

grossiers, l'importance du remaniement du matériel originel avec trois modalités: le ruissellement, l'action fluviale et l'action éolienne. La critique serrée des données sédimentologiques conduit l'auteur à reconnaître que presque tous les sables du plateau procèdent du remaniement de sables plus anciens, sans doute kalahariens, et que leur dernier dépôt s'est opéré dans un milieu où régnait le ruissellement, vraisemblablement sous forme diffuse. Ce fait prendra toute sa signification dans la définition du cadre climatique.

Les relations entre les sables et le substratum ancien sont ensuite examinées, avec leurs modalités diverses et les actions qu'elles impliquent. La géométrie des contacts entre le recouvrement et le socle indique un parallélisme quasi parfait entre les deux surfaces dont l'inférieure ne montre par conséquent pas de relief marqué enfoui. Ceci résulte d'observations variées, au nombre desquelles on citera la profondeur des horizons pédologiques, les types de végétations et de termitières, celles-ci étant spécifiquement liées à des épaisseurs constantes de sables.

Le *Chapitre III* est consacré à l'étude des *grès polymorphes* (22 pages), dont l'auteur rappelle qu'il s'agit, normalement, de roches silicifiées appartenant originellement à la série inférieure du Système du Kalahari. Elle précise la nature pétrographique des variétés rencontrées au Bianco, toujours sous la forme de blocs remaniés dans les sables, sur les pentes ou dans les rivières, avec des états de surface qui dépendent de leur mode de gisement.

On retiendra surtout, pour ceux qui sont noyés dans le recouvrement sableux, l'existence, au sommet des blocs les plus élevés, d'un décapage éolien de la gangue d'altération, avec formation subséquente d'un vernis siliceux de type désertique. Plus bas, les blocs sont couverts de tavelures. La limite entre ces deux aspects doit correspondre à l'ancienne surface de la nappe sableuse au-dessus de laquelle saillait la partie éolisée des blocs. Depuis, une lame de sable d'épaisseur variable, — jusqu'à 4 m —, a été enlevée par retouches successives, la dernière ayant donné lieu à la formation d'un lit de grenailles remaniées.

Dans les vallées se rencontrent aussi des accumulations de blocs de grès polymorphes qui y ont été concentrés secondairement.

Les processus physiques et chimiques intervenant dans l'altération des grès polymorphes sont examinés ensuite.

Le chapitre s'achève par des considérations sur la distribution géographique et stratigraphique des grès polymorphes au Congo et sur les Bianco. En ce qui concerne ce plateau, l'auteur se donne beaucoup de mal pour tenter d'expliquer la genèse, la distribution et l'aspect superficiel des blocs, et décider enfin s'il y a eu une ou plusieurs générations de ces roches. Ici, comme en quelques autres parties de son mémoire, apparaît le caractère tant soit peu incomplet de l'information, tant de terrain que bibliographique; on ne saurait toutefois le reprocher à l'auteur, eu égard aux circonstances politiques peu favorables qui ont entouré l'élaboration de son travail.

La datation et le mode de formation des surfaces font l'objet du *Chapitre IV* (14 pages). S'il existe au Bianco des niveaux étagés, ceci n'est pas propre à ce plateau, mais se retrouve partout au Katanga, en Afrique centrale et méridionale, avec une distribution temporelle assez précise: aplanissements fin-Crétacé, mi-Tertiaire, fin-Tertiaires et Quaternaires. Après avoir rappelé les caractères précédemment définis des grès polymorphes, des sables et des grenailles et cuirasses rencontrés sur les surfaces supérieures du Bianco, l'auteur s'en sert pour montrer que les témoins d'actions désertiques n'existent, au complet, que sur les trois surfaces supérieures, qu'ils ne sont représentés qu'incomplètement sur celle de 1 575 m et sont absents des pentes et surfaces inférieures. Elle en tire la conclusion logique qu'un tournant climatique d'importance considérable s'est produit à un moment donné. Elle le met en parallèle avec celui qui, dans les régions extratropicales, constitue un des critères de séparation entre le Tertiaire et le Quaternaire.

Elle en déduit que toutes les surfaces supérieures du Bianco sont d'âge tertiaire: la plus élevée pourrait être un témoin de la surface mi-Tertiaire sinon de la fin-Crétacé, assimilation où nous ne la suivrons pas; les autres surfaces principales (1 640-1 650 m, 1 605-1 625 m, et 1 575-1 595 m) constitueraient le groupe des surfaces fin-tertiaires; la plus basse, moins typique, ne comportant qu'une partie des traces d'aridité, ne devrait pas

être très éloignée, dans le temps, de la limite Tertiaire-Quaternaire.

Le mode de formation des surfaces considérées comme tertiaires est tout d'abord présenté dans son cadre climatique, les climats de l'époque ayant dû osciller du désertique (modèle éolien et exsudation de cuticules ferrugineuses) vers le climat à deux saisons bien contrastées, une humide courte et une sèche longue (formation de grenailles et de cuirasses latéritiques). Ces oscillations ont dû se présenter plusieurs fois, chaque surface ayant sa cuirasse propre, sur laquelle se sont développés les exsudats des phases désertiques subséquentes. Ces diverses observations montrent à suffisance qu'on peut légitimement postuler une origine climatique aux reprises d'érosion ayant conduit à l'étagement des surfaces.

Quant au mode même de façonnement des surfaces, il peut être déduit de l'examen du relief qui, tant pour les aplanissements que pour les versants à peine marqués qui les unissent, doit trouver son agent générateur dans un ruissellement de surface, consécutif à de fortes pluies. Il peut encore être déduit des dépôts de couverture, eux-mêmes mis en place dans un environnement végétal nettement moins dense que l'actuel, à savoir dans une steppe.

Les agents d'érosion considérés comme ayant exercé leur action au Quaternaire l'ont fait sur des aires beaucoup plus restreintes. Ils ont donné naissance à des surfaces en pente douce situées en contrebas de l'aplanissement de 1 575 m, à des banquettes élevées dans les grandes vallées, enfin à des dépôts de terrasses dont certaines pourraient encore être tertiaires. Ces agents, par ailleurs, ont légèrement retouché les formes tertiaires.

Ayant ainsi précisé la genèse des formes d'érosion et de dépôt qu'elle croit pouvoir attribuer au Tertiaire, Mme ALEXANDRE-PYRE, dans un *Chapitre V* (30 pages), s'attache à l'examen descriptif et génétique des formes qui, au Quaternaire, se sont développées au sein du plateau. Les formes extérieures, bien qu'associées au plateau, ne sont pas reprises ici, ayant fait l'objet d'une publication séparée.

L'auteur étudie d'abord les terrasses. Elle y distingue des hautes terrasses, correspondant à un encaissement modéré des

rivières et, par conséquent, largement développées et assez bien conservées, en particulier à la Katentania qui sert d'exemple type. En ce point, on peut voir une berge fossile, entaillée dans des sables rouges, contre laquelle s'appuient les dépôts souvent colorés d'une ancienne rivière aux bras anastomosés se recoupant les uns les autres; la base caillouteuse des dépôts est d'âge Acheuléen tardif, leur masse probablement Sangoenne. Une ancienne surface du sol tronque ces dépôts et la berge voisine; couverte de grenailles latéritiques, elle porte un Epilevalloisien ancien (Middle Stone Age) et est enfouie sous de nouveaux sables ocres. Les dépôts de la terrasse, par leur sédimentologie, leur coloration et l'analyse pollinique, témoignent d'un environnement steppique et d'un certain refroidissement indiqué entre autres par la présence de *Podocarpus* et de *Myrica*. Contre cette terrasse de climat sec viennent s'appuyer ceux d'une terrasse plus récente qui, sur une nappe de cailloux résiduels, montre des alternances de lits sableux blancs et noirs, ces derniers chargés de matière humique. Il s'agit ici, comme le montre clairement l'auteur, d'une terrasse de phase humide.

Mme ALEXANDRE-PYRE distingue ensuite un complexe de basses terrasses dans lequel cette dualité climatique ne se retrouve plus aussi nettement, du fait de l'encaissement et de l'étroitesse des cours d'eau.

De l'ensemble de ces observations, l'auteur tire la conclusion que les influences climatiques semblent également avoir joué un rôle prépondérant dans la genèse des terrasses, avec les quatre phases suivantes:

- Accumulation en climat steppique;
- Erosion verticale en climat de transition;
- Accumulation en climat humide;
- Erosion verticale en climat de transition.

Comme on le sait, l'action des rivières ne représente qu'un des agents du façonnement morphologique, le second étant constitué par l'évolution propre des versants, étroitement liée, elle aussi, aux processus climatiques. De ravines récentes ont permis à l'auteur d'étudier en détail ces versants qui exposent des phases successives de dépôt, d'érosion et de comblement subséquent des ravines d'érosion creusées dans ces dépôts. La succession

ainsi établie s'intègre parfaitement à la séquence de phases climatiques distinguées dans l'étude des terrasses.

Un sixième et dernier Chapitre est consacré aux *Conclusions générales*. Selon l'auteur, l'analyse des formes du terrain observées sur le plateau des Bianco et des dépôts qui leurs sont associés a contribué principalement à préciser la succession des paléoclimats et, par conséquent, à améliorer la datation des surfaces d'aplanissement et des terrasses.

Au Quaternaire, le degré d'humidité du climat aurait oscillé de part et d'autre d'une position moyenne peu différente du climat actuel mais où la durée des saisons devait être différente. Le cycle morphoclimatique en découlant devait comporter une phase de climat plus sec et plus froid (steppe), une phase de climat intermédiaire (savane boisée dans les vallées, prairie sur le plateau sableux), enfin une phase de climat plus humide (forêt dense dans les vallées, prairie plus humide sur le plateau). A chacune de ces phases correspondraient certains événements dans les rivières et sur les versants, événements dont la succession fait l'objet d'une critique pertinente.

Au Tertiaire, et ceci est fondamental, on aurait eu aussi une succession d'oscillations climatiques d'ampleur comparable, mais dont la position moyenne aurait été le climat de steppe, les termes extrêmes étant représentés par des phases désertiques et des phases de savane ou de forêt claire. Ici également, les faits relevés sur les aplanissements supérieurs viennent s'ordonner harmonieusement sur les différents points de cette courbe climatique oscillante.

L'auteur termine son travail en tentant d'établir, en fonction de ces deux types de fluctuations climatiques, la succession des faits géomorphologiques, c'est-à-dire leur chronologie relative. Les aplanissements supérieurs portant les marques d'une action désertique sont attribués au Tertiaire, la première terrasse alluviale formée en milieu subdésertique daterait de la limite Tertiaire-Quaternaire et pourrait être Villafranchienne, les aplanissements inférieurs et les terrasses dédoublées étant certainement quaternaires.

Si, sur le plan théorique, on peut admettre le mode de raisonnement de l'auteur, il est pourtant difficile au géologue stratigraphe qui fonde sa chronologie sur l'évolution organique révélée par les fossiles, de suivre Mme ALEXANDRE-PYRE dans toutes ses attributions, même si elle reconnaît de façon explicite que toutes les oscillations quaternaires ont pu ne pas être enregistrées. Il apparaît de plus en plus probable que la durée du Quaternaire doit être proche de 3 millions d'années, dont plus de 2 pour le seul Villafranchien. La première terrasse datée par la préhistoire est la terrasse de la Katentania dont les couches de base contiennent un Acheuléen tardif dont l'âge ne saurait guère dépasser 60 000 ans. Si l'on veut bien admettre l'âge fin-tertiaire des surfaces d'aplanissement supérieures, ce qui est raisonnable mais non prouvé, tout ce que le plateau des Bianco aurait enregistré de cet immense intervalle de temps serait la formation de la première terrasse alluviale, prise par l'auteur comme limite entre le Tertiaire et le Quaternaire en raison de son caractère sub-désertique. Même si on lui ajoute quelques graviers de haut-niveau et une vallée enfouie sous les sables au Dilungu Yulu, et dont l'auteur ne tire pas tout le parti qu'elle pourrait, il apparaît clairement qu'un ou plusieurs hiatus existent dans la séquence quaternaire. Il est étrange de constater à ce sujet que l'auteur, qui a pourtant étudié en détail les régions périphériques et, en particulier, la profonde coupure de la Pande, n'ait pas fait appel à cette période d'intense creusement pour combler ces lacunes. Nous pensons personnellement que l'essentiel de ce qui s'est passé au Quaternaire est justement la disjonction des hauts plateaux katangais par le creusement des dépressions de la Lofoi et du Kamalondo datées, pour la première, de l'Oldowayen. Ce ne serait, à notre sens, que par le recul des têtes des rivières coulant vers ces dépressions, que le drainage actuel du plateau serait apparu, vraisemblablement au cours du Pléistocène moyen.

Ces réserves, qui portent sur un problème sans doute important mais non essentiel, n'enlèvent rien à l'intérêt profond que l'on prend à la lecture du mémoire de Mme ALEXANDRE-PYRE. Il s'agit manifestement d'un travail original, bien conçu dans son ordonnance, riche en matière, approfondi par tous les moyens dont l'auteur pouvait disposer au Katanga. Ce travail est source de fructueuses réflexions et sa publication par notre Classe me

paraît hautement souhaitable, moyennant certaines corrections de forme à apporter au texte et une meilleure mise en page des illustrations que nous avons indiquées à l'auteur. La reproduction des planches, indispensable à la compréhension du texte, ne saurait toutefois être assurée intégralement par l'Académie en raison de la lourde charge financière qu'elle implique.

28 janvier 1969.

**Paul Raucq. — Rapport sur le travail de
Mme S. Alexandre-Pyre, intitulé:
« Le plateau des Bianco (Katanga).
Géologie et géomorphologie »**

La présente note est un commentaire sur certaines questions abordées par le mémoire de Mme S. ALEXANDRE. Elle reprend l'essentiel du rapport que j'en ai fait le 28 janvier 1969 à la Classe des Sciences naturelles et médicales de l'ARSOM et insiste sur quelques points où j'ai des opinions différentes de celles de l'auteur ou des idées plus précises concernant les régions voisines: c'est d'ailleurs pourquoi je crois opportun de la publier.

Le mémoire de Mme S. ALEXANDRE, partie d'une thèse de doctorat soutenue en 1965 à l'Université de Liège, est une étude particulièrement minutieuse des aplanissements du plateau des Bianco, avec un essai fort valable de corrélation avec l'évolution du climat au Quaternaire et avant.

L'analyse des sables des plateaux et des grès polymorphes a été poussée dans le détail le plus fin et donne beaucoup de poids à l'argumentation de l'auteur.

Il aurait été prudent, cependant, d'insister sur le caractère conjectural de l'adoption, pour limite Tertiaire-Quaternaire, du moment d'un changement de climat se marquant par des différences nettes dans les caractères de deux groupes de surfaces.

L'auteur a introduit dans son chapitre sur les sables un excellent exposé sur la formation et la signification des grenailles et cuirasses latéritiques par J. ALEXANDRE. Pour ce qui est de la diminution de granulométrie notée en direction du Kwango, elle me paraît suggérer un sens SE-NW plutôt que S-N pour l'épannage des dépôts sableux; il est vrai que cette tendance n'est constatée qu'en trois points.

Les phénomènes d'érosion dans les sables, tels qu'ils sont décrits par l'auteur et rapprochés d'observations de G. SAUTTER dans la région de Brazzaville présentent plus d'analogies avec des faits semblables analysés au Kasai (P. RAUCQ, 1958), région

d'ailleurs beaucoup plus proche; j'aurais été heureux de savoir s'il existe de véritables cirques d'érosion et leur importance numérique.

Quant à l'épaisseur des sables de couverture au Kasai, elle a été établie à environ 40 m par les levés de la mission du Service géologique pour le degré carré de Dibaya (P. RAUCQ, 1953); mais elle pourrait être supérieure à hauteur du 6^e parallèle, dans la région de Mweka; il n'est toutefois pas nécessaire comme le suppose l'auteur du mémoire d'en voir l'origine dans des restes de sables cénozoïques, car les grès mésozoïques y sont toujours présents, en bonne position, avec des caractères convenables.

Le texte comporte un intéressant développement sur les activités biologiques.

L'exposé sur les grès polymorphes appelle quelques remarques.

1. L'opinion de 1929 de L. CAYEUX rapportée, concernant la rareté des grès calcédonieux dans l'ensemble des formations arénacées, est contestable en ce qui concerne l'Afrique tropicale.

2. Nos observations au Kasai sur la silicification superficielle ont montré (R. LEGRAND et P. RAUCQ, 1957) qu'il peut s'agir d'un phénomène actuel, lié à un climat chaud, certes, mais pas nécessairement sec.

3. L'auteur oppose les grès polymorphes des Bianco aux formations semblables « des autres régions », où ils constituent « un banc continu » et où ils se situent à un niveau suffisamment constant pour dater des surfaces. En réalité, j'ai signalé au Kasai (P. RAUCQ, 1956), après d'autres d'ailleurs, la nature lenticulaire du grès polymorphe typique. Et, après B. SEKIRSKY au Kwango (1954), on a relevé au Kasai (P. RAUCQ, 1953, etc.) d'innombrables occurrences de « grès polymorphes » de divers âges, provenant de la silicification des roches les plus diverses: sables récents et grès mésozoïques, mais aussi roches cristallines acides et basiques.

Dès 1945, J. LEPERSONNE avait noté la silicification kalaharienne des couches sous-jacentes au niveau des grès polymorphes. Ceci n'enlève rien, d'ailleurs, à la pertinence de l'interprétation donnée des grès polymorphes des Bianco.

4. Le vernissage des grès (comme d'ailleurs l'éolisation des sables) pourrait être, dans ces conditions, moins étroitement lié à des conditions climatiques très sèches, voire désertiques; l'alter-

nance de longues saisons sèches avec des saisons humides est peut-être suffisante.

A plusieurs endroits du texte, d'autre part, j'ai pu déceler que l'auteur ne partage pas mon opinion (P. RAUCQ, 1954), ni celle de M.A. LEFÈVRE d'ailleurs (1953) concernant l'origine tectonique de la dépression de la Pande; c'est évidemment son droit. Mais il ne fait pas mention de ces études ni des opinions différentes des siennes sur ce sujet.

Bien sûr, cette matière ne constitue pas l'objet propre du mémoire de Mme S. ALEXANDRE, mais comme l'auteur considère comme définitivement écartées les hypothèses antérieures, j'ai essayé de me reporter aux ouvrages auxquels il se réfère. Son étude de 1967, parue dans les publications de l'Université de Lubumbashi, n'étant pas encore accessible, j'ai heureusement pu consulter au Musée royal de l'Afrique centrale un exemplaire inédit de sa thèse de doctorat (S. ALEXANDRE-PYRE, 1965), qui semble contenir l'essentiel et de la publication de 1967 et du nouveau mémoire.

Un de mes arguments en faveur de l'effondrement de la dépression de la Pande semble bien, en effet, devoir être écarté; il ne peut, en tout cas, plus être retenu pour fixer le rejet total des failles délimitant la dépression: il s'agit de l'assimilation de grès arkosiques observés au fond de la dépression avec un niveau semblable existant au haut de l'abrupt. Mais les autres arguments, dont il n'est même pas fait mention, conservent toute leur valeur, et les objections d'ordre géomorphologique ne me paraissent pas probantes: il n'y a rien d'étonnant à ce que des actions « normales » d'érosion et de dépôt *se superposent* aux faits tectoniques.

Ce que l'auteur n'explique pas, en tout cas, c'est d'une part l'allure tourmentée du fond de la dépression en amont d'un tronçon colmaté, d'autre part les profondes différences notées par rapport aux autres vallées du plateau des Bianco. De plus, la seule explication satisfaisante à l'existence de gisements de gypse dans la vallée de la Pande est la remontée d'eaux profondes, chargées de sulfate calcique, suivant des failles qui limitent et découpent la dépression. C'est particulièrement évident pour le gisement de Mangi, où l'eau minéralisante sourd avec un débit notable exactement au pied de l'escarpement, sans liaison appa-

rente avec une nappe phréatique; elle y constitue un ruisseau qui circule sur 150 m dans le gisement en bourrelet, en y développant des formes de type karstique.

Deux observations de détail enfin, concernant la terminologie employée: le mot « cuesta » a été employé pour ce qui paraît être de simples entablements, et le terme « doline » pour de simples dépressions à fond plat, sans relation avec des phénomènes de dissolution.

Tout ce qui précède n'empêche pas le mémoire de Mme. S. ALEXANDRE-PYRE d'être un travail de grande valeur, qui honore la série des mémoires de l'ARSOM, où les études de géomorphologie ne sont pas fréquentes.

28 janvier 1969.

REFERENCES

- ALEXANDRE-PYRE, S.: Le plateau des Bianco (Thèse inédite, 1965).
—: Le plateau des Bianco (Katanga). Géologie et géomorphologie (Mém. présenté à la séance du 28 mai 1968, de l'ARSOM, Cl. Sc. nat. et méd., 1968, à par.).
DE MARTONNE, E.: Traité de géographie physique (1909, 3^e éd., 1920).
LEGRAND, R. et RAUCQ P.: La faille de la Malafudi et son cadre géologique (Kasai) (*Bull. Soc. belge Géol.*, 1957, t. LXVI, p. 109-133).
LEFEVRE, M.-A.: Note sur la morphologie du Katanga (*Bull. Soc. belge Et. géogr.*, 1953, t. XXII, p. 407-431).
LEPERSONNE, J.: La stratigraphie du système du Kalahari et du système du Karroo au Congo occidental (*Bull. Serv. géol. C.B. et R.U.*, 1945, n^o 1, p. 27-49).
RAUCQ, P.: Projet de notice explicative de la carte géologique au 1/200 000 du degré carré de Dibaya (Document inédit Serv. géol. C.B. et R.U., déposé Comm. Géol. Min. Col. et Musée C.B., 1953).
—: La dépression de la Pande et ses gisements de gypse (*Ann. Soc. géol. Belg.*, 1954, t. LXXVII, p. B. 315-334).

Paul Raucq. — Les gisements d'itabirites de la région Luebo-Charlesville (Kasai)

RESUME

Les formations itabiritiques de la région du confluent Kasai-Lulua ont été prospectées en 1966-68 pour le compte du Gouvernement congolais. Parmi les principaux résultats scientifiques de cette mission, il convient de citer une bonne connaissance de la constitution des gisements et de leur environnement (y compris la découverte de roches basiques « interstratifiées »), des données détaillées sur les variations du champ magnétique terrestre en fonction de la présence de masses importantes d'oxydes de fer et une description pétrographique et chimique poussée des minerais; ces faits déboucheront d'une part sur une interprétation concernant leur genèse, d'autre part sur des indications pour leur mise en valeur. Les tonnages définis comme réserves probables ou possibles atteignent 105 000 000 t de minerai renfermant près de 44 000 000 t de fer.

ABSTRACT

The itabirite formations (banded ironstones) of the area near the confluence of the Kasai and Lulua rivers have been investigated in 1966-1968 on account of the Congolese Government. Among the most significant results of this mission it is worth mentioning a fair knowledge of the deposits and of their surroundings (including the detection of « interbedded » diabases), accurate data on the variation of the regional magnetic field in relation to the presence of important buried masses of iron oxides and an extensive petrological and chemical description of the ores; these facts will conduce on the one hand to an interpretation of their genesis, on the other hand to information for their development. The valued reserves (probable and possible) amount to 105 000 000 mt of ore containing nearly 44 000 000 mt of iron.

SAMENVATTING

De itabiriet formaties in de streek van de samenloop Kasai-Lulua werden geprospecteerd voor rekening van de Congolese regering in 1966-1968. Onder de voornaamste wetenschappelijke uitslagen van deze

missie, dient men een goede kennis te melden van de samenstelling van de lagen en hun omgeving (inbegrepen de ontdekking van "inliggende,, basische gesteenten), van gedetailleerde gegevens betreffende de schommelingen van het magnetisch veld van de aarde in functie van de aanwezigheid van belangrijke massa's ijzeroxyde en een grondige petrografische en chemische beschrijving van de ertsen; deze feiten zullen enerzijds tot een interpretatie betreffende het ontstaan ervan leiden, anderzijds tot aanduidingen voor hun ontginning en hun behandeling. De geschatte ertsreserven (mogelijke of waarschijnlijke) bereiken 105 000 000 t, met ongeveer 44 000 000 t ijzer.

1. OBJECTIFS ET EXÉCUTION DE LA MISSION

La prospection de minerai de fer au Kasai s'inscrit dans un ensemble de projets industriels liés à la mise en valeur du site hydroélectrique d'Inga. L'élaboration de ces projets a été confiée par le Gouvernement de la République démocratique du Congo à la Società Italo Congolese Attività Industriali (S.I.C.A.I.), qui a chargé à son tour la Société de traction et d'électricité (T.E.) d'une partie des études.

Parmi celles-ci, la prospection pour fer, que j'ai dirigée pour le compte de T.E., vise à pourvoir aux besoins d'une industrie sidérurgique dont l'implantation est envisagée à Kimpoko, à proximité de Kinshasa.

Les principaux résultats scientifiques et techniques en sont présentés ici sous une forme succincte. Je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à la Présidence de la République, qui a autorisé cette publication, ainsi que mes vifs remerciements aux Sociétés S.I.C.A.I. et T.E. pour la manière dont elles m'ont aidé à accomplir ma mission.

Ceci n'est qu'une note préliminaire. J'envisage pour plus tard la mise au point d'un mémoire qui comprendrait une monographie complète des gisements d'itabirites de la région de Luebo-Charlesville et y joindrait toutes les données accessibles concernant les formations itabiriques du Kasai et du Katanga sud-occidental.

Le coix des gisements à prospector parmi ceux connus en République démocratique du Congo a été fonction de leur localisation à proximité de têtes de navigation fluviale: Charlesville sur le Kasai, Luebo sur la Lulua.

Cette minéralisation a été découverte en 1907 par la mission S.-H. BALL et M.-K. SHALER (1912), opérant pour le compte de la Forminière. Les levés magnétométriques du Syndicat pour l'étude géologique et minière de la Cuvette congolaise ont permis de constater de très fortes anomalies au voisinage des itabirites (P.-L. MATHIEU, 1957); une étude sommaire de huit des occurrences de 1907 a été faite alors (Th. VERBEEK, 1957), avec examen microscopique d'une partie des échantillons recueillis (R. VAN DEN HENDE, 1957).

Les activités de la mission de prospection couvrent la période du 24.3.1967 au 17.3.1968; elle avait été précédée par une reconnaissance du site, en novembre 1966, au cours de laquelle deux nouvelles occurrences ont été découvertes.

Les travaux suivants, notamment, ont été réalisés:

- 1 700 m de tranchées;
- 192 m de travers-bancs, dont 150 m en galerie;
- 26 sondages à la sondeuse rotative pour une profondeur totale de 733 m.

Les événements du milieu de 1967 ont empêché l'exécution des 3 sondages obliques prévus pour reconnaître en profondeur le gisement principal.

La prospection a permis le prélèvement de 695 échantillons par saignée aux fins d'analyse et d'essais.

2. DESCRIPTION DES GISEMENTS

2.1. *Cadre et répartition (fig. 1)*

Les gisements étudiés se situent dans la province du Kasai Occidental; un seul, d'assez peu d'importance, est en territoire de Mweka, les autres, dont le principal, en territoire de Luebo, autour des coordonnées 5°30' S et 21°15' E.

La région fait partie des bas-plateaux du Kasai central (P. RAUCQ, 1959), dont l'altitude varie entre 550 et 750 m. La surface principale, vers 600 m est découpée par des vallées profondes de 50 à 100 m et souvent réduite à des crêtes larges de 1 à 2 km; les vallées, assez larges, débutent souvent par des cirques

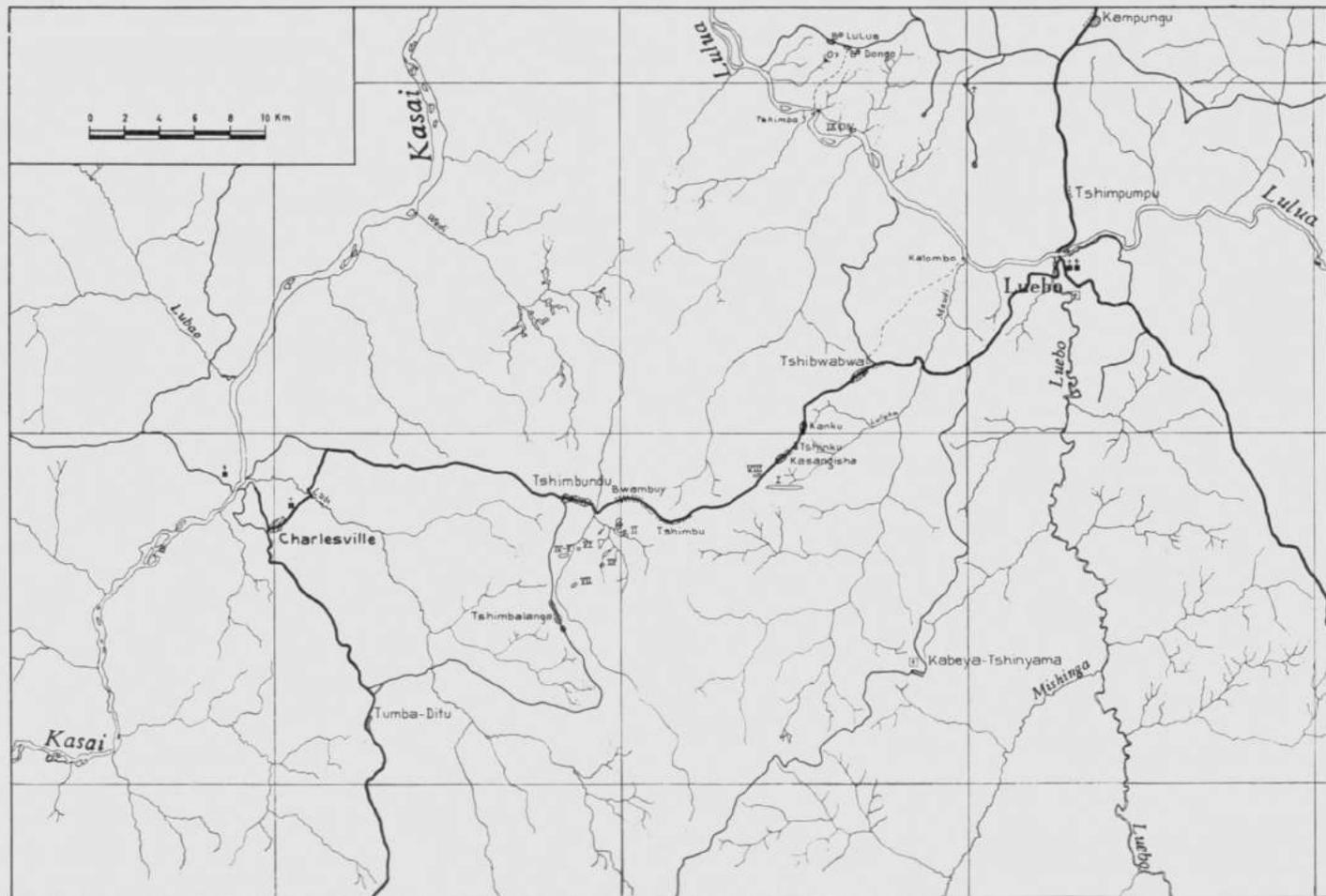


Fig. 1. Cisimane district. Plan de situation

d'érosion; la région étudiée est drainée par celles de la Wedi et de la Maudi. Le niveau de base est constitué par la Lulua et le Kasai, dont la cote est 393 m à Luebo comme à Charlesville.

La forêt ombrophile couvre la plus grande partie de la surface, mais elle régresse en faveur de la jachère. On y trouve également des clairières plus ou moins vastes de savane arbustive.

Les pluies sont de l'ordre de 1 500 mm par an, et il n'y a guère que deux mois de saison sèche, d'ailleurs pas absolue.

Les occurrences de minerai de fer connues se répartissent géographiquement en quatre groupes:

a) Gisements I et VIII, constituant des collines de part et d'autre de la route de Charlesville; le premier s'allonge entre des tributaires de la Maudi;

b) Occurrences II et III, dans des fonds de vallées de tributaires de la Kamaseke (Wedi);

c) Gisements de la Wedi: 3 en colline (IV, V et VII), 1 en vallée (VIa), 2 en versant (Vbis et VI);

d) Gisement IX, en bordure de la Lulua (celui sur le territoire de Mweka).

On peut les classer comme suit en fonction de leur importance minière:

- Gisement principal: I;
- Gisements périphériques: IV-V, VII, VIII et IX;
- Gisements accessoires: II, III, Vbis, VI, VIa.

2.2. *Topographie*

Le gisement principal, repérable sur 2 500 m par des indices superficiels, constitue une croupe légèrement arquée, à concavité tournée vers le S, culminant à 603 m; la largeur du relief peut atteindre 250 m. Il est encadré de deux zones déprimées; celle du S est régulière; celle du N est plus complexe: il s'agit, à l'W, d'une dépression sèche à 50 m sous la crête; à l'E, c'est une vallée encaissée à 80 m sous la crête. La partie en relief se prolonge vers l'Est par une large surface plane à 580 m d'altitude environ, sous laquelle on peut présumer une extension de la minéralisation sur 2 000 m d'après les données magnéto-métriques.

Le gisement IV-V correspond à une croupe complexe longue de 800 m, culminant à 600 m, large de 500 m à sa base; il surplombe la Wedi de 40 à 100 m.

Le gisement VII est une colline arquée culminant à 600 m, prolongée par un bourrelet qui lui donne une longueur approximative de 600 m (extension confirmée par un sondage); la Wedi, à 1 km, est à 75 m plus bas.

Le gisement VIII, satellite du gisement I, en est néanmoins nettement distinct; c'est une colline arquée longue de 400 m suivant la corde, large de 125 m, culminant vers 600 m.

Le gisement IX n'est qu'un ensemble d'affleurements répartis en versant sur une longueur de 400 m et une largeur de 150 m, avec une dénivellation de 35 m.

Sans mentionner à nouveau les autres occurrences, accessoires, soulignons que les fortes anomalies magnétiques relevées en 1955 entre le gisement I et les gisements II à VII (réseau de Tshimbu) ne correspondent nullement à des indices d'autre nature.

2.3. *Géologie*

Les formations itabiritiques des gisements de Luebo—Charlesville font partie du soubassement cristallin, mais il n'a pas été possible jusqu'ici d'en préciser les relations avec le complexe granitique et migmatitique de Dibaya (J. DELHAL, P. RAUCQ et J. THOREAU, 1967) daté de 2 600 millions d'années: il n'est pas exclu qu'il s'agisse de lambeaux discordants du complexe métasédimentaire de Luiza (J. DELHAL, 1963), qui renferme des formations de ce type et dont l'âge est de l'ordre de 2 100 millions d'années. Elles diffèrent des quartzites ferrugineux de Kanda-Kanda (B. MORELLI et P. RAUCQ, 1962), qui appartiennent sans doute au complexe du Kasai-Lomami.

Dans la région, à part les reliefs que constituent certains gisements, tout le socle est caché, sauf localement dans les vallées les plus profondes, par une couverture mésozoïque, cénozoïque et plio-pléistocène. Le Mésozoïque, représenté par 300 m au moins de grès tendres, repose sur le socle par une surface très ravinée, et sa base descend par endroits sous le niveau de la Lulua; le réseau hydrographique antémésozoïque servait certainement de

base à un drainage énergique. Le Cénozoïque est représenté par des collines témoins de forme tabulaire. Des sables récents couvrent les aplanissements fin-tertiaire et plus récents, ainsi que les versants.

Au gisement I, les directions géologiques relevées sont dans l'ensemble W-E, voisines de la direction générale de l'axe du gisement, qui est aussi la direction structurale dominante du complexe de Dibaya; il y a cependant des exceptions notables à cette tendance. La majorité des pendages sont de l'ordre de 70 à 75° N, ou même davantage; cependant, le profil le mieux connu en profondeur comme en surface révèle que les inclinaisons ont tendance à s'atténuer vers le N (50 à 60°) et à s'inverser vers le S (80° S); il ya là une structure anticlinale déjetée vers le S.

Les « bancs » de minerai ont habituellement eux-mêmes une structure zonaire; ce zonage est souvent affecté de plis aigus, isoclinaux ou de type ptygmatique: les joints qui limitent les « bancs » sont donc de signification stratigraphique douteuse.

Les travaux souterrains dans le gisement I ont révélé l'existence d'intercalations de roche basique pourrie: je n'ai pu encore préciser s'il s'agit de roches vertes liées génétiquement au minerai de fer ou d'intrusions nettement postérieures à la formation du socle. La plus large atteint 4 m d'épaisseur dans une des galeries; il en est plusieurs de quelques centimètres. On ne les a pas repérées en surface.

Je n'insisterai pas ici sur les données géologiques recueillies dans les gisements périphériques sauf pour deux points:

a) A côté d'allures « conformes » dominantes (d = W-E à N 60° E, i N forte), il y a, dans le gisement IV-V et surtout dans le gisement VII, des structures systématiquement différentes sur des distances notables;

b) Une tranchée a découvert, dans le gisement IV-V, une roche cristalline foncée, très altérée, qu'il faut rapprocher des passes de roche basique pourrie du gisement I.

3. DONNÉES MAGNÉTOMÉTRIQUES (*fig. 2*)

L'ensemble des levés magnétométriques de la mission représente 74 km de profils et de cheminements comportant près

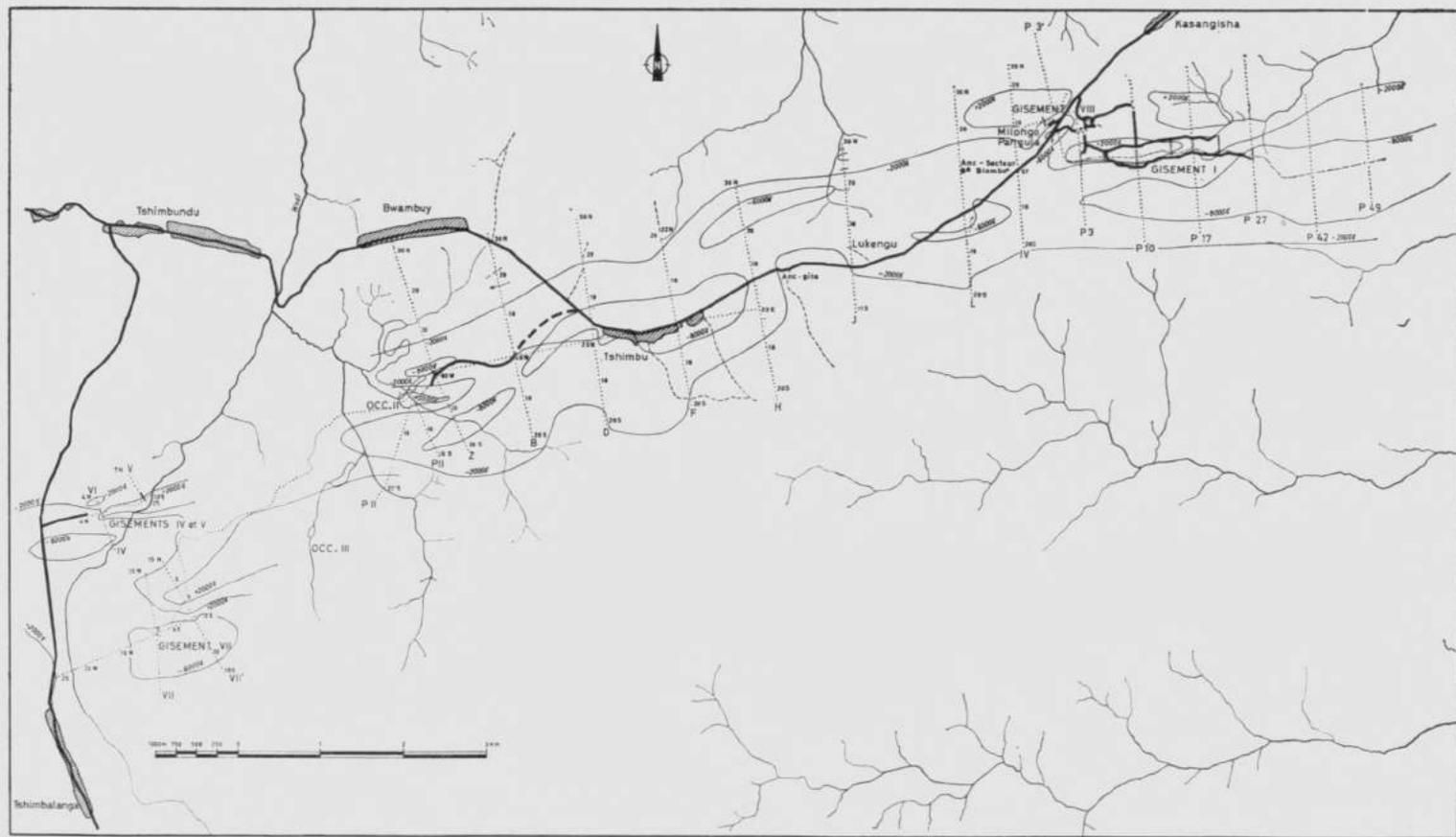


FIG. 2. — Zones d'anomalies magnétiques.

de 2 000 stations avec, en principe, double lecture d'un magnéto-
mètre portatif Minimag.

