

BIJLAGE Nr. 3

De Hertog van Brabant aan CONWAY, Kaïro, 9 maart 1855, origineel.

Delehaye vient d'arriver. J'ai reçu mes lettres ce matin. Le bateau repart ce soir, je n'ai donc le temps que de Vous écrire deux mots.

Il y a le 30 mars et le 13 avril un départ d'Alexandrie pour Jérusalem. J'aimerais bien que vous puissiez m'y expédier un courrier sans attendre le retour de Delehaye. Un le 30 et Delehaye le 13.

Si le Roi veut des chevaux, il pourrait en acheter soit pour faire présent à Vienne soit pour offrir à Paris ?

J'ai reçu le chocolat et le Cordon.

Je ne me presse pas de le remettre. Le Vice-Roi a tout fait pour fa[ciliter] notre voyage et pour nous le rendre agréable, n'ayant d'un autre côté pas même daigné se déranger pour me faire visite. Il ne devrait être donné que comme récompense. J'attendrai qu'elle soit méritée. Je suis enchanté de mon monde.

Tout à vous, Leopold.

P.S. Il y a trois départs par mois de Marseille et deux de Trieste ce qui fait 5.

BIJLAGE Nr. 4

De Hertog van Brabant aan CONWAY, Kaïro, 15 maart 1855, origineel.

J'ai remis le 13 mars à Son Altesse le Vice-Roi le Cordon qui lui était destiné. C'était justement le lendemain du jour où il fêtait avec une pompe excessive l'anniversaire de sa naissance. Saïd Pacha s'étant formellement et devant témoins engagé à participer à la formation d'une compagnie à vapeur entre Alexandrie et Anvers. Je me charge de l'entreprise, le Vice-Roi sera mon plus fort actionnaire. J'espère en tirer 100 ou peut-être 200 mille £, c'est-à-dire 500 000 F ou un million. En manœuvrant bien je crois même qu'il sera possible de dépasser ce chiffre.

Nous commencerions l'année prochaine, j'ai dû accorder ce délai à Saïd Pacha qui veut avant tout payer ses dettes.

Ceci est certainement une petite affaire mais menée avec persévérance et énergie, elle pourra nous conduire fort loin.

Il y a beaucoup de terrains vagues en Egypte. Le Vice-Roi n'est pas éloigné de les faire coloniser. Je tiendrai surtout à obtenir pour une société belge le dessèchement des 3 lacs Mareotis, Bourlos et Manzaleh.

J'ai offert à Saïd Pacha de m'en charger. Je ne puis obtenir de réponse décisive. Il m'a promis d'étudier la question. Pour le moment, je le crois contraire à cette entreprise et cela dans un but stratégique. Il s' imagine que ces lacs une fois sans eau, l'invasion de l'Egypte devient plus facile. Il faut lui prouver le contraire, ne lui laisser ni répit ni repos jusqu'à ce que nous ayons obtenu ce que nous désirons. J'ai tout un petit plan à ce sujet que j'aurai l'honneur de soumettre au Roi à mon retour. Mais rien ne presse. L'Egypte est une mine d'or mais pour l'exploiter, il ne faut pas s'épargner de peine. L'affaire des lacs serait d'un rapport annuel d'au moins 5 millions de F. Les travaux à exécuter sont minimes. Le Nil se charge de tout, il suffit de le laisser faire pour exhausser un terrain.

Mais pourquoi s'étendre si fort sur une chose refusée.

On achèterait pour 30 mille F un petit royaume en Abyssinie. Un second coûterait un peu plus mais ce ne serait pas le Pérou. Si au lieu de parler de neutralité, la Chambre s'occupait de notre commerce, la Belgique deviendrait le pays le plus riche du monde. Si je n'ai pas obtenu tout ce que je désirais, j'aurai au moins un fort subside, qui fera flotter dans la Méditerranée le pavillon belge. Aucun Etat secondaire ne possède de service à vapeur pour le Levant.

Tout à vous.

