ci ainsi que les postes limnimétriques de référence sont représentés à la carte 1.



CARTE 1. — Répartition du bassin hydrographique congolais en secteurs homogènes du point de vue du régime hydrologique moyen annuel (les points désignent les postes de référence).

La distribution obtenue n'étonne guère. Le secteur 5 s'étend dans les régions situées dans l'hémisphère nord où règne une saison sèche de décembre à février ; le secteur 3 est celui de la Cuvette centrale qui connaît un régime pluviométrique soutenu ; les secteurs 2 et 8 se partagent des régions à climat subéquatorial où une saison sèche, d'autant plus longue et accusée que l'on descend vers le Sud-Est, apparaît au solstice d'hiver ; le secteur 6 est un secteur de transition ; les secteurs 1, 4 et 7 enfin, consacrés principalement au fleuve Congo, résultent moins du régime pluviométrique local que du débit variable de certains grands affluents.

Comme il n'est pas permis de comparer les cotes hydrométriques observées dans les diverses stations, nous avons divisé chaque champ de variation compris entre les cotes hydrométriques mensuelles moyennes extrêmes en 3 intervalles égaux pour classer ensuite en basses eaux *B*, moyennes eaux *M* et hautes eaux *H*, les cotes hydrométriques mensuelles moyennes appartenant à chacun de ces intervalles. A titre d'exemple, nous reproduisons au *Tableau 2* les cotes hydrométriques mensuelles moyennes pour Lodja, établies sur la période 1918-1956. Le champ de variation compris entre les cotes mensuelles moyennes extrêmes est égal à $1,78 \text{ m} - 0,71 \text{ m} = 1,07 \text{ m}$; les intervalles *B*, *M*, *H* s'étendent donc respectivement de 0,71 à 1,06 m ; de 1,07 à 1,42 m et de 1,43 à 1,78 m. Notons que notre choix s'est fixé sur cette échelle *B*, *M*, *H* relativement lâche parce que celle-ci permet, d'une part, de grouper les régimes hydrométriques moyens annuels en un nombre réduit de types sans nécessiter une homogénéisation abusive qui risquerait de devenir arbitraire et, d'autre part, de noyer à suffisance les imperfections que comporte un échantillonnage de moyennes établies sur des périodes différentes.

Les résultats obtenus pour les 48 stations des 8 secteurs sont groupés au *Tableau 3*. Ce qui frappe immédiatement

dans ce tableau, c'est le nombre restreint de *M* ; il est égal à 4 dans les secteurs 5, 7 et 8, il est inférieur à 4 dans les autres. La transition entre basses et hautes eaux est donc assez brusque au Congo. Le plan d'eau ne fluctue pas autour d'un niveau moyen ; au contraire, il semble se maintenir sur deux étages nettement distincts, sautant de l'un à l'autre en un laps de temps relativement court aux époques de transition. Ce phénomène se produit même dans la Cuvette centrale (secteur 3) où les pluies sont pourtant abondantes durant toute l'année. La baisse des eaux surtout est rapide ; parfois même, on passe d'un mois *H* à un mois *B* sans qu'on ne rencontre un mois intermédiaire *M*. Ainsi en va-t-il dans le secteur 1, de janvier à février, et dans le secteur 6, de mai à juin. Dans aucun secteur, par contre, on n'observe un mois *B* suivi directement d'un mois *H* ; il y a toujours un mois de transition *M* au moins. La hausse du niveau moyen mensuel des rivières est donc toujours plus lente que la baisse. D'autre part, nous verrons plus loin que la décroissance de la cote hydrométrique coïncide assez bien avec la fin de la saison des pluies ; sa croissance, au contraire, n'est vraiment importante que longtemps après le début de la saison pluvieuse. Ceci s'explique sans doute par le fait que les terrains qui se sont desséchés au cours de la saison sèche absorbent les premières pluies et réduisent ainsi dans une forte mesure l'écoulement au cours des premiers mois de la saison pluvieuse alors qu'à la fin de celle-ci, lorsque le sol est gorgé d'eau, l'écoulement est plus directement tributaire de la quantité d'eau précipitée. Fait seule exception la partie orientale du Katanga (secteur 8) où le niveau des rivières reste élevé jusque tard dans la saison sèche. Les réserves d'eau souterraines accumulées au cours de la saison des pluies y sont vraisemblablement plus importantes que partout ailleurs et sont capables de la sorte de soutenir les débits des cours d'eau pendant un laps de temps beaucoup plus long. Il ressort

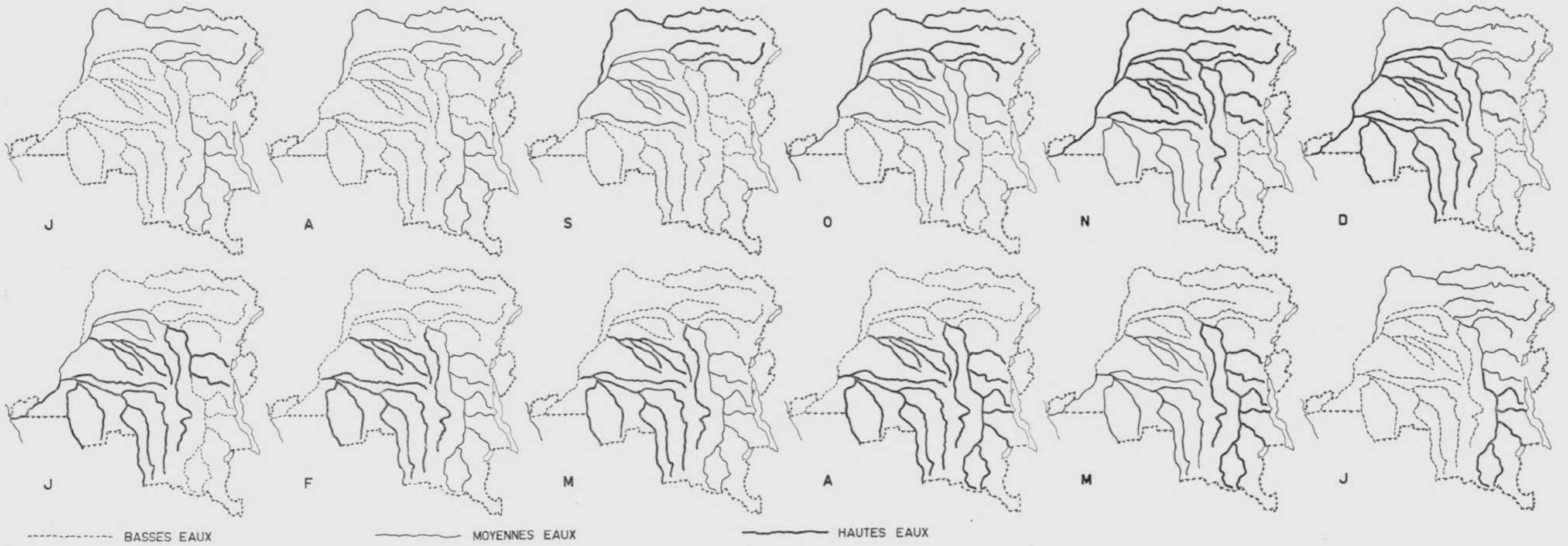


PLANCHE 1. — Cartes des niveaux hydrométriques moyens mensuels.

aussi du *tableau 3* que certains secteurs se caractérisent par un nombre élevé de *H*, d'autres par un nombre élevé de *B*. Ainsi, les secteurs 3 et 7 ne comptent que trois mois *B* ; ceci signifie que pendant ces 3 mois, le niveau des rivières est très nettement inférieur au niveau habituel. De même, un nombre restreint de mois *H* témoigne d'une élévation relative accusée de plan d'eau au cours de ceux-ci ; tel est le cas des secteurs 1, 4 et 5.

2. *Cartes des niveaux hydrométriques mensuels moyens.*

Les cartes des niveaux hydrométriques mensuels moyens rassemblées à la *planche 1* sont semblables en quelque sorte aux cartes pluviométriques moyennes mensuelles. Un secteur dans la carte hydrométrique est l'homologue d'une isohyète dans la carte pluviométrique tandis que l'échelle « *B, M, H* » appliquée au secteur est l'homologue de la cote attribuée à l'isohyète. Certes, ces cartes hydrométriques mensuelles moyennes n'offrent qu'une vue incomplète de la distribution dans l'espace-temps des cotes hydrométriques mensuelles. On conçoit, en effet, que des cartes hydrométriques mensuelles dressées *ne varietur* pour une année donnée puissent différer sensiblement des cartes moyennes tout comme des cartes pluviométriques pour une année donnée peuvent s'écarter des cartes pluviométriques moyennes. A l'égal de ces dernières, cependant, elles fournissent des ordres de grandeur qui peuvent être utiles pour se faire une première idée des phénomènes.

Pour la facilité du commentaire, nous parcourons le cycle annuel au départ de la carte de juillet.

Juillet.

Juillet et août sont les deux seuls mois où les eaux ne sont hautes en aucun endroit du bassin congolais. Les rivières qui drainent les régions septentrionales et le

Katanga sont à la cote moyenne. Dans le nord, cependant, le niveau est en hausse lente ; c'est le seul secteur, rappelons-le, où le passage des basses aux hautes eaux s'étend sur trois mois *M*. Au contraire, dans le Katanga oriental, les cours d'eau sont à la phase descendante. Bien que la saison sèche en soit déjà à son troisième mois, l'écoulement y est encore important.

Août.

La carte d'août est identique à celle de juillet. En moyenne et pour l'ensemble du bassin hydrographique congolais, les cotes hydrométriques ne diffèrent quasiment pas de juillet à août.

Septembre.

En septembre, le plan d'eau a atteint l'étage *H* dans les régions situées au nord de l'équateur ; nous en sommes au septième mois de la saison pluvieuse. Les grandes pluies d'équinoxe arrosent copieusement la Cuvette centrale où le niveau des rivières est également en hausse sensible. Par contre, dans le Katanga (secteur 8), le plan d'eau est descendu à l'étage *B* ; il a fallu attendre pour cela le cinquième mois sec.

Octobre.

Les précipitations abondantes et l'apport des affluents du secteur nord gonflent considérablement le fleuve Congo entre Isangi (au confluent du Lomami et du Congo) et Kwamouth (au confluent du Kwa et du Congo). C'est l'amorce du déferlement de la grande vague d'eau du nord au Bas-Congo. Le Lomami et les rivières de l'est proches de l'Équateur roulent des débits nettement accrus.

Novembre.

Les hautes eaux se manifestent maintenant dans le Bas-Congo. Il a donc fallu 2 mois pour que le niveau *H* se

propage du nord au Bas-Congo. Les rivières sont en crue dans toute la bande équatoriale. La montée des eaux procède rapidement dans le Kwango-Kasai (secteur 2).

Décembre.

L'apparition de la saison sèche dans le nord se traduit par une baisse immédiate des eaux, contrairement à ce que l'on observait dans le Katanga. Dans le Kwango-Kasai où l'on en est au quatrième mois de la saison pluvieuse, la cote hydrométrique franchit le seuil de l'étage *H*. Ce seuil est donc atteint beaucoup plus vite ici que dans le nord et dans le Katanga où il faut attendre respectivement les septième et sixième mois de la saison pluvieuse.

Janvier.

L'abaissement du plan d'eau s'accroît encore dans la zone septentrionale. Pour les autres secteurs, la carte de janvier reste semblable à celle de décembre.

Février.

Le niveau du fleuve Congo baisse sensiblement sur tout son cours et l'on ne manquera pas de remarquer avec quelle netteté s'est dessinée l'onde de crue se propageant du nord au Bas-Congo. Un bref retour en arrière nous montre, en effet, que 3 mois *H* apparaissent dans le Nord, que 3 mois *H* caractérisent le fleuve Congo entre Isangi et Kwamouth avec un retard d'un mois, que 3 mois *H* se présentent en aval de Kwamouth avec un retard de deux mois. La sensibilité de la cote hydrométrique du fleuve Congo à l'oscillation limnimétrique du bassin nord est donc manifeste. Même le tribut des affluents de la Cuvette centrale et du Kwango-Kasai, qui roulent encore des débits élevés en février, ne peut compenser la baisse de régime des rivières septentrionales.

Mars.

La carte de mars est identique à celle de février. Comme juillet et août, février et mars se caractérisent par des cotes hydrométriques très voisines.

Avril.

Les eaux restent hautes dans la Cuvette centrale et dans le secteur Kwango-Kasai. Ce sont les deux zones où les rivières se maintiennent le plus longtemps à un niveau élevé, de novembre à avril pour la première, de décembre à mai pour la seconde. Dans le Katanga, la cote hydrométrique franchit le seuil de l'étage *H* ; comme nous l'avons signalé déjà plus haut, avril est le sixième mois de la saison des pluies.

Mai.

Le niveau du fleuve Congo en aval de Kwamouth s'élève quelque peu ; en amont de ce poste aussi, mais pas de manière décelable sur la carte. Ce sont, cette fois, les eaux originaires du Katanga qui semblent devoir gonfler le fleuve. L'onde de crue en provenance du Katanga est, cependant, beaucoup moins marquée que celle partant du bassin nord. Lorsqu'on examine de plus près le régime hydrométrique du fleuve Congo en amont d'Isangi, on observe une pointe élevée en avril-mai visible d'ailleurs sur la carte. En aval d'Isangi, cette pointe est déjà nettement plus atténuée et se produit en mai-juin, c'est-à-dire avec un retard d'un mois ; elle n'est d'ailleurs pas apparente sur la carte. A Léopoldville, la crue se dessine à peine quoique mai soit un mois *M* dans le Bas-Congo. Si paradoxal que cela puisse paraître au premier abord, cela ne l'est plus lorsqu'on sait qu'on se trouve au voisinage immédiat du seuil de l'étage *M* (7 cm seulement au-dessus de ce seuil à Léopoldville). Il ne peut-être question évidemment d'expliquer ici le régime hydro-

logique du fleuve Congo, dans le secteur 1. Pour ce faire, il faudrait calculer les débits des divers sous-bassins et évaluer les pertes par évaporation, ce qui dépasse le cadre de cette note. Remarquons encore que l'apparition de la saison sèche dans le Kwango-Kasai se traduit, comme dans le secteur septentrional, par une baisse immédiate des eaux. Par contre, dans le Katanga oriental où la saison sèche sévit depuis fin avril, les niveaux des rivières se maintiennent à l'étage *H* jusqu'en juin.

Juin.

Le plan d'eau continue à baisser dans la zone équatoriale et dans le secteur Kwango-Kasai. En amont d'Isangi, le fleuve Congo voit sa cote diminuer sensiblement malgré l'apport d'eau massif du Katanga où le débit des rivières demeure élevé. Dans le Nord, le niveau des cours d'eau atteint maintenant l'étage moyen.