Il s'en dégage les faits suivants:

a) Tous les gisements étudiés sont soulignés au S par une zone
d'anomalies magnétiques négatives accusées ($- 6\ 000$ à
 $- 24\ 000\gamma$);

b) Les zones affleurantes de minerais sont marquées par des
oscillations très fortes des courbes d'anomalies; elles correspon-
dent souvent à des valeurs positives des anomalies; dans la partie
E du gisement I, toutefois, les anomalies négatives empiètent
sur la partie affleurante;

c) Il y a souvent décalage (vers l'W ou vers l'E) des
maxima d'anomalie négative par rapport aux maxima positifs;

d) Les anomalies négatives de la zone étudiée s'ordonnent
assez nettement suivant trois axes, avec des zones de relais à
valeurs atténuées; le plus méridional devrait être précisé au S du
réseau de Tshimbu et du gisement I; ces axes sont obliques par
rapport aux structures;

e) Il existe des plages d'anomalies positives insuffisamment
explorées, notamment au N du gisement I et au NE du gisement
VII.

Par ailleurs, l'application de la théorie aux courbes d'anomalies
(P. EVRARD, 1942) conduirait à supposer l'existence de couches
plus riches de part et d'autre du gisement I: suivant un profil,
il pourrait y en avoir jusqu'à deux au S et une au N. Les données
de la prospection ne s'opposent pas, au contraire, à une extension
de la minéralisation vers le S, même avec un certain accroisse-
ment des teneurs, mais aussi avec des épaisseurs rapidement
croissantes de stérile; vers le N, l'existence du gisement VIII est
effectivement un signe favorable de l'existence de minéralisations
cachées plus à l'Est.

La levée de ces hypothèses implique un programme de petits
sondages et la reprise de l'avancement en galeries.

4. COMPOSITION DU MINERAI

4.1. *Description macroscopique*

Les travaux et affleurements ont fourni 694 échantillons de
minerais.

Il s'agit bien d'*itabirites*, formées, dans le cas présent, d'une alternance de lits à oxydes de fer dominants et de lits de gangue où le quartz est accompagné d'oxydes plus ou moins abondants.

Le minerai est rubané (bandes contrastées de 2 à 20 mm), zonaire (zones alternantes de 0,25 à 5 mm, parfois moins), ou lité (layettes de même composition ou peu contrastées de 0,5 à 10 mm); il y a parfois combinaison de deux ordres de grandeur dans un même échantillon (rubanement et fin zonage). Les « bancs » de minerai correspondent habituellement à des faisceaux de bandes, zones ou layettes.

A côté des lits riches en oxydes (gris bleuté ou à éclat métallique) ou à quartz dominant (d'aspect quartzitique), il y a très fréquemment des lits noir mat, noir brunâtre ou grisâtres et aussi de minces passées ocre. La structure est souvent plissée ou chiffonnée, parfois disloquée; elle peut aussi être confuse ou grumeleuse.

Le minerai peut être atteint de trois manières par l'altération superficielle:

— Lessivage avec décoloration et formation de matériel pulvérulent ou en plaquettes;

— Carie des bandes d'oxydes et développement des hydrates;

— Cuirassement avec encroûtements et formation de cuirasses conglomératiques.

Les « bancs » de minerai, et parfois les éléments structuraux élémentaires, sont souvent séparés par des joints à enduits argileux, limonitiques ou manganésifères. Des placages de sulfures ont été observés sur de rares échantillons. Quant au développement fibronien, il est fort modeste; mais il existe, à côté des intercalations de matériel éruptif basique, des fissures à remplissage mangano-kaolineux.

La densité de 608 échantillons d'*itabirite* a été mesurée, en vue du calcul d'autant de teneurs approchées. Les chiffres individuels diffèrent fortement, dans un sens ou dans l'autre, des résultats de l'analyse chimique: ceux-ci correspondent à des échantillons linéaires (saignées de 2 m) plus représentatifs que les fragments testés par densité. Il y a en outre des écarts systématiques en moins, de l'ordre de 10 %, dus notamment à la porosité des échantillons subsuperficiels (surtout en savane) et à la présence d'hydrates ferriques, moins denses que les oxydes pris en considé-

ration dans les calculs. Le procédé est néanmoins susceptible de fournir statistiquement une première idée de la valeur d'un gisement.

4.2. *Etude microscopique*

L'étude microscopique a porté sur 44 échantillons (51 sections polies et 13 lames minces), dont 12 antérieurs à 1966.

Elle a permis d'identifier, comme composés de fer, la magnétite, l'hématite, la goethite et la limonite.

La magnétite, parfois absente ou prépondérante, représente souvent le quart ou le tiers du total des oxydes; elle est alors incluse dans l'hématite en plages déchiquetées de 0,1 à 0,01 mm, ou en inclusions plus ténues. L'hématite associée à la magnétite est ordinairement chargée d'inclusions; elle peut aussi être recristallisée en mosaïques ou en grands cristaux très propres, ou constituer des inclusions minuscules dans la gangue.

La goethite, toujours en quantité subordonnée, est soit intimement associée à l'hématite, soit en veinules, soit dans des associations paraissant provenir de la dégradation de minéraux silicatés. La limonite, produit d'altération, peut prendre diverses formes, mais elle se signale habituellement par des trous des sections polies.

La gangue est composée essentiellement de quartz en mosaïques; la calcédoine a été repérée localement. On a aussi observé certaines formes dégradées, principalement à des limites du zonage, présentant des vestiges d'une amphibole (grunerite) d'une chlorite, peut-être d'un talc (minnesotaite?); dans l'état actuel, ces silicates ne représentent pas 1 % du volume total; mais certaines plages à goethite et limonite pourraient dériver de cristaux d'amphiboles du groupe des ferro-trémolites ou de pyroxènes du type de l'hédenbergite.

Parmi les minéraux exceptionnels, citons encore un carbonate, peut-être plus abondant en profondeur, et la pyrite.

Les zones d'oxydes, même minces, sont rarement dépourvues d'enclaves, essais ou traînées de gangue, en plages de 0,02 à 0,2 mm (et même jusqu'à 0,5 mm), souvent déchiquetées ou anastomosées, et réciproquement; ceci indépendamment de la présence habituelle d'inclusions beaucoup ténues (micrométriques).

Les lits noir mat et grisâtres décelés macroscopiquement peuvent correspondre à des zones de composition intermédiaire (gangue et oxydes interpénétrés et en quantités équilibrées) ou à des zones d'oxydes riches en goethite.

4.3. Analyses

L'analyse chimique complète de 12 échantillons individuels et une analyse spectrale de contrôle de trois composites représentatifs ont été effectuées. D'autre part, 429 échantillons, dont 59 composites, ont été dosés pour fer et silice; pour 16 d'entre eux, on a également la valeur de l'alumine, de la chaux et de la magnésie; la perte au feu a été mesurée pour 294 de ces analyses partielles.

Les éléments essentiels: SiO_2 et Fe_2O_3 (fer total), représentent habituellement 97 à 98 % pour un bilan de l'ordre de 99 %.

La perte au feu (H_2O des hydrates, CO_2 des carbonates) doit être supérieure aux résultats des analyses (0,3 à 2,5 % en tranchée): ceux-ci sont réduits du poids de l'oxygène correspondant à l'oxydation du fer ferreux de la magnétite; on a pour celui-ci encore trop peu de résultats (13 seulement), d'ailleurs systématiquement inférieurs à la réalité.

Quoi qu'il en soit, le fer ferreux est particulièrement abondant en galerie, sous le niveau hydrostatique: jusqu'à 20 % Fe^{++} , ce qui correspondrait à 54,5 % de magnétite dans l'échantillon correspondant.

Les éléments secondaires décelés sont:

— Al_2O_3 (0,3 à 0,7 %), plus abondante dans les échantillons de tranchée, par pollution;

— MgO , négligeable en tranchée, plus notable en galerie (jusqu'à 0,9 à 2,3 %), sans doute surtout dans des silicates et des carbonates;

— MnO (0,2 à 0,6 %), correspondant à des enduits et remplissages de joints.

Pour ce qui concerne les impuretés, le soufre est en quantité négligeable; le phosphore peut atteindre au maximum 0,26 à 0,36 % P_2O_5 dans les travaux souterrains, mais il pourrait correspondre à de l'apatite.

Dans le gisement I, les teneurs en fer montrent une tendance croissante du N vers le S. Cette tendance est assez progressive,

dans chaque profil, pour permettre le tracé de zones à moins de 38 % Fe, à teneur comprise entre 38 et 40 % Fe et à plus de 40 % Fe.

Les maxima obtenus pour des teneurs individuelles sont 52,6%-52,2%-51,8% Fe (deux fois). Les minima, groupés vers la limite N de l'échantillonnage, descendent jusqu'à 16 % Fe.

Les parties profondes du gisement paraissent un peu plus pauvres que les parties superficielles: celles-ci pourraient avoir bénéficié d'un enrichissement de l'ordre de 6 % (2,5 points de teneur), si l'on en juge par le seul profil où on ait un recouplement. Cet enrichissement n'a rien de comparable avec la forte concentration de l'hématite par élimination de silice dans certains gisements classiques (Ch. ANCIEN, 1963).

5. RÉSERVES (*fig. 3*)

La longueur totale du gisement principal, mesurée en ligne droite du premier au dernier indice superficiel, est de 2 322 m. Des teneurs régulièrement supérieures à 38 % Fe ont été observées en tranchée dans une surface totale de 285 500 m². Cette surface est vraisemblablement bordée vers le S par une bande de minerai à teneur moyenne de 42 % au moins; l'épaisseur croissante des morts-terrains en a empêché l'échantillonnage; une surface de 65 800 m² de cette bande a été prise en considération.

Le gisement se poursuit en profondeur et pénètre largement dans la nappe aquifère, avec des teneurs à peine plus faibles.

Les réserves probables y atteignent 70 millions de tonnes de minerai à 41,5 % Fe, renfermant 29 millions t de fer (dont 23 millions t à 42,1 % de teneur moyenne pour la surface à plus de 40 %). Il s'y ajoute une réserve possible de 24 millions t à 42 % Fe, renfermant plus de 10 millions t de fer, pour la bande non échantillonnée vers le S.

Trois des gisements périphériques (IV, VII et VIII) représentent ensemble une réserve possible de plus de 11 millions t de minerai à 41,8 % Fe, renfermant près de 5 millions t de fer; le gisement VIII, satellite du gisement principal, comporte 1 million t de fer.

Les réserves probables et possibles reconnues par la Mission de prospection de minerai de fer au Kasai atteignent, au total,



FIG. 3. — Gisement principal d'itabirite du Kasai.

105 millions t minerai, avec près de 44 millions t fer. Des recherches plus poussées seraient susceptibles d'accroître considérablement ces réserves.

Il s'agit d'un minerai pauvre, qui devrait être enrichi à plus de 60 % avant son transport vers le lieu d'utilisation; cela implique un broyage poussé et, avant le traitement sidérurgique proprement dit, une mise en pellets.

28 janvier 1969.

REFERENCES

- ANCION, Ch.: Aspects scientifiques et économiques de l'étude des formations itabirites et des gisements de minerai de fer associés (*Ann. Soc. géol. Belg.*, 1963, t. 87, p. B 21-57).
- BALL, S.-H. et SHALER, M.-K.: Contribution à l'étude géologique de la partie centrale du Congo belge, y compris la région du Kasai (*Ibid.*, 1912, Publ. rel. C.B., t. 39, p. C 199-247).
- DELHAL, J.: Le socle de la région de Luiza (Kasai) (*Ann. Musée roy. Afr. centr.*, 1963, in-8°, Sc. géol., n°45, 82 p.).
- DELHAL, J., RAUCQ, P. et THOREAU, J.: Le complexe granitique et migmatique de Dibaya (*Ann. Musée roy. Afr. centr.*, 1967, in-8°, Sc.géol., n° 55, 46 p.).
- EVARD, P.: Quelques remarques au sujet de la courbe d'anomalie magnétique verticale due à une couche mince inclinée (*Bull. Soc. roy. Sc., Liège*, 1942, n° 2).
- MATHIEU, P.-L.: Anomalies magnétiques de la région Luebo-Charlesville (Remina, Rapp. n°1907, établi pour compte du Syndicat pour l'étude de la cuvette congolaise, inédit, 1957, 5 + 4 p.).
- MORELLI, B. et RAUCQ, P.: Quartzites ferrugineux de Kanda-Kanda (Kasai) (*Ann. Soc. géol. Belg.*, 1962, t. 85, p. B 123-147).
- RAUCQ, P.: Paysages géographiques du Kasai (*Congo-Tervuren*, 1959, t. V. fasc. 4, p. 92-99).
- VAN DEN HENDE, R.: Gisements d'itabirite de Luebo - Examen microscopique des échantillons recueillis par M. Th. VERBEEK (Remina, rapp. n°1320, établi pour compte du Syndicat de la cuvette congolaise, inédit, 1957, 25 p.).
- VERBEEK, Th.: Gisements d'itabirite de Luebo - Rapp. préliminaire (Remina, rapp. n° 1371, établi pour compte du Syndicat de la cuvette congolaise, inédit, 1957, 11 p.).

Séance du 25 mars 1968

La séance est ouverte à 14 h 30 par M. *J. Van Riel*, président de l'ARSOM et directeur de la Classe pour 1969.

Sont en outre présents: MM. P. Brien, M.-E. Denaeyer, G. de Witte, A. Dubois, J. Jadin, W. Robyns, P. Staner, J. Thoreau, membres; MM. P. Benoit, F. Corin, M. De Smet, P. Gourou, J. Mortelmans, J. Opsomer, G. Sladden, L. Soyer, R. Vanbreuseghem, associés; M. P. Raucq, correspondant, ainsi que MM. E.-J. Devroey, secrétaire perpétuel, et M. Walraet, secrétaire des séances.

Absents et excusés: MM. B. Aderca, A. Castille, A. Fain, P. Fourmarier, R. Germain, F. Hendrickx, P.-G. Janssens, F. Jurion, J. Kufferath, J. Lebrun, M. Poll.

Communications administratives

- a) Nomination du Président pour 1969: voir p. 202.
- b) Modification des articles 5 et 6 (Elections) du Règlement général: voir p. 202.

Démission du Secrétaire des séances

Voir p. 236.

Au cours de la même séance précitée de la Commission administrative, la succession de M. *M. Walraet* comme secrétaire des séances a été confiée à M. *Pierre Staner*, membre titulaire de la Classe des Sciences naturelles et médicales, qui entrera en fonctions le 1^{er} avril 1969.

M. *J. Van Riel*, président, s'associe, au nom de la Classe, aux compliments ainsi adressés à M. *M. Walraet* et il met l'accent sur les regrets que suscite auprès de tous les Confrères, la cessation de ses fonctions de secrétaire des séances, qu'il assume depuis si longtemps (Applaudissements). Il se réjouit d'autre part de la désignation de M. *P. Staner* comme secrétaire des séances.

Zitting van 25 maart 1969

De zitting wordt geopend te 14 h 30 door de *H. J. Van Riel*, voorzitter van de K.A.O.W. en de directeur van de Klasse voor 1969.

Zijn bovendien aanwezig: De HH. P. Brien, M.-E. Denaeyer, G. de Witte, A. Dubois, J. Jadin, W. Robyns, P. Staner, J. Thoreau, leden; de HH. P. Benoit, F. Corin, M. De Smet, P. Gourou, J. Mortelmans, J. Opsomer, G. Sladden, L. Soyer, R. Vanbreuseghem, geassocieerden; de H. P. Raucq, correspondent, alsook de HH. E.-J. Devroey, vaste secretaris en M. Walraet, secretaris der zittingen.

Afwezig en verontschuldigd: De HH. B. Aderca, A. Castille, A. Fain, P. Fourmarier, R. Germain, F. Hendrickx, P.-G. Janssens, F. Jurion, J. Kufferath, J. Lebrun, M. Poll.

Administratieve mededelingen

- a) Benoeming van de voorzitter voor 1969: zie blz. 203.
- b) Wijziging van artikels 5 en 6 (verkiezingen) van het Algemeen Reglement: zie blz. 203.

Ontslag van de Secretaris der zittingen

Zie blz. 237.

Tijdens dezelfde voormelde zitting van de Bestuurscommissie, werd de opvolging van de *H. M. Walraet* als Secretaris der zittingen, toevertrouwd aan de *H. Pierre Staner*, titelvoerend lid van de Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen, die in functie zal treden op 1 april 1969.

De *H. J. Van Riel*, Voorzitter der Klasse, sluit zich namens deze aan bij de aldus tot de *H. M. Walraet* gerichte gelukwensen en legt de nadruk op de spijt die alle Confraters vervult nu de Secretaris der zittingen de functies neerlegt die hij reeds zo lang vervulde (Toejuichingen). Anderzijds verheugt hij er zich over dat de *H. P. Staner* als Secretaris der zittingen aangewezen werd.

**Observations de géographie humaine
dans une région frontière du Bas-Congo**

M. P. *Gourou* présente une étude de Mme VAN WETTERE-VERHASSELT intitulée comme ci-dessus et qui concerne en ordre principal le territoire de Songololo où se sont établis quelque 150 000 réfugiés de l'Angola, ce qui a provoqué une impulsion démographique très importante.

Ces immigrants contribuent grandement au ravitaillement de Kinshasa mais malheureusement l'on constate parmi eux une recrudescence de la maladie du sommeil (p. 344).

M. P. *Gourou* répond ensuite à des questions que lui posent MM. P. *Raucq*, P. *Staner*, J. *Van Riel* et R. *Vanbreuseghem*.

**« Some trace elements in basaltic rocks
from the Galapagos Islands »**

M. M.-E. *Denaeyer* présente une étude de MM. DE PAEPE et G. STROOPS (voir p. 365) montrant que plusieurs éléments-trace ont été dosés par fluorescence aux rayons X dans différentes roches des îles Galapagos, dont treize basaltes à olivine et six tufs ou hyaloclastites. Les résultats sont comparés avec les teneurs en éléments-trace de basaltes du même type, provenant d'autres archipels de la partie centrale et orientale du Pacifique.

**« De Belgische diergeneeskunde Overzee in
verleden en toekomst »**

M. J. *Mortelmans* évoque l'histoire de la médecine vétérinaire belge au Congo où les premiers vétérinaires belges arrivèrent au début de ce siècle. En 1960 ils étaient 120 pour le Congo, le Rwanda et le Burundi. Lorsque ces pays accédèrent à l'indépendance, presque tous les vétérinaires rentrèrent en Europe. L'auteur estime que, dans l'avenir, le vétérinaire belge est appelé à jouer un rôle important dans les pays d'Outre-Mer (voir p. 380).

Ensuite, M. A. *Dubois* fait part de quelques souvenirs de l'époque 1911-1914, où, à défaut de vétérinaires, les médecins de Léopoldville étaient appelés à donner leurs soins aux animaux (bétail, dromadaires, etc.) et à s'occuper de l'inspection des viandes.

**« Observations de géographie humaine dans
une région frontière du Bas-Congo »**

De H. P. *Gourou* legt een studie voor van Mw VAN WETTE-RE-VERHASSELT, getiteld als hierboven en die hoofdzakelijk het gebied van de Songololo betreft, waar zich ongeveer 150 000 vluchtelingen uit Angola kwamen vestigen, wat een belangrijke demografische ontwikkeling veroorzaakte.

Deze inwijkelingen dragen in belangrijke mate bij tot de bevoorrading van Kinshasa, maar ongelukkigerwijze stelt men onder hen een toename van de slaapziekte vast (zie blz. 344).

De H. P. *Gourou* beantwoordt vervolgens vragen die hem gesteld worden door de HH. P. *Raucq*, P. *Staner*, J. *Van Riel* en R. *Vanbreuseghem*.

**« Some trace elements in basaltic rocks
from the Galapagos Islands »**

De H. M.-E. *Denaeyer* legt een studie voor van de HH. P. DE PAEPE en G. STOOPS, betreffende het onderzoek door middel van X-stralen fluorescentie op enkele sporenelementen, in gesteentemonsters der Galapagoseilanden. Het betreft dertien lava's (meestal alkaliolivynbazalten) en zes tuffen of hyaloclastieten. De resultaten worden vergeleken met soortgelijke gesteenten van andere eilandengroepen uit het Centraal en Oostelijk deel van de Stille Oceaan (zie blz. 365).

**De Belgische diergeneeskunde Overzee in
verleden en toekomst**

De H. J. *Mortelmans* schetst de geschiedenis van de Belgische veeartsenijkunde in Congo. De eerste veeartsen kwamen er toe bij het begin van deze eeuw; in 1960 waren ze met 120 voor Congo, Rwanda en Burundi. Bij het onafhankelijk worden van deze landen kwamen practisch allen terug naar Europa, maar in de toekomst kan de Belgische veeartsenijkunde een belangrijke rol spelen in de landen Overzee (zie blz. 380).

Vervolgens haalt de H. A. *Dubois* enkele herinneringen op aan de tijd van 1911-1914, toen bij gebrek aan veeartsen, de geneesheren van Leopoldstad geroepen werden zorgen te verstrekken aan dieren (veestapel, dromedarissen, enz.) en zich bezig te houden met het onderzoek van vlees.

L'auteur répond ensuite à des questions que lui pose M. *W. Robyns*.

Relations ARSOM - O.N.R.D.

Au cours de sa séance du 28.1.69, la Classe a entendu une communication du R.P. *A. Bouillon*, correspondant, proposant une collaboration entre l'ARSOM et l'Office national de la recherche et du développement créé au Congo, Kinshasa en 1967 (voir p. 298).

Il a été écrit au R.P. *A. Bouillon* pour solliciter de sa part qu'un organe représentatif de l'Office national de la recherche et du développement (O.N.R.D.) invite l'ARSOM à établir des liens avec l'O.N.R.D.

Le *Secrétaire perpétuel* informe la Classe de l'accusé de réception, en date du 8.3.1969 que lui a fait parvenir le R.P. *A. Bouillon*.

Prix Haïle Selassie

Voir p. 208.

Concours annuel 1971

La Classe décide de consacrer la troisième question du concours annuel pour 1971 à la Trypanosomiase et la quatrième à la Zoologie.

MM. *R. Vanbreuseghem* et *A. Dubois* d'une part, ainsi que MM. *P. Benoit* et *P. Brien* d'autre part, sont désignés pour rédiger les textes desdites questions.

Remerciements

M. *M. Walraet*, secrétaire des séances sortant de charge, remercie très vivement M. *J. Van Riel*, président de l'ARSOM, pour les sentiments qu'il a bien voulu lui manifester au nom de notre Compagnie.

Il dit son émotion d'avoir été obligé, pour des raisons indépendantes de sa volonté, à renoncer au mandat qu'il exerce depuis 1954. Il exprime néanmoins l'espoir de pouvoir encore, dans l'exercice de ses fonctions à la Bibliothèque royale Albert I^{er}, se rendre utile aux Confrères en quête de documentation.

De auteur beantwoordt vervolgens de vragen die hem gesteld worden door de H. *W. Robyns*.

Betrekkingen K.A.O.W. - O.N.R.D.

Tijdens haar zitting van 28.1.69 heeft de Klasse een mededeling gehoord van E.P. *A. Bouillon*, correspondent, waarin een samenwerking voorgesteld wordt tussen de K.A.O.W. en de „Office national de la Recherche et du Développement” opgericht in Congo in 1967 (zie blz. 298).

Er werd aan E.P. *A. Bouillon* geschreven om van hem te bekomen dat een representatieve instantie van de O.N.R.D. de K.A.O.W. zou uitnodigen betrekkingen met de O.N.R.D. aan te knopen.

De *Vaste Secretaris* brengt de Klasse op de hoogte van het antwoord dat E.P. *A. Bouillon* liet geworden dd. 8.3.1969.

Haïle Selassie-Prijs

Zie blz. 209.

Jaarlijkse wedstrijd 1971

De Klasse beslist de derde vraag van de jaarlijkse wedstrijd voor 1971 te wijden aan de Trypanosomiase en de vierde aan de Zoölogie.

De HH. *R. Vanbreuseghem* en *A. Dubois*, enerzijds, evenals de HH. *P. Benoit* en *P. Brien* anderzijds, worden aangewezen om de tekst van deze vragen op te stellen.

Dankbetuigingen

De H. *M. Walraet*, uittredend secretaris der zittingen, dankt zeer hartelijk de H. *J. Van Riel*, voorzitter der K.A.O.W., voor de gevoelens die hij namens de Klasse heeft willen uitdrukken.

Hij zegt hoe ontroerd hij is door omstandigheden buiten zijn wil aan het mandaat te hebben moeten verzaken dat hij sinds 1954 uitoefent. Hij drukt echter de hoop uit, in zijn functie bij de Koninklijke Bibliotheek Albert I, nog zijn confraters behulpzaam te kunnen zijn bij het opzoeken van documentatie.

Comité secret

Les membres honoraires et titulaires, réunis en comité secret:

a) Prennent acte de la demande de M. *P. Brien*, qui désire s'effacer, en qualité de membre titulaire et qui sollicite l'application de l'article 4 des statuts. Ils émettent un avis conforme à l'élévation de ce Confrère à l'honorariat.

b) Passent en revue les candidatures déjà introduites pour les places vacantes d'associés et de correspondants.

A la lumière d'une note qui leur avait été adressée au préalable, ils échangent ensuite leurs vues sur les desiderata dont il y aurait lieu de s'inspirer pour la cooptation de futurs candidats aux places vacantes.

La séance est levée à 16 h 25.

Geheim comité

De ere- en titelvoerende leden, vergaderd in geheim comité:

a) Nemen kennis van de door de *H. P. Brien* uitgedrukte wens zich terug te trekken als titelvoerend lid en die om de toepassing verzoekt van artikel 4 der Statuten. Zij adviseren eenparig deze Confrater tot het erelidmaatschap te verheffen.

b) Bespreken de reeds ingediende kandidaturen voor de openstaande plaatsen van geassocieerde en correspondent.

In het licht van een nota die hen vooraf toegestuurd werd, wisselen zij vervolgens van gedachten over de desiderata waardoor men zich zou moeten laten leiden voor het coöpteren van de te verkiezen kandidaten.

De zitting wordt gesloten te 16 h 25.

Yola Van wettere-Verhasselt. — Observations de géographie humaine dans une région frontière du Bas-Congo

(Note présentée par M. P. Gourou)

RESUME

Nous avons étudié les répercussions géographiques de deux phénomènes récents dans une région du Bas-Congo. Il s'agit, d'une part, du développement agricole en relation avec l'extension démographique de la ville de Kinshasa, causant une demande accrue de vivres, et d'autre part, de l'immigration importante de réfugiés angolais (particulièrement dans la région frontière) ayant des conséquences e.a. au point de vue de la densité de la population, de l'habitat rural, de la superficie cultivée.

SAMENVATTING

De aardrijkskundige gevolgen van twee recente verschijnselen die zich voordoen in een streek van Beneden-Congo, werden bestudeerd. De sterke toename van de bevolking der stad Kinshasa heeft geleid tot een verhoging van de landbouwproductie in Beneden-Congo. De massale inwijking van Angolese vluchtelingen (voornamelijk in het grensgebied) heeft een reeks gevolgen o.m. op gebied van bevolkingsdichtheid, van rurale nederzettingen, van de beteelde oppervlakte.

INTRODUCTION

Au cours d'une mission scientifique (1), qui eut lieu en 1967-1968 dans la province du Kongo central, nous avons pu réaliser une série d'observations de géographie humaine dans une région frontière. Nous nous sommes intéressée particulièrement aux

(1) Effectuée pour le Centre universitaire de l'Etat à Anvers et réalisée grâce à la collaboration de l'Institut de médecine tropicale d'Anvers (Directeur: Prof. Dr. P.-G. JANSSENS).

répercussions géographiques de certaines situations nouvelles qui se sont créées dans la République démocratique du Congo depuis l'indépendance. L'influence de deux phénomènes récents fut étudiée: d'une part, les conséquences agricoles et l'extension de la ville de Kinshasa, et d'autre part, l'effet géographique de l'immigration des réfugiés angolais.

Le travail fut effectué dans le groupement (2) de Bemba, situé près de la frontière angolaise, au sud-ouest de Thysville. Géologiquement, la région de Bemba appartient au système schisto-calcaire. L'étage inférieur du Kwilu y est représenté avec les calcaires de la Luanza (3). Les sols sont argilo-limoneux (ferralsols) [21]. La région de Bemba offre un paysage de plateau. Ce relief calme est découpé par un réseau hydrographique très dense, formé par des affluents de gauche du cours supérieur du Kwilu (qui se jette dans le fleuve Congo en aval de Luozi). L'altitude générale du plateau est de 450 m (ce qui correspondrait à un aplanissement Pleistocène) [3], tandis que les fonds de vallée se situent vers 380-400 m.

Le climat est tropical (la latitude est d'environ 6°). La température moyenne annuelle est de 25°1, avec un minimum en juillet de 21°8 et un maximum variable (octobre ou avril) de 26°6, soit une amplitude de 48 (4).

La moyenne annuelle des pluies atteint environ 1 300 mm; la saison sèche s'étend de juin à septembre. Vers la fin de cette période, certaines rivières secondaires se dessèchent.

Le paysage végétal dominant est constitué par la savane, qui couvre le plateau. De par sa composition floristique, on peut qualifier cette association végétale de savane à *Hyparrhenia* et à *Hymenocardia*. Elle est composée d'une strate herbeuse d'une hauteur de 0,8 à 2 m, où les Graminées *Hyparrhenia* sont les plus fréquentes (*Panicum maximum* se trouve autour des villages) et d'une strate arbustive de 1,5 à 3 m. Les arbustes, parmi les-

(2) Subdivision administrative d'un territoire.

(3) Ceux-ci se composent d'une assise de calcaires oolithiques et d'une assise où alternent les calcaires gris bleu et les schistes calcaireux [4]*.

(4) Ces valeurs sont les moyennes d'observations météorologiques faites à Moerbeke (situé à 45 km de Bemba en direction NNE) en 1963, '64, '65 et '66. Elles sont applicables à la région de Bemba, car pour 1967, elles correspondent à nos propres mesures.

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

quels *Hymenocardia acida* prédomine, sont distants de 5 à 10 m. C'est une végétation essentiellement pyrophile, puisqu'elle résiste aux feux de brousse annuels. La forêt couvre la plupart des vallées et quelques versants. Les galeries forestières se composent principalement d'espèces hydromorphes, dont quelques arbres de haute taille sont caractéristiques, tels que *Pseudospondias microcarpa*, *Gilbertiodendron dewevrei*. Les forêts de versants étant généralement secondaires (formation remaniée hétérogène) [5], elles sont constituées en grande partie d'essences du recrû forestier, comme le parasolier (*Musanga cecropioides*) et le *Myrianthus*, auxquelles sont entremêlés des arbres fruitiers (avocats, manguiers, safoutiers, palmiers) près des villages.

Les villages sont localisés sur le plateau, généralement près d'une forêt, toujours à faible distance d'un cours d'eau. En 1959, le groupement de Bemba avait une densité rurale de 7,3 [6]. Cette valeur est légèrement supérieure à la moyenne du territoire de Songololo (5,65), auquel ce groupement ressortit, mais elle est très faible par rapport à la moyenne du Bas-Congo (23,08), qui fait partie de l'axe des fortes densités du 5^e parallèle sud [9]. Bemba se trouve dans la zone faiblement peuplée qui s'étend au sud-ouest de la région bien peuplée de Thysville-Kisantu. L'évolution récente de la densité de la population rurale sera traitée dans la deuxième partie de cet article.

I. REPERCUSSIONS AGRICOLES DE L'EXTENSION DE KINSHASA

A. L'approvisionnement en vivres: circuits de commercialisation

Un des faits caractéristiques des pays africains nouvellement indépendants est le développement considérable des villes, conséquence d'un exode rural accentué. Il en va ainsi de la capitale de la République démocratique du Congo, qui a pris une extension extraordinaire: sans exagération, la population peut être évaluée à un million d'habitants (l'estimation la plus haute étant de un million et demi, la plus basse de 800 000 habitants). On peut donc affirmer que depuis 1959, quand la ville ne comptait que 388 527 habitants [6], la population de la ville de Kinshasa a au moins doublé.

Cette expansion importante de Kinshasa a entraîné une demande accrue de vivres. Or, l'approvisionnement se fait presque exclusivement à partir du Bas-Congo. En effet, les envois du Kasai ont considérablement diminué: 84 000 t étaient arrivées par le fleuve en 1959, contre seulement 23 000 t en 1966 (5). Au contraire, les apports provenant du Bas-Congo ont fortement augmenté: par la route, ils ont quintuplé entre 1958 (44 000 t) et 1966 (220 000 t) (5); par chemin de fer, l'accroissement fut plus lent: 26 000 t en 1958, 56 000 t en 1966 [20]. Notons toutefois qu'en 1965 le trafic ferroviaire Matadi-Kinshasa n'est plus que 37 % de celui de 1959 [19].

Les transports par camion prédominent donc largement, puisqu'ils constituent 79 % du total en 1966 contre 63 % en 1958. Il faut signaler que la part des transports routiers dans l'approvisionnement de Kinshasa continue à s'accroître: les arrivées provenant du Bas-Congo par la route ont augmenté de 10 % pour les dix premiers mois de 1967 par rapport à la même période de 1966.

L'accroissement de la fourniture de produits vivriers à Kinshasa par le Bas-Congo a eu des conséquences importantes dans le domaine agricole.

1. La production a doublé entre 1959 et 1964 [23]. Ce résultat fut obtenu par l'extension de la superficie cultivée: en effet, les superficies emblavées sont passées de 77 495 ha en 1959 à 147 692 ha en 1963 [22]. Les méthodes traditionnelles d'agriculture étant toujours appliquées, les rendements sont restés stationnaires. Ce développement de la production agricole au Bas-Congo a été rendu possible par une augmentation du nombre d'agriculteurs due à l'immigration des réfugiés angolais (voir II).

Cette extension considérable de la superficie cultivée n'est pas sans risques. En effet, il existe le danger du raccourcissement des jachères, et par conséquent de l'épuisement des sols. Dans la région de Bemba, l'on pratique actuellement une jachère de 1 à 3 ans succédant à un assolement de 7 ans (d'abord une année de culture mélangée d'arachides, de maïs et de courges, ensuite deux cultures successives de manioc de trois ans chacune).

(5) Ces données sont le résultat d'enquêtes effectuées par l'IRES (Institut de recherches économiques et sociales de l'Université de Lovanium).

Or, il semble que, des jachères de 3 à 9 ans soient générales dans le Bas-Congo [7]) H. NICOLAÏ signale une durée de 7 ans dans le territoire de Luozi [18]. En outre, dans le système de rotations traditionnel, les villages sont déplacés environ tous les vingt à trente ans. Il n'est pas sûr que dans les conditions actuelles cela soit encore possible. Si les longues jachères destinées à assurer une régénération naturelle des sols (par recolonisation forestière) ne sont plus respectées, une dégradation agricole est à prévoir à plus ou moins courte échéance. L'introduction de jachères améliorantes et l'emploi d'engrais minéraux pourraient pallier ce danger.

2. Pour faire face à la forte augmentation des besoins en produits vivriers de Kinshasa, des régions de plus en plus éloignées de la capitale participent à son approvisionnement. Il en est ainsi du groupement de Bemba, situé à 250 km de Kinshasa. On se trouve ici à un point de contact, car immédiatement à l'Ouest, les courants de commercialisation sont dirigés vers Matadi. La région de Bemba est orientée principalement sur Kinshasa; elle livre des quantités de produits agricoles peu importantes à Matadi (arachides et haricots). Trois fois par semaine, un camion y fait le tour des villages pour acheminer les marchandises vers Kinshasa. Le transport s'effectue donc par poids lourd (de 5 t généralement), soit sur la totalité du trajet, soit jusqu'à Moerbeke, d'où les marchandises sont envoyées par train. Le transport par route pose des problèmes à cause de l'état de l'infrastructure et du matériel roulant. Les camions empruntent la route macadamisée Kinshasa-Matadi jusqu'à Moerbeke ou Kimpese. De là, un chemin de brousse les conduit vers l'intérieur. Tous les villages ne sont pas accessibles par camion (*fig. 1*). L'entretien des chemins de terre est sommaire, souvent inexistant (sauf sur le territoire de la concession de la sucrerie de Moerbeke), les ponts sont fréquemment défectueux (6).

Les produits pondéreux sont vendus aux commerçants directement au village: il s'agit du manioc (carottes ou cossettes), des

(6) En saison des pluies, les routes se transforment en véritables bourbiers, voire en torrents lors de fortes averses. Parcourir 60 km dans ces conditions exige cinq heures en jeep. En saison sèche, les dénivellations et irrégularités du tracé causent souvent des pannes.

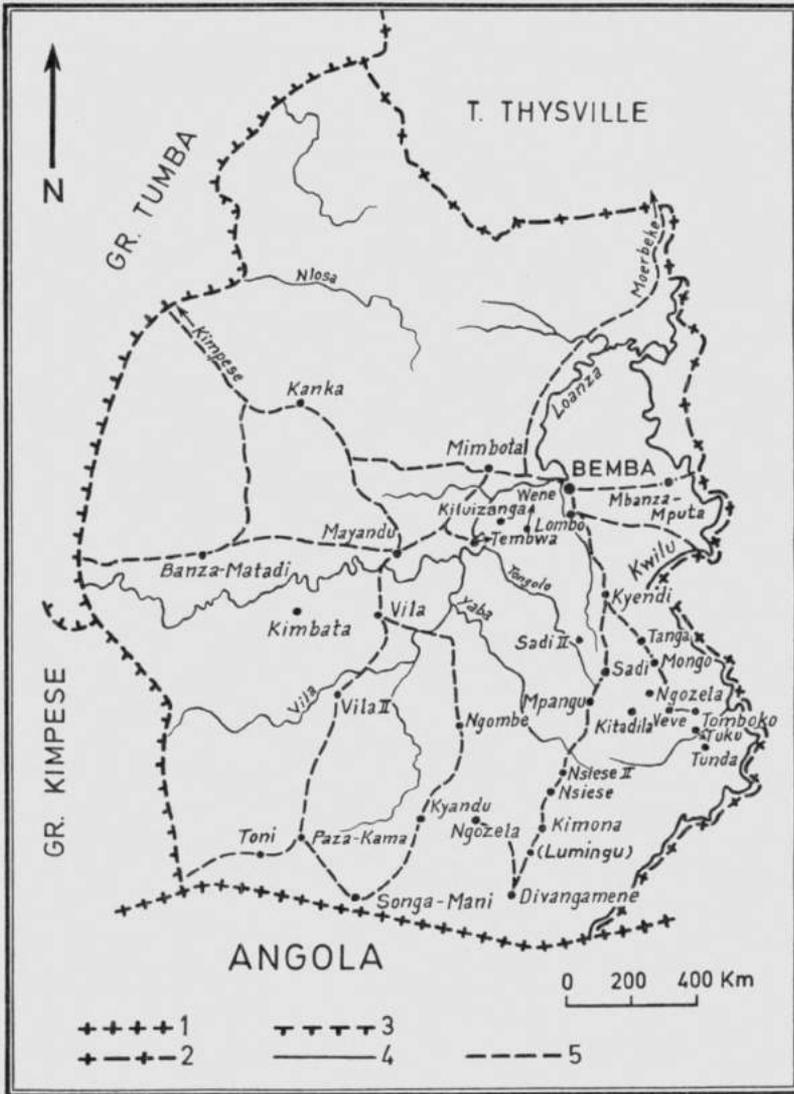


Fig. 1. — Groupement de Bemba: situation générale

- 1 = frontière internationale
- 2 = limite de territoire
- 3 = limite de groupement
- 4 = cours d'eau principaux
- 5 = pistes utilisables par des camions

bananes, des arachides, des haricots. Les autres marchandises (c'est-à-dire les chikwangues, le maïs, les légumes, le pili-pili, les poulets, etc.) sont portées au marché (soit à Bemba, Mpangu, Kanka, Mayandu, Lumingu; voir *fig. 1*). Notons que tous les produits mentionnés sont du ressort de l'agriculture traditionnelle. La région de Bemba fournit principalement du manioc, des arachides et des bananes à Kinshasa. Les chikwangues proviennent surtout du goupement de Madimba, tandis que les environs de Thysville produisent les légumes frais, pommes de terre, etc., destinés en grande partie à la consommation européenne.