BIJLAGE Nr. 5

De Hertog van Brabant aan CONWAY, tussen Kaïro en Alexandrië, 20 maart 1855, origineel.

Encore deux mots. J'ai revu le Vice-Roi depuis ma dernière lettre. L'affaire de la ligne à vapeur lui plaît beaucoup, il dit à tout le monde qu'il est mon associé.

J'ai parlé de m'affermir des terrains vagues qu'il suffit d'arroser pour pouvoir cultiver. L'hectare rapporterait de 5 à 6 livres sterling. Il y en a plusieurs centaines de mille. S(on) A(altesse) a promis d'examiner la chose, elle m'a demandé de lui envoyer plus tard quelqu'un pour s'entendre à ce sujet. Je crois que nous avons encore fait un grand pas.

Je vous prie de grâce, insistez auprès du Roi pour obtenir les décorations que je demande. C'est nécessaire pour marcher en avant. J'ai vu Mr. de Lesseps. C'est une canaille. Il a remué ciel et terre à Constantinople. Il désire que le papier ci-joint, qu'il a adressé à Lord Stratford, soit mis sous les yeux du Roi.

Je conseille beaucoup de s'opposer à ces démarches, elles sont au moins inopportunes et je pense que lui usé, nous parviendrons à obtenir sa succession. Lord Stratford remue contre lui ciel et terre.

Mais son influence et celle des Anglais baisse en Orient.

Vous trouverez annexé à cette lettre des remerciements que Saïd Pacha adresse au Roi.

S(on) A(ltesse) m'a chargé de commander pour lui à Liège: 1. une machine pour presser les balles de fusil; 2. une machine pour forer et faire en même temps la moulure et les tourillons des canons. Elle existe à l'arsenal de Wolwich (59). Il suffirait de s'informer un peu si Vous ne me compreniez pas. Tâchez de faire commencer de suite. Il importe de faire connaître nos produits.

Vous recevrez cette lettre au moment ou bien d'autres inconvénients doivent vous préoccuper. Néanmoins je vous prie de faire de sorte que ce que je vous demande se fasse. Ne perdons pas une minute, pas la plus petite occasion de nous développer. La position s'est améliorée beaucoup depuis mon autre dépêche qui vous parviendra en même temps que ce'le-ci. J'espère que nous marchons vers la réalisation des idées du Roi sur l'Orient. Au lieu de cultiver Rhodes, ce sera l'Egypte. Votre dévoué, Léopold.

8 juli 1964.

(59) Te Woolwich op de Theems (graafschap Kent) bevond zich het arsenaal van de Britse oorlogsvloot.

**CLASSE DES SCIENCES NATURELLES
ET MEDICALES**

**KLASSE VOOR NATUUR-
EN GENEESKUNDIGE WETENSCHAPPEN**

Séance du 26 mai 1964

La séance est ouverte à 14 h 30 par M. P. *Brien*, directeur.

Sont en outre présents: MM. A. Dubois, A. Duren, P. Fourmarier, R. Mouchet, W. Robyns, P. Staner, membres titulaires; MM. A. Castille, C. Donis, A. Fain, M. Homès, J. Opsomer, M. Poll, O. Tulippe, J. Van Riel, associés; MM. F. Corin, M. De Smet, R. Devignat, F. Evens, P. Raucq, correspondants, ainsi que MM. E.-J. Devroey, secrétaire perpétuel et M. Walraet, secrétaire des séances.

Absents et excusés: MM. L. Cahen, G. de Witte, R. Germain, P. Gourou, F. Hendrickx, J. Jadin, P.-G. Janssens, F. Jurion, A. Lambrechts, J. Lebrun, J. Lepersonne, G. Sladden, R. Vanbreuseghem, M. Van den Abeele.

Décès de H. Buttgenbach

Devant l'assemblée debout, M. P. *Brien*, directeur, rend un émouvant hommage à la mémoire de notre regretté Confrère et doyen d'âge M. H. *Buttgenbach*, décédé à Woluwé-St-Pierre le 29 avril 1964, dans sa 91^e année (voir p. 882).