3. *Relations entre les régimes hydrologique et pluviométrique moyens annuels.*

Nous avons fait allusion à maintes reprises aux relations existant entre les régimes hydrologique et pluviométrique moyens annuels. Aussi avons-nous cru utile de confronter ceux-ci à la *planche 2* pour 8 stations représentatives des divers secteurs hydrologiques. Certes, il ne faut pas rechercher par l'analyse sommaire de ces graphiques des relations causales entre précipitations et niveaux hydrométriques. On sait, en effet, que l'écoulement d'une rivière ne dépend pas seulement du régime pluviométrique local, mais encore de l'importance du bassin drainé en amont, de la lame d'eau précipitée à la source, de la nature du sol, du relief, etc. Il s'agit là d'un problème particulier difficile dont la résolution nécessite l'étude fine des divers facteurs précités. Aussi, le but poursuivi en présentant ces graphiques consiste seule-

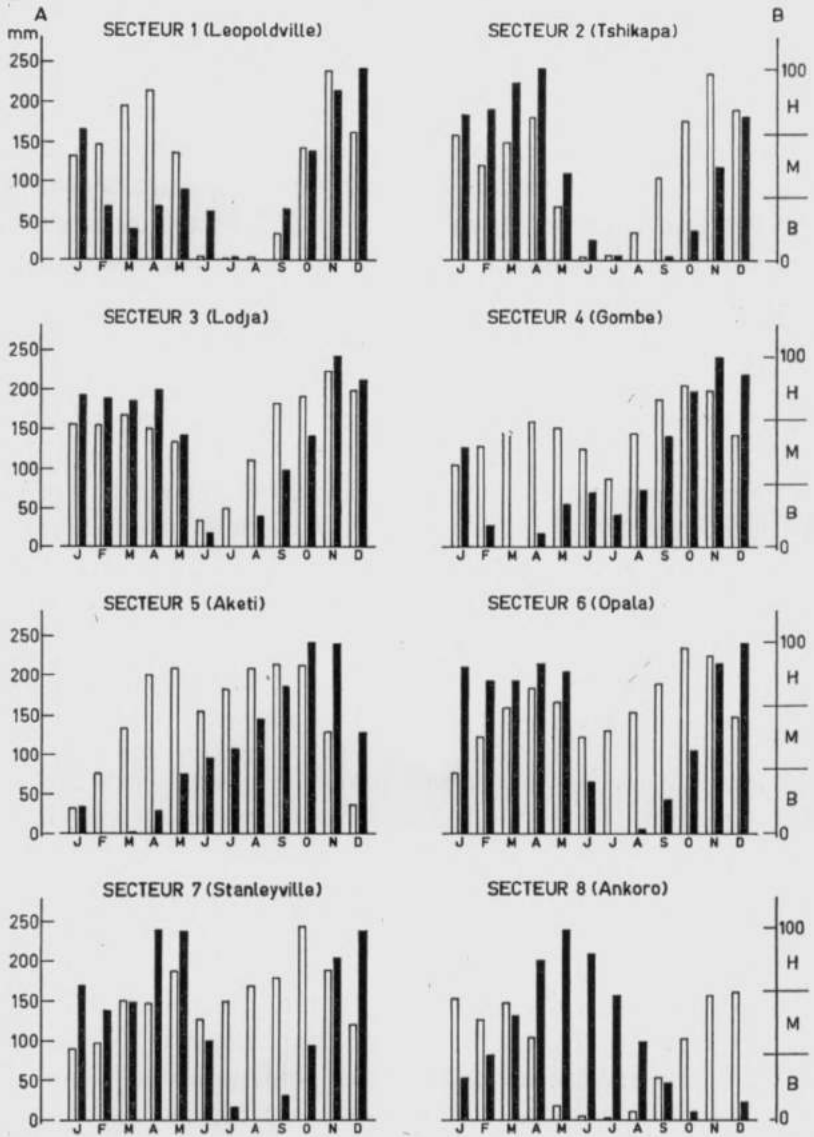


PLANCHE 2. — Régimes pluviométriques (rectangles blancs) et hydrométriques (rectangles noirs) moyens annuels.

Axe A : échelle pluviométrique cotée en mm.

Axe B : échelle hydrométrique, le champ de variation compris entre les valeurs moyennes mensuelles extrêmes étant rapporté à 100.

ment à situer le cycle hydrologique dans le calendrier climatique local.

Il ressort clairement de ces graphiques qu'une bonne concordance entre les régimes hydrologiques et pluviométriques moyens annuels se manifeste dans les secteurs 2 (Kwango-Kasai), 3 (Cuvette centrale) et 5 (Nord). Comme nous l'avons déjà signalé plus haut la baisse du niveau des rivières y suit de très près la diminution des pluies alors que la hausse ne succède qu'avec un certain retard à la recrudescence des précipitations. Ce décalage est faible dans la Cuvette centrale, un peu plus apparent dans le Kwango-Kasai et fort accusé dans le nord. Des degrés divers de dessiccation du sol au cours du minimum pluvial sont responsables sans doute de ces différences.

Dans le secteur 6 (Lomami), on observe une discordance entre cotes hydrométriques et udométriques, que l'on peut attribuer à la longueur du bassin qui relie, en effet, des régions à régimes pluviométriques très contrastés. La forte baisse du niveau hydrométrique de juin à octobre à Opala dans la Cuvette centrale correspond à la saison sèche qui sévit à cette époque dans le Katanga où le Lomami prend sa source.

Dans le secteur 8 (Katanga oriental) enfin, les régimes pluviométrique et hydrologique sont en opposition de phases. Ce phénomène est dû au stockage périodique massif de l'eau de pluie dans le sol et dans les étendues marécageuses.

Les graphiques 1, 4 et 7 sont relatifs au régime du fleuve Congo respectivement à Léopoldville, Gombe et Stanleyville ; il ne faut donc plus y rechercher des relations très directes avec le cycle pluviométrique local. On voit aisément qu'à Gombe, le maximum principal d'octobre-décembre succède avec un mois de retard aux crues de septembre-novembre du secteur nord. A Léopoldville, ce maximum principal se situe en novembre-janvier c'est-à-dire avec deux mois de retard. Les graphiques de

Léopoldville et de Gombe attestent bien que les pluies locales et le flux en provenance du secteur Nord conjuguent leurs effets pour gonfler puissamment le fleuve Congo. On serait tenté de la même manière d'associer les maxima secondaires de Léopoldville et de Gombe aux crues des cours d'eau qui drainent le Katanga oriental. Il faut reconnaître cependant que la liaison entre ces maxima secondaires et les hautes eaux d'avril-mai à Stanleyville est plus floue. En outre, si la hausse que l'on observe dans ces trois postes doit être attribuée non seulement aux pluies équinoxiales tombées dans la région mais également au débit accru du secteur 8, on comprend mal pourquoi la cote hydrométrique à Stanleyville s'effondre si brusquement en juin.

On aura pu se rendre compte que notre seul propos était la présentation du film du « relief hydrométrique mensuel moyen » pour le bassin hydrographique congolais. Il nous a paru propice à mettre en évidence certains problèmes que nous avons d'ailleurs évoqués chemin faisant mais dont la résolution nécessiterait des études particulières. Puissent les hydrologues, géologues et économistes y trouver quelque intérêt.

BIBLIOGRAPHIE

DEVROEY, E.-J. : Observations hydrographiques du bassin congolais (1932-1947) (*Mém. Inst. Roy. Col. Belge*, V, 1, Coll. in-8°, Bruxelles, 1948).

— : Observations hydrographiques au Congo belge et au Ruanda-Urundi (1948-1950). (*Mém. Inst. Roy. Col. Belge*, VI, 3, coll. in-8°, Bruxelles, 1951).

— : Annuaire hydrologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi (Années 1951 à 1957). (*Mém. Acad. Roy. Sc. Col.*, Bruxelles).

TABLEAU 1.

Répartition des stations de référence d'après
leur régime hydrologique moyen annuel.

Secteur 1

Congo : Boma (1933-1956) ; Léopoldville-Ouest (1902-1956) ; Kwamouth (1910-1918, 1928-1956).

Secteur 2

Kasai : Mushie (1932-1956) ; Kese (1951-1956) ; Yuki (1952-1956) ; Port Francqui (1924-1956) ; Tshikapa (1934-1956).

Kwango : Banningville (1916-1919, 1929-1956) ; Popokabaka (1929-1956) ; Kasongo-Lunda (1929-1956).

Sankuru : Bena-Dibele (1932-1956) ; Lusambo (1932-1956).

Secteur 3

Ruki : Ingende (1933-1950).

Lukenie : Dekese (1932-1956) ; Lodja (1918-1956).

Lomela : Lomela (1932-1956).

Tshuapa : Ikela (1934-1956).

Secteur 4

Congo : Tshumbiri (1932-1956) ; Gombe (1914-1956) ; Coquilhatville (1913-1920, 1928-1956) ; Lisala (1914-1956).

Lulonga : Basankusu (1932-1956).

Maringa : Mompono (1936-1956).

Secteur 5

Ubangi : Lilanga (1949-1956) ; Libenge (1909-1956).

Uele : Bondo (1953-1956) ; Niangara (1953-1956).

Itimbiri : Moenge (1932-1956) ; Aketi (1929-1956).

Rubi : Buta (1932-1956).

Aruwimi : Mogandjo (1952-1956) ; Panga (1932-1940, 1953-1956).

Lindi : Bafwasende (1932-1956).

Secteur 6

Lomami : Opala (1932-1956) ; Tshofa (1934-1956).

Secteur 7

Congo : Isangi (1914-1916, 1932-1956) ; Stanleyville (1907-1956).

Lualaba : Ponthierville (1933-1956).

Secteur 8

Lualaba : Lindu (1912-1916, 1932-1956) ; Kasongo (1913-1917, 1934-1950) ; Kongolo (1933-1956) ; Kabalo (1932-1956) ; Ankoro (1933-1956) ; Mulongo (1937-1956).

Luvua : Kifwa (1953-1956) ; Kiambi (1935-1956) ; Pweto (1951-1956).

TABLEAU 2

Le régime hydrologique moyen annuel
à Lodja dans l'échelle simplifiée B. M. H.

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1,57	1,55	1,53	1,59	1,33	0,79	0,71	0,88	1,14	1,33	1,78	1,65
H	H	H	H	M	B	B	B	M	M	H	H

TABLEAU 3

Le régime hydrologique moyen annuel
dans les divers secteurs
du bassin hydrographique congolais.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Secteur 1	H	B	B	B	M	B	B	B	B	M	H	H
Secteur 2	H	H	H	H	M	B	B	B	B	B	M	H
Secteur 3	H	H	H	H	M	B	B	B	M	M	H	H
Secteur 4	M	B	B	B	B	B	B	B	M	H	H	H
Secteur 5	B	B	B	B	B	M	M	M	H	H	H	M
Secteur 6	H	H	H	H	H	B	B	B	B	M	H	H
Secteur 7	H	M	M	H	H	M	B	B	B	M	H	H
Secteur 8	B	M	M	H	H	H	M	M	B	B	B	B

P. Grosemans. — La bauxite dans le Bas-Congo.

1. *Introduction.*

Rechercher la bauxite au Congo belge et, en particulier, dans le Bas-Congo pouvait, il y a quelques années, sembler une entreprise téméraire et vouée à un échec quasi-certain.

Anciennement, on avait bien signalé la présence de bauxite dans la région de Stanleyville. Mais dans une note parue en 1955, R. VANDERSTAPPEN et J. CORNIL avaient montré que ces prétendues bauxites ne constituaient en fait que des argiles parfois légèrement gibbsitiques et que de toutes façons ces matières n'étaient pas plus intéressantes pour l'industrie de l'aluminium que des argiles ordinaires.

Dans le Bas-Congo, M. WAEGEMANS s'était attaché à l'étude des latérites de la région de Gimbi et il avait montré que celles-ci étaient constituées d'une accumulation de sesquioxyde de fer mélangé à de la kaolinite. Aucun des échantillons étudiés par M. WAEGEMANS ne contenait de l'hydrate d'alumine libre. Suivant une théorie généralement admise, la bauxite proviendrait dans certains cas de la rupture des molécules de kaolinite, celle-ci résultant d'un premier stade d'altération argileuse. WAEGEMANS en avait conclu que la kaolinite ne pouvait s'altérer sous les conditions climatiques de la région étudiée et ne pouvait par conséquent donner naissance à de l'hydrate d'alumine libre.

Voyons maintenant quels étaient les arguments qui pouvaient être invoqués en faveur de la recherche de

bauxite au Congo belge et en particulier dans le Bas-Congo.

Si nous examinons la distribution des gisements de bauxite dans le monde, nous constatons que ceux-ci se répartissent suivant une disposition plus ou moins ordonnée. C'est ainsi que les gisements les plus anciens sont les plus éloignés de la région équatoriale actuelle et se localisent dans l'hémisphère nord et dans des formations plissées et métamorphisées d'âge paléozoïque. De plus, ils sont caractérisés par la présence du diaspore, forme monohydratée de l'alumine.

Plus au sud, dans la zone méditerranéenne, on rencontre des gisements d'âge mésozoïque et dans lesquels la boehmite, autre forme monohydratée de l'alumine est prédominante.

Enfin, dans une zone s'étendant sur environ 20° de latitude de part et d'autre de l'Équateur, se concentrent tous les gisements récents dans lesquels la gibbsite, trihydrate d'alumine, est l'élément principal.

Ainsi donc tous les gisements récents se trouvent situés de part et d'autre de l'Équateur dans les zones tropicales c'est-à-dire dans des régions à climats chauds caractérisées par une saison des pluies abondantes suivie d'une longue saison sèche.

En Afrique, les gisements les plus proches de l'Équateur se situent à la latitude de 5° nord.

Le Bas-Congo se trouve à la latitude de 5° sud et son climat est caractérisé par une saison de pluies abondantes suivie d'une longue saison sèche. La situation géographique est donc favorable à la formation de gisements de bauxite.

Au point de vue géologique, la bauxite est un produit d'altération superficielle de roches silicatées alumineuses tant d'origine éruptive que sédimentaire et, par conséquent, ces gisements peuvent se former aux dépens de roches très diverses. C'est ainsi que l'on connaît des

gisements formés aux dépens de granite, de gneiss, de basalte, de dolérite, de phonolite, de phyllite, de roches métamorphiques, de schistes, de psammites, etc. On connaît aussi des gisements reposant sur du calcaire.

En ce qui concerne le mode de formation de la bauxite on connaît des gisements où celle-ci s'est formée directement aux dépens des roches fraîches, sans passer par le stade intermédiaire du kaolin, mais on connaît aussi des gisements où la bauxite se serait formée aux dépens du kaolin. C'est le cas par ex. des gisements sur calcaire.

Le Bas-Congo, qui est peut-être l'une des régions du Congo belge la mieux connue au point de vue géologique, contient une gamme de roches extrêmement diversifiées et beaucoup de celles-ci pouvaient théoriquement constituer les roches mères des gisements de bauxite.

Enfin, dans la recherche des gisements de bauxite, il faut tenir compte d'un troisième critère, qui probablement est le plus important. C'est le critère morphologique.

On a constaté, en effet, que les gisements de formation récente, requièrent des régions d'un type morphologique bien défini. Il s'agit toujours de régions surélevées, tabulaires, soumises à un drainage naturel intense de sorte que les eaux de précipitation atmosphérique ne puissent rester emprisonnées dans ces formations superficielles. En vertu de ce critère, une prospection pour bauxite devrait être grandement facilitée si le prospecteur pouvait disposer de bonnes cartes morphologiques. Malheureusement, ce n'était pas le cas pour le Bas-Congo.

Ainsi donc, lorsqu'en 1955 le Syndicat BAMOCO décida d'élargir ses travaux de prospection, en y incorporant la recherche de la bauxite, cette décision était suffisamment justifiée et les chances de succès n'étaient pas si illusoire que certains auraient pu le penser.

De plus, étant donné l'incidence énorme que pouvait avoir sur la réalisation du projet d'aménagement hydro-

électrique du site d'Inga, l'existence de gisements de bauxite dans le Bas-Congo, le Syndicat BAMOCO avait estimé qu'il pouvait assumer ces nouveaux risques.