3. Le développement d'un débouché de plus en plus important à Kinshasa a donné une nouvelle orientation à l'agriculture dans la région envisagée. Des tentatives d'introduction de cultures non traditionnelles sont faites. Citons en premier lieu les agrumes. Dans presque chaque village un ou deux jeunes Congolais plantent un grand nombre d'orangers, de citronniers, de mandariniers, etc., par souci de gains supplémentaires. Les fruits de qualité convenable se vendent à un bon prix en ville, par exemple 10 kuta (7) pour cinq oranges. L'industrie des boissons gazeuses (Bralima) achète une partie de la récolte pour la fabrication de limonades et d'orangeades. Des caféiers sont plantés également, mais à petite échelle. Certes, il s'agit encore d'ébauches faibles dans le sens d'un progrès agricole rationnel. Les techniques ne sont pas perfectionnées: peu de soins sont apportés à la sélection des plants d'arbres fruitiers et à la greffe des caféiers; les arbres fruitiers sont plantés pêle-mêle en forêt dans le bas du versant (humidité et ombrage suffisants). Néanmoins ces initiatives, qui émanent — précisons-le — de personnes ayant des contacts fréquents avec la ville (généralement parce qu'elles y ont séjourné), devraient être encouragées et soutenues techniquement. Dans ce cadre de diversification de la production agricole pour l'approvisionnement urbain, l'on pourrait envisager le développement de l'élevage des poules et du petit bétail. Le porc est particulièrement rentable: il est très demandé pour les

(7) Un kuta est la centième partie du Zaïre, qui équivaut à 1 000 anciens francs congolais. A la parité officielle un Zaïre vaut 100 francs belges; au marché noir (cours libre), le taux de change est plus élevé (en janvier 1968 il est de 125 FB), mais il a tendance à s'abaisser.

fêtes (il est toujours consommé aux funérailles) et la viande atteint un prix élevé à Kinshasa (8).

A notre avis, le développement judicieux de ces innovations serait un des moyens les plus efficaces pour limiter l'exode rural.

4. L'augmentation du volume des ventes des produits vivriers a eu comme conséquence une hausse du revenu agricole annuel. Par rapport à 1957, le revenu annuel par famille d'agriculteurs a augmenté quatorze fois, alors que les prix des articles courants ont en moyenne décuplé [1,2].

B. *Analyse du revenu agricole actuel*

Nous avons pu calculer une moyenne du revenu agricole en considérant la superficie cultivée par famille, les rendements et les prix de vente actuels. Cela signifie que nous avons établi une valeur approximative de la somme d'argent que rapporte la vente des produits agricoles à une famille moyenne au cours d'un an dans la région de Bemba.

1. Considérons, en premier lieu, le produit de vente le plus important, c'est-à-dire le manioc. Sur les sols schistocalcaires (dont le produit d'altération est argileux), on peut estimer le rendement à l'hectare à 12 t de carottes fraîches, ce qui correspond à 3 600 kg de cossettes [8]. La superficie moyenne des champs étant dans cette région de 0,3 ha, un champ de manioc rapporte environ 1 100 kg de cossettes. On garde la moitié de la production pour la consommation personnelle; 550 kg par champ sont donc disponibles pour la vente, soit à peu près 9 sacs de 60 kg. Comme chaque famille dispose en moyenne de six champs, dont quatre peuvent être supposés en culture de manioc, on peut raisonnablement estimer la vente annuelle de cossettes à 36 sacs par famille. Le prix de vente étant de 1 Zaïre le sac à Bemba en janvier 1968 (9), la recette totale atteint donc 36 Z. A cela il faut ajouter les chikwangues, dont une vingtaine à une tren-

(8) Bien que le Bas-Congo fournisse de la viande de boucherie à la capitale, l'élevage du gros bétail ne sera pas envisagé ici, car il se pratique hors du cadre traditionnel du village.

(9) Depuis la dévaluation du franc congolais et l'instauration du Zaïre comme unité monétaire en juin 1967, les prix ont connu une hausse considérable (par exemple, le prix d'un sac de manioc était de 500 FC en juin 1967, soit la moitié du prix de janvier 1968).

taine sont vendues chaque semaine. Le prix est de 1,5 K pièce; si nous considérons 50 semaines, le bénéfice se monte à 18,75 Z, soit environ 20 Z.

2. Les arachides donnent un rendement de 600 kg à l'hectare. La superficie moyenne des champs étant de 0,5 ha, chaque champ produit 300 kg, soit 5 sacs de 60 kg. On suppose deux champs d'arachides, qui rapportent donc 10 sacs, dont la moitié est gardée comme semences et pour usage personnel. Cinq sacs sont disponibles pour la vente; ils rapporteront 7,5 Z (à 1,5 Z le sac).

3. En ce qui concerne les bananes, il est difficile d'évaluer les quantités vendues. Les bananes douces se vendent trois pour 0,5 K (soit à peu près 6,5 K par régime), le prix des bananes à cuire est de 0,5 K pièce (soit approximativement 12,5 K par régime). Supposons la vente d'un régime par semaine à une moyenne de 9,5 K nous obtenons 494 K, c'est-à-dire près de 5 Z par an.

4. En additionnant les sommes d'argent que rapportent la production traditionnelle du manioc, des arachides et des bananes, nous arrivons à 68,5 Z (10). A ce revenu global, il faut ajouter quelques bénéfices tirés de la vente des légumes (haricots, courges, choux, pois Cajan, salades, épinards, poireaux, oignons), du maïs, des piments, des safous et avocats, des amandes palmistes, du tabac, etc. et exceptionnellement du bois de kamba. Remarquons que tous ces produits sont vendus au marché local en petites quantités et occasionnellement, car ils servent essentiellement à la consommation familiale. Si nous évaluons la somme de ces bénéfices secondaires à 5 Z, nous obtenons un revenu moyen annuel par famille d'environ 73,5 Z.

5. Nous n'avons pas inclus dans le calcul les revenus de l'élevage, parce qu'ils sont très variables dans le temps et d'une famille à l'autre. Il semble qu'à l'heure actuelle ces bénéfices ne soient pas importants. Cependant, les prix moyens de vente au village

(10) Ce montant résultant de calculs et d'estimations basées sur des observations personnelles faites sur place correspond approximativement au chiffre obtenu par un chercheur de l'IRES, qui a procédé par enquête auprès de 91 familles réparties dans dix villages d'un groupement voisin de Bemba. Cette enquête concernait la vente d'un ensemble de produits agricoles, qui constituent la base de la commercialisation dans cette région.

sont intéressants: 5,2 Z pour une chèvre ou un mouton, 10 Z pour un porc, 0,5 Z pour une poule (notons que ces prix doublent ou triplent à Kinshasa). Nous avons observé une mentalité propice à l'élevage du petit bétail. Contrairement à l'opinion courante [13], un supplément de nourriture est distribué aux chèvres et aux moutons (feuilles de manioc) et aux porcs (manioc), et des enclos leur sont réservés (pour s'abriter la nuit). Mais ces animaux ne sont pas nombreux (par exemple, dans un village de 300 personnes, nous avons compté au total 45 porcs, 39 chèvres, 6 moutons qui appartiennent au chef); ils sont destinés principalement à la consommation familiale. Pour pouvoir vendre les animaux à Kinshasa, il faut être muni d'un certificat du vétérinaire (déclarant l'animal en bonne santé), que l'on peut se procurer à Moerbeke ou à Kimpese, au prix de 50 K.

6. Ce revenu agricole annuel, que représente-t-il au juste? Notre estimation, établie par défaut, est certainement inférieure à la réalité. Un montant de 73,5 Z, dont il faut déduire un impôt de 0,85 Z, correspond à un revenu mensuel d'environ 6 Z ou à 20 K par jour. Cette valeur est supérieure au salaire minimum légal d'un manœuvre, qui est de 14 K dans la région de Bemba.

A quel pouvoir d'achat ce revenu agricole équivalait-il? Afin de pouvoir s'en rendre compte, nous avons calculé le nombre d'heures de travail nécessaires à couvrir le prix d'achat d'articles courants. Connaissant le nombre de journées de travail [10], exigé par la production d'une tonne de manioc et d'arachides, et les prix de vente de ces produits, nous avons pu calculer le bénéfice horaire de la récolte. Il s'établit à une moyenne de 1,65 K pour le manioc et de 1 K pour l'arachide. Par conséquent, pour pouvoir acheter une houe ou une casserole de 50 K, il faut une prestation de travail de 30,3 heures en cultivant du manioc et de 50 heures en cultivant des arachides. Pour un bassin en émail de 155 K, il faut respectivement 100 et 150 heures de travail; pour une couverture de 80 K, 48,4 et 80 heures; pour une bouteille de pétrole de 5 K, 3 et 5 heures; pour une bouteille de bière ou un paquet de cigarettes de 10 K, 6 et 10 heures (11).

(11) Remarquons que ces prix des articles achetés au marché local ou chez le commerçant du village, sont en moyenne de 25 % supérieurs à ceux pratiqués à Kinshasa.

Le pouvoir d'achat résultant du revenu agricole est donc très faible, si l'on considère le nombre d'heures de travail qu'il faut fournir pour pouvoir se procurer des produits élémentaires. Certes, ces populations rurales n'ont pas de grands besoins. La subsistance alimentaire est assurée. Il est exceptionnel que de la nourriture soit achetée: occasionnellement l'on se procure du poisson séché; le thé et le riz peuvent être fournis par le commerçant du village; du pain et de la margarine sont parfois achetés au marché; les achats de conserves telles que sardines, pilchards, corned beef, sont rares; la bière est parfois consommée à l'occasion de fêtes. La presque totalité des économies est réservée à l'achat de vêtements: pagnes pour les femmes, pantalons et chemises pour les hommes. Les jeunes thésaurisent pour pouvoir payer la dot et éventuellement acquérir un transistor. Une partie des économies est souvent destinée à la construction d'une maison en briques (voir II, B) (12).

Conclusion

L'extension de la ville de Kinshasa a entraîné le développement et la diversification de l'agriculture dans la région envisagée du Bas-Congo. Bien que le revenu agricole soit supérieur au minimum légal, le pouvoir d'achat reste extrêmement bas. Une intensification des cultures et le développement rationnel de l'élevage du petit bétail pourraient y remédier.

L'évolution agricole actuelle implique certains dangers. En effet, elle risque d'une part d'entraîner l'épuisement des sols, par le raccourcissement exagéré des jachères, et d'autre part, de provoquer la désorganisation du réseau routier (un entretien suivi des pistes devrait faire face à l'augmentation de la densité du trafic).

L'accroissement de la fourniture de vivres à Kinshasa, en provenance du Bas-Congo, a été facilité par l'augmentation de la population due à l'immigration d'Angolais. Dans la deuxième partie nous étudierons les effets géographiques de l'établissement de ces réfugiés dans la zone frontière congolaise.

(12) Bien entendu, certains villageois ont d'autres ressources que l'agriculture: par exemple des profits provenant du commerce (ainsi le commerçant du village possède généralement une bicyclette) ou de l'artisanat, ou parfois de l'aide d'un membre de la famille ayant « réussi » en ville.

II. CONSEQUENCES GEOGRAPHIQUES DE L'IMMIGRATION DES REFUGIES ANGOLAIS

A. Effet démographique

Depuis 1960, des milliers d'Angolais se sont réfugiés dans le Bas-Congo (13), suite à des troubles politiques dans leur pays. L'ampleur de ce mouvement a été si importante qu'à l'heure présente ils constituent la majorité de la population dans la région frontière. En 1966, 78 % de la population du groupement de Bemba est d'origine angolaise (14). En 1962 (15), la part des Angolais est respectivement de 74 % dans le groupement de Songa (situé près de la frontière, à l'ouest du groupement de Bemba), de 45 % dans le groupement de Kimpese. Ce dernier se trouve au nord de Bemba et est donc éloigné davantage de la frontière, ce qui explique son pourcentage plus faible.

Considérons la répartition des Angolais par village à l'intérieur du groupement de Bemba (14). D'une manière générale, nous constatons que la proportion des Angolais est la plus forte dans les villages frontière. Citons le cas extrême de Divangamene, situé à 1,5 km de la frontière, avec 91,6 % d'Angolais. Dans les villages, qui se trouvent à moins de 6 km de la frontière, les réfugiés constituent plus de 70 % de la population totale. Les villages éloignés de la frontière accusent des pourcentages plus faibles, par exemple Banza Matadi (à 10,5 km à vol d'oiseau): 55 %, Kimbata (à 9 km): 58 %; en outre, ces deux villages ne sont pas situés sur une route directe vers la frontière.

A cause de cette immigration d'Angolais, la population a augmenté malgré la diminution du nombre de Congolais. En effet, depuis 1959 (16) l'évolution de la population congolaise marque une régression de 19,5 % (17) dans le groupement de Bemba. Dans certains villages, la diminution dépasse 30 %; il en est ainsi à Mayandu, Banza-Matadi, Songa-Mani et Lombo-

(13) D'après une évaluation de la Croix rouge internationale, le nombre des réfugiés angolais atteindrait 150 000.

(14) Recensement médical de 1966 (données fournies par FOMETRO).

(15) Recensement de la chefferie de Kimpese, 1962.

(16) Recensement de la population 1959. Données mises à notre disposition par la Section de Géographie du CEMUBAC.

(17) 8,5 % si on tient compte de la « population flottante » du recensement médical de 1966.

Loanza. Cette diminution de la population congolaise est due à un exode rural important, qui s'est fortement accentué depuis l'indépendance. D'après le recensement de 1962, en moyenne 33,5 % de la population congolaise de la chefferie de Kimpese résidait dans des centres urbains. Ventilé par groupement, ce pourcentage est de 29,3 pour Bemba et de 37 pour Songa. Prenons un cas précis, celui du village de Mongo (situé dans le groupement de Bemba, au sud-est du chef-lieu du même nom). En 1967-68, la moitié de la population congolaise réside hors du village. La majorité, dont un grand nombre employé dans l'administration, établie à Kinshasa, soit 44 % du total; 37 % réside à Matadi, 10 % à Kolo, 7,7 % à Boma et 0,9 % dans le Mayumbe. Nous remarquons que le déséquilibre entre le nombre d'hommes et de femmes est inversé dans l'exode: au village, les femmes prédominent, tandis que parmi ceux qui s'établissent en ville, le sexe masculin est le mieux représenté.

A cause de l'immigration numériquement très importante d'Angolais, l'accroissement de la population a été considérable. Il en résulte une augmentation sensible de la densité de la population. En effet, pour le groupement de Bemba (18) celle-ci passe de 7,2 habitants au km² en 1959 [6] à 27,1 en 1966 (30,5 avec la population flottante). Sans la population angolaise, nous aurions respectivement 5,8 et 6,6. Si une carte de la densité de la population de l'ancienne province de Léopoldville pouvait être établie en se basant sur l'état démographique actuel, elle présenterait dans toute la zone frontière une bande de fortes densités (20 à 30), comparables à la région de Thysville en 1959.

En fait, l'immigration des réfugiés d'Angola a eu un effet démographique positif dans cette région frontière du Bas-Congo, qui, sans cet apport extérieur, se dépeuplerait par l'exode rural (19).

(18) Nous désignons ici le groupement actuel de Bemba, qui correspond à la division du même nom de 1959, augmentée de l'ancien groupement de Kinsende. Si nous envisageons ces deux surfaces séparément, nous obtenons une densité de la population de 7,3 habitants au km² pour le groupement de Bemba et de 6,8 pour celui de Kinsende en 1959, et de 28,5 pour Bemba et de 21 pour Kinsende en 1966.

(19) L'accroissement naturel a probablement diminué depuis 1960 à cause de l'augmentation de la mortalité, surtout infantile, due à un contrôle médical moins efficace. Mais comme nous ne disposons pas de données chiffrées, nous ne pouvons invoquer la mortalité infantile comme un facteur du dépeuplement rural.

B. Extension de l'habitat

L'établissement des réfugiés angolais se reflète dans le paysage d'une manière frappante par l'habitat. Cela se manifeste d'une part, par l'aspect et l'extension des villages existants et d'autre part, par la création de nouveaux établissements.

Une partie des immigrants s'est installée dans les villages existants. Chaque famille construisant son habitation, et éventuellement un grenier, un poulailler, etc., le nombre de cases s'est multiplié. Or, les habitations des réfugiés sont faites en pisé, tandis que la presque totalité des maisons des Congolais sont construites en briques. Cette distinction permet de reconnaître très facilement les habitations des Angolais de celles des Congolais. La proportion des cases en pisé reflète donc *grosso modo* celle des Angolais. Si l'on adopte ce critère pour évaluer le nombre d'Angolais résidant dans un village, on fera une petite erreur par excès, car tous les Congolais ne possèdent pas une maison en briques. La juxtaposition de ces deux modes de construction confère un aspect particulier aux villages du Bas-Congo. Les maisons en briques sont groupées autour de la place centrale, un amas de cases en pisé s'étend au-delà (*fig. 2*). Les villages atteignent parfois des dimensions considérables.

Les maisons en briques témoignent d'un niveau de vie assez élevé, car leur construction est coûteuse. En effet, on fait appel à un spécialiste pour la fabrication des briques, dont le prix est fixé à 0,5 K pièce. En outre, il faut retribuer ceux qui aident les membres de la famille à ériger la maison. Pour une case en pisé par contre, les matériaux s'acquièrent gratuitement et la construction peut se faire plus facilement sans aide extérieure. Comme les réfugiés n'avaient pas les moyens de s'offrir une maison en briques, ni l'intention de rester, ils ont adopté les cases en pisé. Toutefois depuis très peu de temps, certains Angolais commencent aussi à construire « en dur » (mais en briques non cuites), car ils croient ne plus pouvoir retourner dans leur pays. Leur établissement devient donc définitif.

L'immigration des réfugiés angolais n'a pas seulement provoqué le développement et l'extension des villages existants, mais aussi la création de nouveaux établissements. Les nouveaux villages occupent des sites de plateau semblables à ceux des villages

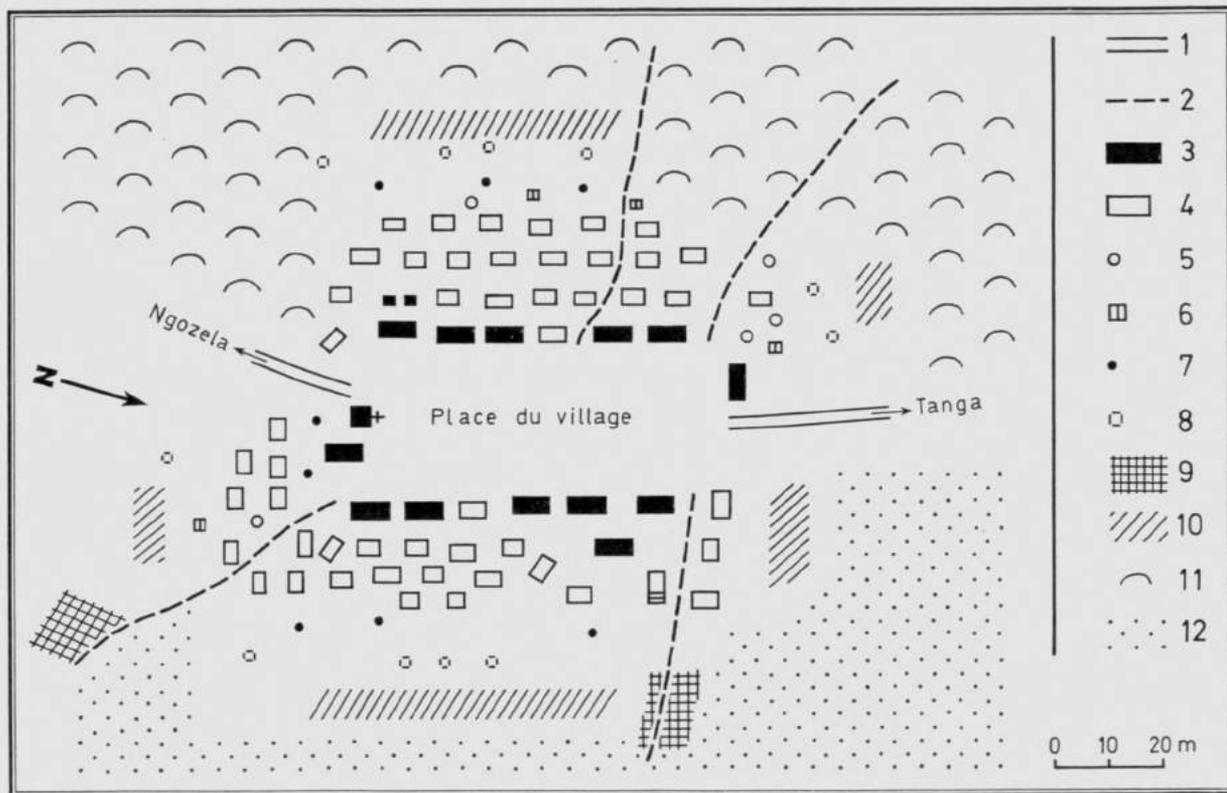


Fig. 2. — Plan schématique d'un village (Mongo)

1 = piste carrossable
 2 = sentier
 3 = maison en briques
 4 = case en pisé

7 = arbre fruitier
 8 = toilette
 9 = séchoirs à manioc
 10 = déchets végétaux
 11 = champs de manioc

existants. Ils s'organisent de la même façon. Le plan est identique: place centrale entourée des habitations, parfois disposées en plusieurs cercles concentriques, y font suite les greniers à arachides, les poulaillers, les porcheries, les toilettes, quelques arbres fruitiers et les séchoirs à manioc; au-delà commencent les champs, la savane ou la forêt. Ces similitudes des villages des réfugiés et de ceux des Congolais ne sont pas étonnantes, vu le caractère artificiel de la frontière angolaise dans le Bas-Congo, qui traverse le territoire d'une même ethnie. En effet, cette frontière, fixée sous le régime colonial par la Convention de Berlin en 1885, suit le parallèle de Nioki entre le fleuve Congo, qui forme la frontière à l'Ouest, et la rivière Kwango [11, 12].

Le nouvel établissement se trouve généralement à peu de distance du village congolais, qui lui a cédé une partie de ses terres. Souvent il porte le même nom, suivi d'un numéro pour permettre la distinction. Citons deux exemples typiques dans le groupement de Bemba: le nouveau village de Tanga, établi sur les terres de celui de Mongo; Sadi II, « dédoublement » de Sadi I. Bien qu'il y ait dans le groupement de Bemba des exemples d'établissements nouveaux, l'immigration des Angolais s'est surtout manifestée ici par l'extension des villages existants. Le long de la route Kimpese-Bemba d'une longueur de 63 km, nous avons noté trois nouveaux villages d'une vingtaine de cases chacun.

Au nord de Matadi, la part des créations nouvelles est beaucoup plus grande. En effet, nous avons comparé les établissements qui se trouvent actuellement le long de la route Matadi-Inga à la situation de 1959 (20). Nous constatons la création de neuf villages importants. L'habitat est caractérisé ici par des villages-rue, qui s'étendent parfois sur plus d'un kilomètre.

C. Accroissement de la superficie cultivée

La presque totalité des Angolais étant agriculteurs (quelques-uns exercent un autre métier au village, par exemple tailleur, menuisier, etc.), la superficie cultivée s'est considérablement

(20) Recensement de 1959. Carte de localisation des villages au 1/200 000 et liste des villages du Territoire de Seke-Banza. Documents aimablement mis à notre disposition par la Section de Géographie du CEMUBAC.

agrandie à la suite de cette immigration. L'augmentation de la production agricole, qui en résulte, a contribué à faire face à la demande accrue de vivres de Kinshasa. Dans la première partie (voir I,A,1), nous avons attiré l'attention sur les dangers qu'amène l'extension de la superficie cultivée dans le cadre des méthodes traditionnelles de l'agriculture itinérante sur brûlis.

Examinons les modalités d'exploitation par les réfugiés. Chez les Kongo, la propriété foncière est clanique et inaliénable. Les membres du clan principal (21) acquièrent automatiquement le droit de co-possession sur les terres de son domaine. Les étrangers (c'est-à-dire ceux qui n'appartiennent pas au clan) peuvent obtenir un droit de culture avec l'autorisation du chef de la terre et moyennant une redevance [15, 16]. L'emplacement des champs à utiliser, de même que le genre de cultures à pratiquer — soit généralement les produits vivriers, tels que manioc et arachides, formant la base de l'alimentation indigène — sont désignés par le chef de la terre. Dans la région envisagée, la redevance est égale à la moitié de la récolte pour le manioc, les courges et les arachides (pour cette dernière culture un sac supplémentaire est accordé au cultivateur); les semences sont fournies par le propriétaire. Il n'est pas permis aux immigrants (sauf autorisation spéciale) de planter des arbres fruitiers, car ceux-ci donnent lieu à un titre de propriété (excepté les manguiers, plantes d'ananas, qui sont communs). Les Angolais étrangers au clan sont donc en quelque sorte contraints à pratiquer une agriculture purement traditionnelle. Chez les Congolais par contre nous avons constaté (voir I,A,3) une tendance à l'introduction de cultures orientées davantage vers la commercialisation (par exemple, agrumes, café, etc.). Jusqu'à présent, cette nouvelle orientation de l'agriculture est donc l'apanage exclusif des Congolais.

D. *Incidence sur la maladie du sommeil*

L'arrivée des réfugiés a probablement joué un rôle important dans la reprise si considérable de la maladie du sommeil dans

(21) Il existe généralement plusieurs clans dans chaque village: le clan principal étant possesseur des terres, le clan secondaire bénéficiant d'un droit d'usage [7].

le Bas-Congo. En effet, cette immigration coïncide avec l'extension de la maladie depuis 1960 (22). Certes, la désorganisation médicale suite à l'indépendance du Congo y a aussi sa part. Mais si nous analysons la répartition par village des nouveaux cas de trypanosomiase, nous constatons que la population angolaise est atteinte davantage. Dans le groupement de Bemba, en 1966 (23), 91 % des nouveaux cas furent trouvés parmi les Angolais. Cette proportion atteint 100 % à Moerbeke, 92 % dans le groupement de Kimpese et 79 % dans le groupement de Songa. Il est caractéristique que la zone du Bas-Congo, où la maladie du sommeil est la plus répandue, se situe près de la frontière. Les groupements de Bemba (où l'indice de contagiosité nouvelle des villages varie de 5 à 9 %), de Songa et de Gombe-Sud sont les plus atteints. Les récents mouvements de population ont contribué à répandre la trypanosomiase. Jusqu'en 1965, la zone hyperendémique se situait entre la frontière angolaise et la route Kinshasa-Matadi. Depuis, elle s'est étendue au nord de Kimpese (au plateau du Bangu) et en direction de Thysville (un foyer important, celui de Tingwa-Kibentele, s'est déclaré près de Moerbeke) (24).

Dans le Bas-Congo, la trypanosomiase se contracte près des cours d'eau, dans les galeries forestières, terrain de chasse des glossines vecteurs. Or, une grande partie de la vie coutumière se déroule près des rivières, qui sont les seules sources d'eau. Rouissage du manioc, puisement de l'eau, bain, lessive, vaisselle, pêche, jeu des enfants, etc., se pratiquent aux points d'eau. Pour combattre efficacement la maladie du sommeil, il faut soit procéder à l'éradication des mouches (par « clearing », c'est-à-dire en faisant disparaître totalement ou partiellement la végétation des vallées; par des moyens chimiques, etc.), soit limiter les contacts entre l'homme et le cours d'eau, par exemple en installant des puits au village.

(22) En 1967, il y a plus de trypanosés en traitement parmi 4 % de la population qu'il n'y eut parmi 70 % en 1958.

L'indice de contamination nouvelle en 1967 (soit 1,2 %) égale celui de 1930. Source: Communication personnelle du Prof. Dr P.-G. JANSSENS.

(23) Données fournies par le Chef du Cercle médical de Kimpese.

(24) Rapport préliminaire sur l'action des unités mobiles de lutte contre la trypanosomiase au Congo Léo. Rapport final de la VI^e conférence technique de l'OCCGE, 1966, vol 2, p. 375. Dr J. BURKE (FOMETRO).

Conclusion

La géographie humaine actuelle de cette zone frontière du Bas-Congo ne se comprend plus si l'on ne prend en considération l'immigration des réfugiés angolais. Ce mouvement a eu, en effet, des répercussions géographiques considérables: forte augmentation de la population, développement des villages existants et création de nouveaux établissements, accroissement de la superficie agricole vouée aux cultures vivrières traditionnelles, extension de la trypanosomiase.

Certes, nous ignorons si l'installation des réfugiés angolais est définitive, mais il y a des arguments qui nous incitent à supposer qu'elle le deviendra. La marque que cette immigration a imposée au paysage pourrait donc être permanente.

CONCLUSION GENERALE

Nous avons étudié quelques modifications récentes de la géographie humaine survenues dans une région frontière du Bas-Congo. Suite à l'expansion démographique extraordinaire de la ville de Kinshasa, l'agriculture du Bas-Congo s'est développée pour répondre à la demande accrue de produits vivriers. Ce mouvement s'accompagne d'un raccourcissement dangereux des jachères, de l'extension de la zone qui participe à cet approvisionnement, d'une diversification de l'agriculture, d'une augmentation du revenu agricole.

L'immigration des Angolais fut numériquement si importante dans la région frontière que les réfugiés y constituent actuellement la majorité de la population. Il en résulte une forte augmentation de la densité de la population rurale, une extension considérable de l'habitat, un accroissement important de la superficie cultivée.

Ces deux exemples illustrent les changements profonds, qui se sont produits dans la géographie humaine d'un pays nouvellement indépendant. Les phénomènes récents (extension de Kinshasa et immigration des réfugiés), qui en sont la cause, convergent vers un danger commun: la précarité de l'équilibre agricole. Y remédier suppose une réorganisation, une adaptation des struc-

tures, un perfectionnement technique, qui exigeront un temps probablement encore assez long.

4 mars 1969.

Laboratorium voor Aardrijkskunde
Rijksuniversitair Centrum Antwerpen.

LISTE DES PUBLICATIONS CITÉES

- [1] *Bulletin mensuel des statistiques générales du Congo belge et du Ruanda-Urundi* (1958, 4e a, n° 2).
- [2] *Bulletin mensuel des statistiques générales du Congo belge et du Ruanda-Urundi* (1960, 5e a., n° 2) (Etude économique du Bas-Congo).
- [3] CAHEN, L. et LEPERSONNE, J.: Notes sur la géomorphologie du Congo occidental (*Ann. Mus. Congo belge*, 1948, Sc. géolog., I, 95 p.).
- [4] Carte géologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi au 1/50 000. Feuille Thysville. Planchettes S 6/14 SW2 et S 6/14 SW4 (CAHEN, L. et LEPERSONNE, J., Institut géographique militaire, 1958).
- [5] DENISOFF, I. & DEVRED, R.: Notice explicative de la carte des sols et de la végétation du Congo belge et du Ruanda-Urundi: 2. Mvuazi (Bas-Congo) A et B. (INEAC, Bruxelles, 1954, 40 p.).
- [6] DE SMET, R.-E.: Cartes de la densité et de la localisation de la population de l'ancienne province de Léopoldville (République Démocratique du Congo) (CEMUBAC, Bruxelles, 1966).
- [7] DRACHOUSOFF, V.: Essai sur l'agriculture indigène au Bas-Congo (*Bull. agric. du Congo belge*, 1947, vol. XXXVIII, n° 3, p. 471-582 et n° 4, p. 783-880).
- [8] DRACHOUSOFF, V. et PRADE J.: Une expérience de développement rural accéléré en région tropicale. Monographie et analyse d'une réalisation agricole dans la zone de Thysville (République du Congo) de 1948 à 1960. CEE, Fonds Européen de Développement, Groupe d'Economie rurale (AGRER, Bruxelles, 1963).
- [9] GOUROU, P.: La densité de la population rurale au Congo belge (CEMUBAC XIV, Mém. Acad. roy. Sc. colon., Bruxelles, 1955, NS, TI, Fasc. 2, 168 p.).
- [10] INEAC: Normes de main-d'œuvre pour les travaux agricoles au Congo belge (Bruxelles, Publicat. de l'Inst. nat. pour l'étude agronom. du Congo belge, 1958, hors série, 204 p.).
- [11] JENTGEN P.: Les frontières du Congo belge (Bruxelles, Mém. Acad. Sc. col., Section Sc. mor. & pol., 1952, T. XXV, 118 p.).
- [12] —: Notice de la carte des frontières du Congo belge (Atlas général du Congo, Institut royal colonial belge, Bruxelles, 1953).

- [13] JURION, F. et HENRY, J.: De l'agriculture itinérante à l'agriculture intensifiée (Bruxelles, INEAC, 1967, 498 p.; p. 49).
- [14] LERUTH, A.: Régime foncier coutumier indigène (*Bull. agric. du Congo belge*, 1956, vol. XLVII, n^o, p. 533-544).
- [15] MALENGREAU, G.: Le régime foncier dans la société indigène. Le Bas-Congo (*Congo, Revue génér. de la colonie belge*, Bruxelles, 1939, T II, n^o 1, p. 1-36).
- [16] — : Les droits fonciers coutumiers chez les indigènes du Congo belge. Essais d'interprétation juridique (Inst. rol. colon. belge, Sc. mor. & pol., 1947, T. XV, fasc. 2, 260 p.).
- [17] N'DONGALA, E.: Mutations structurelles de l'économie traditionnelle dans le Bas-Congo sous l'impact de la colonisation et de la décolonisation (*Cahiers économiques et sociaux de l'IRES*, 1966 Vol. IV, n^o 1, p. 3-33).
- [18] NICOLAÏ, H.: Luozi. Géographie régionale d'un pays du Bas-Congo (CEMUBAC, LVII, Académie roy. Sc. Outre-Mer, Cl. Sc. natur. & médic., T. XII, fasc. 5, NS, 1961. 95 p., p. 40).
- [19] OTRACO 1935-1965, Léopoldville, Office d'exploitation des Transports au Congo, 1965, 4^o, 87 p.
- [20] OTRACO, Rapports annuels.
- [21] Prospection systématique des sols à l'ouest de la rivière Kwango (CEE, Fonds européen de développement. Association CONE-CONGO-SOCINGO Minist. agric., Gouv. central, Répub. démocr. Congo, oct. 1964, 242 p.).
- [22] Rapport du Ministère de l'Agriculture de la Province du Kongo central (1963).
- [23] RYELANDT B.: Inflation et structure des prix en période de décolonisation (*Cahiers économiques et sociaux de l'IRES*, 1965, Vol. III, n^o 1, p. 3-49).
- [24] SORET, M.: La propriété foncière chez les Kongo du Nord-Ouest. Chap. XIII, p. 281-296 (Dans: BIEBUYCK D.: *African agrarian systems*, 1963).

P. De Paepe & G. Stoops.* — Some trace elements in basaltic rocks from the Galápagos Islands**

(Introduced by M. M.-E. Denaeyer)

RESUME

Plusieurs éléments-trace ont été dosés par fluorescence aux rayons X dans différentes roches des Iles Galápagos. Les roches étudiées proviennent des îles Baltra, Bartolomé, Darwin, Española, Genovesa, Isabela, Rábida, San Salvador, Santa Cruz et Santa María. Il s'agit de treize basaltes à olivine (presque toujours du type alcalin) et de six tufs ou hyaloclastites.

Des résultats semi-quantitatifs ont été obtenus pour tous les échantillons en ce qui concerne Ni, Cu, Zn, Sr et Zr, tandis que d'autres éléments comme Y, Nb, Ba, I et Ce n'étaient présents que dans quelques échantillons en quantités suffisantes pour être déterminés. Les données pour Ni, Cu, Zn, Sr et Zr sont discutées et interprétées en tenant compte de la composition minéralogique et de la provenance des différents échantillons. Finalement, les résultats sont comparés avec les teneurs en éléments-trace de basaltes du même type provenant d'autres archipels de la partie centrale et orientale du Pacifique.

SAMENVATTING

Negentien gesteentemonsters, afkomstig van verschillende eilanden van de Galápagos-archipel, werden door middel van X-stralen fluorescentie op enkele sporenelementen onderzocht. Onder deze monsters bevinden zich dertien lava's (meestal alkaliolivijnbazalten) en zes tuffen of hyaloclastieten.

Ni, Cu, Zn, Sr en Zr werden semi-kwantitatief bepaald in alle gesteenten. Vijf andere elementen, nl. Y, Nb, I, Ba en Ce, kwamen slechts in enkele monsters in voldoende hoge concentratie voor om bepaald te kunnen worden.

* P. DE PAEPE, Dr. Sc. - G. STOOPS, Dr. Sc. - Geological Institute, State University of Ghent.

** Charles Darwin Foundation for the Galápagos Islands, contribution n° 104.

De resultaten voor Ni, Cu, Zn, Sr en Zr worden afzonderlijk besproken. De gevonden waarden worden daarbij zoveel mogelijk geïnterpreteerd rekening houdend met de modale samenstelling en de herkomst van het gesteente. De resultaten worden vergeleken met enkele literatuurgegevens in verband met soortgelijke gesteenten van andere eilandengroepen uit het Centraal en Oostelijk deel van de Stille Oceaan.

Introduction

Part of the rocks discussed in the present paper were collected by the authors during the Belgian Scientific Mission 1962 to the Galápagos Islands (June-September 1962). The samples from Baltra, Darwin, Genovesa, Isabela and Rábida (*fig. 1*) were gathered by M. CASTRO, conservation officer at the Charles Darwin Research Station (C.D.R.S.), who joined a German zoological mission to these islands in the winter period 1962/1963. Moreover Dr. A. BROSSET, director at the C.D.R.S., and N. LELLEUP, assistant at the Tervuren Royal Museum of Central Africa (Brussels), provided two rocks from Española and Santa María.

It is the authors' hope that the results of this study may contribute to the knowledge of trace elements in rocks from the Galápagos Archipelago, until now a relatively untouched field of geochemical investigation.

Method

The semi-quantitative trace element determination was carried out by X-ray fluorescence, according to the method described by VANCOMPENOLLE (1961).

500 mg of a finely (50-100 mesh) ground rock sample is mixed with a solution of the internal standards and 250 mg of borax. After drying, the mixture is ground again to obtain a good homogeneity and equal particle size distribution. Then the powder is pressed to a flat disk which fits into the fluorescence apparatus.