A la suggestion de M. P. *Fourmarier*, la Classe prie M. J. *Thoreau* de vouloir bien rédiger la notice nécrologique destinée à l'*Annuaire* 1965.

La conservation de la nature dans la République d'Afrique du Sud

M. W. *Robyns* présente une communication accompagnée de projections lumineuses, intitulée comme ci-dessus et dans laquelle est évoquée l'œuvre du Gouvernement central et des Gouvernements provinciaux de la République d'Afrique du Sud dans le domaine de la conservation de la nature.

Zitting van 26 mei 1964

De zitting wordt geopend te 14 h 30 door de *H. P. Brien*, directeur.

Zijn bovendien aanwezig: De HH. A. Dubois, A. Duren, P. Fourmarier, R. Mouchet, W. Robyns, P. Staner, titelvoerende leden; de HH. A. Castille, C. Donis, A. Fain, M. Homès, J. Opsomer, M. Poll, O. Tulippe, J. Van Riel, geassocieerden; de HH. F. Corin, M. De Smet, R. Devignat, F. Evens, P. Raucq, correspondenten, alsook de HH. E.-J. Devroey, vaste secretaris en M. Walraet, secretaris der zittingen.

Afwezig en verontschuldigd: De HH. L. Cahen, G. de Witte, R. Germain, P. Gourou, F. Hendrickx, J. Jadin, P.-G. Janssens, F. Jurion, A. Lambrechts, J. Lebrun, J. Lepersonne, G. Sladden, R. Vanbreuseghem, M. Van den Abeele.

Overlijden van H. Buttgenbach

Voor de rechtstaande vergadering brengt de *H. P. Brien*, directeur, een ontroerde hulde aan de nagedachtenis van onze betreunde Confrater en deken van jaren de *H. H. Buttgenbach*, overleden te Sint-Pieters-Woluwe op 29 april 1964, op de leeftijd van 91 jaar (zie blz. 882).

Op voorstel van de *H. P. Fourmarier*, verzoekt de Klasse de *H. J. Thoreau* de necrologische nota bestemd voor het *Jaarboek 1965* te willen opstellen.

« La conservation de la nature dans la République d'Afrique du Sud »

De *H. W. Robyns* legt een mededeling voor met lichtbeelden getiteld als hierboven, en waarin hij de maatregelen behandelt van de Centrale Regering en de Provinciale Regeringen in de Republiek Zuid-Afrika, op het gebied der bewaring van de natuur.

Cet exposé est suivi d'un échange de vues auquel prennent part MM. *M. Poll, A. Dubois, P. Staner, E.-J. Devroey, R. Mouchet, P. Brien, C. Donis* et *W. Robyns*, après quoi, la Classe décide de publier ce travail dans le *Bulletin* (voir p. 885).

Concours annuel 1964

Le *Secrétaire perpétuel* informe la Classe qu'aucun travail n'a été introduit en réponse aux 3^e et 4^e questions du concours annuel 1964.

7^e Assemblée du Comité européen permanent de Recherches pour la protection des populations contre les risques d'intoxication à long terme (Bruxelles, 3-6 juin 1964)

Suite à la proposition de *M. A. Castille*, président du Comité organisateur, la Classe décide de se faire représenter au Symposium par *M. R. Vanbreuseghem*.

Prix Amiral Gago COUTINHO

Le *Secrétaire perpétuel* informe la Classe que la Société de Géographie de Lisbonne a fondé un prix annuel « Amiral Gago COUTINHO », d'un montant de 50 000 escudos (environ \$ 2 000) pour récompenser l'auteur d'un travail de géographie, la préférence étant accordée aux monographies concernant les territoires portugais d'Outre-Mer.

Les Confrères intéressés peuvent obtenir de plus amples informations en s'adressant au Secrétariat de l'ARSOM.

Comité secret

Les membres honoraires et titulaires, réunis en comité secret, émettent un avis conforme à la demande de *M. L. Hauman* sollicitant, en ce qui le concerne, l'application de l'article 4 des Statuts (Élévation à l'honorariat).