2. *La bauxite.*

Celle-ci constitue pratiquement le seul minerai qui soit économiquement utilisable pour la fabrication de l'aluminium. Elle est composée d'un mélange d'hydroxyde d'alumine sous la forme mono ou trihydratée et qui sont les seuls éléments utiles et d'impuretés telles que l'hydroxyde de fer, l'oxyde de titane, le silicate d'alumine hydraté sous la forme de kaolinite ou d'halloysite, et la silice libre.

Les impuretés les plus gênantes sont les silicates d'alumine car dans le traitement par le procédé BAYER la silice de ces silicates se combine avec l'alumine dans le rapport de 1 /1,1 et avec la soude, utilisée comme solvant, dans une proportion semblable, pour former un silicate d'alumine et de soude insoluble et par conséquent cette impureté réduit la quantité d'alumine solubilisable et c'est une cause de perte de solvant.

Pour qu'une bauxite ait une valeur commerciale, il faut qu'elle réponde à des spécifications très sévères. C'est ainsi que la teneur en alumine doit être au minimum de 50 %, celle en silice doit être inférieure à 5 %. Il s'agit de spécifications exigées pour les bauxites à l'exportation. Pour le traitement sur place en vue de la production d'alumine on traite actuellement avec succès des bauxites moins riches et plus siliceuses.

Alors que la plupart des minerais métallifères sont identifiables visuellement pour peu que l'on ait une certaine expérience, il n'en est pas de même pour la bauxite qui ne se distingue en rien des autres produits d'altération superficielle. C'est là une difficulté qui complique singulièrement la tâche du prospecteur.

Un minerai de cuivre, par exemple, s'identifie aisément aussi bien sous ses formes sulfurées qu'oxydées et, de plus, un prospecteur quelque peu expérimenté peut en apprécier la teneur avec une approximation très satisfaisante.

Il n'en est pas de même pour la bauxite. Il y a bien la perte au feu qui en principe est une opération très simple. Cependant pour ces déterminations il faut pouvoir disposer d'un laboratoire fixe suffisamment bien outillé. D'autre part ces pertes au feu n'ont qu'une valeur indicative qu'il faut interpréter avec prudence :

La bauxite étant un composé de minéraux hydratés, on conçoit que la perte au feu à une température donnée sera d'autant plus élevée que sa teneur en trihydrate d'alumine, la gibbsite, sera plus grande. En effet, sa teneur en eau de constitution est de 2,5 fois celle de la kaolinite et de 3,4 fois celle de la goethite qui constituent les deux accompagnateurs principaux de la gibbsite dans les bauxites récentes. L'expérience nous a montré qu'un latérite dont la perte au feu à 700° est de 20 % peut constituer une bauxite intéressante.

Cependant, ceci n'est pas une règle absolue. Un calcul très simple vous montrera, par exemple, qu'une latérite constituée de 40 % de gibbsite, de 40 % de kaolinite, et de 20 % de goethite donnera théoriquement une perte au feu de 21,45 %. Sa teneur en alumine théoriquement mobilisable ne sera cependant que de 26 %. Un tel minerai ne présente aucun intérêt. Pratiquement, nous avons rencontré plusieurs fois déjà des latérites à fortes pertes au feu mais qui à l'analyse se sont révélées sans valeur.

Étant donné que les divers composés hydratés de la bauxite perdent leurs eaux de constitution à des températures différentes, on peut, dans une certaine mesure en déterminant les pertes au feu à des températures croissantes, calculer les proportions des constituants hydratés.

Pratiquement cependant, on ne pourra différencier ainsi la gibbsite de la goethite étant donné que les zones de températures de départ de l'eau de constitution de ces deux hydrates se chevauchent étroitement.

3. *Historique de la découverte de bauxite dans le Bas-Congo.*

Lorsque le Syndicat BAMOCO décida en 1955 d'entamer des recherches pour bauxites, celles-ci devaient s'intégrer dans le programme de prospection générale qui était en cours d'exécution. Ses équipes de prospecteurs effectuaient à cette époque l'étude systématique des zones où se développent les formations appartenant au système schisto-calcaire, et c'est donc dans ces régions aussi que le Syndicat effectua ses premières recherches pour bauxite.

La technique utilisée pour cette recherche était très simple. Elle consistait à échantillonner dans les zones qui semblaient favorables les produits d'altération des formations schisto-calcaire à l'aide de petits puits poussés jusqu'au niveau hydrostatique. De plus toutes les coupes naturelles et artificielles furent soigneusement examinées et échantillonnées.

En fin 1956, les équipes de BAMOCO avaient ainsi balayé toute la zone calcaire et aucun indice de bauxitisation n'avait été découvert.

En janvier 1957, une équipe effectuait un premier examen de la région située immédiatement au nord d'Isanghila, région qui est caractérisée par un vaste développement de formations latéritiques provenant de l'altération de nappes de laves basiques interstratifiées dans des formations sédimentaires anciennes (*fig. 1*: carte au 1/500.000).

Un échantillonnage systématique des latérites de surface révéla la présence en un point d'une latérite présentant la composition suivante :

P. F.	18,0 %
SiO ²	9,4 %
Al ² O ³	36,4 %
Fe ² O ³	36,0 %

C'était le premier échantillon, parmi les centaines qui avaient été analysés jusqu'alors, qui offrit une preuve de bauxitisation dans le Bas-Congo.

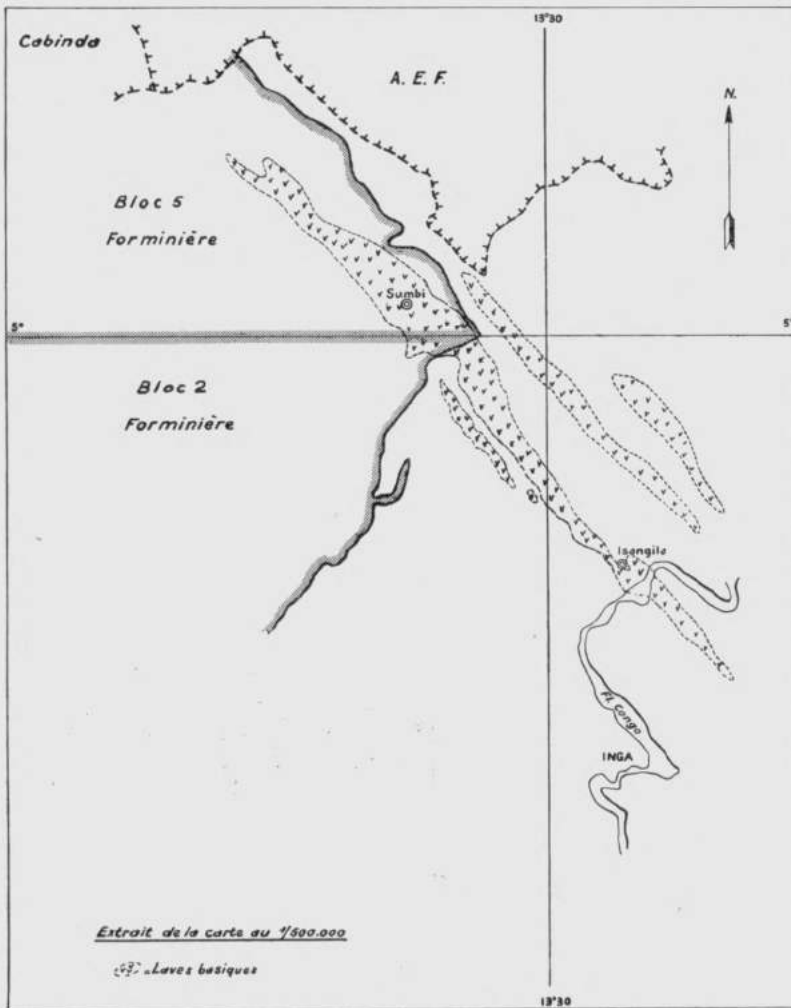


FIG. 1. — Région située au nord d'Isanghila, caractérisée par un vaste développement de formations latéritiques.

Mais de même qu'une hirondelle ne fait pas le printemps, un échantillon de minerai, si prometteur soit-il, ne constitue pas la preuve de l'existence d'un gisement.

L'expérience acquise par le Syndicat BAMOCO, au cours de dix années de prospection dans le Bas-Congo, lui avait appris à se montrer très prudent dans l'appréciation des indices de minéralisations découverts au cours de ses travaux. Ces indices avaient été très nombreux, et souvent très prometteurs, mais la plupart s'étaient révélés par la suite sans valeur.

A la suite de cette découverte, le Syndicat entreprit des travaux de fouilles au voisinage du point où avait été prélevé cet échantillon de latérite bauxitique.

Une série de puits furent foncés et soigneusement échantillonnés. L'analyse montra ensuite que dans l'un de ces puits on avait atteint une couche de latérite bauxitique dont la teneur en silice variait de 1,5 à 12 %, celle en alumine de 36 à 45 % et celle en Fe_2O_3 de 30 à 35 %.

Dès que l'on sortait de la nappe de lave, les teneurs en silice devenaient très importantes. Ceci se passait en novembre 1957.

Ces résultats démontraient donc que les latérites formées aux dépens de la lave basique pouvaient contenir de la bauxite ferrugineuse, bauxite par ailleurs assez pauvre et, de toute façon, invendable.

Bien qu'ils fussent très intéressants, ces résultats ne permettaient toujours pas de conclure à l'existence de gisements de bauxite au sens économique du mot. Les phénomènes de bauxilisation observés pouvaient être très locaux. Et même s'ils se répétaient en d'autres endroits, ils pouvaient conserver un caractère limité, de sorte qu'on ne puisse parler de gisement au sens économique du terme.

Une nouvelle série de puits furent foncés dans la même région. Celle-ci se situe aux environs du village de Kin-

zauki sur la route Sumbi-Isanghila. Deux de ces puits purent être foncés jusqu'au *bedrock* après avoir recoupé une couche de bauxite sous des épaisseurs respectives de 5 et de 7 mètres. Les teneurs établies par passes de 50 cm variaient de 1 à 12 % pour la silice, de 33 à 47 % pour l'alumine et de 29 à 43 % pour le Fe^2O^3 . Les P. F. variaient de 14 à 22 %. Les teneurs moyennes dans les deux puits étaient pratiquement identiques :

Silice	7,5 %
Alumine	40,0 %
Fe^2O^3	33,5 %

M. le professeur DE KEYSER réalisa alors l'étude thermique de cette bauxite et put ainsi montrer que la gibbsite en était son constituant essentiel. C'était un minerai assez pauvre, comme on a pu le constater d'après les analyses citées, mais ce désavantage était partiellement compensé par le fait que l'alumine libre s'y trouvait sous la forme trihydratée, la gibbsite, qui est une forme minéralogique plus facile à mettre en solution que la forme monohydratée.

De plus, des études ultérieures ont montré que par simple tamisage on pouvait déjà sensiblement améliorer la qualité du minerai.

Encouragé par ces résultats, le Syndicat BAMOCO décida alors d'entamer l'étude systématique de la bande de lave sur laquelle il avait obtenu ces premiers résultats. Cette bande de lave présentait une extension longitudinale connue de plus de 100 km et des largeurs variant de 2 à 4 km et plus.

Comme point de départ pour ces travaux systématiques, le Syndicat choisit le poste de Sumbi, village situé quelque peu à l'intérieur des concessions FORMINIÈRE à environ 9 km au nord du village de Kinzauki, lieu des premières découvertes.

Cette étude fut réalisée au moyen de lignes de puits

placées perpendiculairement à la direction de la bande de lave, l'écartement entre puits étant de 500 m. Ceci se passait en avril 1958.

Et le 29 de ce même mois, le Syndicat BAMOCO annonçait officiellement à la FORMINIÈRE la présence de bauxite dans ses blocs 2 et 5 du Bas-Congo.

Il a été dit ci-dessus que l'identification de ce minerai était pratiquement impossible sur le terrain.

Ceci mérite cependant un léger correctif, car actuellement les prospecteurs de BAMOCO parviennent à le déterminer avec certaines chances de succès.

Les *figures 2, 3 et 4* donnent les coupes de deux sondages et d'un puits avec en regard les diagrammes des pertes au feu à 700° établies de mètre en mètre sur les produits extraits.

Ces figures montrent la coïncidence entre la forte élévation des pertes au feu et l'apparition dans la description des coupes de blocs de laves altérées dans lesquels on peut encore observer la structure originelle. Cette élévation se maintient jusqu'à la base de ces puits et sondages si le niveau hydrostatique coïncide avec celle-ci. Dans le cas où le niveau hydrostatique a été rencontré avant la base du puits ou du sondage, on remarque une brusque chute des pertes au feu immédiatement au-dessous du niveau hydrostatique et le kaolin remplace la gibbsite.

Les diagrammes des pertes au feu montrent en plus une nette différence dans le comportement thermique des produits fins (< 3 m/m) et des produits gros (> 3 m/m).

On voit ainsi qu'il est possible, jusqu'à un certain point, de déterminer visuellement la présence de minerai bauxitique dans les puits et sondages de prospection.

Ce minerai se présente soit sous la forme de blocs épars dans de l'argile qui elle-même peut contenir un peu de gibbsite, soit sous la forme de roche altérée compacte en place se débitant suivant des plans de clivage à 120° qui sont ceux de la roche basique inaltérée.

BAMOCO
Prospection Sanzala

Sondage N°: S 3

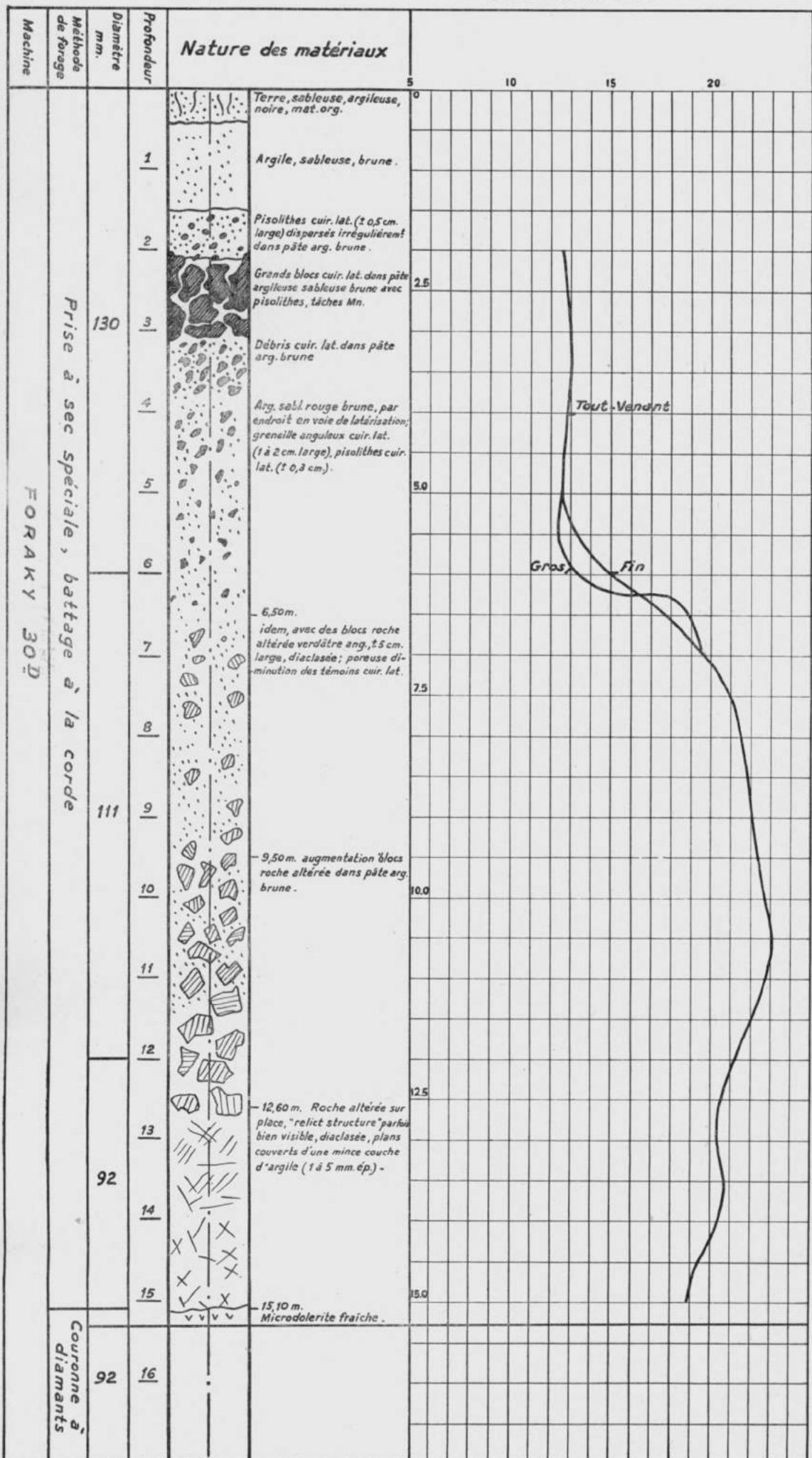
Emplacement : Ligne de base Gr. 517- Dr. 3
200 m. N. Dr. 3.