Recording of the X-ray fluorescence spectra was carried out with a Philips X-ray equipment using a gold anticathode and a LiF analysing crystal.

Calculation is entirely based on the comparison of the fluorescence intensity of the element studied with that of the internal

standards (Cr and Pb). A correction for absorption is calculated in function of the relative intensities of the two internal standards.

As shown in *table I* the sensitivity of the method is different for each element. It also depends upon the presence of other constituents which may influence the fluorescence intensities of the element under investigation, or produce spectra masking the characteristic lines.

TABLE I. — Sensitivity of the method

Element	Sensitivity (ppm)	Remarks
Co	2	Strongly influenced by the K_{β} line of Fe
Ni	4	Present in blank
Cu	4.5	Present in blank
Zn	2	Present in blank
Sr	10	
Y	10	Y K_{α} interfering with Pb $L_{\gamma 1}$ (standard)
Zr	50	Zr K_{α} interfering with Sr K_{β}
Nb	6	Nb K_{α} interfering with Y K_{β}
Mo	20	Mo K_{α} interfering with Zr K_{β} ; absorbed by collimator
I	150	
Ba	100	Ba K_{α} interfering with I K_{β}
Ce, La	200	

Repeated analyses by this method have shown that the reproducibility of the results is good. Errors are estimated to be about 20 to 30 per cent as demonstrated by determinations on samples of known composition. In certain cases the error was even smaller.

Ag, Co, Mo and La were not detected in the rock samples from the Galápagos Islands, what means that their content lies below the detection limit of the method. For Co however we should emphasize that, due to the relative high Fe content of the samples, values corresponding to as much as 20 ppm would not appear on the fluorescence records.

Y, I and Ce were not reported in *tables II-IV* when their values are below the detection limit.

Sample description and results (fig. 1)

a) Lavas from Santa Cruz (Indefatigable I.) (*table II*)

TABLE II. — Trace element content (in ppm) of some lavas from Santa Cruz

	1	2	3	4	5	6	7	Mean
Ni	120	95	59	43	110	170	120	102
Cu	24	28	38	25	8	34	21	25
Zn	35	36	25	29	35	44	40	35
Sr	430	400	240	400	360	420	400	379
Zr	140	180	130	150	220	160	150	161
Nb	o	o	o	o	±30	o	o	nd
Ba	o	o	o	±330	o	x	o	nd

o Value below the limit of detection

x Value equal to the limit of detection

± Error in quantitative estimation probable

nd Not determined

TABLE IIbis. — Average composition of seven olivine basalts from Santa Cruz

		Norm	
SiO ₂	46.88		
Al ₂ O ₃	16.59	Ap	0.67
Fe ₂ O ₃	4.55	Ilm	3.19
FeO	6.60	Or	2.22
MgO	9.56	Ab	26.20
CaO	9.90	An	30.30
Na ₂ O	3.10	Mt	6.50
K ₂ O	0.34	Di	13.71
TiO ₂	1.70	Hy	0.83
P ₂ O ₅	0.25	Ol	16.07
MnO	0.17		

C.I.P.W.-Lacroix values

p	q	r	s	[h	k	l	m]
'III	5	'4	'5	[2	3	'2	2]

Niggli values

si	al	fm	c	alk	ti	mg	k	qz
99.7	20.8	49.7	22.6	6.9	2.68	0.61	0.06	—28.3



Fig. 1. — Map of the Galápagos Archipelago.
Numbers between brackets refer to analysis numbers quoted in the text.

Specimen no. GA 160-2 (anal. 1): vesicular olivine basalt with moderately abundant small phenocrysts of olivine, up to 2 mm across, in a groundmass of plagioclase, olivine, a dark brown mass of clinopyroxene aggregates and iron ore. Central part of a fault scarp, about 1 km north of Puerto Ayora, along the track to Bella Vista.

Specimen no. GA 161 (anal. 2): vesicular olivine basalt with scattered small olivine phenocrysts set in a groundmass of plagioclase, olivine, dark brown sheaf-like clinopyroxene aggregates and iron ore. Same locality as specimen no. GA 160-2.

Specimen no. GA 162 (anal. 3): massive olivine basalt with subophitic to ophitic textured assemblage built of plagioclase, olivine, brown clinopyroxene and iron ore. A few small phenocrysts of plagioclase and of oxidized olivine are conspicuous in the rock. Flow outcropping at the base of the fault scarp described above (see specimen no. GA 160).

Specimen no. GA 170 (anal. 4): massive porphyritic olivine basalt rich in plagioclase phenocrysts, up to 8 mm long, in a subophitic textured groundmass of plagioclase, brown to purplish clinopyroxene, olivine and iron ore. Some small olivine phenocrysts are present. Olivine is often altered to iddingsite. At the base of a fault scarp crossing the track from Puerto Ayora to Playa de los Perros, some hundred m. south of the salina (Puerto Ayora).

Specimen no. GA 190-b (anal. 5): very dense olivine basalt with abundant small phenocrysts of olivine, up to 2 mm across, in a pilotaxitic groundmass of plagioclase, granular clinopyroxene, olivine and iron ore. Augite and plagioclase microphenocrysts are rare. Many olivine phenocrysts carry large inclusions of chrome spinel (picotite). The spinel also may occur separately in the groundmass. Near the summit of the Rambeck Mountain, a cone situated a short distance from the south of Table Mountain.

Specimen no. GA 260 (anal. 6): rather massive olivine basalt with abundant small olivine phenocrysts in an intergranular assemblage of plagioclase, olivine, dark brown to purplish clinopyroxene and iron ore. Flow reaching the sea near the C.D.R.S. (Puerto Ayora).

Specimen no. GA 411 (anal. 7): vesicular olivine basalt rich in olivine microphenocrysts. The groundmass is composed of plagioclase, olivine, a dark nearly opaque mass of clinopyroxene aggregates and iron ore. Top of a flow situated about 1 km east of the C.D.R.S. (Puerto Ayora).

According to their mineralogy and modal composition all analysed lavas from Santa Cruz are normal alkali olivine basalts. Their average chemical composition is given in *table IIbis*. Lava GA 190-b (anal. 5) is probably transitional to hawaiiite.

MCBIRNEY & AOKI (1966) and DE PAEPE (1968) already called the attention to the predominance of alkali olivine basalts on this island.

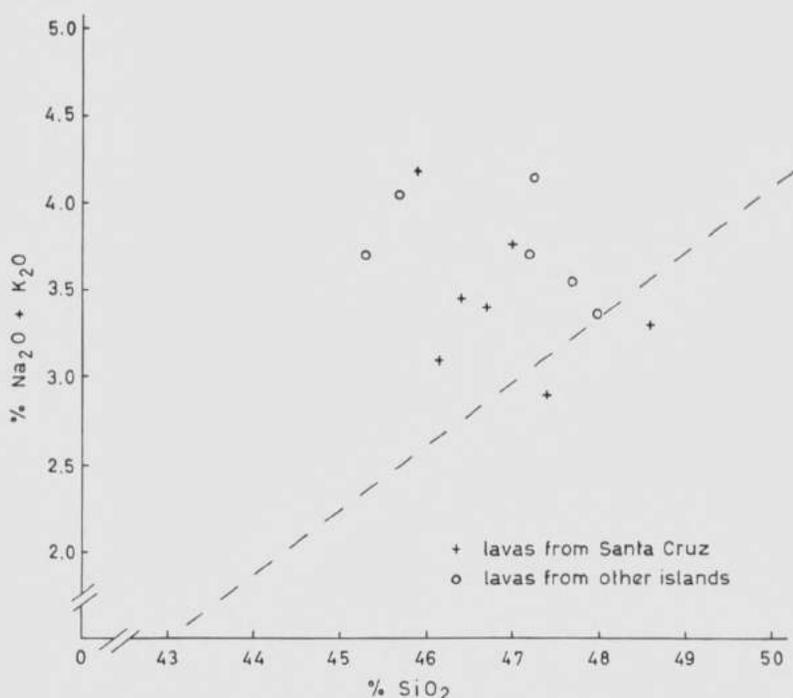


Fig. 2. — Alkali: silica diagram of all the analysed Galápagos lavas. The diagonal dashed line shows the boundary between the tholeiitic field (lower) and the alkalic field (upper) in the Hawaiian region (MacDonald & Katsura, 1964)

An alkali - silica diagram in which are plotted all studied rocks from Santa Cruz is given on *fig. 2*. Only the rock samples GA 162 and GA 170 fall just below the boundary line in this diagram (tholeiitic field).

Chemical analyses of all rocks mentioned in *tables II-IV* will be published in a next paper (DE PAEPE, in preparation).

TABLE III. — Trace element content (in ppm) of some lavas from Baltra, Española, Isabela, Rábida, San Salvador and Santa María *

	8	9	10	11	12	13	Mean
Ni	52	110	28	25	63	160	73
Cu	13	40	61	73	34	40	43
Zn	45	220	100	46	38	28	80
Sr	330	400	430	370	300	360	365
Zr	160	110	250	170	170	50	152
Nb	o	o	o	x	0	o	nd
Ba	330	o	o	x	0	780	nd
Ce	o	o	o	x	±450	o	nd

* For explanation of the symbols see table II.

b) Lavas from other islands (*table III*)

Specimen no. GA 123-2 (anal. 8): dense aphanitic olivine basalt built of plagioclase, olivine, granular clinopyroxene and iron ore. Texture is intergranular, sometimes subophitic. Olivine microphenocrysts are rare. Flow outcropping on the south slope of a volcano located near James Bay, San Salvador (James I.). The volcano was partly destroyed by an historic lava stream.

Specimen no. GA 271 (anal. 9): massive olivine basalt with abundant small phenocrysts of olivine in an intergranular to subophitic groundmass composed of plagioclase, brown clinopyroxene, olivine and iron ore. Most of the olivine crystals are altered to iddingsite. North coast of Española (Hood I.).

Specimen no. GA 310 (anal. 10): reddish driblet lava fragment containing a few plagioclase phenocrysts, up to 4 mm long, and plagioclase microlites in a glassy groundmass. Augite microphenocrysts are very rare. Northern part of Rábida (Jervis I.).

Specimen no. GA 320b (anal. 11): "aa., lava with scattered phenocrysts of plagioclase, up to 4 mm long, and a few augite microphenocrysts in an intergranular groundmass of plagioclase, clinopyroxene, iron ore and some olivine. Parts of the lava are glomerophorphic (plagioclase and augite). Flow exposed on the south-east slope of volcano Wolf, about 2 miles south of Cabo Marshall, Isabela (Albemarle I.).

Specimen no. GA 360c (anal. 12): massive glomerophorphic olivine basalt with abundant phenocrysts of plagioclase, augite and olivine set in an intergranular groundmass of plagioclase, clinopyroxene, olivine and iron ore. Olivine is often rimmed by iddingsite. Phenocrysts of plagioclase and augite are large (up to 6 mm long) and olivine phenocrysts rather small. North coast of Baltra (South Seymour I.).

Specimen no. GA 430 (anal. 13): highly vesicular olivine basalt rich in oxidized olivine microphenocrysts (up to 3 mm across) in an intergranular groundmass consisting of plagioclase, yellow clinopyroxene,

iron ore and some olivine. A cave on the shoreline near Post Office Bay, Santa María (Charles I.) (DE PAEPE, 1967).

The lavas from Baltra, Española, Isabela, Rábida, San Salvador and Santa María fall above the boundary line in the alkali-silica diagram of *fig. 2* and belong consequently to an alkalic suite. Most of the rocks have a mineralogical and modal composition characterizing alkali olivine basalts. The olivine basalt from San Salvador may be considered as transitional to hawaiiite.

MCBIRNEY & AOKI (1966) mention the presence of both tholeiites and alkaline basalts on Isabela. Alkaline basalts predominate mostly on Baltra, Española, Rábida, San Salvador and Santa María (MCBIRNEY & AOKI, *op. cit.*) (DE PAEPE, 1968).

c) Other rocks (mainly tuffs and hyaloclastites) from Bartolomé, Darwin and Genovesa (*table IV*)

TABLE IV. — Trace element content (in ppm) of some tuffs and hyaloclastites from Bartolomé, Darwin and Genovesa *

	14	15	16	17	18	19	Mean
Ni	130	99	26	65	11	65	66
Cu	58	67	51	52	16	17	43
Zn	39	35	78	73	160	48	72
Sr	150	200	120	170	260	440	223
Y	o	o	36	x	o	o	nd
Zr	67	73	160	82	110	140	105
I	o	o	o	o	o	±150	nd
Ba	o	o	o	±370	o	o	nd

* For explanation of the symbols see table II.

Specimen no. GA 92 (anal. 14): coarse ash consisting chiefly of more or less vesicular basaltic glass fragments. The sideromelane often includes crystals and crystal fragments of olivine, plagioclase, chrome spinel and magnetite. Occasionally the glass may be altered to palagonite. The average refractive index of the sideromelane is 1.596. South-west slope of the main cone of Bartolomé (Bartholomew I.), 200 m from the summit.

Specimen no. GA 102-2a (anal. 15): poorly cemented and unstratified rock mainly built of vesicular sideromelane shards of variable grain size. Although the glass fragments are generally smaller than 3 mm across, vitreous lapilli are abundant in some parts of the hand specimen. A few olivine, plagioclase and chrome spinel crystals are present. The glass has an average refractive index of about 1.598. At the base of a steep cliff in the western part of Bartolomé.

Specimen no. GA 302 (anal. 16): massive, finely bedded rock consisting of fresh glass fragments of grain sizes from 2 mm down to dust. Olivine, plagioclase and iron ore are conspicuous in the rock. The refractive index of the sideromelane ranges between 1.602 and 1.606. Along the north coast of Darwin (Culpepper I.), 45 m above sea-level.

Specimen no. GA 303c (anal. 17): compact rock without any stratification and microscopically very similar to specimen no. GA 302. Palagonitisation is restricted to the finest particles. Same locality as specimen no. GA 302, 6 m above sea-level.

Specimen no. GA 304 (anal. 18): massive, poorly stratified rock composed of glass fragments, up to 3 mm across, in a groundmass of dust and clay aggregates. Palagonitisation of the dust is general. Crystals and crystal fragments of olivine, plagioclase, magnetite and augite are conspicuous in the rock. Same locality as specimen no. GA 302, 60 m above sea-level.

Specimen no. GA 350c (anal. 19): massive rock without any bedding, built of glass fragments, up to 4 mm across and rarely smaller than 0.05 mm, in a base of zeolites, carbonates and chlorites. Small fragments are entirely altered to palagonite while larger ones still may show a core of unaltered sideromelane. The average refractive index of the glass is about 1.601. Near the central caldera of Genovesa (Tower I.), 60 m above sea-level.

Discussion and conclusions

As sufficient quantitative data for other trace elements are lacking, only the results concerning Ni, Cu, Zn, Sr and Zr will be discussed here. Data for palagonitised rocks (*table IV*, anal. 17-19) are not taken into account as they are not comparable with those of other rock samples. Concentrations of some elements may have been affected by the process of palagonitisation with respect to the original composition of the unaltered sideromelane (NAYADU, 1965).

Nickel

The available data for Galápagos rocks show an important variation for Ni. A relationship between the olivine and the Ni content of the rocks is obvious. With exception of lavas GA 162 and GA 170, all analysed basalts from Santa Cruz, Española and Santa María contain more than 90 ppm Ni. On average they have 18 to 22 per cent of modal olivine. On the other hand, "aa., lava GA 320 from Isabela e.g. contains less than

5 per cent olivine in the mode and has a very low value for Ni (25 ppm). Finally the low concentration of Ni in the rock from Darwin (*table IV*) is also worth mentioning.

In *table V*, the average Ni value for Galápagos lavas is compared with the average Ni content of some alkali olivine basalts and tholeiitic olivine basalts from Mauna Kea, Kohala, Kilauea and Mauna Loa on the island Hawaii. Data for some Polynesian alkali basalts are also given in *table VI*.

ENGEL *et al.* (1965) mention 97 ppm Ni as average value for oceanic tholeiitic basalts and 51 ppm Ni for alkali basalts from seamounts and islands. The average value given by PRINZ (1967) is 85 ppm for tholeiites and 101 ppm for alkali basalts.

Copper

Whereas the average Ni content of the basalts from Santa Cruz is considerably higher than the mean calculated for all other Galápagos lavas, the present data seem to indicate the reverse for Cu. Alkali olivine basalts which are transitional to hawaiiite show the lowest values. It is significant that the "aa," lava from Isabela, characterized by a very low nickel content, contains the highest amount of Cu of all analysed rocks. The concentration of this element in the unaltered tuffs from Bartolomé and Darwin is also appreciably higher than in all Santa Cruz basalts.

Compared with the data given by PRINZ (1967) the mean value of Cu for all Galápagos lavas is low (32 ppm Cu). PRINZ notes as averages 127 ppm Cu for tholeiites and 108 ppm Cu for alkali basalts. The average Cu content of the oceanic tholeiitic basalts investigated by ENGEL *et al.* (1965) was 77 ppm, whereas only 33 ppm occurred in the alkali basalts.

Strontium

Although there seems to be a difference in Ni and Cu content between the basalts from Santa Cruz and those from other islands of the archipelago, this is not the case for Sr. However, a significant difference was found between the mean Sr value of the tuffs (Bartolomé and Darwin) and the lavas. A covariance of Sr and Ca could not be established.

TABLE V. — Average Zr, Ni, Sr and Ba content of Galápagos basalts compared with some Hawaiian lavas

	Number of analyses	Average SiO ₂ (%)	Average Al ₂ O ₃ (%)	Average Zr (ppm)	Average Ni (ppm)	Average Sr (ppm)	Average Ba (ppm)
Galápagos alkali olivine basalts	12*	46.97	15.98	149	94	368	nd
Hawaiian alkali olivine basalts**	3	48.15	15.55	250	75	1000	391
Hawaiian tholeiitic olivine basalts**	6	51.11	13.02	154	246	421	85

* Including all rocks mentioned in table II and table III, with exception of driblet lava GA 310.

** Data from MACDONALD (1949) and NOCKOLDS & ALLEN (1954, 1956).

nd Not determined as most of the analysed lavas have values below the detection limit (100 ppm in optimal conditions).

TABLE VI. — Average Zr, Ni, Sr and Ba content of Galápagos basalts compared with some Polynesian alkali basalts*

	Number of analyses	Average SiO ₂ (%)	Average Al ₂ O ₃ (%)	Average Zr (ppm)	Average Ni (ppm)	Average Sr (ppm)	Average Ba (ppm)
Galápagos alkali olivine basalts	12	46.97	15.98	149	94	368	nd
Gambier and Marquesas basalts (basalt-trachyte series)	3	44.81	13.53	150	380	550	200
Marquesas basalts (basalt-phonolite series)	2	45.67	14.53	230	220	1400	700
Easter Island basalts (basalt-rhyolite series)	3	48.01	14.16	300	40**	400	133

* With exception of Galápagos rocks, data are taken from LACROIX (1927, 1928, 1931 and 1936) *in* CHAO & FLEISCHER (1960) and from NOCKOLDS & ALLEN (1954).

** Value of one rock being below the limit of sensitivity, average of two analyses only.

nd Not determined as most of the analysed rocks have values below the detection limit (100 ppm in optimal conditions).

The average value of Sr for all Galápagos lavas is given in *table V*. This value differs largely from the mean calculated for the alkali olivine basalts from Hawaii and for most of the Polynesian a'kali basalts. There is also no agreement with the average Sr values published by ENGEL *et al.* (1965) and PRINZ (1967) for alkali basalts.

However, it is remarkable that the mean of Sr for all Galápagos basalts is approximately the same as the mean for the Hawaiian tholeiitic olivine basalts. According to PRINZ (1967) the mean value for tholeiites is 450 ppm while 130 ppm is given by ENGEL *et al.* (1965) for the oceanic tholeiitic basalts.

Zirconium

Although present data show a great variation in Zr content for all analysed rocks there is no evidence for any regional distribution. The average Zr content of the Galápagos basalts is low as compared with Hawaiian alkali olivine basalts (*table V*).

The abundance of Zr in some alkali basalts from the Gambier Islands, from the Marquesas Islands and from Easter Island is summarized in *table VI*.

Previous studies of CHAO & FLEISCHER (1961) suggest that there is a strong evidence that the Zr content of basaltic rocks varies with geographic region. This statement was confirmed by the recent work done by PRINZ (1967).

The estimates of Zr in basaltic rocks published by PRINZ include 108 ppm for tholeiites and 138 ppm for alkali basalts. ENGEL *et al.* (1965) found a mean of 95 ppm for the oceanic tholeiitic basalts and 333 ppm for the alkali basalts from sea-mounts and islands.

Zinc

The Zn content of most of the Galápagos basalts is rather constant. However the amount of Zn in two lavas from Española and Rábida is surprisingly high when compared with rocks from the other islands of the archipelago. A satisfactory explanation for this phenomenon cannot be given.

Data for Zn in other basaltic rocks are not generally available. Y. MORITA (1955) mentions an average value of 105 ppm Zn for 17 basaltic rocks from Japan.

Other elements

Only a few samples contain detectable amounts of other trace elements such as Ba, La, Nb, Y, etc. Although for other samples the concentration of these elements may lie above the sensitivity limit (*table I*) it is not always possible to detect them due to interference by other trace elements. This is particularly true for Co (*see method*).

It is worth mentioning that the Ba content of most Galápagos lavas is equal or lower than the detection limit. ENGEL *et al.* (1965) gave 14 ppm as the mean Ba value for oceanic tholeiitic basalts and 498 ppm for the alkali basalts. According to PRINZ (1967) 244 ppm can be considered as the average Ba content of tholeiites and 444 ppm for alkali basalts.

In a former paper (LARUELLE & STOOPS, 1967) trace element distribution in the soils of Santa Cruz was discussed. Analyses were carried out using the same method (VANCOMPERNOLLE, 1961).

Comparing the values found for soils and those for the rock samples, some information on the behaviour of different trace elements during weathering and pedogenesis may be obtained. As a general trend an important increase of the Cu, Zn, Zr, Ba, Nb and Y content due to soil formation was noted. The increase in Ni content is less pronounced. Sr however shows an important decrease.

It may be deduced that the increase for the first mentioned elements is a relative one, due to the leaching of the more soluble elements, Sr included.

Acknowledgments

We are indebted to those persons who supplied us with some rock samples: Dr. A. BROSSET, M. CASTRO and N. LELEUP. Analytical work was carried out by the authors at the Department for Geology and Mineralogy of the Faculty of Sciences of the

University of Clermont-Ferrand (Director Prof. Dr. P. LAPADU-HARGUES) and at the Laboratory of Pedology of the Lovanium University of Kinshasa (Director Prof. Dr. G. VANCOMPERNOLLE). Some chemical analyses were also done at the C.R.P.G., Nancy-Vandœuvre.

REFERENCES

- CHAO, E. & FLEISCHER, M.: Abundance of zirconium in igneous rocks (*Rep. 21st Intern. Geol. Congress*, 1960, pt 1, 106-131).
- DE PAEPE, P.: Cavity filling in rocks from lava tunnels on the Galápagos Islands (*Noticias de Galápagos*, 1967, 5/6, 19-20).
- : Pétrographie et pétrologie de quelques îles situées dans la partie centrale de l'Archipiélago de Colón (Iles Galápagos) (*Abs. Intern. Symp. Volcanology*, 1968, Spain, Canary Islands).
- ENGEL, A.-E., ENGEL, C.-G. & HAVENS, R.-G.: Chemical characteristics of oceanic basalts and the upper mantle (*Bull. Geol. Soc. Amer.*, 1965, 76, 719-734).
- LACROIX, A.: La constitution lithologique des îles volcaniques de la Polynésie australe (*Mém. Acad. Sci. Paris*, 1927, 59, 1-82).
- : Nouvelles observations sur les laves des îles Marquises et de l'île Tubuai (Polynésie australe) (*C.R. Acad. Sci. Paris*, 1928, 187, 365-369).
- : Les phonolites néphéliniques et leucitiques de l'île Ua-Pou (Archipel des Marquises) (*C.R. Acad. Sci. Paris*, 1931, 192, 1 161-1 166).
- : Composition chimique des laves de l'île de Pâques (*C.R. Acad. Sci. Paris*, 1936, 202, 601-605).
- LARUELLE, J. & STOOPS, G.: Minor elements in Galápagos soils (*Pedologie*, Gand, 1967, 17, 232-258).
- MACDONALD, G.-A.: Petrography of the island of Hawaii (*Prof. Pap. U.S. Geol. Surv.*, 1949, 214-D, 51-96).
- & KATSURA, T.: Chemical composition of Hawaiian lavas (*J. Petrol.*, 1964, 5, 82-133).
- MCBIRNEY, A.-R. & AOKI, K.: Petrology of the Galápagos Islands (*Proc. Symp. Galápagos Intern. Sci. Proj.*, 1966, 71-77. In: *The Galápagos* (ed. BOWMAN, R.) Univ. Calif.).
- MORITA, Y.: Distribution of copper and zinc in various phases of earth materials (*Nagoya Univ. J. Earth Sci.*, 1955, 3, 33-57).
- NAYADU, Y.-R.: Petrologic and chemical studies of palagonites and manganese incrustations from the Atlantic and Pacific Oceans (*Abs. Intern. Symp. Volcanology*, 1965, p. 123, New Zealand).

- NOCKOLDS, S.-R. & ALLEN, R.: The geochemistry of some igneous rock series. Part II: Alkali igneous rock series (*Geochim. et Cosmochim. Acta*, 1954, 5, 245-285).
- & — : The geochemistry of some igneous rock series. Part III: Tholeiitic igneous rock series (*Geochim. et Cosmochim. Acta*, 9, 1956, 34-77).
- PRINZ.: Geochemistry of basaltic rocks: Trace elements. In: *Basalts: The Poldervaart treatise on rocks of basaltic composition* (ed. HESS, H.H. & POLDERVAART, A.), 1967, 1, 271-323. (Interscience Publ.).
- VANCOMPERNOLLE, G.; Analyse quantitative des éléments mineurs dans le sol par fluorescence aux rayons-X (*Petrologie*, Gand, 1961, 11, 277-287).

J. Mortelmans. — De Belgische diergeneeskunde Overzee in verleden en toekomst

RESUME

Les premiers vétérinaires belges arrivèrent au Congo au début de ce siècle. Le cheptel ne comprenait que quelques milliers de têtes mais la tâche vétérinaire fut importante: maladie du sommeil, charbon bactérien, peste bovine.

Le cheptel s'agrandissait progressivement après la première guerre mondiale; le nombre de vétérinaires augmentait également. Le Ruanda-Urundi attirait plus spécialement l'attention.

La lutte contre les grandes épizooties et l'amélioration du bétail constituèrent les tâches principales des services vétérinaires.

Le nombre de vétérinaires augmentait encore après la seconde guerre mondiale. Les élevages porcin et avicole attiraient l'attention. Le problème des zoonoses fut posé. L'inspection de viandes et de produits laitiers fut organisé. Des laboratoires vétérinaires furent créés.

En 1960 il y avait environ 120 vétérinaires au Congo, Ruanda et Urundi. Lorsque ces pays accédèrent à l'indépendance pratiquement tous les vétérinaires rentrèrent en Europe.

SAMENVATTING

De eerste Belgische dierenartsen kwamen in Congo aan in 't begin van deze eeuw. Alhoewel de veestapel slechts uit enkele duizenden eenheden was samengesteld, was de opdracht niettemin zeer belangrijk: bestrijden van slaapziekte, miltvuur, runderpest.

Na de eerste wereldoorlog groeide de veestapel gestadig aan en het aantal dierenartsen nam toe. Vooral Ruandi-Urundi met zijn rijke veestapel kreeg de aandacht. Veeziektenbestrijding en grootveeverbetering waren de hoofdtaken van de veterinaire diensten.

Na de tweede wereldoorlog nam het aantal dierenartsen nog toe; men begon belangstelling te tonen voor varkens- en kippenteelt. De zoonosen werden als een probleem erkend; vlees- en melkkeuring werden modern georganiseerd. Laboratoria werden opgericht.

In 1960 waren er ongeveer 120 dierenartsen werkzaam in Congo, Ruanda en Urundi. Bij het onafhankelijk worden van deze landen kwamen deze praktisch allen naar het moederland terug.

De geschiedenis van de Belgische diergeneeskundige activiteit Overzee houdt nauw verband met ons koloniaal verleden in Afrika. De jonge Belgische dierenartsen, meestal gesproten uit het agrarisch milieu, bleken in 't verleden zeer sterk streekgebonden te zijn; uitwijken of werkgelegenheid zoeken Overzee kwam eenvoudig in hun gedachten niet op, hoogstens zochten enkele hun werkterrein in het leger als paardenarts.

Het is uit het korps van de legerdierenartsen dat in 't begin van deze eeuw de eerste zeldzame kandidaten zich aanboden om in de toenmalige Kongo-Vrijstaat de eerste stappen te gaan drukken op het terrein van de diergeneeskunde. Een echte veestapel, die naam waardig, bestond eenvoudig niet; moest hij bestaan hebben hij zou nooit tot ontwikkeling hebben kunnen komen door de verwoestingen aangericht door slaapziekte, runderpest en andere plagen. De taak van deze pioniers was ook zeer ondankebaar: tegelijk moesten ze aan prospectie en planning doen, om ogenblikkelijk daarna vee in te voeren en te beschermen tegen de epizootieën. Niettegenstaande er van een echt georganiseerde diergeneeskundige dienst geen sprake was, kon men kort na de overname van de Vrijstaat door België, toch reeds spreken van soliede kernen van veekwekerijen, opgericht in Katanga en Kasai door invoer van meerdere honderden dieren uit Rhodesië en Zuid-Afrika.

Langzaam aan begon de uitbouw van een diergeneeskundige infrastructuur; in dit kader werd er een veterinair staatslaboratorium opgericht te Zambi aan de monding van de Congo-stroom; de naam van Dr. René VAN SACEGHEM is nauw verbonden met deze pionierstijd en de oprichting van dit laboratorium. In 1912 wordt het staatsproefstation van Katentania opgericht.

Kort na de eerste wereldoorlog was de veestapel in Congo reeds uitgebreid tot enkele duizenden stuks vee; de vleeskeuring in de grote centra kwam op gang; de kip was ontdekt als een potentieel eiwitreservoir voor de plattelandsbevolking; de hond kreeg diergeneeskundige belangstelling als jachtgezel en mogelijke overdrager van rabiësvirus. Rond de grote centra worden kleine hoeven met melkvee opgericht.

Weer kwamen enkele jonge legerdierenartsen het kader aanvullen; ook de privé-sektor deed beroep op jonge afgestudeerde Belgische dierenartsen om naast collega's van andere nationali-

teiten werkzaam te zijn in de steeds meer zich uitbreidende veekwekerijen in Kasai, Katanga en Beneden-Congo. In de grote veekwekerijen werd de meeste aandacht geschonken aan grootveeverbetering, door selectie, door graslandverbetering en door prophylaxis. Het Comité spécial du Katanga, de Forminière en de Société Minière du B.C.K. spelen een belangrijke patronerende rol; ze stichten piloot-hoeven waar soliede veekernen gevormd worden met vee afkomstig uit de reeds bloeiende fokkerijen van Rhodesië. Aan deze naoorlogse pionierstijd is de naam van Dr. François-Xavier CARLIER voorgoed verbonden; hij was het die een ware kweekdoctrine schiep, die nog altijd leidinggevend is op dit ogenblik.

Tussen 1923 en 1930 greep er in Congo een ware explosie plaats op gebied van veekweek; een twintigtal maatschappijen werden opgericht die met elkaar wedijverden in dynamisme. De Belgische dierenarts heeft in deze groeiperiode reuzewerk hoeven te verrichten. Vergeten we niet dat bij de eerste ingevoerde konvooien vee de mortaliteit door slaapziekte soms 35 à 40 % bedroeg.

De crisis van de dertiger jaren was een harde slag voor de veekweek en de diergeneeskunde in Congo. De grote maatschappijen waren afgestemd op het vleesverbruik door de industrie-centra; weldra echter was de vraag kleiner dan het aanbod. De meeste maatschappijen met heel hun uitgebouwd zoötechnisch en diergeneeskundig apparaat gingen teloor; tegen 1938 bleven er praktisch slechts drie in het zadel.

Juist vóór de tweede wereldoorlog kwam er weer kentering; de overlevende maatschappijen herstelden zich, enkele kolonisten die hadden standgehouden plukten nu de vruchten van hun taaie weerstand; men telde ongeveer 120 000 runderen in Europees bezit en 200 000 grote dieren in 't binnenland verspreid, deels in de handen van missies, deels in inlands bezit of bij kleine kolonisten. Aan zwijnen en kippen wordt aandacht geschonken rond de grote centra; geiten en schapen, uitsluitend in inlands milieu gehouden, stellen geen probleem.

De ziekten waarmee de diergeneeskundige diensten hadden af te rekenen waren: trypanosomiasis, anaplasmosis, piroplasmosis, East Coast Fever, tuberculosis, milt- en boutvuur, brucellosis, pasteurellosis, runderpest, rabiës, e.a.

Ruanda-Urundi met zijn rijke veestapel, werd Belgisch mandaatgebied na de eerste wereldoorlog en ogenblikkelijk werd hier ook voor een veterinaire aanwezigheid gezorgd. Het laboratorium van Kisenyi, waar reeds een dierenarts uit het Oost-Afrikaanse Keizerlijke Duits leger werkzaam was geweest, werd ingericht tot een volwaardig diergeneeskundig laboratorium door René VAN SACEGHEM; ogenblikkelijk werd er gestart met diagnose, vaccinproductie en research. De werken van deze collega op gebied van slaapziekte en runderpest worden nu nog geciteerd in de klassieke handboeken.

In 1938 wordt in Astrida (Ruanda) een school voor inlandse veterinaire assistenten opgericht; de afgestudeerden van deze school laten toe een dicht net van veterinaire bezetting op te bouwen; weldra zijn er 10 dierenartsen werkzaam bijgestaan door Europees en inlands hulppersoneel. Ze hadden in te staan voor een klein miljoen runderen en voor ongeveer 1 400 000 stuks klein vee. Dezelfde ziekten als in Congo dienen door de veterinaire diensten onder handen te worden genomen; hierbij voegen zich nog de cysticercosis en de leverbotziekte.

Bij het einde van de tweede wereldoorlog waren er in Congo nog ongeveer 200 000 runderen; in 1960 was dit getal weer gestegen tot 1 miljoen; verder bestond de veestapel in 1960 uit ongeveer 400 000 zwijnen, 700 000 schapen, 1 800 000 geiten zonder de honderdduizenden kippen te vergeten. De jaaropbrengst bedroeg ongeveer 30 000 ton rundsvlees, 12 000 000 liter melk, 500 ton boter, 130 ton kaas.

Ruanda-Urundi, met ongeveer 1 miljoen runderen in 1960, leverde 13 000 ton vlees en 48 000 000 liter melk.

Deze nieuwe opbloei van de veestapel na de tweede wereldoorlog ging gepaard en was in hoge mate te danken aan een gelijklopende uitbouw van een veterinaire infrastructuur; het fameuze tienjarenplan voor de ontwikkeling heeft hier een grote rol gespeeld. Naast enkele buitenlandse dierenartsen kwamen jonge afgestudeerden van de Belgische veeartsenijscholen de kaders aanvullen; in 1960 waren ongeveer 100 Belgische dierenartsen in Congo werkzaam, daarenboven nog een twintigtal in Ruanda-Urundi. Ze waren bijgestaan door ongeveer evenveel hulpdierenartsen en door nog eens zoveel veekweekagenten; deze

laatststen waren praktisch uitsluitend werkzaam bij de grote vee-kweekmaatschappijen.

Dit kader werd vervolledigd door honderden inlanders gevormd op verschillend niveau: de veterinaire inlandse assistenten in de scholen van Astrida, Butembo en Bolombo; de veterinaire verplegers en hulpverplegers in de talrijke staats- en missiescholen.

Door de Staat, de parastatalen en de privé-sektor werden proefstations en laboratoria opgericht. Grote epizootieën deden zich niet meer voor, ze werden voldoende onder controle gehouden door de systematische vaccinaties en het doeltreffend aanwenden van het nieuwe uitgebreide chemotherapeutisch arsenaal dat na de tweede wereldoorlog ter beschikking stond van de veterinaire instanties.

Bij het onafhankelijk worden van Congo en de mandaatgebieden Ruandi-Urundi is de veterinaire dienst van die landen praktisch totaal in elkaar gestort, deels door het brutaal wegvallen van bijna negentig procent van de dierenartsen die praktisch allen naar Europa terugkeerden, deels door het totaal ontbreken van inlandse kaders om de opgevallen plaatsen in te nemen, deels door de totale ontreddeering die het binnenland teisterde waar uiteraard de hoofdactiviteit van de diergeneeskunde zich afspeelde.

De hulp die sinds de katastroof geboden werd door internationale organisaties is tot hiertoe veel te ontoereikend of ondoeltreffend gebleken; slechts langzaam kon het herstel op gang worden gebracht met de eerste inlandse in België gediplomeerde dierenartsen. De laatste jaren werden door België ongeveer een vijftigtal dierenartsen gevormd, meestal Afrikanen. De moderne diergeneeskundige activiteit die nauw samengaat met de economische expansie van een land zal ook in onze ex-Afrikaanse gebieden terug vlot geraken en tot bloei komen zodra deze landen opnieuw een economische vooruitgang zullen kennen.

Het fenomeen van het massaal zich terugtrekken van de dierenartsen in 1960 en 1961, op dat ogenblik praktisch bijna allen Belgen, dient natuurlijk in de eerste plaats gezien te worden in het licht van de moeilijke en pijnlijke omstandigheden van die tijd. Van de andere kant is er een feit dat niet over het hoofd mag gezien worden om het definitief terugkeren naar het moeder-

land uit te leggen: rond de jaren 1960-1962 begonnen de perspectieven voor de dierenarts in de Europese Gemeenschappelijke Markt plots open te bloeien. Van die tijd dateert de definitieve doorbraak van wat we kunnen noemen de industriële uitbating van de veestapel: de kip, het varken, het kalf, worden conversiemachines; de computer dicteert de wet op gebied van voedingsleer, genetica en prophylaxis; de kunstmatige inseminatie bereikt een hoogtepunt. Heel de E.E.G. beleeft trouwens een economische en industriële explosie. Het is niet te verwonderen dat in zulke gunstige constellatie de honderd uit Afrika terugkerende dierenartsen welgekomen waren; meer zelfs, de vraag overtrof het aanbod op dat ogenblik. Uitdrukkelijk werden de nog in Afrika achtergebleven dierenartsen schitterende voorstellen gedaan om ook in België openstaande plaatsen in te nemen.

Ook de jonge pas afgestudeerde Belgische dierenartsen ondergingen deze atmosfeer en gezien de onzekere toekomstmogelijkheden hun Overzee geboden, is het niet te verwonderen dat slechts enkele nieuwe kandidaten zich aangeboden hebben voor betrekkingen Overzee. Op dit ogenblik is de toestand zo dat slechts een tiental Belgische dierenartsen nog Overzee werkzaam zijn, en onder hen zijn er nog steeds enkele van uit de koloniale tijd.

Nochtans kan de Belgische diergeneeskunde en de jonge Belgische dierenarts nog een grote rol spelen Overzee, meer speciaal in de tropische en subtropische ontwikkelingslanden. Bij de oprichting en de uitbouw van nieuwe diergeneeskundige fakulteiten, in laboratoria voor research, diagnose en vaccinproductie, in planningsbureau's en in kaderfuncties van ontwikkelingsprojecten kunnen de jonge Belgische dierenartsen de vaandeldragers worden Overzee van de Belgische diergeneeskunde. Ze dienen zich echter te specialiseren voor het bekleden van topfuncties op één van de menigvuldige terreinen die praktisch braak liggen voor de moderne diergeneeskunde in de ontwikkelingslanden. De ontwikkelingslanden hebben meestal reeds een kern jonge practici gevormd of laten vormen in één of ander geïndustrialiseerd land; ze kunnen meestal reeds aan de grootste en dringende noden verhelpen.