Ils passent ensuite en revue les associés en ordre utile pour être élus à deux places vacantes de membre titulaire.

La séance est levée à 16 h.

Deze uiteenzetting wordt gevolgd door een gedachtenwisseling waaraan deelnemen de HH. M. Poll, A. Dubois, P. Staner, E.-J. Devroey, R. Mouchet, P. Brien, C. Donis en W. Robyns, waarna de Klasse beslist dit werk te publiceren in de *Mededelingen* (zie blz. 885).

Jaarlijkse wedstrijd 1964

De *Vaste Secretaris* deelt de Klasse mede dat geen enkel werk ingestuurd werd in antwoord op de 3^e en 4^e vraag van de jaarlijkse wedstrijd.

7de Vergadering van het « Comité européen permanent de Recherches pour la protection des populations contre les risques d'intoxication à long terme » (Brussel, 3-6 juni 1964)

Gevolg gevend aan het voorstel van de H. A. Castille, voorzitter van het Inrichtingscomité, wordt de H. R. Vanbreuseghem als vertegenwoordiger van de Klasse op het Symposium aangesteld.

Admiraal Gago COUTINHO-prijs

De *Vaste Secretaris* deelt de Klasse mede dat het Geografisch Genootschap van Lissabon een jaarlijkse prijs « Admiraal Gago COUTINHO » instelde, ten bedrage van 50 000 escudos (ongeveer \$ 2 000) om de auteur te belonen van een werk over de geografie, bij voorkeur een monografie in verband met de Portugese Overzeese gebieden.

De belangstellende Confraters kunnen nadere inlichtingen bekomen op de Secretarie der K.A.O.W.

Geheim comité

De ere- en titelvoerende leden, vergaderd in geheim comité, brengen gunstig advies uit over de vraag van de H. L. Hauman, strekkend tot het toepassen, voor wat hem betreft, van artikel 4 der Statuten (Verheffing tot het erelidmaatschap).

Zij overschouwen vervolgens de geassocieerden die in aanmerking komen om verkozen te worden voor twee beschikbare plaatsen van titelvoerend lid.

De zitting wordt gesloten te 16 h.

P. Brien. — Hommage à Henri Buttgenbach
(Ensival, 5.2.1874 - Bruxelles, 29.4.1964)

Au cours de cet hiver et au seuil de ce printemps, la mort a sévi cruellement parmi les membres les plus anciens et les plus estimés de notre Compagnie. Pour la troisième fois en quelques mois, nous avons à déplorer un deuil très sensible à notre Académie. Le 29 avril dernier notre vénéré collègue Henri BUTTGENBACH s'est éteint dans sa 91^e année. Son grand âge l'éloignait de nos séances. A sa demande, il avait été élevé à l'honorariat. Nous regrettons son absence. Son autorité bienveillante, son bon sens, son aménité indulgente et souriante nous manqueront désormais.

Henri BUTTGENBACH était né à Ensival le 5 février 1874. Il était fils de médecin, héritier d'une tradition familiale de culture, de science et d'action.

Il s'orienta vers les études polytechniques qu'il n'acheva pas. Mais plus tard, en reconnaissance de ses grands mérites, le diplôme d'ingénieur des mines lui fut décerné exceptionnellement.

Jeune encore, il entreprit de nombreux voyages, au Mexique, en Californie, à Sumatra, aux Andes. Ils lui donnèrent la formation et l'expérience d'un ingénieur particulièrement averti des problèmes miniers.

Aussi, de 1902 à 1904, fut-il chargé par le Comité spécial du Katanga, de prospections en cette province congolaise, prospections qui devaient permettre bientôt les activités de l'Union minière du Haut-Katanga. L'importance, la signification de ses recherches et de ses travaux lui valurent en 1919 sa désignation en qualité d'administrateur délégué de cette importante société minière. La même année, au côté de Robert WILLIAMS, Henri BUTTGENBACH procédait à la première coulée de cuivre aux usines de Lubumbashi.