Début forage : 18-12-1958.

Fin " : 20-12-1958.

Nombre postes opératoires : 3.

Altitude : 598 m.



Sanzala 26-12-1958
J.O. de Kat.

FIG. 2. — BAMOCO, prospection Sanzala.

BAMOCO

Prospection Sanzala

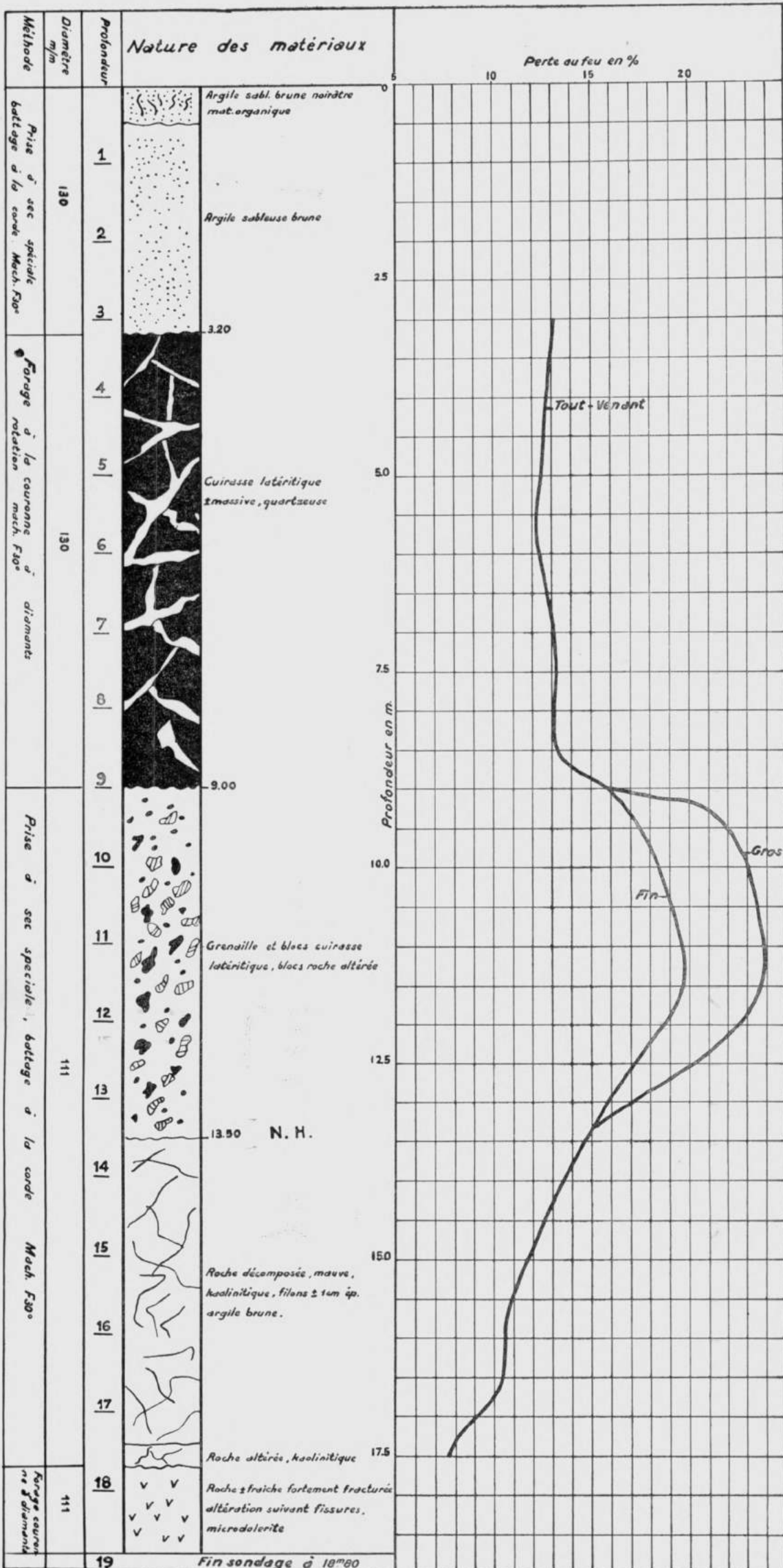
Sondage: S 5

Emplacement: Ligne de base Gr.517-Dr.3
400m. N. Dr.3

Début forage : 24-12-1958.

Fin " : 2-1-1959.

Nombre postes opératoires : 6.



Sanzala, 5-1-1958.

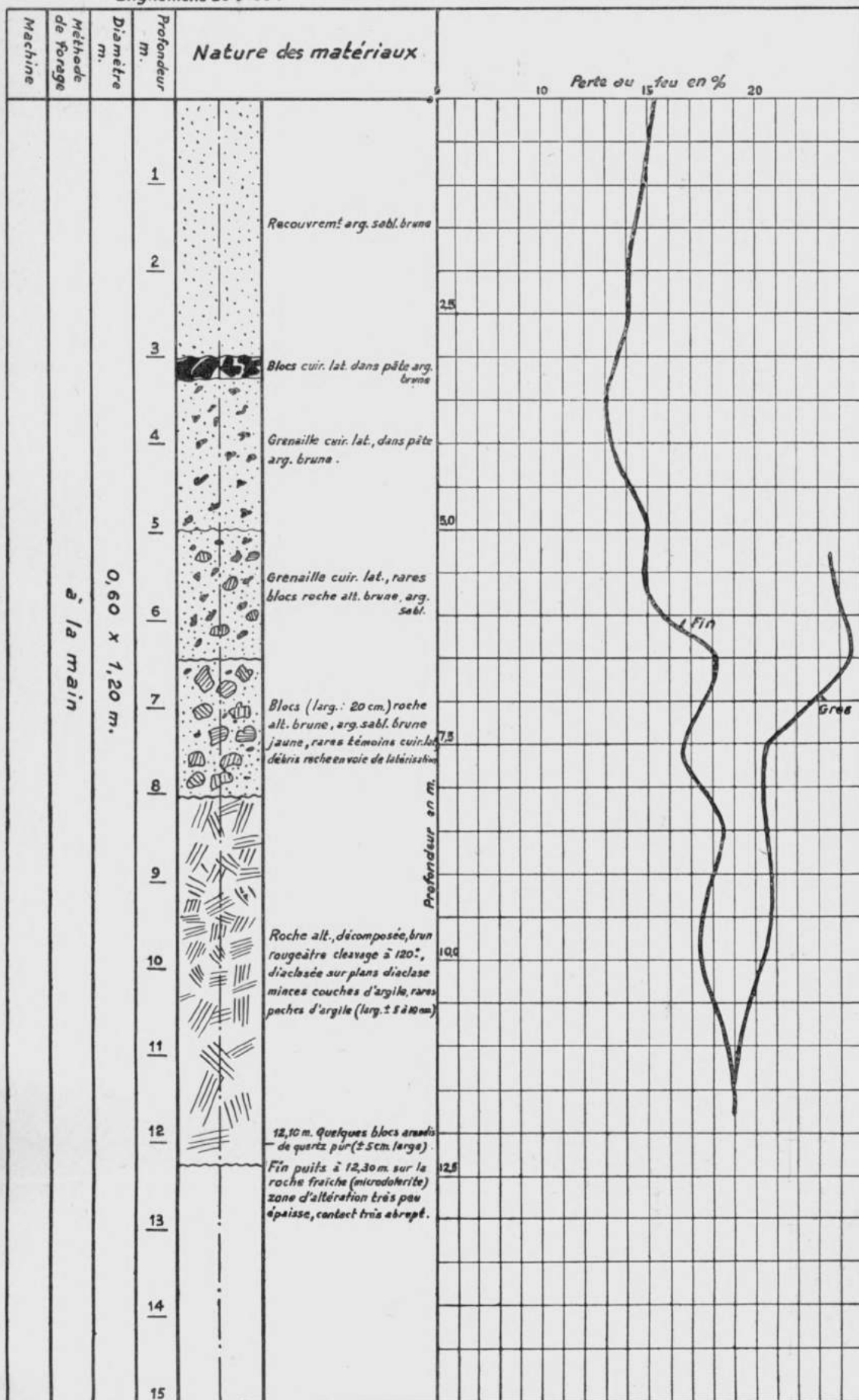
FIG. 3. — BAMOCO, prospection Sanzala.

BAMOCO

Prospection Sanzala

Puits n° K.5
Emplacement : 500m. S. DR.3
alignement de base.

Début : 2-12-1958 - Altitude : 569 m.
Fin : 19-12-1958



Sanzala, le 27 janvier 1959 -

FIG. 4. — BAMOCO, prospection Sanzala.

Cependant, si, comme on vient de le voir, il est possible actuellement d'identifier avec une certaine précision la bauxite dans les produits extraits d'un puits ou d'un sondage, il sera toujours impossible d'en apprécier visuellement la qualité.

Il faudra pour cela avoir recours à la détermination des P. F. et à l'analyse chimique.

Les travaux que le Syndicat a réalisés jusqu'à présent pour la recherche des bauxites lui ont permis de tirer déjà certaines conclusions quant à la genèse de ces gisements.

C'est ainsi que l'on peut affirmer que la bauxite peut se former directement aux dépens de la lave sans passer par un stade argileux intermédiaire. En effet, dans les puits où le niveau hydrostatique se trouve situé au contact de la roche fraîche la couche de bauxite repose directement sur la roche inaltérée.

Lorsque le niveau hydrostatique se trouve à un niveau supérieur au sommet de la roche inaltérée, la couche de bauxite en est séparée par une certaine épaisseur d'argile dont le sommet coïncide avec le niveau hydrostatique. Cette argile proviendrait donc d'une resilication de la gibbsite.

D'autre part, l'expérience acquise jusqu'à présent permet également de sélectionner les sites où la recherche pour bauxite a les meilleures chances de donner des résultats positifs.

4. *Conclusions.*

Ainsi donc, après des années de travaux de recherches menés avec patience et méthode, travaux dans lesquels les syndicataires ont investi des sommes considérables, le Syndicat BAMOCO a pu démontrer la présence de bauxite dans une zone située à une distance acceptable du site d'Inga.

C'est, il est vrai, un minerai relativement pauvre, étant donné que la teneur moyenne en alumine du gisement — tout au moins en zone BAMOCO — ne dépassera probablement pas 40-42 %. Ce minerai est fort semblable à celui développé dans les Guinées française et portugaise. Des essais ont déjà montré qu'il était possible de l'améliorer par des procédés très simples. Il ne sera de toute façon pas exportable et ne pourra être valorisé qu'en le traitant sur place.

Les résultats acquis jusqu'à présent tant dans la zone FORMINIÈRE que dans la zone BAMOCO sont suffisamment encourageants pour justifier de nouveaux investissements en travaux de recherches et de développements. C'est aussi l'opinion des spécialistes canadiens et américains qui ont visité dernièrement les chantiers de prospection de la FORMINIÈRE et de BAMOCO.

Cependant, les travaux ne sont pas encore suffisamment avancés pour pouvoir dire que le gisement est économiquement exploitable et pour en donner dès à présent des tonnages de réserves même possibles.

Ceci afin de tempérer quelque peu l'optimisme parfois délirant qui s'est manifesté tant dans la presse congolais que métropolitaine.

Toutefois, étant donné la vaste superficie occupée par les laves basiques, on peut dire que les possibilités d'y développer des tonnages importants sont très grandes.

La découverte de bauxite dans le Bas-Congo est de nature à apporter un nouvel argument pour justifier l'électrification du site d'Inga et le développement industriel du Bas-Congo.

D'autre part, la présence d'une bauxite indigène pourrait présenter une importance primordiale par rapport à l'importation envisagée de produits provenant d'autres régions africaines.

Nous estimons donc qu'en considération de cet intérêt

national, tout doit être mis en œuvre par des moyens techniques et financiers puissants pour développer les tonnages importants réclamés par cette nouvelle industrie de l'aluminium.

Bruxelles, le 19 février 1959.

**M. Stas. — Contribution à l'étude géologique
et minéralogique des bauxites du nord-est du Mayumbe.**

(Note présentée par M. I. de Magnée).

NOTE PRÉLIMINAIRE.

En juin 1958, nous avons été chargés par le Centre scientifique et médical de l'Université Libre de Bruxelles en Afrique centrale (CEMUBAC), d'une mission pour l'étude des latérites du nord-est du Mayumbe. Cette mission a été exécutée sous la direction de M. le professeur I. DE MAGNÉE, en collaboration avec le Service géologique de la Colonie et avec le complet accord des Sociétés BAMOCO et FORMINIÈRE. La première avait commencé à cette époque, une campagne de prospection dans cette région.

Le travail de terrain concentré surtout au nord du petit Centre commercial de Sumbi a consisté en une série de sondages à sec effectués par des machines du Service géologique. Ces sondages ont été échantillonnés mètre par mètre au fur et à mesure de leur approfondissement. En outre, nous avons essayé de compléter le levé géologique existant.

Nous donnerons les premiers résultats obtenus par l'étude du matériel récolté au cours de cette mission. Cette étude a été exécutée aux laboratoires de Géologie appliquée et de Chimie industrielle de l'Université Libre de Bruxelles.

Situation géographique et aspects climatiques.

La zone latéritisée étudiée est située sur une bande de plateaux allant du fleuve Congo (Isangila) au S.-S.-E.,

jusqu'à quelques kilomètres à l'est de KaiM'Baku au N.-N.-W. Nous avons tout particulièrement exploré la zone encadrant le Centre commercial de Sumbi et son extension vers le Nord.

Sumbi, unique village important de la région, est situé à 70 km de Tshela sur la route de Luozi. Cette route, seul moyen d'accès actuel, est très tourmentée et dans les derniers kilomètres, après avoir traversé la Tsamvi, gravi le mont Kionzo (680 m) avant de redescendre sur la pénéplaine qui s'étend autour de Sumbi sur 5 à 6 km de largeur, à l'altitude moyenne de 550 m.