Maar voor de verder doorgedreven specialisaties die de economie vereist van de moderne diergeneeskunde hebben ze nog een

dringende behoefte aan buitenlandse specialisten of aan mensen bekwaam ter plaatse inheemse specialisten te vormen. Ook kunnen de Belgische diergeneeskundige fakulteiten en gespecialiseerde instellingen in de toekomst een belangrijke rol spelen om jonge buitenlandse afgestudeerden specialisatiemogelijkheden te bieden.

Deze moderne en dynamische toekomstmogelijkheden zouden ter kennis en ter overweging dienen gebracht te worden aan de studenten die op dit ogenblik en de volgende jaren de Belgische diergeneeskundige fakulteiten bevolken. De aangroei van het studenten aantal de laatste jaren en de veranderingen ten gunste in de jonge ontwikkelingslanden moeten noodzakelijkerwijze met zich mee brengen dat de belangstelling van de pas afgestudeerde dierenarts terug naar Overzee zal gaan. Op dat ogenblik moeten we echter de jonge kandidaten overtuigen dat de toestand anders is geworden dan tien of twintig jaar geleden; er mag redelijkerwijze worden aangenomen dat nu van hen veel meer zal verwacht worden dan van de toenmalige koloniale dierenarts; hij moet overtuigd worden dat zonder de ene of andere specialisatie hij best niet zijn toekomst waagt Overzee; noch hij zelf, noch de Belgische diergeneeskunde in 't algemeen zouden er mee gediend worden.

26 maart 1969.

CLASSE DES SCIENCES TECHNIQUES



**KLASSE VOOR
TECHNISCHE WETENSCHAPPEN**

Séance du 31 janvier 1969

La séance est ouverte par M. *I. de Magnée*, directeur.

Sont en outre présents: MM. E.-J. Devroey, P. Evrard, P. Geullette, A. Lederer, L. Tison, R. Van Ganse, membres; MM. P. Bartholomé, P. Bourgeois, L. Brison, F. Bultot, L. Calembert, J. Charlier, J. De Cuyper, M. De Roover, L. Jones, J. Lamoën, A. Rollet, associés; MM. G. de Rosenbaum, P. Herrinck, correspondants.

Absents et excusés: MM. F. Campus, R. du Trieu de Terdonck, R. Spronck, R. Vanderlinden, M. Walraet.

Décès de M. Jean van der Straeten

Devant l'assemblée debout, M. *I. de Magnée* rend hommage (p. 394) à la mémoire de M. *Jean Van der Straeten*, décédé à Woluwe-St-Lambert le 28 décembre 1968.

La notice nécrologique destinée à *l'Annuaire* sera rédigée par M. *I. de Magnée*, avec la collaboration de M. P. DUMONT

Communication administrative

Renouvellement de mandats à la Commission administrative: voir p. 148.

La température du sol en région équatoriale africaine

M. *F. Bultot* présente une note de M. G.-L. DUPRIEZ intitulée comme ci-dessus et qui synthétise les observations effectuées au cours de la période 1954-1959 dans les 24 stations des anciens territoires belges d'Afrique centrale.

Zitting van 31 januari 1969

De zitting wordt geopend te 14 h 30 door de H. *I. de Magnée*, directeur.

Zijn bovendien aanwezig: De HH. E.-J. Devroey, P. Evrard, P. Geulette, A. Lederer, L. Tison, R. Van Ganse, leden; de HH. P. Bartholomé, P. Bourgeois, L. Brison, F. Bultot, L. Calembert, J. Charlier, J. De Cuyper, M. De Roover, L. Jones, J. Lamoen, A. Rollet, geassocieerden; de HH. G. de Rosenbaum, P. Herrinck, correspondenten.

Afwezig en verontschuldigd: De HH. F. Campus, R. du Trieu de Terdonck, R. Spronck, R. Vanderlinden, M. Walraet.

Overlijden van de H. Jean van der Straeten

Voor de rechtstaande vergadering brengt de H. *I. de Magnée* hulde (blz. 394) aan de nagedachtenis van de H. *Jean van der Straeten*, overleden te St-Lambrechts-Woluwe op 28 december 1968.

De necrologische nota, bestemd voor het *Jaarboek* zal opgesteld worden door de H. *I. de Magnée*, met de medewerking van de H. P. DUMONT.

Administratieve mededeling

Vernieuwing van mandaten in de Bestuurscommissie: zie blz. 149.

« La température du sol en région équatoriale africaine »

De H. *F. Bultot* legt een nota voor van de H. G.-L. DUPRIEZ getiteld als hierboven en die een synthese geeft van de waarnemingen uitgevoerd tijdens de periode 1954-1959 in de 24 stations van de vroegere Belgische gebieden van Centraal-Afrika.

Des mesures plus détaillées, réalisées à la station de Yangambi permettent d'analyser les régimes journaliers et annuels jusqu'à un mètre de profondeur. Pour l'ensemble des autres stations, l'étude analyse la variabilité journalière et saisonnière, pour les profondeurs de 10, 20, 50 cm, en relation avec les autres facteurs du climat.

Sur rapport de MM. *F. Bultot*, *P. Bourgeois* et *R. Van Ganse*, la Classe décide l'impression de ce travail dans les mémoires in-8°.

L'énergie aéromotrice et son exploitation au Congo

M. F. Bultot présente une étude de *M. K.-L. BHATIA*, intitulée comme ci-dessus.

Après avoir entendu les conclusions du rapporteur, la Classe décide de ne pas publier ce travail.

Kamoto (Katanga) et White Pine (Michigan): deux gisements stratiformes de cuivre

M. P. Bartholomé donne connaissance de l'étude qu'il a rédigée sur ce sujet et qui sera publiée dans le *Bulletin* (p. 397).

White Pine est un important gisement de cuivre dans la partie septentrionale du Michigan. Il partage certaines caractéristiques avec les gisements d'Afrique centrale: localisation dans une formation sédimentaire, structure stratiforme et surtout, zonalité dans la disposition des assemblages minéralogiques. L'origine des ces gisements est encore controversée. Une hypothèse est que la minéralisation résulterait d'une réaction entre deux masses d'eau interstitielle; l'une, stagnante, constituant un milieu réducteur; l'autre, se mouvant par percolation dans un réservoir plus perméable, constituant un milieu oxydant.

Un échange de vues s'établit ensuite entre *M. I. de Magnée* et l'auteur.

Considérations sur les bateaux jumboisés

Dans l'étude qu'il a rédigée sur ce sujet, *M. A. Lederer* expose que les pétroliers de moyen tonnage qui ne sont plus assez ren-

De meer gedetailleerde metingen, verwezenlijkt in het station Yangambi, maken het mogelijk de dagelijkse en jaarlijkse bewegingen te ontleden tot op 1 meter diepte. Voor het geheel van de andere stations ontleedt dit werk de dagelijkse en jaarlijkse seizoenbewegingen, voor de diepten van 10, 20, 50 cm, in verband met de andere factoren van het klimaat.

Op verslag van de HH. *F. Bultot, P. Bourgeois* en *R. Van Gansse*, beslist de Klasse het werk te publiceren in de verhandelingen in-8°.

« L'énergie aéromotrice et son exploitation au Congo »

De *H. F. Bultot* legt een studie voor van de *H. K.-L. BHATIA*, getiteld als hierboven.

Zich verenigend met de besluiten van de verslaggever, beslist de Klasse dit werk niet te publiceren.

« Kamoto (Katanga) et White Pine (Michigan): deux gisements stratiformes de cuivre »

De *H. P. Bartholomé* legt een studie voor over dit onderwerp en die zal gepubliceerd worden in de *Mededelingen* (blz. 397).

White Pine is een belangrijke koperafzetting in het Noorde-lijk deel van Michigan. Ze heeft met bepaalde afzettingen in Centraal-Afrika volgende karakteristieken gemeen: localisatie in een bezinkingsformatie, laagsgewijze structuur en vooral, ligging in zones van mineralogische verbindingen. Over de oorsprong van deze afzettingen is men het nog niet eens. Een hypothese is dat de mineralisatie het gevolg zou zijn van een reactie tussen twee gescheiden watermassa's, waarvan de ene, stilstaand, een reductiemilieu vormt en de andere, zich bewegend door infiltrering in een doordringbaarder ruimte, een oxyderend milieu vormt.

Er volgt een gedachtenwisseling tussen de *H. I. de Magnée* en de auteur.

« Considérations sur les bateaux jumboisés »

In de studie die hij over dit onderwerp opstelde wijst de *H. A. Lederer* er op dat de petroleumtankers van gemiddelde tonne-

tables sont jumboïsés, c'est-à-dire, que 75 % de la longueur à l'avant est remplacée par un nouveau tronçon plus long, plus large et plus profond. Le naufrage du *Torrey Canyon* a attiré l'attention sur ce type de navire, dont la puissance de freinage est précaire.

Des mesures de sécurité plus strictes sont à prévoir pour la navigation de pareilles unités.

La Classe décide l'impression de ce travail dans le *Bulletin* (p. 411).

Comité secret

Les membres réunis en comité secret, élisent, en qualité de membres titulaires, MM. *F. Bultot*, *J. Calembert* et *L. Jones*, anciennement associés.

La séance est levée à 15 h 50.

maat, die niet meer voldoende renderend zijn, worden gejumboïseerd, wat wil zeggen dat 75 % der lengte vooraan, vervangen wordt door een nieuw stuk dat langer, breder en dieper is. De schipbreuk van de *Torrey Canyon* vestigde de aandacht op dit soort schepen, die een beperkte remkracht hebben.

Strengere veiligheidsmaatregelen moeten voor de vaart van dergelijke tankers getroffen worden.

De Klasse beslist deze studie te publiceren in de *Mededelingen* (blz. 411).

Geheim comité

De leden, vergaderd in geheim comité, verkiezen als titelvoerende leden, de HH. *F. Bultot*, *L. Calembert* en *L. Jones*, vroeger geassocieerden.

De zitting wordt gesloten te 15 h 50.

**I. de Magnée et P. Dumont. — Jean van der Straeten
(20 mai 1896 - 28 décembre 1968)**

Né à Contich le 20 mai 1896, il termina ses humanités à Bruxelles en 1914, et s'engagea comme volontaire dans l'armée belge. Après la guerre, il commença les études d'ingénieur à l'U.L.B. Mais l'Afrique le fascinait et en avril 1921, il s'engagea comme topographe-géodésien au Service géographique et géologique du Comité spécial du Katanga. Il allait y accomplir toute sa carrière. Son dernier terme, le dixième, se termina fin 1951. Il décéda subitement à Woluwé-Saint-Lambert le 28 décembre 1968.

Créé en 1919, le Service géographique et géologique du C.S.K. avait pour objectif l'élaboration de la carte topographique et géologique du Katanga à l'échelle du 1/200 000. Ces travaux nécessitaient la détermination préalable d'un canevas continu de points triangulés qui étaient établis suivant des directives préconisées par J. MAURY.

C'est au contact de ce géodésien que Jean VAN DER STRAETEN acquit la pratique et le goût des calculs géodésiques auxquels il devait consacrer une bonne partie de ses activités.

Appelé à la direction du Service géographique en 1929 pour succéder au professeur Maurice ROBERT, J. VAN DER STRAETEN allait donner aux travaux géodésiques entrepris au Katanga un style entièrement nouveau et un dynamisme qu'ils n'avaient jamais connu. Il y parvint en dissociant l'établissement des nouvelles chaînes triangulées des strictes nécessités du levé cartographique proprement dit.

De 1929 à 1952 il termina l'implantation d'un réseau géodésique couvrant la totalité du Katanga. Ce réseau, dont la précision est celle du second ordre européen, comporte 17 tronçons appuyés sur 9 bases géodésiques mesurées au fil d'invar.

J. VAN DER STRAETEN participa à tous les stades du travail: reconnaissance des sommets, édification des signaux, mesure des stations et calcul des points en première approximation. Il assumait

pratiquement seul la compensation définitive des 15 derniers tronçons.

Cet important travail géodésique, complété par un réseau de nivellement trigonométrique, couvre une région grande comme la France. Il fut réalisé avec un nombre très limité de collaborateurs, malgré les difficultés considérables rencontrées notamment à la traversée des plateaux de l'Ouest katangais. Quand on sait qu'à cette époque, le réseau routier n'était qu'embryonnaire, on mesure l'effort gigantesque que représente cette œuvre.

L'implantation d'une triangulation générale prit toute sa valeur lorsqu'en 1948, le C.S.K. décida de faire exécuter par l'Institut géographique militaire la couverture aérophotographique de son domaine. Grâce au marquage au sol des repères géodésiques avant la prise de vue, l'I.G.M. put élaborer des mosaïques contrôlées au 1/100 000 couvrant l'ensemble du pays.

Les travaux géodésiques de J. VAN DER STRAETEN sont bien connus; ce qui l'est moins, c'est la contribution qu'il a apportée à la connaissance géologique du Katanga central.

Sous l'impulsion de L. CAHEN et G. MORTELMANS, il s'était initié à la géologie, et de 1937 à 1952, il n'a cessé de recueillir des observations géologiques au cours de ses déplacements. On lui doit notamment la découverte du massif d'itabirite de Kinonga Kielu et la première description du bassin sédimentaire de la Luamba. Il prit également une part active aux études pédologiques et à celle de la végétation.

Respectueux des traditions, tant dans le domaine scientifique que dans la vie de tous les jours, J. VAN DER STRAETEN traitait ses collaborateurs avec une courtoisie parfaite et savait leur insuffler l'enthousiasme qui n'a cessé de l'animer au cours de sa carrière africaine.

Rappelé à l'administration métropolitaine en 1953, il entreprit la compensation définitive des triangulations secondaires, œuvre qu'il poursuivit jusqu'en 1960.

La liquidation du C.S.K., qui suivit de peu la proclamation de l'indépendance du Congo, devait interrompre prématurément une œuvre géodésique entamée depuis près de 40 ans.

Il maintint cependant une activité scientifique intense dans le domaine de la géodésie et publia plusieurs notes concernant la triangulation du Katanga, la cartographie et les levés aériens.

Il était membre titulaire du Comité national de géodésie et de géophysique de Belgique depuis 1937 et en fut le président depuis 1965.

Correspondant de notre Académie depuis 1952, il en devint associé en 1954 pour être titularisé en 1961. Depuis 1959, il participa aux travaux de la Commission de la Biographie et publia plusieurs notices dans la *Biographie de l'ARSOM*. Depuis la même année aussi, il prit part aux travaux de la Commission de l'Atlas de l'ARSOM. En 1961, il fut choisi pour participer aux travaux de la Commission du bilan scientifique de l'apport de la Belgique au développement de l'Afrique centrale.

En 1962, il fut vice-directeur de la Classe des Sciences techniques, et en devint directeur l'année suivante.

Jean VAN DER STRAETEN acceptait sans hésiter les charges dont l'investissaient tout naturellement ses Collègues, qui avaient tous confiance dans son dévouement illimité, sa courtoisie et son sens élevé de la déontologie scientifique. Rappelons-nous qu'à notre dernière séance encore, il s'était spontanément offert à achever le mandat de délégué à la Commission administrative de l'ARSOM, qu'assumait le regretté Marcel VAN DE PUTTE.

L'œuvre de Jean VAN DER STRAETEN, bel exemple de persévérance et de dynamisme scientifique, demeurera une pierre angulaire du développement du Katanga.

29 janvier 1969.

Paul Bartholomé. — Kamoto (Katanga) et White Pine (Michigan) : deux gisements stratiformes de cuivre

RESUME

White Pine est un important gisement de cuivre dans la partie septentrionale du Michigan. Il partage certaines caractéristiques avec les gisements d'Afrique centrale: localisation dans une formation sédimentaire, structure stratiforme et, zonalité dans la disposition des assemblages minéralogiques. L'origine de ces gisements est encore controversée. Une hypothèse est que la minéralisation résulterait d'une réaction entre deux masses d'eau interstitielles; l'une, stagnante, constituant un milieu réducteur; l'autre, se mouvant par percolation dans un réservoir plus perméable, constituant un milieu oxydant.

SAMENVATTING

White Pine is een belangrijke koperafzetting in het Noordelijk deel van Michigan. Ze heeft met bepaalde afzettingen in Centraal-Afrika volgende karakteristieken gemeen: localisatie in een bezinkingsformatie, laagsgewijze structuur, en ligging in zones van mineralogische verbandingen. Over de oorsprong van deze afzettingen is men het nog niet eens. Een hypothese is dat de mineralisatie het gevolg zou zijn van een reactie tussen twee gescheiden watermassa's, waarvan de ene, stilstaand, een reductiemilieu vormt en de andere, zich bewegend door infiltrering in een doordringbaarder ruimte, een oxyderend milieu vormt.

J'ai eu l'occasion de visiter récemment le gisement cuprifère de White Pine, situé dans la partie septentrionale de Michigan. C'est un gisement d'une certaine importance puisqu'il produit 5 % du cuivre extrait aux Etats-Unis. Mais son intérêt pour moi n'était pas lié à son importance économique. Il se fait, en effet, que White Pine doit être, parmi tous les gisements du monde non africain, celui qui ressemble de plus près aux grands gisements stratiformes de la Zambie et du Katanga, et notamment à ceux de la région de Kolwezi.

Ce que je voudrais faire aujourd'hui, c'est analyser cette ressemblance, en comparant White Pine aux gisements africains, et plus spécialement à Kamoto dont j'avais pu étudier un certain nombre d'échantillons il y a quelques années.

Je vais donc m'efforcer de faire l'inventaire des caractères communs, de les discuter, et de mettre l'accent sur les plus significatifs et les plus manifestes; les plus significatifs parce que certaines ressemblances peuvent être fortuites; les plus manifestes parce que, dans la recherche de nouveaux gisements, les critères reconnaissables sur le terrain sont les plus utiles.

Mais tout d'abord, je voudrais localiser White Pine dans cette région du lac Supérieur dont les ressources minières immenses sont bien connues (*Fig. 1*).

Dès la moitié du siècle dernier, on y a exploité sur une grande échelle le cuivre natif contenu dans des coulées de laves et des conglomérats d'âge Pré-Cambrien; ces anciennes mines sont situées aux alentours de Calumet et de Houghton, à quelque cent kilomètres au nord-est de White Pine. Depuis la même époque, on exploite aussi le fer dans d'énormes gisements situés au sud comme au nord du Lac.

Géologiquement parlant, et en commençant par le bas, on trouve d'abord dans cette région une succession de laves et de tuffs, avec des couches interstratifiées de conglomérats et de grès, le tout étant légèrement incliné vers le Nord. Cette succession connue sous le nom de « Portage Lake Lava Series » peut avoir 10 000 mètres d'épaisseur. Elle est surmontée localement par des volcanites de composition rhyolitique dont l'épaisseur atteint au maximum 1 000 mètres. Ensuite vient le « Copper Harbor Conglomerate », une formation contenant des couches arénacées, ou même de granulométrie plus fine, en plus de couches réellement

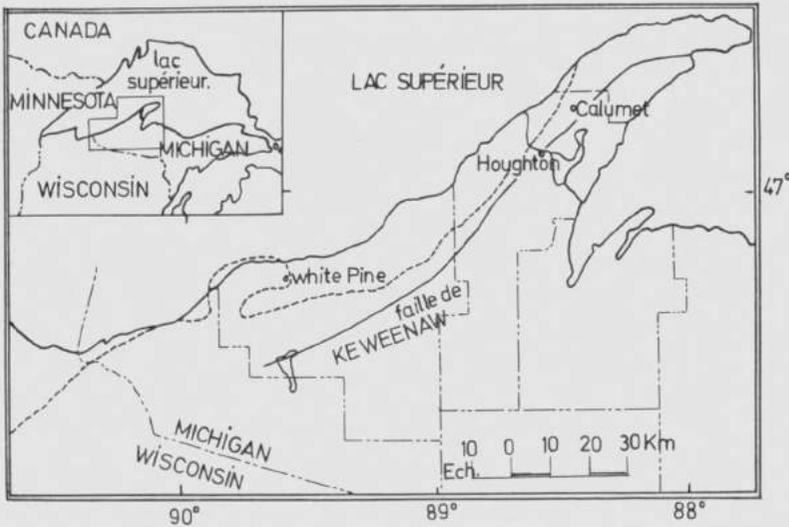


FIG. 1. — La région du lac Supérieur et plus spécialement le Michigan septentrional.

conglomératiques; son épaisseur varie de 100 mètres au sud de White Pine à 2 000 mètres le long des rivages du lac Supérieur; elle est directement surmontée par le « Shale de Nonesuch », épais de 200 mètres, dont la granulométrie est celle d'un silt, bien que des couches gréseuses et pélitiques soient également présentes. Au-dessus, une nouvelle formation gréseuse, le « Freda sandstone ».

Si j'ajoute que le « Shale de Nonesuch » contient à sa base le gisement de White Pine, que sa stratigraphie a par conséquent été établie dans un grand détail (les couches y sont numérotées); qu'elle est minéralisée en cuivre natif à la base et en chalcosine dans la partie supérieure des corps minéralisés; et qu'elle s'est déposée il y a un milliard d'années environ, j'aurai dit tout ce qui est nécessaire à la compréhension du texte qui suit. J'en viens donc immédiatement à ces caractéristiques que présentent en commun les gisements de White Pine et de Kamoto.

1. La première de ces caractéristiques est évidemment qu'à White Pine comme à Kamoto, la roche-magasin est sédimentaire. C'est ce qu'indique immédiatement l'observation la plus superficielle, confirmée en ceci par l'étude pétrographique.

En effet, d'un côté comme de l'autre, le métamorphisme est quasi absent; il n'y a même aucune schistosité. C'est là une situation extrêmement favorable si l'on s'intéresse à la genèse de ces gisements: il est, en effet, bien connu que les sulfures recristallisent et réagissent avec la plus grande facilité sous l'effet des déformations tectoniques, ou d'une hausse de température.

D'autre part, j'ai beaucoup cherché, mais en vain, les traces d'une activité volcanique dans les échantillons de Kamoto dont je disposais. Et je n'ai pas le souvenir que la littérature en fasse mention. Par contre à White Pine, les débris de roches volcaniques sont extrêmement abondants; toutefois ils proviennent, cela est démontré, de l'érosion de laves plus anciennes. D'après ENSIGN *et al.* [8]*, on ne connaît dans un rayon de 80 km autour de White Pine aucune activité ignée qui soit contemporaine ou postérieure au dépôt du Shale de Nonesuch.

Finalement, je citerai WIESE [15, p. 47] qui écrit de White Pine:

Although the occurrence of chlorite, epidote, minor carbonates, and sulfides suggest propylitic alteration as defined by SCHWARTZ (1955), typical hydrothermal alteration of the sediments is not widespread, if present at all.

On peut en dire autant de Kamoto. La dolomite y est extrêmement abondante, mais sous une forme qui ne suggère en aucune façon un remplacement hydrothermal: dans la plupart des cas, elle est à grain très fin et constitue des roches qui, autant qu'on puisse en juger, sont des dolomies primaires [1 et 10]; dans certains cherts, elle est en très gros cristaux, dont l'origine est assurément énigmatique, mais dont l'association avec la chalcédoine pourrait difficilement passer pour une altération hydrothermale typique.

En bref, nous avons à faire à des successions sédimentaires qui diffèrent surtout par leur milieu de dépôt (les dolomies et cherts sont abondants à Kamoto, mais absents à White Pine où même la calcite est rare) et par la région-source de leurs fractions détritiques (maturité élevée à Kamoto et très faible à White Pine). Leurs particularités les plus intéressantes au point

* Les chiffres entre [] renvoient aux références *in fine*.

de vue de la métallogénie relèvent peut-être de la diagenèse; j'y reviendrai plus tard.

2. *Les corps minéralisés sont stratiformes, c'est-à-dire que leur extension est beaucoup plus grande selon les surfaces de stratification que perpendiculairement à celles-ci. En fait, leur épaisseur se mesure en mètres et leurs autres dimensions en kilomètres.*

Mais peut-être est-il nécessaire que j'attire ici l'attention sur l'usage du terme « corps minéralisé » que ROUTHIER [12] a introduit dans la littérature de langue française. Dans la Série des Mines, on distingue deux *ore bodies* superposés et séparés par quelques mètres d'un chert dolomitique stérile (RSC). A White Pine on parle d'un seul *ore body* bien que dans la succession minéralisée soit également intercalée une épaisse couche stérile (*upper sandstone*). La différence est donc à ce point de vue purement apparente.

Mais la comparaison, banale jusqu'ici, devient plus intéressante lorsqu'on envisage la position de ces corps minéralisés dans la succession stratigraphique. En effet, ils sont dans chaque cas surmontés par des roches détritiques à grain fin contenant de la pyrite. Et ils reposent eux-mêmes sur d'épaisses formations également détritiques, mais à grain plus grossier, qui contiennent de l'hématite: celles-ci constituent au Katanga l'assise IA de la Série des Mines (anciennement: les RAT rouges) et à White Pine le « Copper Harbor Conglomerate » dans la couleur rouge ou brune est également caractéristique.

Examinons de plus près les limites des corps minéralisés, et nous trouvons un point de similitude supplémentaire et fort intéressant. En effet, WHITE [14] et BROWN [4] ont clairement démontré à White Pine que, si leur base coïncide en première approximation avec un horizon stratigraphique bien repérable (à savoir: la base de la couche n° 21, constituée d'un « fine-grained sandstone with black shale partings »), il n'en est pas de même vers le haut. En effet, la surface supérieure du corps minéralisé (*fringe* ou front de minéralisation) recoupe par endroits la stratification, sous un angle faible sans doute (BROWN a trouvé localement une pente de 3 %) mais néanmoins facilement mesurable. On peut donc, en suivant une même couche, passer de l'intérieur à l'extérieur du corps minéralisé. C'est ce qu'a fait

BROWN en utilisant la couche n° 46, dont la teneur en cuivre tombe brutalement de 1 ou 1,5 % à des valeurs très basses, sans que le faciès se modifie d'une manière appréciable, lorsque le front de minéralisation est recoupé.

Cet auteur montre, en outre, que cette surface supérieure du corps minéralisé, considérée au point de vue morphologique, comporte essentiellement deux plateaux: dans la plus grande partie du gisement, elle se localise au sommet de la couche n° 43; mais au nord et à l'ouest, elle est située aux environs de la couche n° 61, c'est-à-dire 10 mètres plus haut; entre les deux, il existe une pente de raccord relativement abrupte. C'est donc dans les couches inférieures que la minéralisation prend son maximum d'extension (Fig. 2).

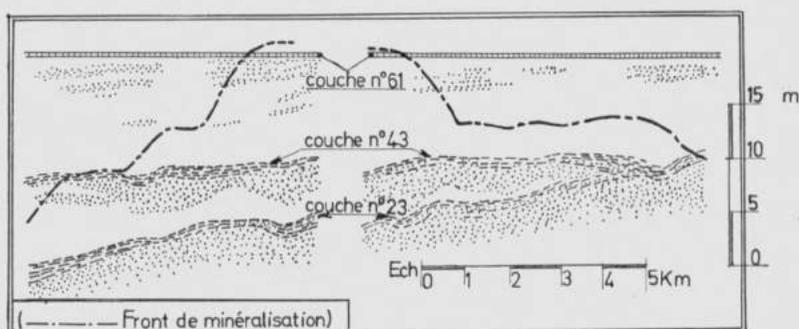


FIG. 2. — Allure schématique du front de minéralisation à White Pine, selon ENSIGN *et al.* [8].

Comment ne pas rapprocher cette description de celle que DEMESMAECKER donne des gisements Katangais?

L'épaisseur des orebodies varie également d'une gîte à l'autre. Dans les écailles riches, chacune des deux couches minéralisées atteint une dizaine de mètres d'épaisseur. Ailleurs, la veine supérieure s'amincit jusqu'à disparaître entièrement, tandis qu'une minéralisation intéressante subsiste dans la couche inférieure. Enfin, dans les gisements les plus pauvres, la minéralisation, épaisse de 2 à 3 m, se localise dans l'*ore-body* inférieur. Cette relation entre les minéralisations des deux *orebodies* est assez curieuse surtout si l'on se souvient qu'elle n'est pas en relation avec des modifications dans les faciès des roches-magasin elles-mêmes [7, p. 78]

3. *La structure interne des corps minéralisés est caractérisée par un contrôle stratigraphique manifeste*

Comme le montrent ENSIGN et al. [8, voir fig. 5] qui ont rassemblé les données recueillies à l'aide d'environ 300 sondages, chaque couche sédimentaire à l'intérieur du gisement de White Pine présente une teneur en cuivre relativement constante. D'une manière générale, dans les couches de couleur rougeâtre ou brunâtre, la teneur est faible; dans les couches verdâtres ou grisâtres, elle est élevée. Dans les gisements katangais également, ce contrôle stratigraphique existe. Les R.S.C. par exemple sont pratiquement dépourvues de minéralisation même là où le gisement est le plus riche. OOSTERBOSCH [77] a poussé plus loin cette analyse: il a observé notamment que, en général, il existe une corrélation négative entre les teneurs en sulfures et en dolomite.

4. *Un autre caractère commun apparaît si on observe les choses à une plus petite échelle. En effet:*

Les minerais possèdent en général ce fin litage qu'aux Etats-Unis on appelle « lamination » (1); il s'y superpose une rythmicité minéralogique. La chose est frappante à White Pine où, dans la stratigraphie, se succèdent des bancs gréseux ou conglomératiques mal lités et des bancs à grain plus fin constitués d'alternances maintes fois répétées de fines strates de shale et de silt. Ce sont ces derniers qui contiennent le cuivre.

A la rythmicité que présente la fraction détritique de la gangue, s'en ajoute d'ailleurs une autre relative à la minéralogie du cuivre. Dans certains échantillons en effet, le métal se rencontre alternativement sous forme native et sous forme sulfurée (chalcosine) dans les fines strates qui constituent le minerai.

Parallèlement dans les gisements katangais, le fin litage des minerais est bien connu et tellement caractéristique qu'il est à peine nécessaire d'en rappeler l'existence. Comme l'écrit OOSTERBOSCH [7, p. 110]:

Les orebodies coïncident avec les couches à oscillations stratigraphiques marquées, c'est-à-dire où les alternances de strates lithologiquement différentes sont particulièrement nombreuses.

(1) The layering or bedding less than 1 cm in a sedimentary rock (*Glossary of geology*, National Acad. Sciences, Washington, 1960).

J'ai moi-même décrit en détail cette rythmicité lithologique dans un certain nombre d'échantillons [1] et j'ai souligné en particulier comment s'y superpose une rythmicité minéralogique: dans un de ces échantillons, des lits minéralisés en chalcopyrite et pyrite alternent avec d'autres où seule la pyrite est présente; dans un autre, les lits à chalcosine et digénite alternent avec d'autres où la bornite prédomine, un lit où la chalcopyrite est présente s'intercalant parfois dans la succession.

En bref, on peut dire qu'au contrôle stratigraphique des teneurs mentionné dans le paragraphe précédent, s'ajoute, à une échelle beaucoup plus fine, un contrôle qualitatif de la minéralogie, tout aussi stratigraphique que le premier.

5. Les corps minéralisés se terminent vers le bas par des couches dont certaines propriétés exceptionnelles ont été acquises pendant la diagenèse

J'ai déjà rappelé qu'à White Pine, le gisement est situé dans la partie inférieure d'une formation appelée « Shale de Nonesuch », qui surmonte des grès grossiers constituant le « Conglomérat de Copper Harbor ». Or, il se fait qu'on trouve aussi un peu de cuivre au sommet de cette dernière formation, sur une épaisseur qui va de 1 à 20 pieds selon HAMILTON [9, p. 891]. Le métal se trouve là par exception dans un hôte qui n'est pas finement lité; il y est associé à un faciès chloritique et verdâtre de ces grès conglomératiques auxquels normalement un pigment d'hématite donne une couleur rouge. De ses observations, HAMILTON conclut (p. 894) que la chlorite n'est pas détritique mais qu'elle doit s'être formée pendant la diagenèse par l'altération d'un minéral micacé ou argileux primaire, qui est normalement présent dans le faciès hématitique du « Copper Harbor Conglomerate », mais qui semble manquer dans le faciès chloritique.

Toute cette description rappelle les RAT grises du Katanga (Assise IIA de la Série des Mines). Ce sont là aussi, en effet, des roches minéralisées qui ne sont pas litées, à l'inverse des dolomies, cherts, et schistes dolomitiques qui constituent l'essentiel du minerai de Kamoto. Ces roches sont apparentées par leur texture, leur granulométrie et leur composition minéralogique aux RAT rouges qui sont la formation stérile, sousjacente aux

corps minéralisés. OOSTERBOSCH [11] donne aux RAT vertes une épaisseur allant de 0,20 à 7 m et écrit de cette roche curieuse:

C'est un grès à grain fin et à ciment dolomitique ayant la même texture que les roches de l'assise I A (2) que nous venons de décrire. Toutefois, elle ne contient pas d'oligiste et est de teinte grisâtre. Elle est plus ou moins chloritisée. Lorsque la Série des Mines contient des sulfures, l'assise II A est elle-même presque toujours minéralisée.

De mon côté, j'avais signalé que dans les échantillons de cette roche que j'avais eu l'occasion d'étudier, la fraction phylliteuse est entièrement constituée de chlorite [2], ce que confirme OOSTERBOSCH [7, p. 87]. C'est là une particularité assez rare pour une roche sédimentaire, et qui se présente à Kamoto comme à White Pine dans des situations parfaitement homologues. J'avais également souligné en 1962 l'importance de la diagenèse dans l'évolution des RAT grises, en particulier parce qu'on y observe des inclusions de dolomite et de sulfures dans de nombreux grains de quartz dont l'origine secondaire peut ainsi être démontrée.

On peut pousser la comparaison stratigraphique plus loin encore en notant que, à White Pine:

The definition of the boundary between the chloritic and hematitic facies is difficult to make in many cases because of the gradational nature of the contact. Locally, the color change is very abrupt. At such places there is generally a textural change, a pebbly conglomerate layer forming the base of the chloritic facies and fine grained sandstone forming the top of the hematitic facies [9, p. 890]

Ce conglomérat occupe donc une position analogue à la brèche de friction qui, dans la région de Kamoto, sépare les RAT grises des RAT rouges sous-jacentes. (Il s'agit peut-être là d'une coïncidence).

6. La minéralisation est antérieure à la consolidation complète des roches et à leur déformation

En effet, à White Pine, une grande faille qui traverse le gisement en a manifestement déplacé les deux moitiés l'une par rapport à l'autre [8, p. 485]. Les petites fissures minéralisées, assez nombreuses par endroits, paraissent avoir concentré le cuivre déjà présent dans le shale [5]. Elles n'ont pas servi de chenaux d'alimentation.

(2) L'assise sous-jacente, c'est-à-dire les RAT rouges.

De même au Katanga, il a été démontré que la minéralisation était antérieure à la grande tectonique qui a produit les structures, tellement caractéristiques, des gisements situés aux alentours de Kolwezi [FRANÇOIS, 7]. Quant aux fissures minéralisées, présentes dans bien des échantillons, elles ne paraissent nullement avoir servi de chenaux aux solutions cuprifères, en particulier parce que leur minéralogie est en général identique, en ce qui concerne les sulfures, à celle de la roche encaissante. En outre, on observe dans certains échantillons que la rythmicité minéralogique mentionnée plus haut est, dans certains cas, liée à la rythmicité granulométrique des strates minéralisées, comme si la perméabilité initiale de ces strates avait gouverné la distribution des sulfures [1 et 2].

7. Il existe des indices d'une évolution diagénétique au cours de laquelle le milieu s'est trouvé saturé en minéraux de plus en plus riches en cuivre

Je pense avoir démontré cette évolution de manière assez convaincante dans certains échantillons de Kamoto [2], où d'une manière parfaitement systématique on observe, dans le quartz secondaire ou dans de petits porphyroblastes de différentes natures, les traces d'un sulfure plus ferrifère que les sulfures principaux. Par exemple, dans une roche pélitique minéralisée en bornite, digénite et chalcosine, il existe quelques cristaux de dolomite ankéritique; à l'intérieur de ces cristaux, on trouve des inclusions de sulfures qui contiennent de la chalcopyrite. Etant donné que la chalcopyrite et la chalcosine ne peuvent pas être en équilibre chimique, il faut bien conclure que le milieu diagénétique a évolué.

Parallèlement, la présence d'hématite résiduelle dans certains shales de White Pine indique que les conditions réductrices qui ont finalement permis le dépôt du cuivre ne se sont établies que pendant la diagenèse [15]. BROWN [4] a d'ailleurs montré que la pyrite était localement corrodée dans les couches surmontant immédiatement le gisement. Il a aussi observé localement des cristaux de pyrite pseudomorphosés par la chalcosine.

En relation avec l'évolution diagénétique du milieu, il faut également mentionner la zonalité observée à White Pine tout au long du front de minéralisation. En effet, cette limite qui

sépare des roches contenant normalement de la pyrite et d'autres contenant de la chalcosine n'est pas abrupte. C'est plutôt une zone de transition, épaisse de quelques pouces selon BROWN (p. 46), dans laquelle on peut distinguer successivement en allant de bas en haut la chalcosine, la digénite, la bornite, la chalcopyrite (qui est fort peu abondante) et enfin la pyrite, chacun des minéraux de cette liste remplaçant les suivants [4].

Cette zonalité est bien connue dans les gisements de Zambie. Elle paraît moins marquée à Kamoto, où comme le note OOSTERBOSCH [11, p. 120], les sulfures entrent dans deux associations distinctes seulement: pyrite et chalcopyrite d'une part; bornite et carrollite avec digénite et chalcosine d'autre part. La quasi-absence de chalcopyrite à White Pine, où par contre on trouve la chalcosine ou la bornite en contact avec la pyrite [4] résulte peut-être d'une température de cristallisation plus basse.

8. La composition isotopique du soufre est variable, témoignant ainsi du rôle important joué par l'activité bactérienne dans la formation des sulfures

En effet, en ce qui concerne White Pine et plus spécialement la base du « Shale de Nonesuch », on dispose de neuf résultats d'analyse qui donnent pour δS^{34} des valeurs allant de $-8,1$ à $+12,6$ pour mille [13]. En ce qui concerne Kamoto, DECHOV et JENSEN [6] ont effectué 22 analyses avec des résultats qui s'échelonnent de $-15,3$ à $+3,5$.

CONCLUSIONS

Peu de gisements métallifères ont fait l'objet d'études suffisamment poussées pour que leur origine soit établie au-delà de toute controverse (voir notamment [13]). Ceux-ci ne font pas exception à la règle.

En ce qui concerne White Pine cependant, et en raison d'observations qu'il ne m'est pas possible de citer toutes ici, un large accord paraît avoir été atteint, à partir d'une hypothèse émise par W.-S. WHITE [14]. Il se résume comme suit [8, p. 486]:

The characteristics of the copper deposits at the base of the Nonesuch Shale, therefore, seem more compatible with an epigenetic origin than with a syngenetic. The pre-tectonic age of the mineralization indicates that the copper was introduced while the sediments were still relatively

undisturbed. Compaction around knots of chalcocite suggests that the mineralization probably occurred prior to or during their cementation and diagenesis. Copper occurs in more than trace amounts at the base of the Nonesuch Shale over an area that certainly exceeds 300 square miles (800 square kilometers). This extent implies great lateral spread of mineralizing solutions if the deposits are, indeed, epigenetic, and the logical aquifer for such spread is the underlying sandstone of the Copper Harbor Formation. Waters rising or migrating laterally in the Copper Harbor conglomerate were in contact with the basal part of the Nonesuch Shale over a wide area, and the sulfur-rich reducing environment in these shales would act as a sink for any metals carried by the water.