Auparavant, en 1906, la Fondation de la Couronne lui confiait une mission pour établir la valeur des gîtes aurifères de Kilo.

L'intérêt de ses interventions, l'autorité qu'il s'était acquise, le désignaient à l'attention publique. Avec les majors DUBREUCQ, HENNEBERT, WEYNS, il collabora à une série de conférences qui devaient préparer un événement capital pour notre Pays, la reprise de la gestion du Congo par le Gouvernement belge.

Son prestige dans le monde minier et industriel lui venait de sa connaissance des sciences minéralogiques. Elle inspirait ses entreprises. Il était l'élève du professeur CESARO, le grand minéralogiste et cristallographe de l'Université de Liège. Il en reçut une formation scientifique décisive. Sa curiosité pour l'étude des roches, loin de s'éteindre par ses préoccupations d'ingénieur, ne fit que s'aiguiser davantage. Son nom reste attaché à plus de 200 publications scientifiques dont quelques ouvrages depuis longtemps classiques: *Les minéraux et les roches* qui connut 8 éditions; *Les minéraux de Belgique et du Congo*. Il lui revenait de succéder à son maître CESARO à la chaire de minéralogie et de cristallographie à l'Université de Liège. Il fut admis à l'éméritat en 1945. Entre-temps, il avait formé une pléiade d'élèves qui surent se rendre dignes de l'enseignement qu'ils avaient reçu de Henri BUTTGENBACH. Sa compétence, sa longue expérience, ses relations personnelles lui avaient permis de doter l'Université de Liège d'une admirable collection minéralogique et pétrographique que la stupidité des bombardements de la dernière guerre anéantit hélas. Henri BUTTGENBACH en conçut une profonde et silencieuse mélancolie.

La Belgique sut honorer une carrière aussi belle et aussi féconde. Henri BUTTGENBACH était Grand-officier de l'Ordre de Léopold; Grand-Officier de l'Ordre de la Couronne; Grand-officier de l'Ordre royal du Lion; Grand-Officier de l'Ordre de l'Etoile africaine.

Ses titres lui avaient ouvert les portes de diverses sociétés scientifiques. Membre correspondant de l'Académie des Sciences de Paris (Institut de France), il était aussi membre de l'Académie royale de Belgique. Il était titulaire de notre Compagnie depuis le 6 juillet 1929.

L'Académie royale des Sciences d'Outre-Mer n'oubliera pas cet éminent savant, cet ingénieur qui fit si grand honneur au rayonnement de notre Pays, ce collègue aimable dont la simplicité accueillante et souriante inspiraient une déférente admiration. Nos *Annales* publieront une notice qui rappellera sa vie de science, de labeur intelligent et constructif.

A la diligence de notre Secrétaire perpétuel, le Président a adressé à la famille de Henri BUTTGEBACH, et en votre nom, les condoléances émues de notre Académie.

Je vous invite, mes chers Collègues, à vous recueillir quelques instants, dans le souvenir d'un ami vénéré et regretté.

Le 26 mai 1964.

W. Robyns. — La conservation de la nature dans la République d'Afrique du Sud

Au cours d'une mission dans la République d'Afrique du Sud, de septembre à octobre 1963, pour assister au « Golden Jubilee » du Jardin botanique national de Kirstenbosch, nous avons eu la bonne fortune de pouvoir participer, dans le cadre du « South Africa's Floral Year 1963 », à un « botanical tour » à travers une grande partie du territoire de la République et d'y visiter des parcs nationaux et différentes réserves naturelles.

Dans le domaine de la conservation de la nature, le Gouvernement central et les Gouvernements provinciaux y déploient une grande activité. Ils ont réalisé dans toute la République, actuellement en pleine expansion industrielle, une œuvre considérable, à laquelle le grand public, conscient de l'avenir du pays, apporte une collaboration effective et qui, à notre connaissance, n'est égalée dans aucun pays tropical ou subtropical que nous avons eu l'occasion de visiter.