Bien que située à 5° de latitude Sud, cette région jouit d'un climat particulier et relativement agréable. La pluviosité annuelle est de 1200 à 1300 mm en moyenne (sur 25 ans). Les variations sont fortes d'une année à l'autre [7] *.

La saison sèche débute en moyenne vers le 15 mai et l'apport d'eau par rosée y est important. De plus, l'altitude moyenne assez élevée de la région et sa situation entre des barrières montagneuses qui la surplombent de 200 à 300 m, font que la température y est en général plus basse que dans le reste du Bas-Congo.

Au cours de la saison sèche que nous y avons connue, la température est rarement montée au delà de 20° et durant certaines nuits tombait à 8°. De plus, rare était la nuit sans rosée forte, brouillard ou même légère pluie se prolongeant durant une partie de la matinée.

En saison des pluies, le climat, qui nous a été décrit, est celui de l'ensemble du Mayumbe. Cette saison commence en moyenne le 15 octobre, mais on en sent l'approche dès septembre. Elle accuse une double périodicité ici comme dans le reste du Bas-Congo, avec maximum en avril et novembre et un minimum secondaire en janvier

* Les chiffres entre [] renvoient à la bibliographie *in fine*.

correspondant à une véritable petite saison sèche. Malgré tout, 10 jours de pluie consécutifs sont exceptionnels et les périodes sèches qui les séparent n'atteignent jamais plus de 20 jours.

Aspects géologiques.

Tectonique.

Le soubassement des « plateaux » de Sumbi est constitué par une des bandes de roches basiques relevées par L. CAHEN dans sa carte géologique du Mayumbe [10]. Ces roches éruptives basiques sont interstratifiées dans la tillite inférieure du Bas-Congo, comme l'a mis en évidence M. J. LEPERSONNE en 1950. Cette dernière repose par une discordance sur le système de la Sansikwa, dont les assises supérieures sont des quartzites plus ou moins grossiers, avec passées phylladeuses et même schisteuses.

Sur la tillite repose, également par discordance, le système du Haut-Shiloango, constitué lui aussi de quartzites, phyllades et schistes, le tout reposant sur un conglomérat de base.

Nous avons pu repérer la tillite dans un de nos sondages et probablement en un affleurement assez fortement altéré. Nulle part nous n'avons aperçu le conglomérat de base Haut-Shiloango. Il semble que les roches basiques, et par conséquent le « plateau », sont encadrés par des quartzites Sansikwa, formant deux crêtes résistantes. Une étude des pendages mesurés sur nos affleurements ainsi que de ceux mesurés par M. FERRANTE, géologue de BAMOCO, montre que la bande basique constitue le cœur d'un anticlinal à axe S.-S.-E. — N.-N.-W. à faible ennoyage Nord. Ce sont les pendages mesurés dans les quartzites Sansikwa qui le démontrent le mieux.

Une étude des directions et pendages mesurables sur les affleurements de lave pourrait nous apporter des précisions complémentaires. En effet, nous avons remarqué qu'il est, en général, possible de mesurer sur de tels affleurements trois directions de plans de clivage et parfois quatre. Or, trois de ces directions forment, compte tenu du pendage, un prisme hexagonal grossier. Une construction géométrique simple permet de mesurer l'angle entre l'axe de ce prisme et la verticale, ainsi que la direction de l'axe de rotation horizontal qui permet de « restituer » le prisme dans une position verticale.

Supposant que la lave se soit solidifiée avec formation de prismes hexagonaux rudimentaires à axes normaux à la nappe d'écoulement, donc à la surface de celle-ci, l'angle de rotation représente le pendage actuel de cette surface et l'axe de rotation en donnera la direction tectonique.

Nous avons fait ce tracé et ce redressement pour quatre de nos affleurements mais les résultats obtenus sont insuffisants pour pouvoir en tirer quelque chose.

Cependant, ce travail fait sur l'ensemble des affleurements de lave permettrait de reporter sur la carte les directions et pendages actuels des surfaces des divers épanchements de lave. On pourrait alors constater si ces derniers forment une seule et même masse, s'il y a concordance ou discordance angulaire entre eux ou avec les couches Sansikwa, finalement s'ils ont subi ou non la courbure de l'anticlinal observé.

Nature des laves basiques.

Le recouvrement latéritique des « plateaux », dont nous parlerons au chapitre suivant, réduit les affleurements de ces laves à ceux visibles dans les cours d'eau et éventuellement dans les talus de certaines routes. L'aspect

macroscopique de ces roches est fort variable et d'affleurement à affleurement elles peuvent être nettement différentes.

M. FERRANTE a pu distinguer sept types de roches basiques qu'il dénomme : basalte, dolérite, microdolérite, saussurite, porphyrite, basalte amygdaloïde et brèche conglomératique.

P. GROSEMANS [21] remarque que les roches effusives associées avec la puissante tillite qui sépare les systèmes du Sansikwa et du Haut-Shiloango, sont surtout des microdolérites, mais que l'on rencontre aussi des basaltes, des andésites et des tufs.

Il n'est pas possible pour le moment de tracer sur la carte des zones à lave de nature semblable, et de constater si ces roches constituent des masses ou des coulées orientées ou non suivant la direction générale de l'anticlinal.

Il se fait cependant que le terme conglomératique ne se trouve, pour la région du nord de Sumbi, qu'aux environs de Kipunzu, alors que la saussurite (andésite ?) est surtout localisée sur le côté occidental de la bande de lave à hauteur du centre Commercial. Le basalte semble plus courant dans l'axe de l'anticlinal. Le basalte amygdaloïde affleure surtout dans la région des chutes QUINET, donc au sud de Sumbi.

Levés géologiques.

Dans le but de préciser les données recueillies par M. FERRANTE, nous avons effectué quelques itinéraires de façon à obtenir le plus de renseignements possible quant à la position éventuelle du contact lave-quartzites. Utilisant le tracé de ce géologue, les données de nos affleurements et surtout une carte de la région déduite des photos aériennes existantes, nous avons pu tracer

les limites probables des laves. L'emploi de la carte officielle au 200.000^e conduisait à des anomalies qui, inexistantes sur le terrain, résultaient de l'inexactitude du tracé des routes et autres points de repère.

Pour pouvoir continuer et compléter le levé de la région au point de vue géologique, il sera indispensable soit de faire un levé topographique soigné, soit de disposer d'une restitution de photos aériennes couvrant le nord-est du Mayumbe.

De cette couverture n'existent encore que trois bandes de photos qui se croisent à peu près à hauteur de Sumbi et dont une restitution provisoire nous a servi comme carte de terrain. La restitution plus soignée faite récemment par M. THONNART nous a servi de base pour l'étude morphologique, mais le manque de recouvrement latéral y introduit fatalement des déformations.

Morphologie et hydrologie.

Les « plateaux » sur lesquels les recherches sont actuellement faites et où notre mission s'est déroulée, constituent un large bassin suspendu, allongé S.-S.-E. — N.-N.-W., relativement plan, compris entre deux lignes de crêtes de même orientation. De part et d'autre de ces crêtes, l'érosion a creusé des vallées plus bas que le niveau moyen du « plateau ». Ce dernier a une altitude comprise entre 500 et 600 m, les crêtes environnantes plafonnent à 700 m et les vallées latérale tombent à 350 et 450 m.

Cette forme de relief résulte de l'érosion différentielle du massif constitué par l'anclinal quartzitique Sansikwa dont la direction est également S.-S.-E. — N.-N.-W. (voir GÉOLOGIE).

La bande de lave basique large de trois à cinq kilomètres se trouve encaissée symétriquement entre les deux formations sédimentaires précambriennes. Ces

couches sont redressées et comportent un étage quartzitique. Ces quartzites sont les roches qui ont le mieux résisté à l'érosion et forment les crêtes les plus élevées du pays. Une double barrière quartzitique a donc ralenti l'érosion des laves basiques dans la région de Sumbi.

Cette situation a favorisé la conservation d'une pénéplaine mi-tertiaire s'étendant entre les cotes 650 et 700 m [9].

L'érosion tend à creuser cette pénéplaine suivant 4 sillons correspondants respectivement aux deux contacts lave-quartzite et au deux zones schisteuses tendres qui encadrent le quartzite.

Dans ces 4 sillons ont coulé quatre cours d'eau, dont nous retrouvons les traces bien nettes dans la topographie actuelle du pays (*Fig. 1*). En allant de l'Est vers l'Ouest nous retrouvons :

Le premier sillon Est, dont il reste le cours supérieur de la Lukula et le cours supérieur de la N'Dongi ;

Le second sillon Est, marqué par le cours supérieur de bien des affluents Est actuels de la Lukula au pied des crêtes Est ;

Le premier sillon Ouest, fortement entamé par le cours N.-S. de la Lukula et une partie du cours supérieur du cours de la Nioka ;

Le second sillon Ouest, marqué par la Tsamvi.

Cependant, la Lukula Ouest a fini par capter tous les cours d'eau s'écoulant dans le second sillon Est, avec formation des vallées en forme d'arc de cercle de ces affluents Est actuels. Finalement, elle a capturé même le cours supérieur de ce premier sillon Est et abouti par là à la forme curieuse de son cours actuel qui passe à moins de 10 km de sa source, après plus de 50 km de trajet.

Le cours inférieur de la N'Dongi se conserve et finit par assurer tout le drainage de la région au nord de

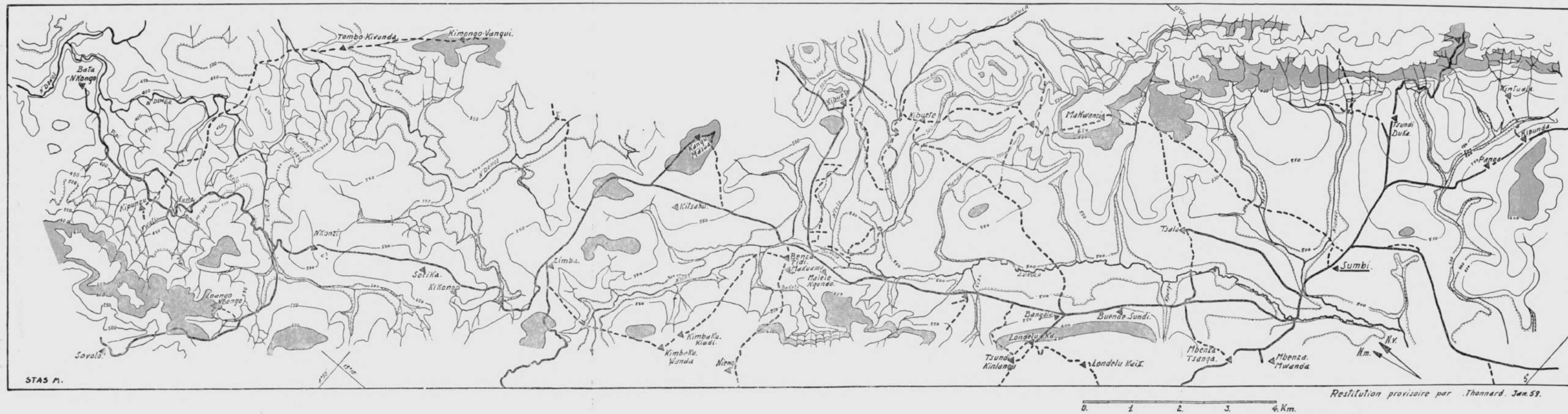


FIG. 1. — Les latérites bauxitiques de Sumbi-Nord.

Zimba avec capture de certains cours d'eau des sillons Ouest.

La Nioka, petit affluent Est de la Tsamvi a fini par traverser la crête quartzitique occidentale et a capturé le cours supérieur de la Lukula dans le premier sillon Ouest. Le niveau de base de la Tsamvi est, en effet, bien inférieur à celui de cette partie de la Lukula, conditionné par le barrage rocheux formant les chutes QUINET. Tout laisse prévoir que cet affluent, la Nioka, finira par capter les eaux de tout le cours S.-N. actuel de la partie supérieure de la Lukula.

Cette brève esquisse de l'évolution hydrologique probable de la région est basée sur la carte topographique tracée par M. THONNART à partir des photos aériennes (*Fig. 1*) que nous avons complétée et mise à jour. Elle explique la forme assez anormale de bien des cours d'eau qui drainent la région : entre autres les affluents en arc de cercle à l'est de la Lukula, la forme de cette dernière et même l'absence d'affluents occidentaux importants.

Remarquons que l'encaissement futur des cours de la Nioka et de la Lukula sont conditionnés par la traversée d'une barrière plus résistante : des quartzites pour le premier, les laves de la chute QUINET pour le second. C'est la lenteur avec laquelle l'érosion de ces laves progresse qui explique que le cours N.-S. de la Lukula est sénile, comme le montrent ses nombreux méandres et sa large vallée plate.

De ce fait l'abaissement du niveau hydrostatique moyen de la région drainée par ces rivières est très lent, de même que leur action érosive.

La conservation du « plateau » entre les deux crêtes, reliquat possible d'une pénéplaine fin tertiaire, est liée au caractère sénile des cours d'eau principaux qui la drainent.

Ce plateau fin-tertiaire a subi une forte latérisation, sous un climat favorable, avec formation d'une cuirasse assez généralisée. Au Pleistocène, la région a été recouverte de 3 à 5 mètres de « limons » argileux, avant de subir l'érosion par les cours d'eau actuels, érosion freinée par les seuils résistants qu'ils ont à franchir pour la quitter. Ces « limons » pleistocènes sont constitués en majeure partie d'argile kaolineuse, et d'hydroxydes ou oxydes de fer avec peu ou pas de quartz libre. Ils pourraient être soumis à une période de latérisation toujours en cours.

Les latérites du plateau de Sumbi.

Les sondages.

Au cours de notre mission, nous avons fait faire, par le sondeur du Service géologique, 37 sondages à sec, exécutés à l'aide de la tarière mécanique Parmanco. La roche broyée remontée par la tarière a été échantillonnée mètre par mètre. Ces sondages nous donnent une coupe de la couche de latérite recouvrant les laves et d'autres roches. Un échantillon de celles-ci a été prélevé par carottage au diamant, chaque fois que ce fut possible.

Nous avons ainsi recueilli plus de 600 échantillons de latérite. Sur place, chaque sondage fut étudié par détermination de la perte au feu des échantillons séchés. Cette méthode, suggérée sous une autre forme par M. le professeur DE KEYSER, semblait, en effet, la plus apte à mettre en évidence la variation de composition minéralogique de la couche de latérite.

Les pertes au feu (Fig. 2).