BROWN [4] a apporté à l'appui de cette théorie deux nouveaux et solides arguments:

1° Il a montré par l'étude de tous les sondages disponibles que perpendiculairement à la stratification le front de minéralisation n'est jamais recoupé qu'une fois. Il n'existe donc nulle part les zig-zag auxquels on s'attendrait si le dépôt du cuivre avait été lié au déplacement d'une ligne de rivage;

2° Il a établi qu'une corrélation inverse existe entre la hauteur du front de minéralisation et la quantité de cuivre présente dans les couches inférieures du « Shale de Nonesuch », comme si le cuivre migrant vers le haut atteignait des niveaux moins élevés lorsqu'il trouvait où précipiter au début de son parcours.

Bien qu'ignorant totalement à cette époque les travaux de W.S. WHITE et de ses collaborateurs, j'avais moi-même élaboré [2 et 3] une hypothèse semblable en ce qui concerne Kamoto: j'avais, en effet, supposé que les solutions minéralisatrices avaient été amenées en circulant dans l'assise IA (RAT rouges); dans ce milieu, où un potentiel d'oxydo-réduction élevé pouvait se maintenir grâce à l'abondance de l'hématite, le soufre se trouvait à l'état de sulfate et le cuivre restait relativement soluble; la précipitation avait lieu tout naturellement dans les roches surincombantes moins perméables où la présence de matières organiques permettait une activité bactérienne intense.

Mais de toutes façons les hypothèses présentées de cette manière restent très schématiques. Il faudrait les élaborer dans trois directions notamment:

1° En précisant l'origine du cuivre. On sait que dans des formations favorables, les solutions hydrothermales peuvent cheminer sur des distances extrêmement importantes. Le métal peut donc

venir de loin. Il n'est toutefois pas exclu qu'il provienne des roches rouges elles-mêmes où il se serait déposé par coprécipitation avec l'hydroxyde ferrique;

2° En déterminant la composition des solutions, et plus particulièrement leur salinité, leurs teneurs en sulfate et en métal;

3° En précisant les divers mécanismes de transport, spécialement dans le milieu le moins perméable. BROWN [4] a étudié deux modèles qui sont d'application ici, l'un utilisant la diffusion et l'autre l'infiltration.

Toutefois, au-delà de ces modalités, qui peuvent sans doute différer d'un gisement à l'autre, il me semble qu'on peut identifier une caractéristique métallogénique essentielle; il s'agit tout simplement de la superposition à l'intérieur d'un empilement sédimentaire de deux masses d'eau interstitielle: l'une quasi stagnante parce qu'enfermée dans un milieu relativement imperméable et conservant un caractère réducteur hérité des conditions de la sédimentation; l'autre circulant dans un milieu relativement perméable et ayant hérité un caractère oxydant de cette même période sédimentaire (3).

L'existence d'une pareille superposition ne suffit certainement pas à créer un gros gisement de cuivre. Mais il est difficile de comprendre comment, là où elle est réalisée, le cuivre présent pourrait échapper à une précipitation, au moins partielle, en bordure du milieu stagnant. Dans ce sens elle constitue un métalotecte, qui vaut la peine d'être utilisé dans la recherche de nouveaux gisements.

Je remercie le Dr. A.C. BROWN, qui a bien voulu relire mon manuscrit et discuter avec moi des différents problèmes abordés dans cette note. Je remercie également M. J.-L. PATRICK et les géologues de la White Pine Copper Cy., qui m'ont permis de faire une si intéressante visite de leur mine.

31 janvier 1969.

(3) Sans doute, les roches rouges du Katanga (RAT rouges) paraissent-elles n'avoir à aucun degré la même perméabilité que les couches grossières du « Copper Harbor Conglomerate ». Toutefois, il faut noter que, pendant la phase tectonique qui a produit le plissement et la fragmentation des formations sus-jacentes, elles se sont comportées de manière parfaitement incompétente. Il est possible qu'elles avaient encore à ce moment une porosité considérable, et qu'il y régnait une pression d'eau suffisamment élevée pour permettre des glissements le long de faibles pentes selon le modèle de RUBEY et HUBBERT (1959).

REFERENCES

- [1] BARTHOLOMÉ, P.: Les minerais cupro-cobaltifères de Kamoto (Katanga-Ouest) I. Pétrographie (Studia Universitatis « Lovanium », Faculté des Sciences, Kinshasa, 1962, n° 14, 40 p. et 21 planches hors-texte).
- [2] — : Les minerais cupro-cobaltifères du Kamoto (Katanga-Ouest) II. Paragenèse. (Studia Universitatis « Lovanium », Faculté des Sciences, Kinshasa, 1963, n° 16, 24 p.).
- [3] — : Sur la zonalité dans les gisements du Copperbelt de l'Afrique centrale (Symposium - Problems of Postmagmatic Ore deposition, vol. I, Prague, 1963, p. 317-321).
- [4] BROWN, Alex.-C.: Zoning in the White Pine copper deposit, Ontonagon County, Michigan (Ph. D. Thesis, University of Michigan, 1968).
- [5] CARPENTER, R.-H.: Some vein-wall rock relationships in the White Pine Mine, Ontonagon Co., Michigan (Economic Geology, 1963, vol. 58, p. 643-666).
- [6] DECHOW, E. et JENSEN, M.-L.: Sulfur isotopes of some Central African sulfide deposits (Economic Geology, 1965, vol. 60, p. 894-941).
- [7] DEMESMAECKER, G., FRANÇOIS, A. et OOSTERBOSCH, R.: La tectonique des gisements cuprifères stratiformes du Katanga (Gisements stratiformes de cuivre en Afrique, Symposium édité par J. Lombard et P. Nicolini, 2^e partie; Association des Services géologiques africains, Paris, 1963; p. 47-115).
- [8] ENSIGN, C.-O. Jr et *al.*: Copper deposits in the Nonesuch Shale, White Pine, Michigan (Ore deposits in the United States 1933/1967; John D. Ridge, editor: A.I.M.E. New-York, 1968, vol. 1, p. 460-488).
- [9] HAMILTON, S.-K.: Copper mineralization in the upper part of the Copper Harbor Conglomerate at White Pine, Michigan (Economic Geology, 1967, vol. 62, p. 885-904).
- [10] OOSTERBOSCH, R.: Copper mineralization in the Fungurume region (Economic Geology, 1951, vol. 46, p. 121-148).
- [11] — : Les minéralisations dans le système de Roan au Katanga (Gisements stratiformes de cuivre en Afrique, Symposium édité par J. Lombard et P. Nicolini, 1^{re} partie; Association des Services géologiques africains, Paris, 1962, p. 71-136).
- [12] ROUTHIER, P.: Les gisements métallifères. Géologie et principes de recherche, Tome 1 (Paris, Masson, 1963, 867 p.).
- [13] WHITE, D.-E.: Environments of generation of some base-metal ore deposits (Economic Geology, 1968, vol. 63, p. 301-335).
- [14] WHITE, Walter-S.: The White Pine copper deposit (Economic Geology, 1960, vol. 55, p. 402-410).
- [15] WIESE, R.-G.: Petrology and geochemistry of a copper-bearing Precambrian shale, White Pine, Michigan (Ph.D. Thesis, Harvard University, 1960).

A. Lederer. — Considérations sur la navigation des bateaux jumboisés

SAMENVATTING

De tonnemaat van de nieuwe tank- en ertsschepen blijft voortdurend stijgen.

De eigenaars van bestaande schepen trachten te concurreren door hun schepen te vergroten.

In het begin geschiedde dit door verlenging, waarbij in het cilindrische deel van het schip een stuk werd tussengevoegd.

Later werden nog belangrijker capaciteitsverhogingen mogelijk, wanneer slechts het achterschip werd behouden, met de machine-installatie en de verblijven, terwijl het voor- en middenschip gans werd vernieuwd waarbij zowel de breedte en de diepgang als de lengte werden vergroot.

Door het ongeval met de *Torrey Canyon* werd de aandacht gevestigd op deze schepen, waarvan de vaart moeilijk te remmen is en welke slechts een middelmatige manoeuvreerbaarheid bezitten.

Bijkomende veiligheidsmaatregelen worden aanbevolen voor de navigatie van deze schepen.

Le 16 mars 1967 au matin, par temps calme et visibilité de 10 milles, le pétrolier *Torrey Canyon* s'échouait accidentellement entre les îles Sorlingues et la pointe des Cornouailles, à proximité du bateau phare de *Seven Rocks*. Cet accident attira l'attention internationale sur le problème de la circulation des navires de grandes dimensions.

Depuis, de nombreux articles ont été écrits à ce sujet et leurs auteurs réclament un renforcement de la sévérité des règles de navigation, de façon à augmenter la sécurité.

On envisage également la suppression des pavillons de complaisance; en effet, le *Torrey Canyon* avait été construit en 1959 par le Newport News Shipbuilding and Dry Dock Company aux Etats-Unis, pour la Baracuda Tanker Corporation dont le siège social est situé aux îles Bermudes, qui sont une colonie anglaise; de plus, la Baracuda Tanker Corporation est une filiale

de l'Union Oil Company of California et, lors de l'échouement, le navire battait pavillon libérien et était affrété par une compagnie anglaise. Après l'accident, le capitaine fit appel au remorqueur *Utrecht* afin de lui passer une touline pour exercer une traction dans l'espoir de déséchouer le tanker; mais cette tentative fut vaine. C'est alors qu'on eut recours aux services d'une société professionnelle de sauvetage hollandaise; mais les efforts de déséchouement ne réussirent pas. Finalement le 27 mars, le navire se brisa en deux et le pétrole se répandit à larges flots dans la mer. Il fallut, alors, mettre le feu au tanker avec des bombes incendiaires pour faire brûler le volume considérable de pétrole contenu dans ses flancs, afin de limiter la pollution de la mer et les dégâts aux plages et aux ports de la côte.

Cet accident entraînait la perte totale d'un navire assuré pour la somme de 5 900 000 livres; en outre, la valeur de la cargaison de pétrole était estimée à 600 000 livres. En droit américain, la responsabilité de l'armateur envers les tiers se limite à la valeur du navire, qui était devenu une épave dans le cas présent. En conséquence, les assurances doivent payer la valeur totale assurée à la Baracuda Tanker Corporation, qui n'a pas à indemniser les victimes, puisque la valeur actuelle du *Torrey Canyon* est nulle [4].*

Aussi, de nombreux auteurs proposent une révision profonde de l'assurance maritime et des règles de la limitation de la responsabilité. Dans le cas précité, il s'agit du naufrage, en dehors des eaux territoriales anglaises, d'un navire américain sous pavillon libérien, affrété par une compagnie anglaise et, de surcroît, conduit par un capitaine italien. Que d'arguments à invoquer pour la défense, pendant que les victimes attendent une réparation aléatoire du préjudice subi!

Il appartient aux spécialistes du droit et aux techniciens de l'assurance maritime de se pencher sur ces problèmes, car l'opinion publique ne pourrait admettre que le naufrage du *Torrey Canyon* soit un incident désagréable pour l'armateur, sans que les victimes puissent espérer réparation [4 et 8].

Le professeur de droit maritime de l'Université de Louvain, Robert DE SMET, a remarquablement mis en lumière les nom-

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

breux problèmes de droit et d'assurances maritimes soulevés à la suite de cet accident spectaculaire.

Mais l'objet de cette note est plutôt l'examen d'un aspect technique soulevé à propos de l'échouement du *Torrey Canyon*. En 1964, soit cinq ans après sa mise en ligne, les armateurs voulurent rendre ce pétrolier plus rentable en augmentant son port en lourd. Cette opération, appelée « jumboïsation », avait déjà été pratiquée sur d'autres tankers. On procédait de la façon suivante: la coque était coupée en deux vers le milieu de la longueur et l'on intercalait entre les parties avant et arrière un tronçon cylindrique de même largeur et de même creux que le navire primitif. La structure du navire était éventuellement renforcée pour résister aux moments de flexion plus élevés. Ainsi, on augmentait de moins de 50 % la capacité de certains pétroliers. La perte de vitesse était faible, bien qu'on eut conservé la même machine propulsive, car l'allongement d'un navire a pour effet de diminuer la résistance par tonne de déplacement.

Cette opération était payante et plus d'un armateur y eut recours lorsqu'il se sentait dépassé par la concurrence de navires de capacité toujours croissante. C'est ce que décidèrent les propriétaires du *Torrey Canyon*; cependant, pour la première fois, l'accroissement de la capacité fut porté au delà de 50 % par une transformation encore plus audacieuse. Non seulement la longueur, mais aussi la largeur, le creux et le tirant d'eau furent augmentés, et cela, de la façon suivante.

Le navire fut conduit le 7 décembre 1964 à Sasebo, au Japon, où il entra en cale sèche pour être coupé en deux [2]. Seule la partie arrière, comportant la salle des machines, était conservée; elle mesurait environ 25 % de la longueur primitive. Depuis le mois de septembre 1964, un nouvel avant plus long, plus large et plus profond que la partie sacrifiée était en construction dans une cale voisine. A la fin février 1965, lorsque le nouvel avant fut achevé, on introduisit l'ancienne partie arrière dans la deuxième cale pour opérer la jonction. Lorsque cette opération fut terminée, le *Torrey Canyon* agrandi fut amarré le long d'un quai en couple à la partie ancienne. La superstructure centrale avec passerelle de commandement fut ripée de l'ancienne coque sur la nouvelle pour y être fixée par rivure et soudure (*fig. 1*). Le

rajeunissement était achevé fin mars et le navire quitta Sasebo le 10 avril 1965 [1].

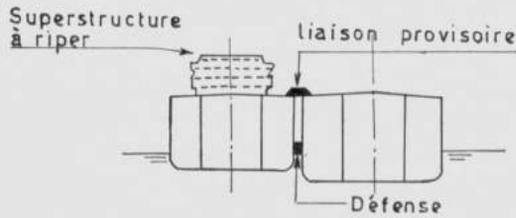


FIG. 1. — Ripage de la superstructure de l'ancienne coque sur le bateau jumboisé.

Cette conversion fut considérée comme une réussite. Le tableau 1 ci-dessous donne une idée de son importance et la fig. 2 reproduit schématiquement le plan du navire avant et après la transformation [5].

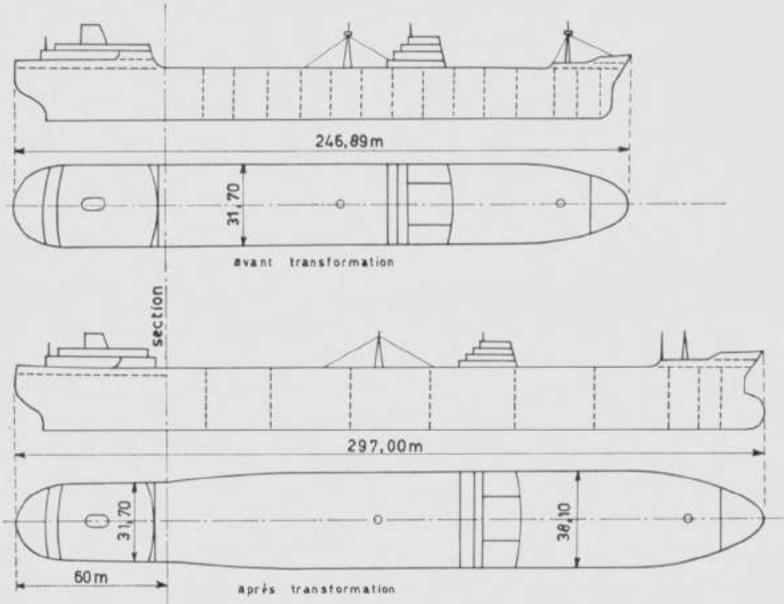


FIG. 2. — Le *Torrey Canyon* avant et après sa jumboïsation.

TABLEAU I. — Dimensions du *Torrey Canyon*

	primitif	transformé
Longueur hors tout, m	246,89	297,00
Largeur hors membrures, m	31,70	38,10
Creux de côté, m	18,29	20,88
Tirant d'eau, m	13,75	15,57
Tonnage brut B.R.T.	38 562,00	61 263,00
Port en lourd t.d.w.	66 883,00	118 285,00

La machine de propulsion, une turbine à vapeur de 25 000 che, était conservée, alors que la capacité de chargement augmentait de 80 %. La perte de vitesse résultant de la transformation était seulement d'un nœud; la vitesse passait de 17,7 à 16,7 nœuds, malgré l'augmentation importante du déplacement. Les courbes de puissance, de vitesse de rotation de l'hélice et du recul, en fonction de la vitesse de navigation, sont données à la *fig. 3*.

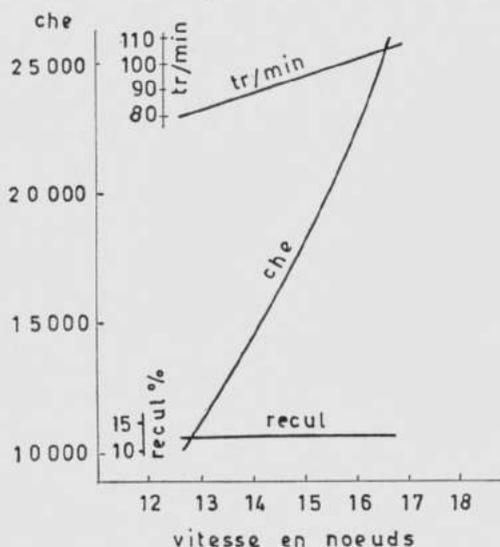


FIG. 3. — Courbes de fonctionnement du *Torrey Canyon* après transformation.

Cette jumboisation avait, en effet, été menée de main de maître. Les formes nouvelles des œuvres vives avaient été raccordées par des lignes continues à celles de la partie ancienne; les œuvres mortes, au-dessus de la flottaison, présentaient un élargissement

progressif de 6,40 m de l'arrière vers l'avant, sur une longueur de près de cinquante mètres.

Le creux du navire étant plus grand, le pont de la nouvelle partie a été raccordé au premier pont de la superstructure arrière. Une partie de l'ancien pont a été renforcée par des tôles de plus forte épaisseur; de même, à l'endroit du raccord, une partie de l'ancienne muraille a été remplacée par des virures d'échantillonnage plus fort [1].

Le tirant d'eau ayant été majoré, les porques de la salle des machines ont été renforcées; en outre, les portes en bois des locaux du premier pont ont fait place à des portes en acier et l'axe en bronze des hublots a été remplacé par un axe en acier inoxydable [5].

Après ces modifications, le navire obtint la classe la plus élevée, 100 .A.1, les transformations ayant été considérées comme réparations.

Du point de vue de la solidité du bateau, c'était d'ailleurs tout à fait légitime. En effet, ainsi que le témoigne la photo prise le lendemain de l'accident (*fig. 4*), dans son ensemble, la coque avait très bien résisté au terrible choc de l'échouement et, malgré l'affaiblissement du fond suite aux déchirures, elle ne présentait pas de flexion. Cependant, l'avant était échoué sur les rochers, alors que l'arrière flottait. Le jeu des marées engendrait ainsi des fatigues alternées très élevées dans les éléments du pont et du fond, par suite des moments fléchissants énormes corrélatifs à une pareille position.

La situation s'aggrava encore le 21 au matin lorsqu'une violente explosion souffla la salle des machines, provoquant de graves avaries à la carène. L'eau envahit l'arrière du navire qui s'enfonça de plus en plus dans la mer. Le 27 au matin, la coque se brisa en deux morceaux, vers le milieu de la longueur, donc loin de la jonction de la partie ancienne à la partie nouvelle, comme on peut le constater sur la photo (*fig. 5*).

Ni la coque, ni la machine ne sont à incriminer séparément, mais c'est la maniabilité et la vitesse d'un pareil navire qui sont en cause.

Si la perte de vitesse était d'un nœud seulement, cela provenait de deux facteurs qui jouaient favorablement lorsque le tanker avançait.



FIG. 5. — Photo du tanker brisé en deux, prise le 27 mars 1967.

1. En allongeant le navire, on réduit la résistance par tonne de déplacement;

2. Le nouvel avant a été muni d'un bulbe important, alors que l'ancienne coque n'en possédait pas; ce bulbe procure un gain de vitesse de 0,5 nœuds environ, car il augmente le sillage de l'eau à l'arrière, ce qui constitue un gain pour le fonctionnement de l'hélice, sans provoquer un supplément appréciable de résistance à l'avancement.

Mais la jumboïsation d'un navire ne présente pas que des avantages; elle diminue les aptitudes manœuvrières. L'allongement réduit certes, aussi peu que possible, la vitesse en marche avant; il n'améliore pas, en revanche, la marche arrière.

La jumboïsation ayant eu pour effet, dans le cas du *Torrey Canyon*, d'augmenter le port en lourd de 80 %, sa force vive en marche, à pleine vitesse, était accrue d'autant.

Pour briser son erre, le navire ne peut compter que sur son hélice battant en marche arrière; alors que la capacité de chargement était portée de 66 883 t.d.w. à 118 285 t.d.w., l'appareil

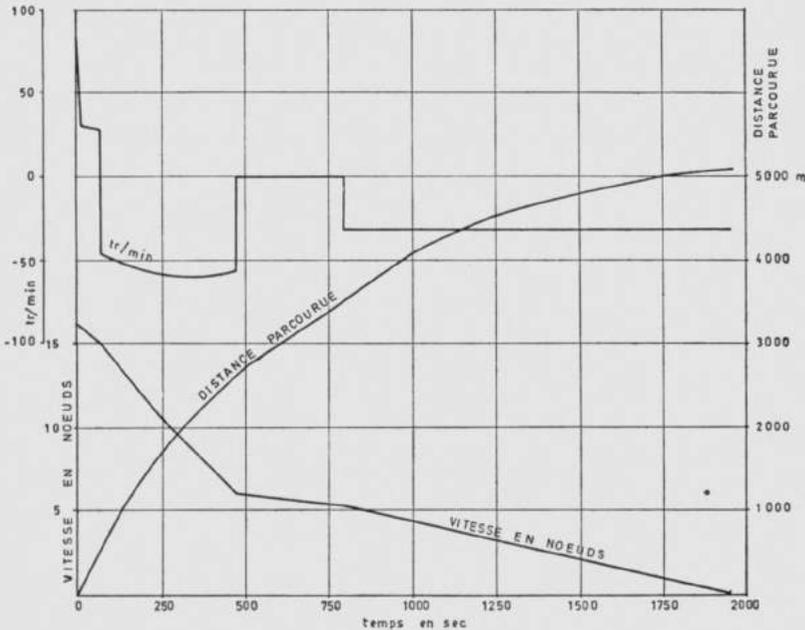


FIG. 6. — Courbes caractéristiques du stoppage d'un tanker de 100 000 t.d.w., en circonstances normales.

moteur, donc la puissance de freinage, restait inchangé. En cas de survenance d'un péril imminent, l'arrêt d'une unité jumboisée exige encore une longue distance à parcourir après le début de la manœuvre.

Pour donner une idée de la longueur nécessaire pour l'arrêt d'un navire de grandes dimensions, nous reproduisons à la *fig. 6* le diagramme relatif à la manœuvre d'arrêt, en circonstances normales, d'un pétrolier de 100.000 t.d.w. propulsé à une vitesse de 16 nœuds par une turbine à vapeur de 28 000 ch actionnant une hélice à 4 pales fixes tournant à une vitesse de rotation de 85 tr/min à pleine puissance, en marche avant [7].

Les caractéristiques de ce navire sont reprises au *tableau II*.

TABLEAU II. — Caractéristiques d'un pétrolier classique de 100 000 t.d.w.

Longueur entre perpendiculaires	280,19 m
Largeur hors membrures	37,21 m
Tirant d'eau	14,84 m
Déplacement	124 042 m ³
Coefficient de finesse	0,8016
Coefficient du maître couple	0,9897
Coefficient prismatique	0,8099

La manœuvre d'arrêt comporte les phases suivantes:

1. Réduction de la vitesse de rotation de 85 à 30 tr/min; la machine tourne pendant 60 s environ à ce régime. La vitesse tombe de 16 à 15 nœuds;

2. On admet la vapeur dans les étages de marche arrière de la turbine; l'hélice ralentit, stoppe, puis bat en marche arrière à une vitesse de rotation de 50 tr/min. Cette manœuvre dure environ 7 minutes et, pendant ce temps, la vitesse tombe de 15 à 6 nœuds;

3. On stoppe la machine pendant 5 minutes environ. Le navire avance sur son erre et sa vitesse décroît lentement. Pendant ce temps, les remorqueurs prennent le câble passé par le navire; cette manœuvre dangereuse s'effectue lorsque l'hélice est à l'arrêt, de crainte de mettre en situation difficile les remorqueurs qui guideront le navire et l'assisteront lors de l'accostage;

4. L'hélice bat en marche arrière à une vitesse de rotation de 30 tr/min et freine le navire jusqu'à l'arrêt complet. Cette phase

de 20 minutes. Pendant ce temps, les remorqueurs accompagnent le navire et l'assistent seulement pour la direction.

La manœuvre décrite ci-dessus est semblable à ce qu'on réalise dans des conditions normales; elle dure 33 minutes et la distance parcourue depuis son commencement est de 5 100 mètres.

En cas de détresse, on peut admettre que le capitaine veuille agir plus précipitamment et mettre immédiatement la machine en marche arrière à pleine puissance. L'arrêt pourra se faire plus rapidement, mais il s'agit d'une manœuvre d'urgence qui n'est pas recommandable en circonstances normales.

Le diagramme relatif à cette manœuvre pour le même navire est reproduit à la fig. 7. Dans ces conditions, la durée de manœuvre est de 13 minutes et la distance parcourue de 2 900 m. Il y a lieu de noter qu'en marche arrière la turbine développe un couple plus faible qu'en marche avant et que le propulseur atteint une vitesse de rotation de 55 tr/min environ, contre 85 tr/min pour la marche avant [7].

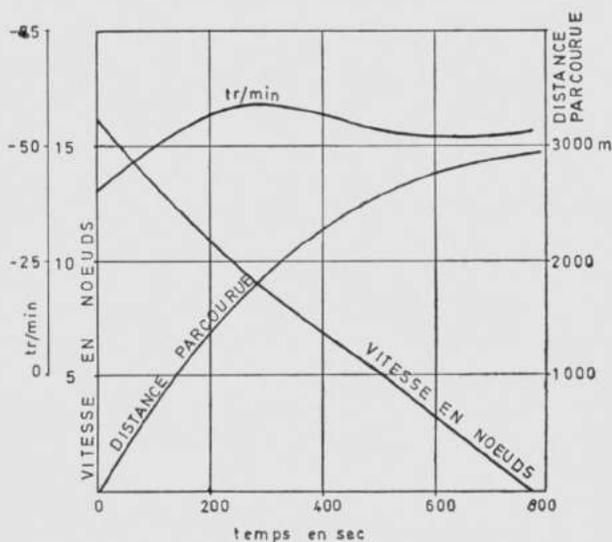


FIG. 7. — Courbes caractéristiques du stoppage d'un tanker de 100 000 t.d.w., en cas de détresse.

Ces deux diagrammes, établis par essais sur modèle au bassin de carènes de Wageningen, se rapportaient au tanker de 100 000 t.d.w. décrit ci-avant. Le *Torrey Canyon* avait un capacité de

118 289 t.d.w., une vitesse de 16,7 nœuds et la puissance de ses machines n'était que de 25 000 ch. Compte tenu de la différence de tonnage, de vitesse et de puissance des deux navires, un calcul comparatif donne comme distance d'arrêt pour le *Torrey Canyon* 7 500 m, en circonstances normales, et 4 250 m, en manœuvre de détresse. Les longues distances exigées pour stopper un bateau jumboisé montrent combien de précautions s'avèrent nécessaires pour admettre la navigation de pareilles unités dans les zones très fréquentées et proches des côtes habitées.

Actuellement, on se trouve en période d'augmentation du tonnage unitaire des pétroliers. Le *tableau III* repris ci-dessous en fait foi [6].

Il s'agit d'un mouvement irréversible et l'on conçoit que les propriétaires de tankers jaugeant moins de 85 000 t.d.w. soient tentés d'augmenter la capacité de leurs navires par jumboisation.

Dès lors, l'utilisation de ces unités requiert la plus grande prudence et postule le renforcement des mesures de sécurité relatives aux règles de route.

Une organisation intergouvernementale a suggéré, notamment, de faire réduire la vitesse des grands pétroliers à l'approche des côtes dans les zones où règne une intense circulation de navires — c'est le cas de la Manche et de la mer du Nord — de réserver certains couloirs de navigation à ces unités et de leur en interdire d'autres, de créer des stations radar côtières qui guideraient obligatoirement les grands navires dès leur entrée dans le secteur à protéger jusqu'à leur destination. D'autres recommandations se rapportent à l'installation et au contrôle à bord d'auxiliaires de navigation supplémentaires et à la formation particulière à donner au personnel de pont [3].

On préconise, notamment, d'imposer une surveillance continue de la mer pendant la route; on sait, en effet, que, lors de l'accident survenu au *Torrey Canyon*, la navigation se faisait au moyen d'un pilote automatique et que des doutes ont été émis au sujet de l'attention avec laquelle le trajet du navire aurait été contrôlé pendant la marche dans les parages dangereux de la pointe des Cornouailles.

Certains couloirs de navigation, déconseillés pour les cargos, devraient être interdits pour les bateaux dépassant un tonnage, à déterminer dans chaque cas, et pour ceux qui ont été jumboisés.

TABLEAU III. — Evolution de la flotte pétrolière mondiale

	1956		1960		1964		1967		En construct.	1967 + constr.	
	t.d.w.*	%	t.d.w.*	%	t.d.w.*	%	t.d.w.*	%	t.d.w.*	t.d.w.*	%
— 25 000 t.d.w.	36,0	81,1	36,8	57,5	31,3	38,4	29,7	27,5	1,1	30,8	20,8
25 à 45 000 t.d.w.	8,0	18,0	21,6	33,8	25,4	31,1	25,0	23,2	0,4	25,4	17,2
45 à 65 000 t.d.w.	0,3	0,7	4,3	6,7	16,1	19,7	21,8	20,2	0,2	22,0	14,9
65 à 85 000 t.d.w.	—	—	0,5	0,8	4,8	5,9	14,9	13,8	1,7	16,6	11,2
85 à 105 000 t.d.w.	0,1	0,2	0,7	1,0	3,5	4,3	10,5	9,7	2,8	13,3	9,0
+ de 105 000 t.d.w.	—	—	0,1	0,2	0,5	0,6	6,0	5,6	33,8	39,8	26,9
Total	44,4	100	64,0	100	81,6	100	107,9	100	40,0	147,9	100

* Les tonnages sont donnés en 10⁶ t.d.w

Si pareille règle avait été en vigueur, l'échouement du *Torrey Canyon* aurait pu être évité. En effet, le navire qui venait du golfe Persique avait le choix entre deux routes pour se rendre à Milford Haven. Il pouvait contourner les îles Sorlingues par l'Ouest, ce qui allongeait le trajet de cinq milles, mais la route suivie était sûre; aucun inconvénient n'en pouvait résulter, d'autant plus que le navire était, paraît-il, en avance sur son horaire.

Le capitaine opta pour l'autre route qui passait entre le phare de *Seven Rocks* et les îles Sorlingues. Cette décision est difficilement compréhensible, car le capitaine s'était déjà rendu plusieurs fois à Milford Haven et, de plus, la visibilité était parfaite le jour de l'échouement. Or, la route choisie était déconseillée par les autorités anglaises, mais pas interdite, ce qui eut pour conséquence le heurt avec les rochers, la perte du navire avec sa cargaison et la pollution de la côte sud de l'Angleterre et, même, de quelques plages à la côte de France [4]. La navigation d'un bateau jumboisé dans un estuaire maritime à forte densité de trafic mériterait aussi d'être réglementée d'une façon particulièrement stricte, afin d'éviter tout risque inconsidéré. L'appareil à gouverner est généralement conservé lors de la transformation, si bien que la giration du navire, après modification, se fait moins aisément. L'entrée d'une pareille unité dans un estuaire devrait avoir lieu à vitesse réduite et avec l'aide de remorqueurs pour la guider et l'assister.

Il semble cependant préférable de faire accoster les navires de ce type et les supertankers dans des ports construits en bout de jetée ou du genre île artificielle. En effet, dans un estuaire, ces géants ralentissent le trafic des cargos et un accident semblable à celui du *Torrey Canyon* pourrait avoir des conséquences incalculables, qui ne seraient certainement pas en rapport avec l'économie des frais de transport.

Si l'on peut se réjouir de l'invention de moyens toujours plus économiques pour le transport des produits en provenance des pays du tiers monde, on est cependant en droit d'exiger que leur utilisation présente des conditions de sécurité suffisante pour que l'appât du gain des uns ne soit pas une cause de ruine pour d'autres.

Anderlecht, le 29 décembre 1968.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] 120 000 t.d.w. -Tanker aus Teilen eines 60 000 t.d.w.-Tankers (Hansa, Hambourg, 1965, n° 17, p. 1 617).
- [2] Le *Torrey Canyon* (*Sur l'eau*, Bruxelles, 1967, n° 468, p. 14 et 15).
- [3] IMCO* bijeen naar aanleiding van *Torrey Canyon* (*Schip en Werf*, Rotterdam, 1967, 34^e année, n° 10, p. 241).
- [4] DE SMET, R.: Le cas du *Torrey Canyon* (*Journal des tribunaux*, Bruxelles, 6 mai 1967, n° 4 573, p. 289 à 292).
- [5] — : Le cas du *Torrey Canyon* (*Journal des tribunaux*, 24 juin 1967, n° 4 580, p. 427).
- [6] HATRY, P.: Le pétrole après Suez (Texte dactylographié d'un exposé à l'Union des ingénieurs de Louvain, le 12 mai 1968).
- [7] HOOFT, J.-P. en VAN MANEN, J.-D. The effect of propeller type on the stopping abilities of large ships (*Transactions of the royal institution of naval architects*, Londres, 1968, vol. 110, p. 29 à 42).
- [8] LACOSTE, R.: Le naufrage du pétrolier géant *Torrey Canyon* pose avec acuité le problème de la pollution de la mer (*La Libre Belgique*, Bruxelles, 24 mars 1967, p. 1 et 3).

ADDENDUM

Cette étude était à peine rédigée, que les faits suivants ont été portés à notre connaissance.

1. Le tanker *Myrina* originalement prévu pour un tonnage de 140 000 t.d.w. a été allongé, alors qu'il était en cours de construction, de façon à porter sa capacité à 191 000 t.d.w.

2. Les statistiques publiées par le Lloyds Register of Shipping mentionnent 155 navires de 100 000 B.R.T. ou plus, en construction et en commande à la fin de l'année 1968; il s'agit de navires d'une capacité de chargement d'environ 200 000 t.d.w. ou davantage.

Un navire d'une capacité de 312 000 t.d.w. est actuellement en service et un de 370 000 t.d.w., en cours de construction.

Il existe des projets pour des navires dont la capacité de chargement est encore supérieure.

Il devient impérieux de prendre les mesures de sécurité qui s'imposent.

* IMCO = Intergouvernemental Maritime Consultative Organisation.

Séance du 28 mars 1969

La séance est ouverte par *M. I. de Magnée*, directeur.

Sont en outre présents: MM. F. Campus, E.-J. Devroey, P. Geulette, L. Jones, A. Lederer, R. Van Ganse, membres; MM. P. Bourgeois, J. Charlier, J. De Cuyper, P. Grosemans, F. Pietermaat, A. Rollet, associés; G. de Rosenbaum, correspondant, ainsi que M. M. Walraet, secrétaire des séances.

Absents et excusés: MM. P. Bartholomé, L. Brison, F. Bultot, L. Calembert, P. Evrard, R. Spronck, R. Vanderlinden, J. Verdeyen.

Communications administratives

- a) Nomination du Président pour 1969: voir p. 202.
- b) Modification des articles 5 et 6 (Elections) du Règlement général: voir p. 202.

Démission du Secrétaire des Séances

Voir p. 204.

M. I. de Magnée, directeur de la Classe s'associe, au nom de celle-ci, aux compliments ainsi adressés à *M. M. Walraet* et il met l'accent sur les regrets que suscite auprès de tous les Confrères, la cessation de ses fonctions de secrétaire des séances, qu'il assume depuis si longtemps (Applaudissements).

M. M. Walraet, secrétaire des séances sortant de charge, remercie très vivement *M. I. de Magnée*, directeur de la Classe, pour les sentiments qu'il a bien voulu lui manifester au nom de notre Compagnie.

Il dit son émotion d'avoir été obligé, pour des raisons indépendantes de sa volonté, à renoncer au mandat qu'il exerce depuis 1954. Il exprime néanmoins l'espoir de pouvoir encore, dans l'exercice de ses fonctions à la Bibliothèque royale Albert I^{er}, se rendre utile aux Confrères en quête de documentation.

Zitting van 28 maart 1969

De zitting wordt geopend door de *H. I. de Magnée*, directeur.

Zijn bovendien aanwezig: De HH. F. Campus, E.-J. Devroey, P. Geulette, L. Jones, A. Lederer, R. Van Ganse, leden; de HH. P. Bourgeois, J. Charlier, J. De Cuyper, P. Grosemans, F. Pietermaat, A. Rollet, geassocieerden; G. de Rosenbaum, correspondent, alsook de H. M. Walraet, secretaris der zittingen.

Afwezig en verontschuldigd: De HH. P. Bartholomé, L. Brisson, F. Bultot, L. Calembert, P. Evrard, R. Spronck, R. Vanderlinden, J. Verdeyen.

Administratieve mededelingen

- a) Benoeming van de voorzitter voor 1969: zie blz. 203.
- b) Wijziging van artikels 5 en 6 (verkiezingen) van het Algemeen Reglement: zie blz. 203.

Ontslag van de Secretaris der zittingen

Zie blz. 205.

De *H. I. de Magnée*, directeur der Klasse, sluit zich namens deze aan bij de aldus tot de H. M. Walraet gerichte gelukwensen en legt de nadruk op de spijt die alle Confraters vervult nu de Secretaris der Zittingen de functies neerlegt die hij reeds zo lang vervulde (Toejuichingen).

De *H. M. Walraet*, uittredend secretaris der zittingen, dankt zeer hartelijk de *H. de Magnée*, directeur der Klasse, voor de gevoelens die hij namens de Klasse heeft willen uitdrukken.

Hij zegt hoe ontroerd hij is door omstandigheden buiten zijn wil aan het mandaat te hebben moeten verzaken dat hij sinds 1954 uitoefent. Hij drukt echter de hoop uit, in zijn functie bij de Koninklijke Bibliotheek Albert I, nog zijn Confraters behulpzaam te kunnen zijn bij het opzoeken van documentatie.

Au cours de la même séance précitée de la Commission administrative, celle-ci a désigné M. *Pierre Staner*, membre titulaire de la Classe des Sciences naturelles et médicales pour reprendre les fonctions de secrétaire des séances de M. M. *Walraet*.

Le température du sol en région équatoriale africaine

La communication de M. *G.-L. Dupriez* intitulée comme ci-dessus qui a été présentée par M. *F. Bultot* lors de la séance du 31 janvier 1969 (voir p. 388) étant trop étendue pour être publiée dans le *Bull. des séances*, la Classe décide que ce travail fera objet d'un *mémoire in-8°*, MM. *P. Bourgeois* et *R. Van Ganse* étant respectivement deuxième et troisième rapporteurs.

Le concentrateur de Kamoto de la Gecomin

M. *J. De Cuyper* entretint ses Confrères de la nouvelle usine de concentration de Kamoto inaugurée en novembre 1968 et qui traite actuellement près de 6 000 t de minerai de cuivre par jour. Ces principales caractéristiques sont: la simplicité de son circuit de broyage (une seule étape en *cascade-mill*), la souplesse de son circuit de flottage et la suppression de la filtration des concentrés flottés, ceux-ci étant directement pompés vers les usines métallurgiques de Luilu (voir p. 432).

Avant-projet d'un port flottant pour navires citernes de 300 000 tdw

M. *A. Lederer* présente une étude de M. E. CUYPERS, intitulée comme ci-dessus et exposant que les dimensions des navires citernes ont subi, ces dernières années, une augmentation spectaculaire, ce qui a entraîné des investissements énormes pour l'adaptation des installations portuaires. Pour que les pays d'Outre-Mer puissent profiter également du transport bon marché de pétrole, il est proposé un port flottant en pleine mer pour pétroliers de 300 000 tdw. Un calcul approximatif montre que la rentabilité de l'installation est assurée dès que le trafic annuel atteint 6 navires de 150 000 tdw (voir p. 440).