Aussi, croyons-nous utile de présenter à nos compatriotes un court aperçu de cette œuvre, en utilisant toute la documentation que nous avons pu réunir sur place, ainsi que les diverses observations que nous avons pu faire nous-même au cours de notre mission.

Nous tenons à exprimer ici notre gratitude à R. KNOBEL, directeur du Conseil d'Administration des Parcs nationaux, et à M. BRYNARD, conservateur du Parc national Kruger, pour tous les renseignements qu'ils ont bien voulu nous procurer.

* * *

Lorsque le commandant VAN RIEBEECK débarqua, en 1652, au pied de la Montagne de la Table, il rencontra un pays à végétation forestière et broussailleuse, habité par un grand nombre d'animaux, tels que: les lions du Cap, les rhinocéros blancs, les éléphants, les hippopotames, les léopards, les grandes antilopes comme l'élan du cap, le *hartebeest*, etc. Tous ces animaux ont

été exterminés par les immigrants et le dernier éléphant fut tué près de Cape Town en 1702.

La colonisation de l'Afrique du Sud continuant vers l'Est et vers le Nord, la destruction des grands animaux de la faune indigène fut poursuivie durant tout le XVIII^e siècle et une grande partie du XIX^e siècle. Il y eut beaucoup de chasseurs professionnels, tels que le major A. PRETORIUS, qui s'enorgueillit des 557 éléphants qu'il a abattus au cours de sa carrière de chasseur, et qui faillit exterminer l'éléphant Addo. Cette destruction était en quelque sorte inéluctable par suite de l'augmentation graduelle de la population blanche et de l'établissement de nombreuses fermes d'élevage, qui entraînèrent la disparition de tous les animaux indigènes considérés comme nuisibles ou dangereux. Ajoutons à cela l'apparition d'épidémies à la suite de l'importation de bétail domestique, telles que la peste bovine de 1896, qui ont également décimé un grand nombre d'espèces animales dont certaines ont définitivement disparu, comme le *Bloubok* ou *Hippotrachus leucophaes* et le lion du Cap ou *Felis leo melanochaitus*.

Durant cette même période, l'établissement de fermes et l'utilisation intensive du bois pour la construction et le chauffage, entraînèrent la déforestation sur une grande échelle.

Petit à petit cependant, les immigrants et surtout les *Voortrekkers* et leurs descendants se sont rendu compte qu'il fallait réglementer la chasse et prendre des mesures de protection si on ne voulait pas exterminer toute la riche faune indigène et détruire toutes les forêts.

Dès 1870, la République du Transvaal prit l'initiative de décréter des périodes d'ouverture et de fermeture de la chasse.

A la fin du XIX^e siècle, en 1894, une première réserve de chasse fut créée à Pongola, dans le Natal, mais elle n'eut qu'une existence éphémère de 25 ans. En avril 1897, furent établies les réserves de chasse de Hluhluwe, de St-Lucia et d'Umfoloji, situées également dans le Natal et qui existent encore de nos jours.

Le 26 mars 1898, le président KRUGER établit à Sabi, dans l'Est du Transvaal, une réserve de chasse qui fut le point de départ du célèbre Parc national Kruger.

Simultanément, plusieurs familles de fermiers traitaient leurs domaines comme des sanctuaires et contribuaient ainsi à la survie de divers grands animaux menacés d'extinction.

Depuis lors, le mouvement de conservation s'est graduellement développé dans les différentes colonies et provinces et, en 1926, parut le *National Parks Act*, qui donna au Gouvernement de l'Union de l'Afrique du Sud le pouvoir d'établir des parcs nationaux et d'assurer leur maintien et leur administration. C'est ainsi qu'on distingue actuellement dans l'organisation de la conservation de la nature dans la République d'Afrique du Sud, des parcs nationaux administrés par le Gouvernement central, des réserves provinciales administrées par les Provinces ou les Pouvoirs subordonnés et même des réserves privées.