Des études faites sur des latérites recueillies dans cette région par le Syndicat de Recherches BAMOCO indiquaient

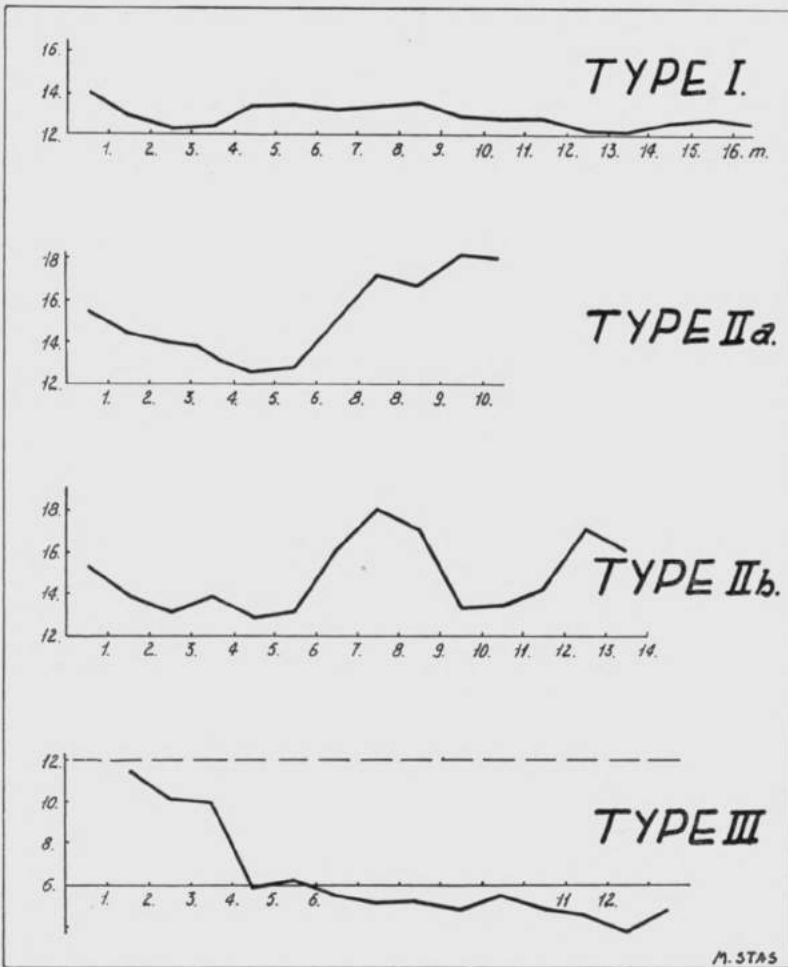


FIG. 2. — Pertes au feu.

qu'elles étaient surtout composées de kaolinite ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \cdot 2\text{SiO}_2$), goethite ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) et éventuellement de gibbsite ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$). Or, par chauffage à 450° , cette dernière perd 34,6 % de son poids, alors que la goethite en perd 11 % et il faut chauffer au delà de 750° pour que la kaolinite perde 14 % du sien. M. DE KEYSER avait proposé un chauffage à 450° , qui aurait permis de départager directement les échantillons à kaolinite de ceux à gibbsite et goethite. Malheureusement, nous

n'étions pas suffisamment bien équipés pour réaliser cette calcination à 450°, avec contrôle de la température. Nous avons préféré chauffer tous les échantillons au rouge cerise (certainement plus de 750°) et déterminer les pertes de poids correspondantes. Ce chiffre qui aurait du osciller entre 11 et 14 % pour les mélanges de goëthite et kaolinite, devait nettement dépasser cette valeur dès que la gibbsite était présente en quantités appréciables.

En déterminant l'évolution de cette perte de poids en fonction de la profondeur de prise de l'échantillon, nous nous sommes aperçu rapidement que les sondages pouvaient se classer en trois catégories suivant ce critère : [Fig. 2]

1° *Type I* à perte de poids très régulière mais évoluant aux environs de 12 à 14 %. Ces sondages ont atteint la roche au delà de 20 m de profondeur ;

2° *Type II* pour lesquels la perte au feu présente un minimum entre 6 et 9 m suivi d'une forte augmentation pouvant aller jusqu'à des valeurs de 20 % et plus.

Pour le *type IIIa* ces fortes pertes au feu se maintiennent jusqu'à la rencontre de la roche basique entre 10 et 15 m. Ces sondages n'atteignent pas la nappe hydrostatique.

Pour le *type IIIb* après la zone à fortes pertes au feu, celle-ci retombe entre 12 et 14 % avant que la roche basique ne soit touchée, en général au delà de 15 m. Les faibles pertes au feu du fond correspondent au niveau de la nappe hydrostatique ;

3° *Type III* dans lesquels la perte au feu tombe sous 12 % dès les premiers mètres et continue à diminuer jusqu'à la rencontre de la roche. Dans ce cas celle-ci est quartzitique.

Cette classification des sondages peut déjà être utile au sondeur du moment qu'il détermine des pertes au feu au fur et à mesure de l'avancement :

Si la perte au feu diminue de façon continue dans les premiers mètres et est nettement sous 12 % il est inutile de poursuivre le sondage ;

Il en est de même si cette perte au feu se maintient aux environs de 12 à 14 % durant les 15 premiers mètres ;

Seuls seront intéressants les sondages ou puits dans lesquels les courbes obtenues se rapprochent de celles du type II, les seuls qui correspondent à la présence de latérite gibbsitique.

Les analyses chimiques (Fig. 3).

Nous servant des analyses chimiques de nos échantillons, qui nous ont été fournies par le Service géologique de la Colonie, nous en avons calculé la composition minéralogique.

Ici aussi, nous avons supposé la latérite composée d'un mélange de gibbsite, kaolinite et gœthite avec éventuellement du quartz libre correspondant à l'excédent de silice par rapport à la composition de la kaolinite ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). Les pertes au feu calculées à partir de ces compositions minéralogiques reconstituées, correspondent assez exactement à celles mesurées sur les échantillons.

Pour le *type I* nous avons pris comme exemple le *sondage I*. La latérite traversée se compose surtout de kaolinite et gœthite à des teneurs oscillant entre 40 et 60 %, cette dernière présentant un maximum entre 4 et 12 m correspondant à un minimum de kaolinite. Jusqu'à 12 m nous trouvons un peu de gibbsite qui à 10 m de profondeur représente 10 % de l'ensemble. Sous 12 m le quartz libre apparaît en petites quantités. Le niveau hydrostatique s'établissait à 11 m.

Pour le *type IIa* nous suivrons le *sondage III*.

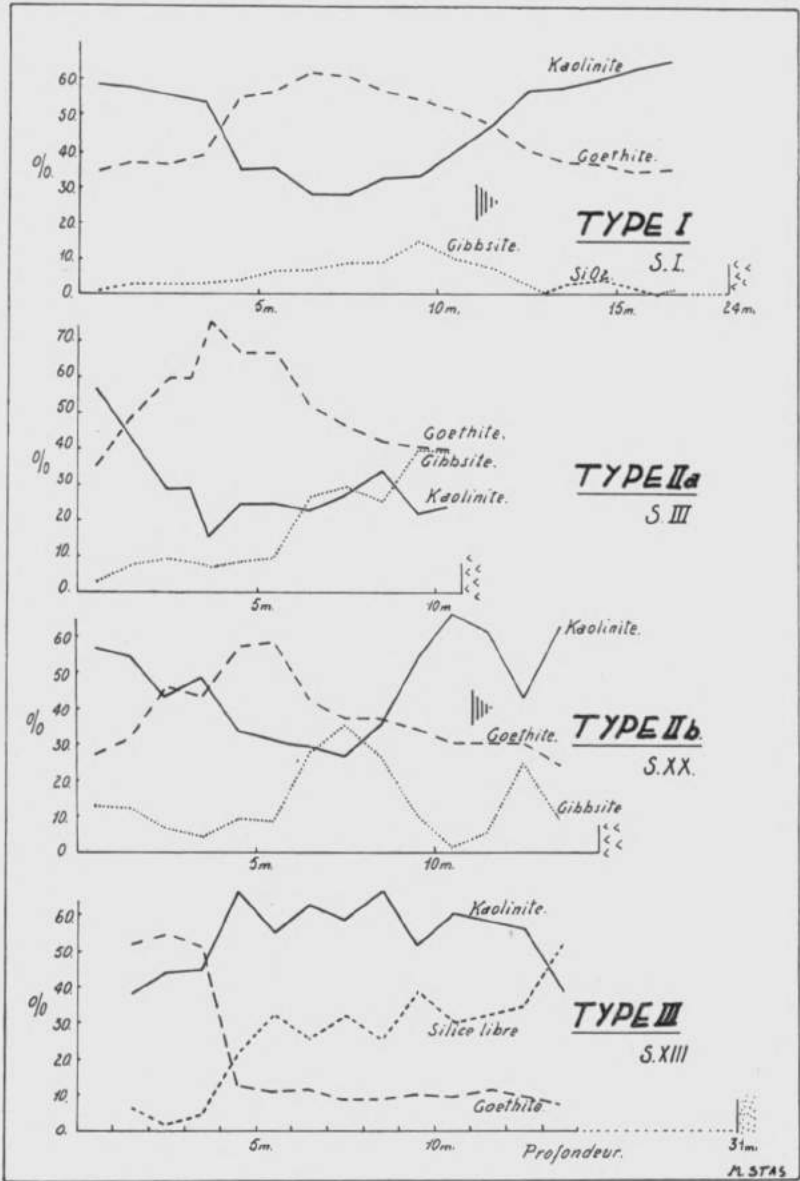


FIG. 3. — Composition minéralogique.

Sous la cuirasse latéritique, la kaolinite constitue 20 à 30 % de la masse alors que la goëthite passe de 75 % à 40 % de l'ensemble. La gibbsite se présente en teneurs croissantes avec la profondeur, surtout après 6 m, et finit par constituer plus de 40 % des échantillons. Pas de silice libre calculée.

Pour le *type Iib* nous prendrons le *sondage XX*.

Dans celui-ci la kaolinite et la goëthite oscillent entre 30 et 60 % alors que la gibbsite se maintient aux environs de 10 % jusqu'à 6 m de profondeur, pour passer à 35 % vers les 8 m, mais retomber sous 10 % à 11 m. Ici non plus pas de silice libre et la nappe hydrostatique était située à 12 m avec la roche basique à 14,60 m.

Le *type III* est représenté par le *sondage XIII*.

Il présente une coupe dans laquelle dès les 4 m la silice représente 30 % de l'ensemble pour monter à 40 % à 14 m. La kaolinite s'établit entre 50 et 60 %. La goëthite éventuelle est présente à une teneur voisine de 10 % et assez constante.

L'analyse chimique confirme donc qu'aux fortes pertes au feu correspondent de fortes teneurs en gibbsite, mais que cela ne se produit que dans les sondages du type II.

Étude différentielle thermique (Fig. 4).

Nous servant de l'appareillage existant au Laboratoire de Chimie industrielle, nous avons soumis à l'analyse thermique différentielle les séries d'échantillons correspondants aux sondages I et III.

Cette analyse thermique différentielle met en évidence les échanges de chaleur entre un échantillon inconnu et une masse inerte, soumis tous les deux à un chauffage lent et progressif de 0 à 1.000° C. La deshydratation des minéraux des latérites se marque fort bien comme phénomène endothermique.

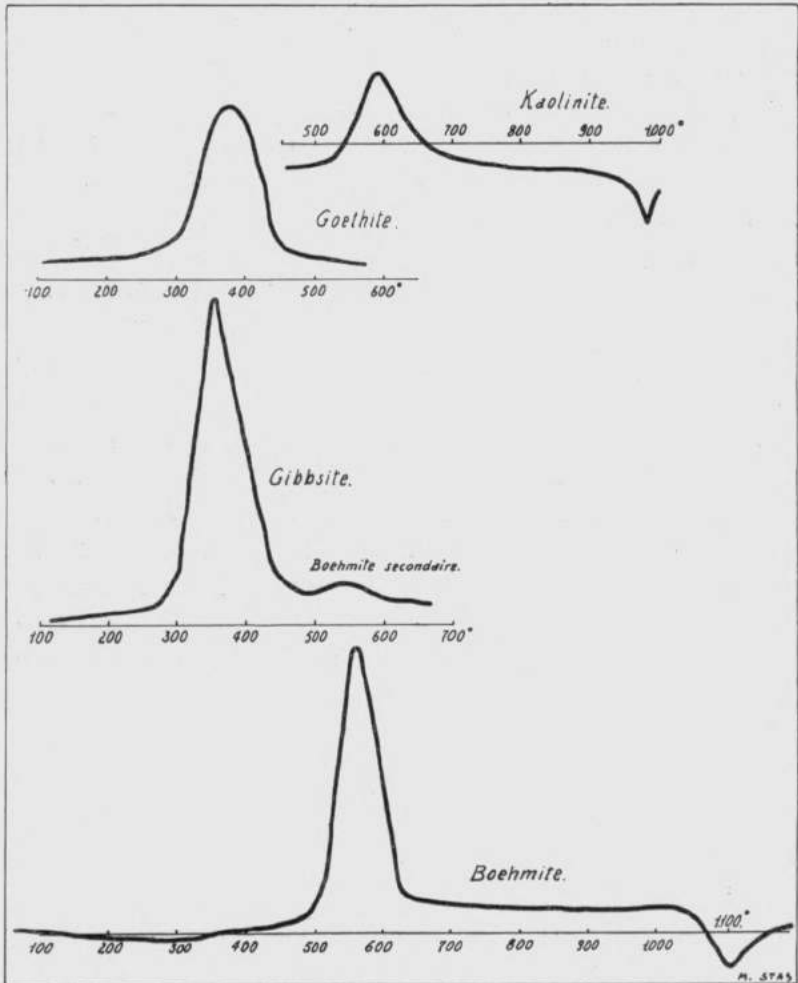


FIG. 4. — Analyse thermique différentielle.

Entre 275 et 450° nous observons la déshydratation de la gibbsite et de la gœthite, la première présentant un maximum avant la seconde, mais, bien que leur présence simultanée soit discernable, il est difficile d'en apprécier les proportions.

Entre 500 et 600° nouvelle déshydratation mais cette fois de la boëhmite ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) (résidu probable de la déshydratation antérieure de la gibbsite) et de la kaolinite. De nouveau il est possible de voir s'il y a, en plus du

kaolin, de la boëhmite, mais les températures de déshydratation sont tellement voisines que les deux phénomènes se recouvrent.

Finalement à 972° nous observons un phénomène exothermique dû à la cristallisation de l'alumine du kaolin sous forme alpha. Ce phénomène est caractéristique pour ce minéral. L'absence de cette réaction exothermique exclu la présence de kaolinite et indique que le phénomène endothermique éventuellement observé à 550° est dû à de la boëhmite ou du diaspore exclusivement.

Pour certains échantillons nous avons trouvé en plus une petite irrégularité exothermique se reproduisant vers 985 à 990°, due semble-t-il à la cristallisation de l'alumine gamma (mullitisation ?).

Par ces séries de diagrammes différentiels thermiques, nous avons pu confirmer l'exactitude des décompositions minéralogiques faites à partir des analyses chimiques.

Nous attirons cependant l'attention sur des phénomènes exothermiques de basse température observés dans le premier mètre de ces sondages et sur la similitude des différentielles thermiques, des compositions chimiques et minéralogiques des échantillons encadrant le niveau présentant une teneur maximum en gœthite. C'est à ce niveau que se situe la cuirasse latéritique lorsqu'elle existe. Elle s'établit en général vers 4 à 5 m de profondeur

Une telle étude différentielle thermique faite sur le terrain au moyen d'un appareillage simplifié, tel celui proposé par HENDRICKS et GOLDICH (n° 25) permettrait de mettre en évidence, de façon rapide, les zones similaires d'un même sondage et de réduire au strict minimum les échantillons à contrôler par analyses chimiques.

Spectre de diffraction aux rayons X.

Nous avons fait faire le spectre de diffraction aux rayons X d'une série d'échantillons ayant donné des diagrammes de différentielle thermique suffisamment clairs et caractéristiques.

L'étude de ces spectres est en cours et donnera la nature exacte des constituants des échantillons. Elle servira de contrôle aux décompositions minéralogiques déjà données ci-dessus.

Les latérites bauxitiques et les bauxites.