Tijdens dezelfde voornoemde zitting van de Bestuurscommissie, heeft deze de H. *Pierre Staner*, titelvoerend lid der Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen, aangewezen om de functies van Secretairs der Zittingen van de H. M. *Walraet* over te nemen.

« Le température du sol en région équatoriale africaine »

Daar de mededeling van de H. G.-L. DUPRIEZ, getiteld als hierboven en die voorgelegd werd door de H. F. *Bultot* tijdens de zitting van 31 januari 1969 (zie blz. 389), te omvangrijk is om in de *Mededelingen der zittingen* gepubliceerd te worden, beslist de Klasse dat dit werk het voorwerp van een verhandeling in-8° zal uitmaken, waartoe de HH. P. *Bourgeois* en R. *Van Ganse* respectievelijk tweede en derde verslaggever zullen zijn.

« Le concentrateur de Kamoto de la Gecom in »

De H. J. *De Cuyper* onderhield zijn Confraters over de nieuwe ertsbewerkingsinstallatie te Kamoto die in november 1968 werd ingewijd. Deze installatie behandelt thans bijna 6 000 t kopererts per dag. De voornaamste kenmerken zijn: de vereenvoudiging van haar brekings*flow-sheet* (één enkele brekingstap in een *cascade-mill*), de soepelheid van haar flottatie *flow-sheet*, en het ontbreken van filters voor de flottatie-koncentraten, die rechtstreeks naar de metallurgische fabrieken te Luilu gepompt worden (zie blz. 432).

**« Avant-projet d'un port flottant pour navires
citernes de 300 000 tdw »**

De H. A. *Lederer* legt een studie voor van de H. E. CUYPERS getiteld als hierboven en waarin er op gewezen wordt dat de afmetingen van de tankschepen de laatste jaren een spectaculaire toename kenden. Dit brengt enorme investeringen mede van de aanpassing van de bestaande haveninstellingen. Opdat de overzeese gebieden eveneens zouden kunnen genieten van het goedkoop vervoer van olie, wordt een drijvende haven voorgesteld, in volle zee, voor tankschepen tot 300 000 tdw. Een benaderende berekening toont aan dat de rentabiliteit van de installatie verzekerd is zodra er jaarlijks 6 tankschepen van 150 000 tdw kunnen gelost worden (zie blz. 440).

M. A. Lederer répond ensuite à une question que lui pose M. F. Pietermaat.

Relations ARSOM - O.N.R.D.

Au cours de sa séance du 28.1.69, la Classe des Sciences naturelles et médicales, a entendu une communication du R.P. A. Bouillon, correspondant de ladite Classe, proposant une collaboration entre l'ARSOM et l'*Office national de la Recherche et du Développement* créé au Congo, Kinshasa en 1967 (voir p. 298).

Cette communication concernant en ordre principal la Classe des Sciences naturelles et médicales, il a été écrit au R.P. A. Bouillon pour solliciter de sa part qu'un organe représentatif de l'*Office National de la Recherche et du Développement* (O.N.R.D.) invite l'ARSOM à établir des liens avec l'O.N.R.D.

Le *Secrétaire perpétuel* informe la Classe de l'accusé de réception, en date du 8.3.1969 que lui a fait parvenir le R.P. A. Bouillon.

Symposium sur les volcans

L'ARSOM a été informée qu'un symposium sur les volcans et leurs racines se tiendra à Oxford (Angleterre), du 7 au 13 septembre 1969.

Toutes informations peuvent être obtenues au secrétariat de l'ARSOM.

Prix Haile Selassie

Voir p. 208.

Concours annuel 1971

La Classe décide de consacrer la cinquième question du concours annuel pour 1971 à l'hydraulique ou l'hydrologie et la sixième aux problèmes d'urbanisation dans un pays en voie de développement.

MM. J. Charlier et A. Lederer d'une part, ainsi que MM. F. Campus et E.-J. Devroey, d'autre part, sont désignés pour rédiger les textes desdites questions.

De H. A. Lederer beantwoordt vervolgens de vragen die hem gesteld worden door de H. F. Pietermaat.

Betrekkingen K.A.O.W. - O.N.R.D.

Tijdens haar zitting van 28.1.69 heeft de Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen een Mededeling gehoord van E.P. A. Bouillon correspondent van betrokken Klasse, waarin een samenwerking voorgesteld wordt tussen de K.A.O.W. en de „Office National de la Recherche et du Développement” opgericht in Congo in 1967 (zie blz. 298).

Daar deze Mededeling zich hoofdzakelijk tot de Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen richtte, werd aan E.P. A. Bouillon geschreven om van hem te bekomen dat een representatieve instantie van de O.N.R.D. de K.A.O.W. zou uitnodigen betrekkingen met de O.N.R.D. aan te knopen.

De *Vaste Secretaris* brengt de Klasse op de hoogte van het antwoord dat E.P. A. Bouillon liet geworden dd. 8.3.1969.

Symposium over de vulkanen

De K.A.O.W. werd er over ingelicht dat een symposium over de vulkanen en hun bronnen zal gehouden worden te Oxford (Engeland) van 7 tot 13 september 1969. Alle inlichtingen kunnen bekomen worden op de Secretarie der K.A.O.W.

Haile Selassie-Prijs

Zie blz. 209.

Jaarlijkse wedstrijd 1971

De Klasse beslist de vijfde vraag van de jaarlijkse wedstrijd voor 1971 te wijden aan de hydraulica of de hydrologie en de zesde aan de vraagstukken der urbanisatie in de ontwikkelingslanden.

De HH. J. Charlier en A. Lederer, enerzijds, evenals de HH. F. Campus en E.-J. Devroey, anderzijds, worden aangewezen om de tekst van deze vragen op te stellen.

Comité secret

a) Le *Président* souhaite la bienvenue à M. L. Jones, nouveau membre titulaire qui assiste pour la première fois au comité secret.

b) Les membres honoraires et titulaires, réunis en comité secret, sont informés que M. P. Fierens, correspondant, a établi définitivement sa résidence en Belgique. Cela étant, il est décidé de le nommer associé.

Ils prennent acte ensuite d'une candidature à une place vacante d'associé. Puis, ils désignent M. L. Tison, qui a accepté, comme représentant de la Classe au sein de la Commission administrative, en remplacement de M. M. van de Putte, décédé.

Enfin, et à l'appui d'une note qui leur avait été transmise au préalable, ils échangent leurs vues sur les desiderata dont il y aurait lieu de s'inspirer pour la cooptation de futurs candidats aux places vacantes.

La séance est levée à 16 h.

Geheim comité

a) De *Voorzitter* begroet de *H. L. Jones*, nieuw titelvoerend lid, die voor het eerst aan het geheim comité deelneemt.

b) De ere- en titelvoerende leden, vergaderd in geheim comité, worden er over ingelicht dat de *H. P. Fierens*, correspondent, zich definitief in België vestigde. Gelet op dit feit wordt besloten hem tot geassocieerde te benoemen.

Zij nemen vervolgens nota van een kandidatuur voor een openstaande plaats van geassocieerde.

Vervolgens wijzen zij de *H. L. Tison*, die aanvaardt, aan als vertegenwoordiger van de Klasse in de schoot der Bestuurscommissie, in vervanging van wijlen de *H. M. van de Putte*.

Tenslotte, en voorgelicht door een nota die hen vooraf werd overgemaakt, wisselen zij van gedachten over de desiderata die als richtlijn moeten dienen voor het coöpteren van toekomstige kandidaten voor de openstaande plaatsen.

De zitting wordt gesloten te 16 h.

J. De Cuyper. — La nouvelle usine de concentration de minerais de cuivre de la GECOMIN à Kamoto *

SAMENVATTING

De nieuwe ertsbewerkingsinstallatie te Kamoto werd in november 1968 ingewijd. Deze installatie behandelt thans bijna 6 000 t kopererts per dag.

De voornaamste kenmerken die haar onderscheiden van de andere installaties, waar dergelijke ertsen behandeld worden, zijn:

1. De vereenvoudiging van haar brekings*flow-sheet* (één enkele brekingsstap in een *cascade-mill*);
2. De soepelheid van haar flottatie *flow-sheet*;
3. Het ontbreken van filters voor de flottatie-concentraten, die rechtstreeks naar de metallurgische fabrieken te Luilu gepompt worden.

« Cette usine, témoignage du dynamisme de l'industrie congolaise, a été solennellement inaugurée le 14 novembre 1968 par S.E. le lieutenant général Joseph Désiré MOBUTU, président de la République démocratique du Congo ». Voilà ce qu'une fort belle plaque commémorative rappelle au visiteur à l'entrée de l'usine.

Loin de vouloir être une analyse exhaustive du nouveau concentrateur, la présente note se limite à en fournir une description sommaire et à en dégager quelques caractéristiques essentielles, qui ont retenu l'attention de l'auteur au cours de la visite qu'il eut l'occasion d'y faire.

Dans son stade actuel, le concentrateur traite de l'ordre de 5 500 tonnes de minerai par jour, en provenance de la mine de Kamoto. Il permet ainsi à la Générale Congolaise des Minerais de franchir une nouvelle étape en vue d'augmenter sa production de cuivre.

Le minerai alimenté est du type « mixte », c'est-à-dire, qu'il renferme le cuivre à la fois sous forme de sulfure (chalcosine

* République démocratique du Congo-Kinshasa.

Cu₂S) et de minéraux oxydés (principalement malachite CuCO₃ Cu(OH)₂). Son traitement comprend deux étapes:

1. Concentration par flottation différentielle des sulfures et des oxydes, directement à l'aide de xanthate pour les premiers, après sulfuration par du sulfhydrate de soude pour les seconds;
2. Traitement hydrométallurgique des concentrés (lixiviation sulfurique et électrolyse), directement pour les concentrés oxydés, après grillage sulfatant pour les concentrés sulfurés.

Seule la première partie du traitement est concernée ici. La méthode, déjà appliquée avec succès aux concentrateurs de Kolwezi et de Kambove, respectivement depuis environ quinze et dix ans, fait l'objet de publications [1, 2]*. Nous ne reviendrons donc plus sur tous les détails du *flow-sheet* désormais classique, mais nous nous attacherons plutôt à mettre en évidence les innovations qui ont été introduites par rapport aux *flow-sheets* antérieurs.

I. Libération avant concentration

La libération des minéraux utiles cuprifères et cobaltifères avant leur concentration par flottation nécessitait aux concentrateurs de Kolwezi et de Kambove une fragmentation du minerai brut jusqu'à environ 75 % - 200 mailles. Pareille exigence se retrouve à Kamoto, mais le nombre d'étapes successives de broyage permettant d'y satisfaire est réduit de cinq à deux.

La première étape n'a pas été modifiée: elle consiste en un concassage à — 150 mm à l'aide d'un concasseur à mâchoires Arbed CMR 180.

La seconde étape comporte deux broyeurs autogènes « *cascade mill* » Hardinge de 28' x 10', disposés en parallèle et recevant donc chacun la moitié du tonnage de minerai alimenté à l'usine. Cette étape remplace par conséquent les quatre étapes traditionnelles utilisées à Kolwezi et à Kambove: deux de broyage à sec en broyeurs à cône et deux de broyage humide en broyeurs à barres et à boulets.

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

Chacun des broyeurs cascade est commandé par deux moteurs de 1750 CV et tourne à une vitesse de 10 tours/minute, soit à environ 70 % de la vitesse critique.

Le broyage y est entièrement autogène, c'est-à-dire que la charge broyante est constituée par le minerai lui-même tel qu'il arrive du concasseur primaire, sans apport de corps broyants étrangers.

Dans le but de régulariser la granulométrie de l'alimentation des broyeurs cascade et en particulier la proportion de gros morceaux, il est tiré parti des phénomènes de ségrégation qui se produisent naturellement lors du stockage du minerai venant du concasseur: la reprise du stock se fait, pour chacune des deux lignes de broyage, en six points judicieusement choisis, à l'aide de six extracteurs Dositra RFB de 1 m x 3,10 m alimentant un transporteur à courroie de 1,20 m de largeur.

La densité de la pulpe à l'intérieur des broyeurs cascade est d'environ 1,6 kg/dm³. Le revêtement est en Ni-Hard. La décharge de la pulpe broyée se fait par une grille à ouvertures de 10 mm. Un trommel à ouvertures de 3 mm disposé dans le tourillon de sortie renvoie ensuite le (+3 -10 mm) au broyeur.

Chaque broyeur cascade fonctionne en circuit fermé avec une batterie de cyclones Krebs D15B de vortex 5 1/4" et d'apex 3-3 1/2". L'alimentation des cyclones est réglée par une pompe Hydroseal 14" x 12" à vitesse variable. La charge circulante est faible: 150 à 200 % maximum.

La surverse des cyclones, produit final du broyage, contient de 30 à 35 % solides. La granulométrie de ceux-ci se présente comme suit:

- 1 à 5 % + 65 mailles
- 5 à 10 % + 100 mailles
- 25 à 35 % + 200 mailles
- 40 à 55 % + 400 mailles
- 70 % + 12 microns

L'exploitant se montre très satisfait de la marche du broyage, malgré certaines passes de minerai de granulométrie peu favorable à un broyage autogène intégral. L'expérience de quelques mois de fonctionnement des broyeurs cascade de Kamoto confirme donc l'intérêt attendu de ce procédé. La charge de minerai à l'intérieur du broyeur se stabilise à un niveau dépendant du

travail de fragmentation à fournir, de sorte qu'on peut envisager une consommation spécifique constante en kW/tonne et, dans une large mesure, indépendante du débit.

Le broyage autogène intégral de Kamoto semble donc un réel succès. Il n'a pas dû jusqu'ici être fait appel à l'étage complémentaire de broyage dans un broyeur à boulets conventionnel prévu comme réserve. Ce dernier peut d'ailleurs aussi servir de second étage au rebroyage de certains produits de la concentration.

II. Concentration

Les machines de flottage installées à Kamoto se subdivisent comme suit:

- 8 machines ébaucheuses à 24 cellules;
- 8 machines finisseuses à 8 cellules;
- 4 machines refnisseuses à 4 cellules;
- 4 machines de retraitement à 24 cellules.

Toutes sont de type Fagergren, soit à double déversoir pour l'ébauchage et le retraitement, soit à simple déversoir pour les finissage et refinissage.

Un circuit de flottation extrêmement souple a été prévu, pouvant s'adapter non seulement à des minerais mixtes présentant par ailleurs des proportions de cuivre sous forme oxydée variant de 10 à 50 % ainsi que divers degrés de dissémination, mais aussi à des minerais uniquement sulfurés. Ainsi, par exemple, à l'ébauchage des sulfures, on pourra utiliser soit les 12 premières cellules, soit la totalité des 24 cellules des machines ébaucheuses. Il en va de même pour les machines servant au retraitement.

La souplesse du circuit face aux variations du taux de dissémination de la minéralisation se marque surtout aux diverses possibilités qu'il offre pour le flottage des oxydes, où il faut en effet veiller à écarter le plus possible les sulfures des concentrés oxydés, ceux-ci étant traités ultérieurement par lixiviation sulfurique. Il sera ainsi possible de choisir entre le rebroyage des concentrés ébauchés oxydes avant finissage ou leur envoi direct au finissage, seuls les rejets de celui-ci étant dans cette dernière alternative soumis au rebroyage.

Comparons à présent le *flow-sheet* du flottage de Kamoto à celui des usines plus anciennes.

a) *Flottage des sulfures (figure 1)*

Deux innovations retiennent surtout l'attention:

- Extension du rebroyage à la totalité du concentré ébauché;
- Introduction d'un refinissage.

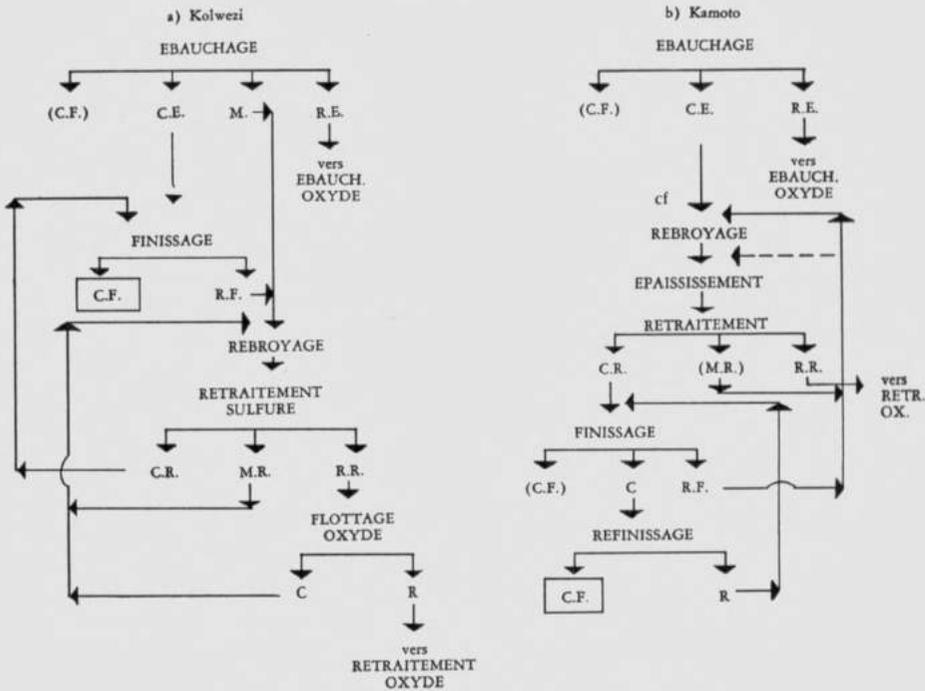


Fig. 1. — *Flow-sheet* schématique du flottage des sulfures.

Ces innovations répondent à une dissémination plus forte des sulfures dans le minerai.

b) *Flottage des oxydes (figure 2)*

Ici également on notera l'adaptation du *flow-sheet* au traitement de minerais très disséminés et le souci constant d'éviter à la fois des pertes de cuivre oxydé par surbroyage de ce dernier et le passage de cuivre sulfuré dans les concentrés oxydes.

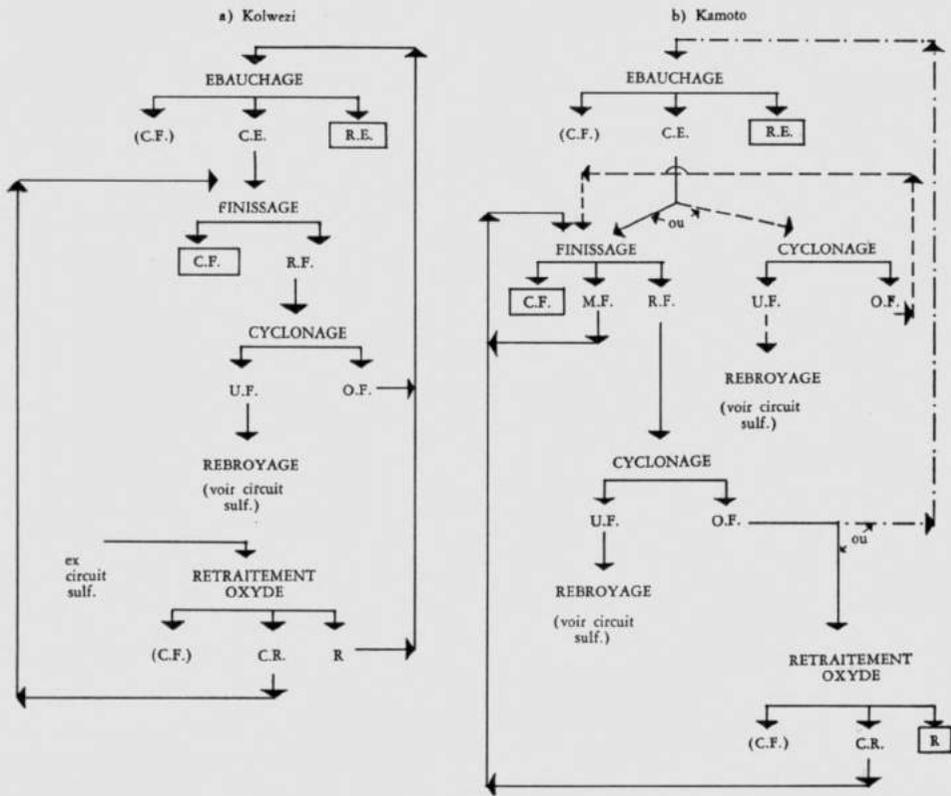


Fig. 2. — *Flow-sheet* schématique du flottage des oxydes

Les réactifs utilisés à Kamoto ne diffèrent guère de ceux des autres usines traitant des minerais mixtes. Du lait de chaux et de l'éthylxanthate de sodium sont ajoutés au broyeur cascade en vue du flottage des sulfures dont le pH est réglé à 9,2. L'Aerofroth 77 et le triéthoxybutane sont utilisés comme mousseux. Au flottage des oxydes, l'agent sulfurant est le sulfhydrate de soude et le collecteur de l'amylxanthate de potassium; de plus, on y ajoute comme à Kolwezi et à Kambove, de l'acide créylique comme mousseux ainsi qu'une émulsion à base de gasoil, d'initol, d'huile de pin et de carbonate de soude.

Les débits de réactifs sont contrôlés par débitmètres et réglés proportionnellement au tonnage alimenté. Des additions étagées sont prévues le long des machines.

Le circuit de rebroyage comprend un broyeur à boulets Marcy de 10'18" x 16' en circuit fermé avec une batterie de cyclones Krebs D 15 B. Cette installation est doublée et permet donc de réaliser le rebroyage en deux étages s'il le fallait ou, comme mentionné plus haut, d'achever éventuellement le broyage effectué dans le broyeur cascade.

L'épaississement des surverses des cyclones du circuit de rebroyage est effectué dans deux décanteurs Fraser-Chalmers de 45 m de diamètre.

III. *Evacuation des concentrés*

Contrairement à ce qui se fait à Kolwezi et à Kambove, les concentrés sulfures et oxydes de Kamoto ne sont pas filtrés, mais envoyés directement par deux tuyauteries de 18 cm de diamètre vers l'usine hydrométallurgique de Luilu distante d'environ 7 km. Deux groupes de deux pompes Hydroseal B de 6" x 6" en série assurant ce transport. La densité de la pulpe est variable: 1,050 à 1,125 kg/dm³.

Aucune difficulté n'a été rencontrée à l'occasion de ce pompage qui donne entière satisfaction à l'exploitant. Il s'agit là d'une expérience intéressante susceptible d'être étendue plus tard à d'autres installations et sur de plus grandes distances.

Aux innovations et améliorations diverses d'ordre minéralurgique rencontrées à Kamoto, il faut encore ajouter son abondante instrumentation de mesure, de contrôle et parfois même de régulation de nombreux paramètres intervenant dans le processus: poids de matières solides, débits de liquides et de pulpes, densités de pulpes, pH, températures, pressions, niveaux, puissances, vitesses, analyse en continu des rejets et concentrés de l'usine pour cuivre total, etc.

La plupart de ces données sont transmises au dispatching central, cerveau de l'usine, d'où de nombreux appareils sont télécommandés.

Le concentrateur de Kamoto constitue certes un investissement important marquant une étape nouvelle dans le développement de l'activité industrielle de la Gecomina.

IV. Remerciements

L'auteur tient à remercier la Direction de la Gecom in pour l'accueil qu'il a reçu lors de sa récente visite à ses installations. Il la remercie spécialement de l'avoir autorisé à faire un compte rendu de sa visite au concentrateur de Kamoto à la Classe des Sciences techniques de l'Académie royale des Sciences d'Outre-Mer.

31 mars 1969.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Anonyme: Kolwezi mill concentrates three types of copper-cobalt bearing ores (*World Mining*, February 1957, p. 46-49).
- [2] SAQUET, J.-J., APRAXINE, V., LAKAYE, J. and TROCH, P.: Kolwezi mining and metallurgical operations of Union Minière du Haut-Katanga (*Mining Engineering*, December 1962, p. 71-81).

E. Cuypers. — Avant-projet d'un port flottant pour navires citernes de 300 000 tdw.

(Note présentée par M. A. Lederer)

SAMENVATTING

De afmetingen van de tankschepen kenden de laatste jaren een spectaculaire toename, welke nog steeds voortduurt.

Inderdaad, de kostprijs van het vervoer vermindert, wanneer de tonne-
maat der schepen toeneemt.

De grote meerderheid van de op dit ogenblik in aanbouw zijnde tankschepen heeft een draagvermogen van meer dan 200 000 tdw en een diepgang van meer dan 18,00 m.

Daar de investeringen, vereist voor de aanpassing van de bestaande haveninstallaties enorme uitgaven vergen, kunnen deze slechts verricht worden door een beperkt aantal havens, meestal in Europa of Japan gelegen.

Opdat de Overzeese gebieden eveneens zouden kunnen genieten van het goedkoop vervoer van olie bij middel van grote tankers, stelt de auteur een drijvende haven voor, in volle zee, voor tankschepen tot 300 000 tdw.

Een benaderende berekening, gebaseerd op een afstand van 10 500 km tussen de laad- en loshavens, toont aan dat de rendabiliteit van de installatie verzekerd is zodra er jaarlijks 6 tankschepen van 150 000 tdw kunnen gelost worden.

I. Introduction

Il est bien connu que le fret maritime du pétrole diminue lorsque le tonnage des navires augmente.

Le *tableau I* reproduit quelques chiffres donnés à titre indicatif [5]*.

D'autre part, du point de vue constructif, il semble qu'actuellement il n'y ait pas de limite sérieuse aux dimensions d'un navire.

Aussi, on constate que les dernières années la capacité des navires pétroliers augmente rapidement.

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

En 1954, le plus grand pétrolier au monde avait un port en lourd de 45 000 tdw.

En 1969, la Gulf Oil utilise, pour l'approvisionnement de l'Europe, des pétroliers de 312 000 tdw.

Un navire de 370 000 tdw est en construction pour le compte de la Tokyo Tanker Cy.

Cette évolution pose de grands problèmes pour les ports dans le monde entier; aucun, pour le moment, ne peut recevoir des pétroliers de plus de 200 000 tdw, dont le tirant d'eau à pleine charge est de plus de 18,00 m.

Cependant, dans deux ans, il y aura environ 200 navires d'une capacité supérieure à 200 000 tdw, qui assureront alors la plus grande partie du transport de pétrole dans le monde.

TABLEAU I. — Prix du transport maritime de pétrole, d'après HUBBART

Port en lourd du navire (tdw)	Prix par 1 000 tkm (FB)
10 000	36
20 000	22
30 000	18
50 000	14
70 000	11
100 000	9
150 000	8

Il est probable que le déchargement de ces unités sera concentré dans un nombre limité de ports, situés principalement en Europe, comme Rotterdam et Le Havre. A partir de ces points, les raffineries, se trouvant souvent près des centres de consommation, seront alimentées par oléoduc ou par bateau d'intérieur.

En effet, les frais d'adaptation des ports sont énormes et s'élèvent à des milliards et même des dizaines de milliards de FB.

Pour la Belgique, il existe entre autres 2 projets de port pétrolier pour navires de 240 000 tdw, prévoyant des postes d'accostage à Zeebrugge ou en pleine mer. Les auteurs en estiment le coût, rien que pour les travaux de génie civil, à 21 et à 6 milliards de FB respectivement.

Dans ces conditions, il est à craindre que, dans beaucoup de pays d'Outre-Mer, il ne sera pas possible avant longtemps d'effectuer les investissements permettant le déchargement des grands pétroliers.

Toutefois, dans certains pays, il paraît possible de résoudre le problème au moyen d'un port flottant en pleine mer, relié éventuellement à terre par un oléoduc sous-marin.

II. *Considérations générales*

Lorsqu'on compare un port flottant à un port fixe, ce sont surtout les inconvénients du premier qu'on met en évidence, à savoir:

- Le manque de protection offerte aux navires contre la houle et les courants;
- Le danger des manœuvres d'accostage;
- Le problème de l'ancrage et du raccordement à l'éventuel oléoduc sous-marin;
- La protection contre la corrosion et le carénage de l'installation.

D'autre part, un port flottant possède 3 grands avantages.

a) *Prix réduit*

Le prix de l'installation proposée ci-après est de 900 millions de FB, ce qui permet un amortissement rapide du capital investi, même dans le cas d'un faible trafic de pétrole.

b) *Suppression des travaux de dragage*

Pour maintenir la profondeur dans un port fixe ou dans les chenaux d'accès, un dragage régulier est nécessaire. Il est évident que, pour un port flottant, ce travail ne doit pas être prévu.

c) *Souplesse d'exploitation*

Pour une installation flottante, il n'existe aucune limite en ce qui concerne le tirant d'eau des navires, excepté la profondeur de la mer.

Ceci constitue un avantage important du port flottant.

En effet, dans le cas d'un port fixe, le coût des travaux de génie civil augmente très rapidement avec la profondeur d'eau.

Lorsqu'on prévoit pour le mouillage des navires une marge de sécurité trop grande, on risque d'effectuer des investissements exagérés qui, pendant de longues années, ne sont pas rentables [6].

Par contre, lorsque le tirant d'eau des bateaux augmente plus rapidement que prévu, une construction portuaire peut perdre une grande partie de sa valeur. Les dernières années, ce fut d'ailleurs souvent le cas.

D'autre part, une installation flottante peut être vendue, ce qui n'est pas le cas avec un port fixe. Le ponton d'accostage proposé peut être transformé en navire citerne ou en réservoir d'huile flottant.

Finalement, dans certains pays d'Outre-Mer, où le régime politique n'est pas encore entièrement stabilisé, l'obtention de capitaux étrangers sera probablement plus facile lorsque ceux-ci seront destinés au financement d'une installation flottante se trouvant en dehors des eaux territoriales.

III. Description générale de l'installation proposée

L'installation proposée comprend, en ordre principal, un ponton d'accostage de $360 \times 48 \times 25/20$ m (voir *fig. 1*. Plan d'ensemble).

Le ponton et les navires accostés sont protégés contre la houle et contre le vent par un deuxième ponton, placé perpendiculairement au premier, et muni d'un écran d'une hauteur de 20 m au-dessus de l'eau.

Du côté du ponton de protection, l'ensemble est solidement ancré dans le fond de la mer, de façon à se placer automatiquement dans la direction du courant et/ou du vent.

Les navires peuvent donc toujours accoster contre le vent ou contre le courant.

Pour faciliter les manœuvres d'accostage des très grands navires, deux treuils de halage spéciaux sont prévus du côté BB.

Des unités plus petites peuvent accoster éventuellement du côté TB.

Le ponton d'accostage comporte 6 citernes d'une capacité totale de 245 000 m³, dans lesquelles le contenu des navires peut être déchargé à l'aide des pompes de bord.

Le transport vers la terre peut être effectué soit par bateau (petits navires de mer, caboteurs ou bateaux d'intérieur), soit par un oléoduc sous-marin. L'investissement de ce dernier est justifié uniquement dans le cas d'un trafic suffisant.

Au milieu du ponton d'accostage se trouve une salle de pompes de 30 x 36 m. Elle comprend:

1. Une installation de pompage de grande capacité, pour l'alimentation de l'oléoduc, lorsque celui-ci est prévu;
2. Une installation de pompage de capacité réduite, pour le chargement des petites unités, à partir des citernes du ponton;
3. Une installation de pompage pour le ballastage du ponton avec de l'eau de mer.

Le ponton comprend également 2 x 7 citernes de ballastage, d'une capacité totale de 114 000 m³. Elles sont réservées uniquement au ballastage avec de l'eau de mer.

La disposition et les dimensions des citernes à ballast sont étudiées de façon à obtenir:

1. Un tirant d'eau en ballast de 10,00 m, lorsque toutes les citernes de cargaison sont vides;
2. Une stabilité transversale suffisante dans toutes les conditions de chargement;
3. Une inclinaison transversale suffisante du ponton pour que la moitié du fond sorte de l'eau, lorsque les citernes de ballastage du côté opposé sont remplies;
4. Une grande réduction des tensions longitudinales dans la coque, en cas de répartition irrégulière de la cargaison;
5. L'entourage complet des citernes de cargaison, d'où une grande sécurité et une bonne isolation de la cargaison.

Sur le plan d'ensemble (*fig. 1*), les deux navires ci-après sont dessinés de part et d'autre du ponton d'accostage:

- a) Un pétrolier de 312 000 tdw de 346 × 53 × 28/22 m, soit le navire le plus grand en service actuellement. Bien qu'il ne soit pas encore certain que, pendant les premières années, de nombreuses unités de ce tonnage seront mises en chantier, le présent projet est basé sur ce type de navire;

b) Un pétrolier de 210 000 tdw de $325 \times 47 \times 24/19$ m. Des navires de ce type, dont plus de cent exemplaires sont actuellement en construction ou en commande, assureront dans les prochaines années la plus grande partie du transport de pétrole.

Pour éviter la pollution de la mer, en cas de fuite d'huile ou de fausse manœuvre de pompage, un tuyau flexible flottant entoure les navires accostés au ponton.

IV. *Le ponton d'accostage*

La construction de la coque du ponton d'accostage ne pose aucun problème, étant donné qu'elle correspond entièrement à celle d'un grand pétrolier.

Pour permettre une détermination plus exacte du poids de chaudronnerie et du centre de gravité, la coupe au maître a été dessinée (voir *fig. 2*), et des calculs de rigidité ont été établis.

Le module de résistance de la coque correspond à celui d'un dock flottant et est donc relativement faible comparé à celui d'un navire de mer.

Ceci se justifie par le fait que le ponton sera mouillé près d'une côte, à un endroit plus ou moins abrité, par une profondeur d'eau assez faible et, probablement, dans une zone tropicale, où les conditions météorologiques sont relativement favorables (voir § V).

Pour réduire au minimum le danger d'une mauvaise manœuvre pendant le pompage, le ponton sera muni, comme certains navires, d'un extensomètre indiquant les tensions dans le pont, et d'un ordinateur permettant le calcul des contraintes maximales théoriques en fonction de la répartition de la cargaison. Cet appareil indiquera également les citernes de ballastage à remplir pour réduire au minimum les contraintes.

Grâce à la présence des grandes citernes à ballast, des répartitions très irrégulières de la cargaison sont possibles.

Entre autres, il est possible, lorsque le ponton est entièrement vide, de remplir complètement et en une fois une citerne quel-

conque; on peut aussi, lorsque le ponton est entièrement chargé, vider complètement une citerne quelconque.

L'épaisseur du bordé extérieur est de 30 mm. Pour un pétrolier de dimensions principales identiques, elle serait de 36 mm environ. L'épaisseur réduite est justifiée par les considérations données ci-dessus, ainsi que grâce à la possibilité d'une meilleure protection contre la corrosion.

La rigidité transversale et locale correspond à environ 80 % de celle d'un navire. En tenant compte des charges statiques, les tensions s'élèvent à 1,2 t/cm² environ.

L'épaisseur des tôles des cloisons transversales et longitudinales a été calculée comme pour un navire.

Le poids de la chaudronnerie peut être estimé à 85 kg par m³ du produit des trois dimensions principales. Pour le total de la coque, on obtien donc $260 \times 48 \times 25 \times 0,085 = 26\ 700$ t de chaudronnerie.

Pour les calculs précédents, on a tenu compte d'un acier de 41-50 kg/mm². Si un acier à haute résistance est utilisé, le poids de chaudronnerie peut être réduit de 5 à 10 %.

Le poids total du ponton d'accostage est estimé à 45 000 t et le tirant d'eau lège correspondant à 3,00 m.

Lorsque les citernes de ballastage sont remplies de 114 000 t d'eau de mer, le tirant d'eau est de 10,00 m.

En tenant compte d'une densité d'huile de 0,90, les citernes de cargaison peuvent contenir un poids de $0,90 \times 245\ 000 = 220\ 000$ t. Il en résulte un tirant d'eau en charge de 16,00 m.

En ballastant le ponton d'un côté, on obtient une inclinaison suffisante pour que le fond du côté opposé sorte de l'eau, de façon à permettre l'inspection et l'entretien.

En effet, lorsqu'on remplit toutes les citernes à ballast supérieures (28 600 t) et 4 des citernes inférieures (18 000 t), on obtient une inclinaison transversale de 46° tandis que la moitié plus 1,30 m de la largeur du fond sort de l'eau. Dans cette situation, la hauteur métacentrique est de 2,50 m, de sorte la stabilité transversale est bien assurée.

V. Protection des navires contre le vent, la houle et les courants

a) *Le vent*

Etant donné que le ponton d'accostage se place automatiquement dans la direction du vent et/ou du courant, ces phénomènes sont de nature à faciliter les manœuvres d'accostage.

L'effort exercé par le vent sur un grand pétrolier est relativement faible, lorsqu'on le compare:

1. A l'effort exercé sur les grands paquebots, qui ont des superstructures beaucoup plus importantes;
2. Aux efforts dus à l'inertie du pétrolier même.

En tenant compte d'un vent de 52 nœuds (Beaufort 10), et d'une surface exposée du navire de 1 000 m², on obtient seulement un effort d'environ 45 t.

L'écran de protection n'est donc nullement nécessaire pour l'accostage des grands navires. Néanmoins, il est prévu parce que:

1. La protection offerte est utile pour les petites unités qui font usage du port flottant;
2. Il améliore les conditions de travail à bord du ponton d'accostage et des unités y amarrées;
3. Il s'agit d'un investissement peu important et d'un « rendement » élevé, du fait que l'écran se trouve toujours du côté du vent.

L'effort exercé par le vent d'une force 10 à l'échelle de Beaufort précitée sur le ponton de protection, qui a une surface exposée de 2 800 m², s'élève à 126 t.

On devra tenir compte de cet effort pour le calcul de l'ancrage de l'installation.

b) *Les courants*

Les marées sont la cause de courants maritimes qui, près des côtes, peuvent être relativement importants.

Dans la mer du Nord, par exemple, aux endroits où la profondeur est réduite à 30,00 m, la vitesse du courant de marée peut atteindre près de deux nœuds, soit environ 1,00 m/s.

Puisque le ponton s'oriente automatiquement suivant la direction du courant, celui-ci ne peut que faciliter les manœuvres d'accostage.

On peut se demander ce qui arrive lorsque le courant et le vent n'ont pas la même direction et lorsque le rapport entre les efforts qu'ils effectuent n'est pas le même pour le navire et pour le port flottant.

Afin d'obtenir dans ces conditions pour le ponton d'accostage une orientation identique à celle du navire, on peut intervenir de deux façons:

1. En changeant, à l'aide de ballast, le rapport tirant d'eau/tirant d'air du ponton d'accostage;
2. En utilisant les ancrs se trouvant à l'extrémité avant du ponton.

Le cadre limité de cette étude ne permet pas d'examiner en détail ce problème, qui paraît d'ailleurs plus théorique que pratique.

L'effort exercé par le courant sur le ponton de protection, qui se trouve transversalement dans le courant, est relativement important.

En tenant compte d'une longueur de 140 m, un tirant d'eau de 7 m et une vitesse de 1,00 m/sec, on obtient un effort de 72 t environ.

Par contre, l'effort sur le ponton d'accostage et sur le navire citerne est très faible. Dans les deux cas, il s'élève à 5 t environ.

Pour le calcul de l'ancrage, on devra tenir compte de ces efforts.

c) *La houle*

Près de la côte, par profondeur relativement faible, les vagues sont généralement plus petites qu'au milieu des océans.

A titre indicatif, dans le *tableau II*, la hauteur et la fréquence des vagues sont données pour différents endroits du monde.

Le tableau a été composé à l'aide de la référence [4], qui contient le résultat de plusieurs millions d'observations effectuées par 2 500 navires de la marine marchande anglaise pendant une période de 8 ans, durant leur exploitation normale. La plupart

des observations a donc eu lieu en pleine mer, le long des routes normales de la navigation maritime.