Les analyses des échantillons à forte perte au feu obtenus dans nos sondages accusent toujours la présence d'au moins 10 % de SiO_2 et les meilleures teneurs en alumine ne s'élèvent pas au-dessus de 40 %. Les différentielles thermiques montrent que cette alumine est alors principalement sous forme de gibbsite. La teneur en ce constituant va en croissant avec la profondeur, mais ne dépasse que rarement 40 %. Ces échantillons sont donc des latérites bauxitiques, mais nullement des bauxites de bonne qualité, dans lesquelles SiO_2 ne doit pas dépasser 5 à 10 %, le fer 15 à 20 % et dans lesquels l'alumine libre (sous forme hydratée : la gibbsite) doit en constituer plus de 40 %.

Cependant, nous avons eu l'occasion d'étudier des échantillons provenant de puits creusés par la FORMIÈRE au voisinage du sondage III. Ces latérites présentent, sur les derniers mètres, des pertes au feu dépassant 20 %. Les blocs poreux (porosité de 50 %) à faible densité (1,33) que l'on peut recueillir à cette profondeur sont constitués par un mélange de gibbsite et goëthite presque sans kaolinite. Leur analyse donne par exemple :

SiO ₂	0,5 %
Fe ₂ O ₃	36,9 %
Al ₂ O ₃	42,6 %

Ces blocs constituent donc bien une véritable bauxite ferrugineuse.

D'autres puits creusés depuis lors par FORMINIÈRE et par BAMOCO ont touché de la bauxite de qualité analogue [22].

Nous attribuons les fortes teneurs en kaolinite de nos meilleurs échantillons à l'effet de moyenne. Ceux-ci représentent en effet un mètre de sondage qui aura traversé, outre les blocs de bonne bauxite, les veinules et enduits de kaolinite qui la recourent en tous les sens. D'autre part, dans ces sondages faits à la tarière et sans tubage, des rechutes sont toujours possibles et amènent une pollution, puisque les premiers mètres traversés sont à la fois meubles et riches en kaolin.

Origine de la latérite bauxitique.

En reprenant la littérature consacrée aux latérites et à leur origine, nous constatons que de nombreuses théories ont été avancées. Toutes ou presque toutes font intervenir les eaux d'infiltration et la nappe hydrostatique comme facteurs déterminants l'altération de la roche primaire. Il y a élimination des métaux alcalins et alcalino-terreux, ainsi que de la silice, et conservation du fer et du titane. L'aluminium lui aussi tend à rester dans le résidu de dissolution. Mais alors que l'élimination des alcalins et alcalino-terreux ne présente aucune difficulté, celle de la silice et la migration éventuelle du fer et de l'aluminium sous forme de carbonates, hydroxydes ou hydrates, donnent lieu à des divergences d'opinion.

Cette migration se fait-elle par mise en solution ioni-

que ou sous forme de suspensions colloïdales ? [4, 27] Y a-t-il intervention d'acide sulfurique [15, 26], nitrique [11], humique [15, 17, 27, 33] ou carbonique [14, 32, 33, 34, 36], ou encore intervention de bactéries [11] ?

Cette altération est-elle liée ou non à des variations saisonnières du niveau hydrostatique sous climat tropical [1, 5, 6, 16, 28, 30, 36], à saisons sèches et humides alternées ou bien a-t-elle lieu sans l'intervention d'un climat de ce type ? (SHERMAN [35], EDWARDS [12] ne font intervenir qu'une humidité continue, SIMPSON [36] une saison sèche continue, HANLON [23] un climat humide tempéré).

Enfin, se fait-elle sous le niveau de la nappe hydrostatique, ou au dessus, ou encore dans la zone de fluctuation saisonnière ? Finalement, les avis sont fort divergents au sujet de ces problèmes, de même qu'au sujet de l'enrichissement éventuel des latérites en aluminium pour aboutir aux bauxites.

Ici les auteurs font intervenir deux grands types de roches soumises à l'altération : d'une part les roches basiques telles que gabbro, diabases, syenites néphéliniques, et d'autre part les roches acides telles que granites, gneiss et micaschistes.

Nous ne nous attarderons pas sur les roches acides, les latérites étudiées se trouvant sur une bande de roches basiques. Mais ici encore la roche basique s'altère-t-elle directement en bauxite [2, 3, 18, 24, 31], ou passe-t-elle par une première altération en argile kaolineuse, s'altérant à son tour en latérite alumineuse ou en bauxite ? [4, 5, 8, 13, 15, 20, 28, 36].

Sans approfondir ici le processus exact de l'altération de la roche basique, nous constaterons que les deux conceptions sur la formation de la latérite bauxitique sont le résultat de l'étude de deux types différents de profils établis dans les latérites recouvrant ces roches :

Dans le *premier type de profil*, les auteurs constatent le contact net existant très souvent entre la roche et la bauxite qui la recouvre. La roche verrait ses silicates décomposés, l'élimination de sa silice par solubilisation et la recristallisation immédiate de l'alumine sous forme de gibbsite. On retrouve même cette dernière en pseudomorphose des silicates alumineux dans la mince péllicule de roche à peine touchée par l'altération. Si dans la bauxite on retrouve des bandes de kaolinite, ou s'il y a des niveaux entiers de ce minéral, celle-ci proviendrait soit d'un apport de kaolin par le haut (infiltration), soit d'une résilication de la gibbsite.

Dans le *second type* les auteurs décrivent l'altération comme étant d'abord une *kaolinisation* des feldspaths de la roche, avec formation au contact de celle-ci d'une couche de latérite argileuse ou même d'argile claire. Dans les couches supérieures il y aurait eu migration du fer et de l'alumine, conservation du titane et élimination progressive de la silice. Dans ce cas il y aurait toujours cette couche kaolineuse interposée entre la roche et la latérite alumineuse.

Nous reprendrons la théorie proposée en 1948 par GOLDICH [18] sur l'origine et l'évolution des latérites alumineuses et bauxites. Cette théorie a l'avantage de concilier les deux types de profils qui coexistent dans le Mayumbe (type IIa et IIb).

Selon GOLDICH, la latérite alumineuse et la bauxite se forment directement par l'altération des roches ignées *au-dessus* du niveau hydrostatique dans les régions où le climat, la topographie, le type de roche et probablement d'autres facteurs sont favorables. *Sous* le niveau hydrostatique les minéraux argileux sont prédominants et forment l'aboutissement de l'altération. Pour cette raison, les gisements de bauxite passent normalement vers le bas à des argiles qui furent prises, dans l'ancienne littérature, pour des argiles de transition entre bauxite et roche fraîche.

Le niveau argileux est courant dans les régions tropicales où l'altération est descendue suffisamment bas et où les conditions physiques permettent l'établissement d'une nappe hydrostatique permanente. Dans ce niveau les minéraux kaolineux apparaissent soit par cristallisation directe, soit par silication des hydroxydes d'aluminium (dans le cas où le niveau hydrostatique remonte par augmentation de la pluviosité).

Il s'en suit que l'apparition d'un niveau hydrostatique permanent dans un profil plus ou moins fortement altéré marque la fin du cycle de latéritisation. Au dessous de ce niveau, il y a passage de l'équilibre physico-chimique favorisant l'apparition de gibbsite à celui favorisant la formation des minéraux argileux.

Dans les derniers stades de l'altération apparaissent des processus secondaires qui entraînent une certaine redistribution des constituants dans la latérite et dans l'argile sous jacente.

Nos trois types de sondages illustrent bien cette théorie. Revenant aux variations de la composition chimique avec la profondeur (page 481), nous constaterons que selon GOLDICH les trois types de sondages peuvent s'interpréter de la façon suivante :

Type I : le cycle de latéritisation est achevé, le niveau hydrostatique permanent est à 11 m et tous les constituants ayant résisté à l'élimination par mise en solution se sont recristallisés sous forme de kaolinite et goëthite. A 10 m de profondeur, nous trouvons un résidu de gibbsite en voie de kaolinisation très probable. (Cette zone du sondage est soumise aux variations saisonnières du niveau de la nappe hydrostatique).

Type IIa : le niveau hydrostatique permanent se trouve en dessous de la zone oxydée ; la roche est altérée directement en bauxite. Les diaclases suivant lesquelles l'eau s'est infiltrée dans la roche restent visibles dans la

latérite alumineuse poreuse qui provient de cette altération. Ces diaclases présentent des remplissages de kaolin, qui vient donc s'interposer entre les blocs de latérite bauxitique. Ce kaolin pourrait provenir directement ou indirectement de l'élimination de la silice de la partie supérieure de la couverture latéritique, par l'infiltration des eaux pluviales.

Les puits favorables que nous connaissons peuvent également s'expliquer de cette façon.

Type IIb : le niveau hydrostatique est installé dans la partie inférieure de la couverture. Cependant, la redistribution des constituants n'a pas encore eu lieu sur toute la hauteur du sondage. Il reste toute une bande de latérite gibbsitique marquant la zone occupée le moins longtemps par la nappe hydrostatique au cours de ses fluctuations annuelles. La base du profil, sous le niveau de l'eau, est presque entièrement kaolinisée. Ce phénomène semble moins intense au contact immédiat de la roche basique.

Les mouvements saisonniers de la surface de la nappe hydrostatique et la variation de la composition des eaux constituant la partie active de cette nappe au cours d'une même saison pourraient expliquer en grande partie tout le processus de l'altération de la roche. Suivant SABOT [34] la teneur de ces eaux en acide carbonique serait l'agent principal de l'altération.

Les travaux de prospection détaillée qui sont en cours permettront de préciser ces processus, notamment par l'étude chimique des eaux et des fluctuations saisonnières du niveau hydrostatique.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ABREU FRGÉS, S. : Notas sobre a bauxita da Laginha em Conceição de Muqui (Esperito Santo, Brésil, *Mineração et Metallurgia*, V. 8, n° 47).
- [2] ADAMS, George-I. : Bauxite deposits of Southern states (*Écon. Géol.*, V. 22, n° 6).
- [3] ALEXANDER, L.-T., HENDRICKS, STERLING, B., GEORGE, T. : Occurrence of gibbsite in some soils-forming materials (*Soil Science Soc. America Proc.*, V. 6).
- [4] ALLEN, V. : Effect of migration of clay minerals and hydrous aluminium oxydes on the complexity of clay (*American Ceramic Soc. Jour.*, V. 28, n° 10).
- [5] ARSANDAUX, H. : Contribution à l'étude des roches silicatées alumineuses dans les régions intertropicales (Soc. française Minéralogie *Bull.*, Tome 36).
- [6] BAUER, Max. : Beiträge zur Geologie der Seychellen, insbesondere zur Kenntnis des Laterits (*Neues Jahrbuch*, 1898, Band 2).
- [7] BULTOT, F. : Quelques aspects de la climatologie du Bas-et-Moyen Congo (Académie royal des Sciences coloniales, *Bull. des Séances*, 1958, N. S., IV, 2).
- [8] CHHIBBER, H.-L., MISRA, R.-C., RANJAN, P. : The bauxite deposits of the Bagru Plateau near Lohardage, Ranchi district, Bihar (India) (*Indian Ceramic Soc. Trans.*, V. 1, n° 3).
- [9] CAHEN, L. : Géologie du Congo belge, 1954.
- [10] — Carte géologique du Congo belge, Feuille de Boma.
- [11] CORBET, A. STEVEN : Biological processes in tropical soils, with special reference to Malaysia.
- [12] EDWARDS, M.-G. : The occurrence of aluminium hydrates in clays (*Écon. Géol.*, V. 9, n° 2).
- [13] EMORY LLOYD, T. : Bauxite, its supply and manner of formation (*Eng. Min. Jour.*, 123, n° 19).
- [14] FLEURY, Ernest : Le siderolithique suisse, contribution à la connaissance des phénomènes d'altération superficielle des sédiments (Soc. Fribougeoise sci. nat. Geol. et Geog., *Mémoires*, V. 6).
- [15] FONSECA VAZ, Teodôro A. (da), : Lateritização das rochas ricas em alumino-silicatos (*Escola de Minas Rev.*, Ano 9, n° 8).
- [16] FOX, Cyril-S. : The bauxite and aluminous laterites occurrences of India (India Geol. Survey, *Mém.*, V. 49).
- [17] FREISE, Fred-W. : Bauxitlagerstätten im Brasilianischen Staate Minas Geraes (*Metall und Ertz*, 88 Jahr, Heft 21).
- [18] GOLDICH, Samuel-S. : Origin and development of aluminous laterite and bauxite (*Geol. Soc. America Bull.*, V. 59, n° 12).

- [19] GOLDMAN, Marcus-I., TRACEY, Joshua-I. : Relations of bauxite and kaolin in the Arkansas bauxite deposits (*Econ. Geol.*, V. 41, n° 6).
- [20] GORDON MACKENZIE (J^r) : Field relations of Arkansas bauxite deposits (*Geol. Soc. America Bull.*, V. 60, n° 12).
- [21] GROSEMANS, P. : Intrusions basiques et laves des formations anciennes du Bas-Congo (*Ann. Musée du Congo belge*, 1959).
- [22] — Les bauxites dans le Bas-Congo (Acad. royale des Sciences coloniales, *Bull. des Séances* 1959, N. S., T. V. fasc. 2).
- [23] HANLON, F.-N. : The bauxites of New South Wales (*Royal Soc. New South Wales Jour. and Proc.*, 1944, V. 78).
- [24] HARRISON, Sir John BURCHMORE : Formation of a laterite from practically quartz-free diabase (*Geol. Mag.*, decade 5, V. 8, n° 3).
- [25] HENDRICKS Sterling-B., GOLDICH and NELSON : A portable differential thermal analysis unit for bauxite exploration (*Econ. Geol.*, V. 41, n° 1).
- [26] HOLMÈS, Arthur : The lateritic deposits of Mozambique (*Geol. Mag.*, decade 6, V. 1, n° 12).
- [27] HSIEH, C.-Y. : Origin of the Chinese bauxite deposits (*Econ. Geol.*, 1944, n° 2).
- [28] LACROIX, A. : Les latérites de Guinée (Acad. Sci. Paris, *Comptes rendus*, Tome 158).
- [29] — Les produits d'altération des roches silicatées alumineuses, et en particulier les latérites de Madagascar (Acad. Sci. Paris, *Comptes rendus*, Tome 159).
- [30] MACLAREN, Malcolm : On the origin of certain laterites (*Géol. Mag.*, decade 5, V. 3).
- [31] RAGGAT, H.-G. : The bauxite deposits of the Boolarra-Mirboo North Area, South Gippsland, Victoria (*Australia Min. Res. Survey, Bull.* 14).
- [32] RAO, T.-V.-M. : A study of bauxite (*Mineralog. Mag.*, V. 21, n° 120).
- [33] RETTGER, R.-E. : The bauxite deposits of Southeastern Alabama (*Econ. Geol.*, V. 20, n° 7).
- [34] SABOT : Les latérites (Congrès géologique international. Alger 1952, fasc. XXI).
- [35] SHERMAN, G., DONALD : Factors influencing the development of lateritic and laterite soils in the Hawaiian Islands (*Pacific Sci.*, V. 3, n° 4).
- [36] SIMPSON, E.-S. : Notes on laterite in Western Australia (*Geol. Mag.*, decade 5, V. 9, n° 9).
- [37] WAEGEMANS, G. : Les laterites de Gimbi (Bas-Congo) (Publication de l'I.N.É.A.C., 1954, n° 60).

Table des matières. — Inhoudstafel.

TABLE DES MATIÈRES

Séances des Classes.