TABLEAU II. — Hauteur et fréquence des vagues à différents endroits

Hauteur des vagues en m		Nombre d'observations (sur un total de 10 000)				
estimée H_{est}	significative $H_{1/3}$	Atlantique nord (Area 1)	Mer du Nord (Area 4)	Atlantique central (Area 18)	Océan Indien nord (Area 23)	Mer de Chine du Sud (Area 25)
0	0	7 832	9 165	9 752	9 273	9 247
3,25	4,64	1 880	800	246	696	733
6,75	7,50	285	35	2	31	20
10,50	10,75	3	0	0	0	0
∞	∞					

Les hauteurs de vague, indiquées dans la première colonne, sont celles estimées par les officiers de pont. Dans la deuxième colonne, se trouvent les hauteurs significatives $H_{1/3}$ correspondantes. La hauteur significative, par définition, est égale à 4 fois la racine carrée de la surface sous la courbe de l'énergie spectrale, obtenue par l'analyse d'un enregistrement de vagues.

La hauteur significative $H_{1/3}$, qui est également la hauteur moyenne du tiers le plus élevé des vagues, lorsque la distribution des hauteurs répond à une courbe de Raleigh [7], est calculée à partir de la hauteur estimée, H_{est} , à l'aide de la formule suivante:

$$H_{1/3} = 1,98 + 0,818 H_{est} \text{ (m)}$$

Cette formule a été obtenue par l'analyse statistique de données obtenues simultanément par observation visuelle des vagues et par enregistrement automatique.

Le *tableau II* indique clairement que la hauteur des vagues est fortement réduite lorsque la profondeur d'eau est faible (mer du Nord), lorsqu'on profite de la protection offerte par les côtes (mer de Chine du Sud) ou lorsqu'on se trouve dans une zone tropicale (Atlantique central et océan Indien).

En ces endroits, la longueur des vagues est fortement réduite également.

Contre des vagues de ce type, le port flottant offre une bonne protection, au moins dans ses environs immédiats.

Les petites unités pourront donc toujours accoster en sécurité, même par mauvais temps.

Par contre, pour l'étude des manœuvres des grands navires, qui commencent à partir d'une certaine distance du port, il est prudent de ne supposer aucune protection.

Le comportement des navires en mer a été, ces dernières années, l'objet de plusieurs études théoriques et expérimentales, parmi lesquelles celles du Centre belge de recherches navales (CEBERENA).

En extrapolant les données publiées concernant un minéralier de 52 000 tdw [1], on obtient, pour un navire de 300 000 tdw, compte tenu des conditions les plus mauvaises de la mer du Nord, pour le roulis un angle significatif de 5° et pour le tangage un angle de $0,5^\circ$.

Ces faibles mouvements pourraient néanmoins, à cause de la grande inertie des navires, créer des tensions dangereuses dans les câbles d'amarrage. Pour éviter la rupture de ces derniers, ils devront être fixés à des treuils automatiques qui se déroulent lorsque l'effort dépasse une limite fixée. Dans ces conditions, le déhalage et l'amarrage des grands navires est possible, même par mauvais temps.

Le passage des câbles de remorque et de déhalage, d'un diamètre de 45 mm, du remorqueur au navire citerne est un problème délicat. Cette manœuvre devra se faire à une distance relativement grande du port flottant, où les remorqueurs ne sont plus aussi bien protégés contre la houle.

Les solutions suivantes sont possibles: [3]

1. Allègement des câbles grâce à l'utilisation d'un acier à très haute résistance;
2. Mise en place sur les navires de dispositifs de manutention appropriés, permettant la fixation de la touline aux bittes à l'aide des poupées du guindeau;
3. Présentation par le navire d'un bout de câble qui est saisi par le remorqueur et relié à la touline à l'aide d'un dispositif approprié.

VI. Les manœuvres d'accostage des grands navires

a) Considérations générales

Les manœuvres d'accostage doivent être effectuées avec la plus grande prudence, étant donné que les efforts dont on dispose, c'est-à-dire la traction de deux treuils et de deux remorqueurs, sont très faibles par rapport à l'inertie du navire.

Le mouvement d'un navire se déplaçant dans la direction de sa longueur, répond à l'équation différentielle ci-après:

$$\frac{P}{g} (1 + k) \frac{d^2x}{dt^2} - \frac{\gamma}{1\ 000} \lambda_0 \left(\frac{dx}{dt} - c \right)^{1,825} - F = 0$$

dans laquelle

P = poids total du navire, soit 360 000 t pour le pétrolier considéré

g = 9,81 m/s²

k = terme pour tenir compte de la masse de l'eau entraînée, soit 0,20

x = abscisse du navire, en m

t = temps en sec

γ = densité de l'eau de mer, soit 1,025 t/m³

λ = coefficient de frottement, soit 0,136 pour un navire d'une longueur de 360 m

0 = surface mouillée du navire, en m² pour un pétrolier de 312 000 tdw

c = vitesse du courant, en m/s

F = effort de freinage, en t.

L'équation exprime l'équilibre entre l'effort d'inertie d'une part et les efforts de frottement et de freinage d'autre part.

Lorsqu'on calcule la résistance de frottement du navire considéré, à l'aide du deuxième terme de l'équation ci-dessus, on obtient:

vitesse $\frac{dx}{dt}$ en m/s	0,5	1,0	1,5	2,0
résistance en t	1,16	3,98	8,36	14,1

La résistance est donc très faible et peut être négligée. La petite erreur qui en résulte est d'ailleurs favorable à la sécurité.

Le *tableau III* indique le rapport entre l'effort de freinage, la distance parcourue, la vitesse initiale et la durée. Il a été calculé à l'aide de l'équation précitée, en négligeant le frottement et la vitesse du courant.

TABLEAU III. — Freinage d'un navire citerne de 312 000 tdw

Effort de freinage tonnes	Longueur parcourue m	Vitesse initiale m/s	Durée s
50	50	0,336	296
50	100	0,475	418
50	250	0,750	660
100	50	0,475	209
100	100	0,672	296
100	250	1,062	468

La dernière ligne du tableau correspond à peu près à la situation du navire au moment où il vient de dépasser les deux treuils de déhalage se trouvant à l'avant du ponton d'accostage. Ces derniers exercent alors un effort total d'environ 100 t pour arrêter le navire sur une distance d'environ 300 m. On constate que la vitesse du navire à ce moment ne peut pas dépasser 1,062 m/s, soit 2,07 nœuds ou 3,83 km/h. Le laps de temps correspondant est de 468 s soit près de 8 minutes.

On constate également que, pour effectuer les manœuvres en sécurité, il est important de connaître avec précision à chaque instant la position et la vitesse du navire. Alors, les efforts d'inertie ne présentent pas de danger.

Des efforts d'inertie dangereux peuvent se produire uniquement à la suite de fausses manœuvres de longue durée. Ainsi, pour obtenir une différence de vitesse de 0,20 m/s, un remorqueur doit effectuer durant 5 minutes un effort de 30 tonnes.

Pour les manœuvres des grands pétroliers, on dispose donc de beaucoup de temps pour contrôler les vitesses et pour coordonner les manœuvres des remorqueurs, des treuils et, éventuellement, du navire même.

En effet, lorsque la vitesse et la position sont connues avec précision, les manœuvres d'un grand navire sont plus faciles que celles d'un petit.

Malheureusement, jusqu'à maintenant, les navires de mer, même les plus grands, ne sont pas équipés des instruments de mesure appropriés permettant la détermination précise de leur position et de leur vitesse.

des observations a donc eu lieu en pleine mer, le long des routes normales de la navigation maritime.

TABLEAU II. — Hauteur et fréquence des vagues à différents endroits

Hauteur des vagues en m		Nombre d'observations (sur un total de 10 000)				
estimée H_{est}	significative $H_{1/3}$	Atlantique nord (Area 1)	Mer du Nord (Area 4)	Atlantique central (Area 18)	Océan Indien nord (Area 23)	Mer de Chine du Sud (Area 25)
0	0	7 832	9 165	9 752	9 273	9 247
3,25	4,64	1 880	800	246	696	733
6,75	7,50	285	35	2	31	20
10,50	10,75	3	0	0	0	0
∞	∞					

Les hauteurs de vague, indiquées dans la première colonne, sont celles estimées par les officiers de pont. Dans la deuxième colonne, se trouvent les hauteurs significatives $H_{1/3}$ correspondantes. La hauteur significative, par définition, est égale à 4 fois la racine carrée de la surface sous la courbe de l'énergie spectrale, obtenue par l'analyse d'un enregistrement de vagues.

La hauteur significative $H_{1/3}$, qui est également la hauteur moyenne du tiers le plus élevé des vagues, lorsque la distribution des hauteurs répond à une courbe de Raleigh [7], est calculée à partir de la hauteur estimée, H_{est} , à l'aide de la formule suivante:

$$H_{1/3} = 1,98 + 0,818 H_{est} \text{ (m)}$$

Cette formule a été obtenue par l'analyse statistique de données obtenues simultanément par observation visuelle des vagues et par enregistrement automatique.

Le *tableau II* indique clairement que la hauteur des vagues est fortement réduite lorsque la profondeur d'eau est faible (mer du Nord), lorsqu'on profite de la protection offerte par les côtes (mer de Chine du Sud) ou lorsqu'on se trouve dans une zone tropicale (Atlantique central et océan Indien).

En ces endroits, la longueur des vagues est fortement réduite également.

Contre des vagues de ce type, le port flottant offre une bonne protection, au moins dans ses environs immédiats.

Les petites unités pourront donc toujours accoster en sécurité, même par mauvais temps.

Par contre, pour l'étude des manœuvres des grands navires, qui commencent à partir d'une certaine distance du port, il est prudent de ne supposer aucune protection.

Le comportement des navires en mer a été, ces dernières années, l'objet de plusieurs études théoriques et expérimentales, parmi lesquelles celles du Centre belge de recherches navales (CEBERENA).

En extrapolant les données publiées concernant un minéralier de 52 000 tdw [1], on obtient, pour un navire de 300 000 tdw, compte tenu des conditions les plus mauvaises de la mer du Nord, pour le roulis un angle significatif de 5° et pour le tangage un angle de $0,5^\circ$.

Ces faibles mouvements pourraient néanmoins, à cause de la grande inertie des navires, créer des tensions dangereuses dans les câbles d'amarrage. Pour éviter la rupture de ces derniers, ils devront être fixés à des treuils automatiques qui se déroulent lorsque l'effort dépasse une limite fixée. Dans ces conditions, le déhalage et l'amarrage des grands navires est possible, même par mauvais temps.

Le passage des câbles de remorque et de déhalage, d'un diamètre de 45 mm, du remorqueur au navire citerne est un problème délicat. Cette manœuvre devra se faire à une distance relativement grande du port flottant, où les remorqueurs ne sont plus aussi bien protégés contre la houle.

Les solutions suivantes sont possibles: [3]

1. Allègement des câbles grâce à l'utilisation d'un acier à très haute résistance;
2. Mise en place sur les navires de dispositifs de manutention appropriés, permettant la fixation de la touline aux bittes à l'aide des poupées du guindeau;
3. Présentation par le navire d'un boît de câble qui est saisi par le remorqueur et relié à la touline à l'aide d'un dispositif approprié.

VI. Les manœuvres d'accostage des grands navires

a) Considérations générales

Les manœuvres d'accostage doivent être effectuées avec la plus grande prudence, étant donné que les efforts dont on dispose, c'est-à-dire la traction de deux treuils et de deux remorqueurs, sont très faibles par rapport à l'inertie du navire.

Le mouvement d'un navire se déplaçant dans la direction de sa longueur, répond à l'équation différentielle ci-après:

$$\frac{P}{g} (1 + k) \frac{d^2x}{dt^2} - \frac{\gamma}{1\,000} \lambda_0 \left(\frac{dx}{dt} - c \right)^{1,825} - F = 0$$

dans laquelle

P = poids total du navire, soit 360 000 t pour le pétrolier considéré

g = 9,81 m/s²

k = terme pour tenir compte de la masse de l'eau entraînée, soit 0,20

x = abscisse du navire, en m

t = temps en sec

γ = densité de l'eau de mer, soit 1,025 t/m³

λ = coefficient de frottement, soit 0,136 pour un navire d'une longueur de 360 m

0 = surface mouillée du navire, en m² pour un pétrolier de 312 000 tdw

c = vitesse du courant, en m/s

F = effort de freinage, en t.

L'équation exprime l'équilibre entre l'effort d'inertie d'une part et les efforts de frottement et de freinage d'autre part.

Lorsqu'on calcule la résistance de frottement du navire considéré, à l'aide du deuxième terme de l'équation ci-dessus, on obtient:

vitesse $\frac{dx}{dt}$ en m/s	0,5	1,0	1,5	2,0
résistance en t	1,16	3,98	8,36	14,1

La résistance est donc très faible et peut être négligée. La petite erreur qui en résulte est d'ailleurs favorable à la sécurité.

Le *tableau III* indique le rapport entre l'effort de freinage, la distance parcourue, la vitesse initiale et la durée. Il a été calculé à l'aide de l'équation précitée, en négligeant le frottement et la vitesse du courant.

TABLEAU III. — Freinage d'un navire citerne de 312 000 tdw

Effort de freinage tonnes	Longueur parcourue m	Vitesse initiale m/s	Durée s
50	50	0,336	296
50	100	0,475	418
50	250	0,750	660
100	50	0,475	209
100	100	0,672	296
100	250	1,062	468

La dernière ligne du tableau correspond à peu près à la situation du navire au moment où il vient de dépasser les deux treuils de déhalage se trouvant à l'avant du ponton d'accostage. Ces derniers exercent alors un effort total d'environ 100 t pour arrêter le navire sur une distance d'environ 300 m. On constate que la vitesse du navire à ce moment ne peut pas dépasser 1,062 m/s, soit 2,07 nœuds ou 3,83 km/h. Le laps de temps correspondant est de 468 s soit près de 8 minutes.

On constate également que, pour effectuer les manœuvres en sécurité, il est important de connaître avec précision à chaque instant la position et la vitesse du navire. Alors, les efforts d'inertie ne présentent pas de danger.

Des efforts d'inertie dangereux peuvent se produire uniquement à la suite de fausses manœuvres de longue durée. Ainsi, pour obtenir une différence de vitesse de 0,20 m/s, un remorqueur doit effectuer durant 5 minutes un effort de 30 tonnes.

Pour les manœuvres des grands pétroliers, on dispose donc de beaucoup de temps pour contrôler les vitesses et pour coordonner les manœuvres des remorqueurs, des treuils et, éventuellement, du navire même.

En effet, lorsque la vitesse et la position sont connues avec précision, les manœuvres d'un grand navire sont plus faciles que celles d'un petit.

Malheureusement, jusqu'à maintenant, les navires de mer, même les plus grands, ne sont pas équipés des instruments de mesure appropriés permettant la détermination précise de leur position et de leur vitesse.

Pourtant, certains de ces instruments existent déjà et sont même utilisés depuis des années à bord des bateaux d'intérieur, comme par exemple l'indicateur de vitesse de giration, appareil simple et efficace qui facilite beaucoup la navigation, et qui, dans certains cas, est prescrit par la loi.

Cette situation qui, à première vue, paraît étrange, peut être expliquée par le fait que, les bateaux d'intérieur doivent manœuvrer beaucoup plus souvent et que les manœuvres sont effectuées par le capitaine même, qui est souvent propriétaire de son unité. Par contre, les navires de mer, lors des manœuvres, sont commandés par un pilote de métier, payé à la tâche, qui n'est pas directement intéressé dans l'exploitation du navire.

Quoi qu'il en soit, en ce qui concerne les manœuvres d'accostage, dans la présente étude, on supposera qu'il n'y ait aucun appareil de contrôle à bord des navires.

Pour finir, on peut se demander si, pendant les manœuvres, il est permis de faire fonctionner, d'une façon continue, l'installation de propulsion du navire même.

La poussée de l'hélice peut être calculée à l'aide de la formule ci-après: [2]

$$S = 70 \sqrt[3]{\frac{1}{4} \pi D^2 P^2}$$

dans laquelle:

- D = poussée en kg
- S = diamètre de l'hélice en m
- P = puissance en ch

En supposant un diamètre de 9,00 m et une puissance de 40 000 ch, on obtient une poussée de 326 000 kg.

Lorsque la vitesse de rotation de l'hélice est réduite à 1/3, ce qui est toujours réalisable, la poussée correspondante est 9 fois plus petite, soit 36 t.

Ce dernier effort peut être tenu en équilibre facilement par les remorqueurs ou les treuils de déhalage.

Il est donc licite de faire appel éventuellement au moteur du pétrolier pour tenir sous contrôle l'arrière du navire, à l'aide du gouvernail.

b) *Équipement prévu pour faciliter les manœuvres des grands navires*

Les manœuvres sont effectuées principalement à l'aide de 2 treuils de déhalage de 60 t (voir *fig. 1*. Plan d'ensemble).

Le premier treuil, qui est fixe, se trouve à l'extrémité avant du ponton d'accostage, sous le pont principal.

Le second est placé sur un chariot pouvant se déplacer sur rails sur toute la longueur du ponton.

Les treuils sont pourvus d'un tambour muni de 350 m de câble de 45 mm de diamètre, ayant une résistance à la rupture de 130 t.

Les moteurs électriques, d'une puissance de 500 ch, peuvent développer dans les câbles une traction de 60 t, à une vitesse de 30 m/min. De plus, la traction effectuée par le navire peut être limitée au niveau désiré. Lorsque la limite fixée est dépassée, les câbles se déroulent automatiquement. Des treuils d'un type analogue sont utilisés à bord de certains remorqueurs de mer, pour limiter les tensions dans les câbles de remorque.

Le chariot du treuil mobile est entraîné par un moteur électrique de 250 ch au moyen d'un pignon et d'une crémaillère. Il peut effectuer une traction variant entre 90 et 10 t, lorsque la vitesse augmente de 10 à 90 m/min.

Le chariot est muni de roues de guidage, placées de telle façon que la traction du treuil puisse être effectuée dans la direction voulue.

En plus des treuils, deux remorqueurs à propulsion Voith-Schneider sont prévus pour assister le navire. Ils sont munis de deux moteurs d'une puissance totale de 3 000 ch et peuvent développer un effort au point fixe de 30 t.

Les manœuvres d'accostage sont effectuées de la façon suivante.

Le navire s'approche du ponton jusqu'à une distance inférieure à 300 m et s'arrête, éventuellement à l'aide des remorqueurs et de ses ancrs.

Un des remorqueurs passe les deux câbles de déhalage au navire. D'après l'état de la mer, il faut prévoir 15 à 30 minutes pour cette opération délicate.

Lorsque les deux câbles sont bien fixés aux bittes, le navire est tiré vers le ponton à l'aide des deux treuils.

Pendant cette opération, il faut veiller à ce que l'avant du navire ne touche pas le ponton. Pour éviter ceci, on peut faire appel aux remorqueurs. Le premier est placé à BB pour pousser tandis que l'autre est installé à TB pour tirer au moyen d'une touline attachée aux bittes du navire.

A la fin de cette phase, le navire se trouve dans la position (1), indiquée sur le plan d'ensemble.

Ensuite, le remorqueur qui se trouve à l'avant du côté BB va se placer à l'arrière du côté opposé, pour contrôler le mouvement de l'arrière du navire.

Si à ce moment la vitesse du navire est relativement grande, par exemple 1,00 m/s, le treuil mobile garde sa position à l'avant du ponton, de façon à ce que les deux treuils réunis puissent absorber l'énergie du navire en mouvement, en laissant se dérouler les câbles de déhalage sous un effort bien déterminé.

Dès que la vitesse est réduite suffisamment, le chariot se met en marche pour occuper une position plus avancée, 2a, b, ou c, selon que l'on veut obtenir une accélération, un grand effort transversal ou un freinage.

De cette façon, le navire atteint sans danger l'amarrage désiré, indiqué sur le plan d'ensemble par le n° 3.

Pendant les manœuvres, il faut veiller à ce que l'arrière du navire ne s'écarte pas trop loin vers TB. Ceci peut être évité à l'aide du remorqueur installé à cet effet à l'arrière ou, éventuellement, à l'aide du moteur et du gouvernail du navire.

Pour la coordination des manœuvres des treuils, des remorqueurs et du navire, un poste de commande central est installé dans une tour se trouvant à l'avant du ponton, au-dessus du treuil fixe.

Le contact avec les capitaines des remorqueurs et du navire est maintenu par radio.

Le treuil fixe est commandé directement du poste de commande central.

Le treuil mobile est commandé par un opérateur se trouvant à bord du chariot et en contact téléphonique avec le poste de commande central.

c) *Appareils de mesure et de contrôle*

Le contrôle du mouvement du navire peut être effectué d'une façon simple et sûre à l'aide des deux treuils. En effet, la position des bittes du navire est déterminée par la longueur des deux câbles de déhalage ou, éventuellement, par la longueur et la direction d'un seul câble.

Se basant sur le mouvement des câbles, un ordinateur détermine, d'une façon continue, la position, la vitesse et l'accélération du navire. L'effort dans les câbles étant connu, il est possible de tenir compte de l'allongement élastique et de la flèche de ces derniers. Pour faciliter la lecture des instruments de mesure, les variations périodiques de fréquence élevée, causées par la houle, doivent être éliminées.

L'accélération du navire est utile à connaître, puisqu'elle permet le contrôle immédiat des manœuvres commandées aux remorqueurs ou au navire.

Éventuellement, le dispositif de contrôle décrit ci-dessus peut être complété par un appareil de navigation à inertie, qui sera mis à bord du navire par un des remorqueurs, avant le commencement des manœuvres. Les indications de cet appareil, qui sont transmises par radio, au poste de commande central, comprennent les composantes longitudinales et transversales de la position, de la vitesse et de l'accélération du navire, ainsi que son orientation et la vitesse et l'accélération de giration.

Comme on le sait, certains sous-marins, afin de pouvoir naviguer à proximité du pôle nord, sont équipés également d'un appareil de navigation à inertie.

L'appareil proposé pour le contrôle des manœuvres peut être d'un type beaucoup plus simple puisqu'il ne doit pas tenir compte de la courbure, ni de la rotation de la terre. La précision en peut être beaucoup moins grande, étant donné qu'il ne doit fonctionner que pendant une heure environ.

Les efforts qui doivent être produits par les treuils et les remorqueurs peuvent être calculés par un ordinateur, en tenant compte du déplacement, de la position et de la vitesse du navire et de l'endroit prévu pour l'amarrage.

Comme indiqué ci-dessus, le calcul des composantes longitudinales des efforts est très simple.

Pour faciliter dans la mesure du possible la commande des opérations, l'ordinateur fournit, entre autres, les renseignements ci-après.

1. La vitesse optimum V_o , soit la vitesse nécessaire pour que le navire atteigne, par son inertie, l'amarrage voulu, en tenant compte d'un effort de freinage de 50 t;

2. La vitesse maximum V_m , soit la vitesse nécessaire pour que le navire atteigne le ponton de protection en tenant compte d'un effort de freinage de 100 t;

3. L'effort de freinage E , nécessaire pour éviter de justesse une collision avec le ponton de protection en tenant compte de la vitesse V du navire. Par définition on a $E = 100$ t lorsque $V = V_m$.

Aussi longtemps que la vitesse du navire est inférieure à V_o , on peut l'augmenter à l'aide des treuils ou des remorqueurs.

Lorsque $V = V_o$, il suffit d'appliquer un effort de freinage de 50 t, pour que le navire s'arrête à l'endroit voulu.

Au moment où $V = 1,20 V_o$ une première alarme avertit l'opérateur de ce que le treuil fixe seul ne suffira plus pour arrêter le navire à l'endroit voulu.

Au moment où $V = V_m$, une deuxième alarme indique qu'on aura besoin des deux treuils au moins pour éviter une collision avec le ponton de protection.

La connaissance de l'effort de freinage nécessaire E permet de déterminer, entre autres, à partir de quel moment l'intervention de l'installation de propulsion du navire même est indispensable. Si on dispose des deux treuils de 60 t et de deux remorqueurs de 30 t, ceci sera le cas dès que $E = 180$ t.

A la fin de ce paragraphe, on peut se demander si le ponton de protection est encore nécessaire lorsqu'on dispose d'un appareillage si perfectionné pour effectuer les manœuvres des navires.

En effet, pour les grands navires, cette protection est plus gênante qu'utile.

Par contre, elle semble nécessaire pour les petites unités, telles que les remorqueurs, les caboteurs, les canots à moteur, etc., qui sont indispensables à l'exploitation d'un port.

VII. L'ancrage

L'ancrage de l'installation doit résister aux efforts produits par le vent, le courant et la houle.

En tenant compte d'une surface exposée de 3 000 m² et d'une pression maximum de 100 kg/m², l'effort effectué par le vent s'élève à 300 t.

Comme indiqué au paragraphe 5 ci-dessus, l'effort correspondant à un courant de 1,00 m/s s'élève à 80 t environ.

Il est plus difficile d'évaluer l'effort causé par les vagues. En effet, celui-ci dépend non seulement des dimensions, mais également de l'inertie de l'ensemble et de l'élasticité des chaînes d'ancrage.

Il est à noter que l'inertie des navires amarrés ne joue pas de rôle, étant donné que les efforts dans les câbles d'amarrage sont limités par les treuils automatiques.

Comme expliqué ci-dessus, l'ancrage doit permettre l'orientation du ponton d'accostage suivant la direction du vent et/ou du courant.

A titre indicatif, sur le plan d'ensemble un dispositif d'ancrage est représenté comprenant 6 chaînes de 150 mm de diamètre et de 250 m de long. Chaque chaîne pouvant résister à une charge d'essai de 1 000 t, l'ensemble permet d'absorber un effort de 2 000 t dans une direction quelconque.

Un guindeau muni de deux ancrs de 15 t, placé à l'avant du ponton d'accostage, permet de réduire ou de supprimer la giration de l'ensemble en cas de vent faible mais de direction variable. Il y a toutefois lieu de veiller à ce que les ancrs n'endommagent pas l'oléoduc sous-marin.

La fixation des chaînes et le raccordement de l'oléoduc sous-marin à l'arrière du ponton d'accostage sont indiqués d'une façon schématique à la *fig. 3*.

La disposition prévue permet un nombre de tours illimité de l'installation autour de son point de fixation.

Pour faciliter l'inspection et la réparation éventuelle du dispositif de fixation des chaînes, il est possible de lever le fond du ponton à 2,50 m au-dessus de l'eau en prévoyant un ballast de 57 000 t dans les citernes de cargaison et de ballastage n° 1, se trouvant du côté opposé du ponton.

VIII. *Protection contre la corrosion et entretien de la coque*

Le problème de la protection contre la corrosion se pose de la même façon que pour les docks flottants et les pétroliers.

Avec un minimum de précautions, on peut compter sur une durée de service de plusieurs dizaines d'années.

Comme indiqué ci-dessus, en ballastant le ponton d'accostage successivement à BB et à TB, il est possible de faire sortir le fond de l'eau en deux phases sur toute sa largeur. Par conséquent, pour l'inspection et l'entretien, ainsi que pour les réparations éventuelles, une cale sèche n'est pas requise.

Il est à noter également que la corrosion à l'intérieur de la coque est réduite, des citernes séparées étant prévues pour la cargaison et pour le ballast.

IX. *Prix de revient et rentabilité*

La coque du ponton d'accostage peut être comparée à celle d'un pétrolier.

Fin 1968, la Tokyo Tanker Cy a commandé un pétrolier de 370 000 tdw au prix de 1 120 000 000 FB. Les dimensions étaient de $345,50 \times 54,50 \times 35,00/27,00$ m. Le produit des trois dimensions principales s'élève donc à $660\,000\text{ m}^3$ et le prix par m^3 est de $1\,120\,000\,000 : 660\,000 = 1\,700$ FB.

A ce taux, le prix du ponton d'accostage, d'un volume de $360 \times 48 \times 25$ m = $432\,000\text{ m}^3$, peut être évalué à 725 millions de FB.

En réalité, le ponton coûtera moins, étant donné les formes très simples de la coque et l'absence de l'installation de propulsion et de gouverne.

D'autre part, il y a lieu de prévoir 3 postes supplémentaires importants, à savoir:

- L'ancrage de l'installation et le raccordement à l'oléoduc sous-marin;
- Les deux treuils de déhalage de 60 t;
- Le ponton de protection.

On peut faire abstraction de l'installation de pompage pour l'alimentation de l'oléoduc, étant donné qu'il s'agit ici d'un investissement facultatif, aussi bien dans le cas d'un port flottant que dans le cas d'un port fixe.

Dans ces conditions, l'investissement total peut être évalué à 900 000 000 FB.

Le délai de livraison sera du même ordre de grandeur que celui d'un grand pétrolier, soit environ 2 ans.

Pour un port fixe, le délai de construction serait beaucoup plus grand, étant donné que:

1. Sur place, des recherches hydrographiques et géologiques sérieuses sont indispensables;

2. Lorsqu'il y a des courants maritimes, le problème de l'ensablement doit être étudié sur modèle réduit;

3. Le travail doit être effectué presque entièrement sur place, et qu'on ne trouve pas toujours un nombre suffisant de travailleurs spécialisés.

L'investissement de 900 000 000 FB cité ci-dessus, n'est justifié que lorsque le trafic de pétrole dépasse un tonnage minimum.

Le calcul ci-après est donné à titre indicatif.

— Amortissement, intérêt et frais d'exploitation annuels
 $0,15 \times 900\,000\,000 = 135\,000\,000$ FB;

— Réduction des frais de transport obtenue par le remplacement de navires de 20 000 tdw par des unités de 150 000 tdw:
 $22 - 8 = 14$ FB par 1000 tkm;

— Trafic minimum pour assurer la rentabilité:
 $135\,000\,000 : 0,014 = 9\,650\,000\,000$ tkm;

— Distance supposée: Moyen Orient-République du Congo soit 10 500 km;

— Tonnage annuel correspondant: $9\,650\,000\,000 : 10\,500 = 920\,000$ t;

— Nombre de navires de 150 000 tdw par an: 6 à 7.

Étant donné que le déchargement d'un grand pétrolier s'effectue normalement en moins de 12 heures, le port pourra absorber un trafic beaucoup plus grand que le minimum calculé ci-dessus.

X. Conclusion

Un port flottant permet le déchargement des grands navires citernes avec un minimum d'investissements; la rentabilité en est assurée déjà avec un trafic réduit de pétrole.

Les problèmes techniques posés ne paraissent pas insurmontables.

A cause des grandes dimensions des navires et des pontons composant le port, les contraintes dynamiques résultant de l'action du vent, du courant et de la houle, sont faibles en comparaison des contraintes statiques; les mouvements causés par les vagues sont petits et les manœuvres sont lentes et faciles à effectuer.

Etant donné l'évolution actuelle des navires citernes, le présent projet mérite d'être étudié par tous les pays importateurs de pétrole par voie maritime.

Le 31 mars 1969.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] AERTSSEN, G.: Service performance and seakeeping trials on a large ore carrier (Royal Institution of Naval Architects, Londres, 1968).
- [2] CUYPERS, E.: Weerstand en voortstuwing van schepen met beperkte diepgang (Académie royale des Sciences coloniales, Bruxelles, 1959).
- [3] FRANCK G.: Remorqueurs pour l'assistance des grands navires (Cinquième congrès portuaire international, Anvers, 1968).
- [4] HOGBEN, N. et LUMB, F.: Ocean waves statistics (National Physical Laboratory, Londres, 1967).
- [5] HUBBART, M.: The comparative cost of oil transport (Londres, 1967).
- [6] LEDERER, A.: Dimensions des navires susceptibles de desservir le Bas-Congo (Académie royale des Sciences coloniales, Bruxelles, 1958).
- [7] VOSSERS, G.: Behaviour of ships in waves (Haarlem, Pays-Bas, 1962).

TABLE DES MATIERES — INHOUDSTAFEL

Séances des Classes — Zittingen der Klassen

Sciences morales et politiques — <i>Morele en Politieke Wetenschappen</i>	
20.1.1969	146; 147
17.3.1969	202; 203
Sciences naturelles et médicales — <i>Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen</i>	
28.1.1969	284; 285
25.3.1969	336; 337
Sciences techniques — <i>Technische Wetenschappen</i>	
31.1.1969	388; 389
28.3.1969	424; 425
Algemeen Reglement (wijziging van art. 5 en 6)	203
Begroetingen	147; 285
Bestuurscommissie	
Hernieuwing van mandaten	149
L. TISON	431
Bibliografisch Overzicht 1969	
Nota's 1 tot 17	153; 183-200
Nota's 18 tot 45	211; 253-281
Bienvenue (A. GÉRARD)	146; 147
Colloque: Cf. Représentation de l'ARSOM	
Colloquium: Cf. Vertegenwoordiging der K.A.O.W.	
Comité secret	152; 210; 288; 342; 392
Commission administrative	
Renouvellement de mandats	148
L. TISON	430
Commission d'Histoire	206

II

Communications et notes:

- BARTHOLOMÉ, P.: Kamoto (Katanga) et White Pine (Michigan): deux gisements stratiformes de cuivre 390; 391; 397-410
- BHATIA, K.-L.: L'énergie aéromotrice et son exploitation au Congo (non publié) 390; 391
- BONTINCK, Fr.: Le département d'histoire à l'Université Lovanium de Kinshasa 206; 207; 213-214
 — : Un fonds d'archives américain concernant l'Association internationale du Congo: les papiers Liévin Van de Velde de l'University of Oregon ... 206; 207; 215-226
- BOUILLON, A.: Relations ARSOM - O.N.R.S. 206; 207; 286; 287; 298-305; 340; 341; 428; 429
- BOURGOIS, EDM.: Intervention concernant la note de M. STENMANS: « La communauté des intérêts dans la coopération au développement » 208; 209; 246-249
- COUPEZ, A.: Cf. D'HERTEFELT, M.
- CUYPERS, E.: Avant-projet d'un port flottant pour navires citernes de 300 000 tdw 426; 427; 440-461
- DE BRIEY, P.: Intervention concernant la note de M. STENMANS: « La communauté des intérêts dans la coopération au développement ». 150; 151; 167-174
- DE CUYPER, J.: La nouvelle usine de concentration de minerais de cuivre de la GECOMIN à Kamoto ... 426; 427; 432-439
- DE MAGNÉE, I. - DUMONT, P.: Jean Van der Straeten (20 mai 1896 - 28 décembre 1968) 388; 389; 394-396
- DENIS, J.: Intervention concernant la note de M. STENMANS: « La communauté des intérêts dans la coopération au développement » 208; 209; 252
- DE PAEPE, P. - STOOPS, G.: Some trace elements in basaltic rocks from the Galapagos Islands 338; 339; 365-379
- D'HERTEFELT, M. - COUPEZ, A.: La royauté sacrée de l'ancien Rwanda 148; 149
- DUMONT, P.: Cf. DE MAGNÉE, I.
- HARROY, J.-P.: Intervention concernant la note de M. STENMANS: « La communauté des intérêts dans la coopération au développement » 208; 209; 250-251
- HULSTAERT, G.: Le temps pour les Mongo ... 206; 207; 227-235
 — : Les couleurs chez les Mongo ... 206; 207; 236-237
- JADIN, L.: Présentation d'ouvrages 150; 151; 164-166
 — : Rapport sur le travail du P. KRATZ sur l'histoire de la mission des Rédemptoristes dans le Bas-Congo de 1900 à 1921 150; 151; 181

III

- : Les archives de la propagation de la foi de Paris et de Lyon 206; 207; 238-245
- LEDERER, A.: Considérations sur la navigation des bateaux jumboisés 390; 391; 411-423
- MORTELMANS, G.: Rapport sur le travail de Mme ALEXANDRE-PYRE: « Le Plateau des Bianco (Katanga). Géologie et géomorphologie » 286; 287; 306-316
- MORTELMANS, J.: De Belgische diergeneeskunde Overzee in verleden en toekomst 338; 339; 380-386
- RAUCQ, P.: Rapport sur le travail de Mme ALEXANDRE-PYRE: « Le Plateau des Bianco (Katanga). Géologie et géomorphologie » 286; 287; 317-320
- : Les gisements d'itabirites de la région Luebo-Charlesville (Kasai) 288; 289; 321-335
- ROEYKENS, A.: La commémoration d'un centenaire à préparer. La conférence géographique de Bruxelles de 1876
148; 149; 156-163
- SOHIER, J.: Intervention concernant la note de M. STENMANS: « La communauté des intérêts dans la coopération au développement » 150; 151; 178-180
- STOOPS, G.: Cf. DE PAEPE, P.
- VAN DER LINDEN, F. (†): Intervention concernant la note de M. STENMANS: « La communauté des intérêts dans la coopération au développement » 150; 151; 175-177
- VANHOVE, J.: Décès du baron H.-J. CARTON DE TOURNAI
146; 147; 154
- : Décès du P. COPPENS 202; 203; 212
- VAN RIEL, J.: Allocution présidentielle - Presidentiële toespraak 284; 285; 290-293
- VAN WETTERE-VERHASSELT, Y. (Mme): Observations de géographie humaine dans une région frontière du Bas-Congo 336; 337; 344-364
- Compliments 146; 284
- Concours annuel 1971 208; 340; 428
- Conférence géographique de Bruxelles de 1876: Cf. Communications et notes (A. ROEYKENS)
- Décès:
- CARTON DE TOURNAI, H. 146; 147; 154
- COPPENS, P. 202; 203; 212
- VAN DER STRAETEN, J. 388; 389; 394-396

IV

Elections:

BULTOT, F. (tit.):	392; 393
CALEMBERT, J. (tit.)	392; 393
FIERENS, P. (ass.)	430; 431
GREVISSE, F. (tit.)	152; 153
JONES, L. (tit.)	392; 393
LAMY, E. (corr.)	152; 153
RUBBENS, A. (geass.)	152; 153

Erelidmaatschap: Cf. Honorariat

Geheim comité	153; 211; 289; 343; 393
----------------------	-------------------------

Honorariat:

BRIEN, P.	342; 343
VAN WING, J.	152; 153

Mémoires (Présentation):

ALEXANDRE-PYRE, S. (Mme): Le Plateau des Biano (Katanga). Géologie et géomorphologie	286; 287; 306-316; 317-320
DUBOIS, A.: La Croix-Rouge du Congo	284-285
DUPRIEZ, G.: La température du sol en région équato- riale africaine	388; 389; 426; 427
GUILLAUME, H. (Mme): Cf. WHYMS	
KRATZ, M.: Histoire de la mission des Rédemptoristes dans le Bas-Congo de 1900 à 1921	150; 151; 181
WHYMS (Mme GUILLAUME, H.): Ange Kitele (non publié)	150; 151

Overlijden: Cf. Décès

Président 1969 (J. VAN RIEL)	202
Prijs Haïle Selassie	209
Prix Haïle Selassie	208
Règlement général (modification des art. 5 et 6)	202

Représentation de l'ARSOM:

XVII ^e colloque sur les protides des liquides biologiques (Bruges, 30 avril - 4 mai 1969) (P. STANER)	286
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Revue bibliographique 1969

Notices 1 à 17	152; 183-200
Notices 18 à 45	210; 253-281

V

Secrétaire des séances (démission M. WALRAET)	204; 336; 340; 424
Secretaris der zittingen (ontslag M. WALRAET)	205; 337; 341; 425
Symposium over de vulkanen	429
Symposium sur les volcans... ..	428
Verhandelingen (voorlegging): Cf. Mémoires	
Verkiezingen: Cf. Elections	
Vertegenwoordiging der K.A.O.W.:	
XVII ^e colloquium over de protiden der biologische vloeistoffen (Brugge, 30 april - 4 mei 1969) (P. STANER) ...	287
Voorzitter 1969 (J. VAN RIEL)	203
Wedstrijd (Jaarlijkse) 1971... ..	209; 341; 429
Welkomstgroeten: Cf. Bienvenue	

ACHEVÉ D'IMPRIMER LE 12 NOVEMBRE 1969
PAR L'IMPRIMERIE SNOECK-DUCAJU & FILS
S.A.
GAND-BRUXELLES