	Pages.
Sciences morales et politiques	
Séance du 19 janvier 1959	204
Séance du 16 février 1959	242
Sciences naturelles et médicales	
Séance du 17 janvier 1959	318
Séance du 21 février 1959	336
Sciences techniques	
Séance du 30 janvier 1959	372
Séance du 27 février 1959	432
Bienvenue	372
Comité secret	209 ; 326 ; 378
Communications administratives	204 ; 242 ; 320 ; 336 ; 374
Compliments	204 ; 318 ; 372
Décès :	
A. OMBREDANE (notice nécrologique)	242
Hommages d'ouvrages	206 ; 248 ; 324 ; 340 ; 376 ; 434
Mission (D ^r Ch. MARIT)	340 ; 371
Présentation des manuscrits	340 ; 434
Sous-commission d'histoire congolaise	246
Subvention (demande) :	
E. BOELAERT (R. P.)	246

INHOUDSTAFEL

Zittingen der Klassen.

	Blz.
Morele en Politieke Wetenschappen	
Zitting van 19 januari 1959	205
Zitting van 16 februari 1959	243
Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen	
Zitting van 17 januari 1959	319
Zitting van 21 februari 1959	337
Technische Wetenschappen	
Zitting van 30 januari 1959	373
Zitting van 27 februari 1959	433
Aangeboden werken	206 ; 248 ; 324 ; 340 ; 376 ; 434
Aanzicht der handschriften	341 ; 435
Administratieve mededelingen	205 ; 243 ; 321 ; 337 ; 375
Begroetingen	205 ; 319 ; 373
Geheim comité	207 ; 325 ; 377
Overlijden :	
A. OMBREDANE (necrologische nota)	243
Sub-commissie voor Congolese geschiedenis	247
Toelage-aanvraag :	
E. BOELAERT (E. P.)	249

	Pages.
Voeux :	
Concernant l'information dans la politique congolaise actuelle	244
Concernant la création d'une sous-commission d'histoire congolaise	246
Concernant la lutte contre <i>Eichhornia crassipes</i>	320

Communications :

BERNARD, E. : Présentation de son mémoire, intitulé : « Les climats d'insolation des latitudes tropicales au Quaternaire »	336 ; 344
BOELAERT, E. (R. P.) : Intervention dans la discussion du mémoire de A. DURIEUX, intitulé : « Souveraineté et communauté belgo-congolaise »	242 ; 257
BULTOT, F. : Sur le régime des rivières du Bassin congolais	432 ; 442
CAMPUS, F. : Perspectives d'Inga	432 ; 436
DE CLEENE, N. : Intervention dans la discussion du mémoire de A. DURIEUX, intitulé : « Souveraineté et communauté belgo-congolaise »	206 ; 234
DE MAGNÉE, I. : Première exploration géophysique du volcan Nyiragongo (Kivu)	379
DUBOIS, A. : Présentation du mémoire de J. MARNEFFE, intitulé : « Aspects de la rhinite atrophique dite ozène au Ruanda-Urundi »	338 ; 365
— : Rapport sur le mémoire de A. DUPREZ et collaborateurs, intitulé : « La chirurgie d'exérèse dans le traitement de la tuberculose pulmonaire au Congo belge »	338 ; 370
DURIEUX, A. : Présentation de son mémoire, intitulé : « Souveraineté et communauté belgo-congolaise » *	206 ; 215 ; 242
GÉRARD, P. : Rapport sur le mémoire de A. DUPREZ et collaborateurs, intitulé : « La chirurgie d'exérèse dans le traitement de la tuberculose pulmonaire au Congo belge »	338 ; 367
GROSEMANS, P. : La bauxite dans le Bas-Congo	432 ; 457
HEYSE, Th. : Intervention dans la discussion du mémoire de A. DURIEUX, intitulé : « Souveraineté et communauté belgo-congolaise »	206 ; 227

* Voir aussi les interventions pages 218, 227, 234, 235, 237, 251, 257, 265, 269, 274 et 276.

	Blz.
Welkomstgroet	373
Wensen :	
Betreffende de informatie in de huidige Congolese politiek ...	245
Betreffende de oprichting van een sub-commissie voor Congo- lese geschiedenis	247
Betreffende het bestrijden van <i>Eichhornia crassipes</i>	321
Zending (D ^r Ch. MARIT)	341 ; 371
Mededelingen :	
BERNARD, E. : Présentation de son mémoire, intitulé : « Les climats d'insolation des latitudes tropicales au Quater- naire »	337 ; 344
BOELAERT, E. (E. P.) : Intervention dans la discussion de A. DURIEUX, intitulé : « Souveraineté et communauté belgo-congolaise »	243 ; 257
BULTOT, F. : Sur le régime des rivières du Bassin congolais	433 ; 442
CAMPUS, F. : Perspectives d'Inga	433 ; 436
DE CLEENE, N. : Intervention dans la discussion du mémoire de A. DURIEUX, intitulé : « Souveraineté et communauté belgo-congolaise »	207 ; 234
DE MAGNÉE, I. : Première exploration géophysique du volcan Nyiragongo (Kivu)	379
DUBOIS, A. : Présentation du mémoire de J. MARNEFFE, in- titulé : « Aspects de la rhinite atrophique dite ozène au Ruanda-Urundi »	339 ; 365
— : Rapport sur le mémoire de A. DUPREZ et collaborateurs, intitulé : « La chirurgie d'exérèse dans le traitement de la tuberculose pulmonaire au Congo belge »	339 ; 370
DURIEUX, A. : Présentation de son mémoire, intitulé : « Sou- veraineté et communauté belgo-congolaise » * ...	207 ; 215 ; 243
GÉRARD, P. : Rapport sur le mémoire de A. DUPREZ et colla- borateurs, intitulé : « La chirurgie d'exérèse dans le traite- ment de la tuberculose pulmonaire au Congo belge » ...	339 ; 367
GROSEMANS, P. : La bauxite dans le Bas-Congo	433 ; 457
HEYSE, Th. : Intervention dans la discussion du mémoire de A. DURIEUX, intitulé : « Souveraineté et communauté belgo-congolaise »	207 ; 227

* Zie tevens de tussenkomsten blz. 218, 227, 234, 235, 237, 251, 257, 265, 269, 274 en 276.

JADIN, L. (Chan.) : Informations du lieutenant N. CORDIER sur l'A.I.A. (communication historique)	246 ; 288
JADOT, J.-M. : Intervention dans la discussion du mémoire de A. DURIEUX, intitulé : « Souveraineté et communauté belgo-congolaise »	206 ; 235
— : <i>Idem</i>	244 ; 269
JENTGEN, P. : Intervention dans la discussion du mémoire de A. DURIEUX, intitulé : « Souveraineté et communauté belgo-congolaise »	244 ; 265
— : Rapport sur le mémoire de J. VANDERLINDEN, intitulé : « Essai sur les juridictions du droit coutumier dans les territoires de l'Afrique centrale »	244 ; 284
JONES, L. : Considérations sur le nivellement barométrique au Congo belge	374 ; 402
LAUDE, N. : Allocution de sortie de charge	204 ; 210
LAMOEN, J. : Présentation de son mémoire, intitulé : « Incidence des déblais rocheux dans l'aménagement hydroélectrique d'Inga »	376 ; 425
LEDERER, A. : Utilisation du radar à bord des unités fluviales congolaises	374 ; 413
MOELLER DE LADDERSOUS, A. : Résumé de son intervention dans la discussion du mémoire de A. DURIEUX, intitulé : « Souveraineté et communauté belgo-congolaise »	244 ; 274
ORBAN, P. : Réponse aux interventions dans la discussion de sa communication, intitulée : « Les allocations familiales au Congo »	206 ; 212
ROBIJNS, W. : A propos de la lutte biologique contre <i>Eichhornia crassipes</i> en Afrique tropicale	324 ; 332
ROEYKENS, A. (R. P.) : Intervention dans la discussion du mémoire de A. DURIEUX, intitulé : « Souveraineté et communauté belgo-congolaise »	206 ; 218
SOHIER, A. : Intervention dans la discussion du mémoire de A. DURIEUX, intitulé : « Souveraineté et communauté belgo-congolaise »	242 ; 276
— : Présentation du mémoire de J. VANDERLINDEN, intitulé : « Essai sur les juridictions de droit coutumier dans les territoires de l'Afrique centrale »	244 ; 282

- JADIN, L. (Kannun.) : Informations du lieutenant N. CORDIER sur l'A.I.A. (geschiedkundige mededeling) 247 ; 288
- JADOT, J.-M. : Intervention dans la discussion du mémoire de A. DURIEUX, intitulé : « Souveraineté et communauté belgo-congolaise » 207 ; 235
 — : *Idem* 245 ; 269
- JENTGEN, P. : Intervention dans la discussion du mémoire de A. DURIEUX, intitulé : « Souveraineté et communauté belgo-congolaise » 245 ; 265
 — : Rapport sur le mémoire de J. VANDERLINDEN, intitulé : « Essai sur les juridictions du droit coutumier dans les territoires de l'Afrique centrale » 245 ; 284
- JONES, L. : Considérations sur le nivellement barométrique au Congo belge 375 ; 402
- LAUDE, N. : Allocution de sortie de charge 205 ; 210
- LAMOEN, J. : Présentation de son mémoire, intitulé : « Incidence des déblais rocheux dans l'aménagement hydro-électrique d'Inga » 377 ; 425
- LEDERER, A. : Utilisation du radar à bord des unités fluviales congolaises 375 ; 413
- MOELLER DE LADDERSOUS, A. : Résumé de son intervention dans la discussion du mémoire de A. DURIEUX, intitulé : « Souveraineté et communauté belgo-congolaise » 245 ; 274
- ORBAN, P. : Réponse aux interventions dans la discussion de sa communication, intitulée : « Les allocations familiales au Congo » 207 ; 212
- ROBIJNS, W. : A propos de la lutte biologique contre *Eichhornia crassipes* en Afrique tropicale 325 ; 332
- ROEYKENS, A. (E.P.) : Intervention dans la discussion du mémoire de A. DURIEUX, intitulé : « Souveraineté et communauté belgo-congolaise » 207 ; 218
- SOHIER, A. : Intervention dans la discussion du mémoire de A. DURIEUX, intitulé : « Souveraineté et communauté belgo-congolaise » 243 ; 276
 — : Présentation du mémoire de J. VANDERLINDEN, intitulé : « Essai sur les juridictions de droit coutumier dans les territoires de l'Afrique centrale » 245 ; 282

STAS, M. : Contribution à l'étude géologique et minéralogique des bauxites du nord-est du Mayumbe (présenté par I. DE MAGNÉE)	434 ; 470
STENGERS, J. : Note sur le problème de l'information dans la politique congolaise actuelle	244 ; 278
VAN DER LINDEN, Fr. : Intervention dans la discussion du mémoire de A. DURIEUX, intitulé : « Souveraineté et communauté belgo-congolaise »	242 ; 251
VAN STRAELEN, V. : Allocution inaugurale	318 ; 328
VERSTRAETE, M. : Intervention dans la discussion du mémoire de A. DURIEUX, intitulé : « Souveraineté et communauté belgo-congolaise »	206 ; 237
WALRAET, M. : Rapport sur le mémoire de feu R. WAUTHION, intitulé : « Le Congo belge à un tournant »	244 ; 286

Mémoires (Présentation de) :

BERNARD, E. : Les climats d'insolation des latitudes tropicales au Quaternaire	336 ; 344
CITTONI, M. : Voir DUPREZ, A.	
CLERFAYT, A. : Le développement énergétique de la Belgique d'outre-mer (Rapporteurs : E. MERTENS DE WILMARS — R. VANDERLINDEN)	434
DUPREZ, A. — MUNDELEER, P. — SYDRANSKI, H. — CITTONI, M. : La chirurgie d'exérèse dans le traitement de la tuberculose pulmonaire au Congo belge (Rapporteurs : P. GÉRARD — A. DUBOIS)	338 ; 367 ; 370
DURIEUX, A. : Souveraineté et communauté belgo-congolaise *	206 ; 215 ; 242
LAMOEN, J. : Incidence des déblais rocheux dans l'aménagement hydroélectrique d'Inga	376 ; 425
MARNEFFE, J. : Aspects de la rhinite atrophique dite ozène au Ruanda-Urundi (Rapporteurs : A. DUBOIS — J. JADIN)	338 ; 365
MUNDELEER, P. : Voir DUPREZ, A.	

* Voir aussi les interventions pages 218, 227, 234, 235, 237, 251, 257, 265, 269, 274 et 276.

STAS, M. : Contribution à l'étude géologique et minéralogique des bauxites du nord-est du Mayumbe (voorgelegd door I. DE MAGNÉE)	435 ; 470
STENGERS, J. : Note sur le problème de l'information dans la politique congolaise actuelle	245 ; 278
VAN DER LINDEN, Fr. : Intervention dans la discussion du mémoire de A. DURIEUX, intitulé : « Souveraineté et communauté belgo-congolaise »	243 ; 251
VAN STRAELEN, V. : Allocution inaugurale	319 ; 328
VERSTRAETE, M. : Intervention dans la discussion du mémoire de A. DURIEUX, intitulé : « Souveraineté et communauté belgo-congolaise »	207 ; 237
WALRAET, M. : Rapport sur le mémoire de feu R. WAUTHION, intitulé : « Le Congo belge à un tournant »	245 ; 286

Verhandelingen (Voorlegging van) :

BERNARD, E. : Les climats d'insolation des latitudes tropicales au Quaternaire	337 ; 344
CITTONI, M. : Zie DUPREZ, A.	
CLERFAYT, A. : Le développement énergétique de la Belgique d'outre-mer (Verslaggevers : E. MERTENS DE WILMARS — R. VANDERLINDEN)	435
DUPREZ, A. — MUNDELEER, P. — SYDRANSKI, H. — CITTONI, M. : La chirurgie d'exérèse dans le traitement de la tuberculose pulmonaire au Congo belge (Verslaggevers : P. GÉRARD — A. DUBOIS)	339 ; 367 ; 370
DURIEUX, A. : Souveraineté et communauté belgo-congolaise *	207 ; 215 ; 243
LAMOEN, J. : Incidence des déblais rocheux dans l'aménagement hydroélectrique d'Inga	377 ; 425
MARNEFFE, J. : Aspects de la rhinite atrophique dite ozène au Ruanda-Urundi (Verslaggevers : A. DUBOIS — J. JADIN)	339 ; 365
MUNDELEER, P. : Zie DUPREZ, A.	

* Zie tevens de tussenkomsten blz. 218, 227, 234, 235, 237, 251, 257, 265, 269, 274 en 276.

	Pages.
PIÉRART, P. : Spores et pollens des charbons de la Luena (Katanga) (Rapporteurs : B. ADERCA — P. FOURMARIER)	324
SYDRANSKI, H. : Voir DUPREZ, A.	
VANDERLINDEN, J. : Essai sur les juridictions de droit coutumier dans les territoires d'Afrique centrale (Rapporteurs : A. SOHIER — P. JENTGEN)	244 ; 282 ; 284
WAUTHION, R. (†) : Le Congo belge à un tournant (Rapporteurs : E. VAN DER STRAETEN — M. WALRAET)	244 ; 286

- Blz.
- PIÉRART, P. : Spores et pollens des charbons de la Luena
(Katanga) (Verslaggevers : B. ADERCA — P. FOURMARIER) 325
- SYDRANSKI, H. : Zie DUPREZ, A.
- VANDERLINDEN, J. : Essai sur les juridictions de droit coutu-
mier dans les territoires d'Afrique centrale (Verslagge-
vers : A. SOHIER — P. JENTGEN) 245 ; 282 ; 284
- WAUTHION, R. (†) : Le Congo belge à un tournant (Verslag-
gevers : E. VAN DER STRAETEN — M. WALRAET) 245 ; 286
-