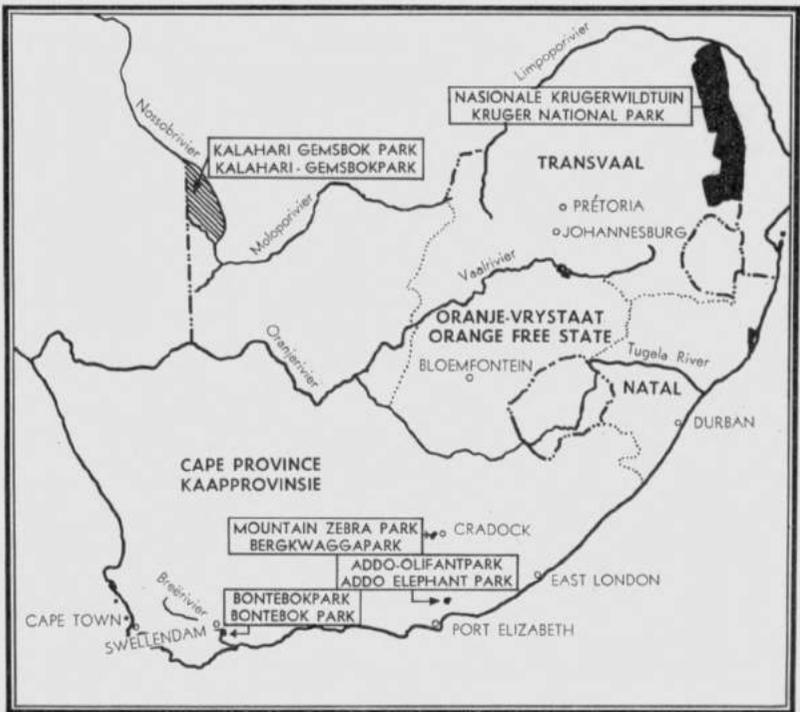
En outre, le Département des Forêts a promulgué, en 1941, un décret forestier, amendé successivement en 1946 et en 1948, qui prévoit l'établissement de réserves forestières.

I. PARCS NATIONAUX

Les parcs nationaux sont régis par le *National Parks Act* de 1926, qui fut graduellement amendé au cours des années suivantes, la dernière édition portant le n° 42 des actes du Parlement sud-africain de 1962. Il autorise la création de parcs nationaux pour la conservation et l'étude de la faune, de la flore et des objets d'intérêt géologique, archéologique, historique, ethnologique ou autre, ainsi que pour le bénéfice et le divertissement des visiteurs. Il énumère les diverses mesures de protection et de gestion, les dispositions pour les visiteurs, ainsi que les peines prévues pour les infractions aux règlements.

Cet Acte prévoit l'institution d'un Conseil d'Administration composé de 12 membres non rémunérés, dont 1 délégué de chacune des 4 provinces, nommés par le Président de la République, pour une période de 5 ans. Le Conseil est chargé du maintien et de la gestion des parcs nationaux sous l'autorité du *Minister of Lands*.

L'administration effective des parcs nationaux est confiée à un directeur assisté de deux chefs de département, dont l'un est chargé de la conservation et l'autre de l'administration proprement dite, ainsi que d'un secrétariat.



Carte des Parcs Nationaux de la République d'Afrique du Sud
Extrait Koedoe, 5, p. 30 (1962).

La gestion de chaque Parc est assurée par un Conservateur blanc, assisté d'un certain nombre de *rangers* blancs ou non blancs, ainsi que de divers techniciens, employés et travailleurs temporaires non blancs.

Le budget annuel s'élève actuellement à 500 000 Rand, soit 35 000 000 FB, provenant des subsides du Gouvernement central et des Provinces, des revenus du tourisme et des dons de particuliers.

Les parcs nationaux actuels sont (voir carte):

1. *Le Parc national Kruger*, situé dans le nord-est du Transvaal, le long de la frontière du Mozambique, entre la rivière Levubu au Nord et la rivière Crocodile au Sud. Il a une superficie de près de 2 000 000 ha, s'étendant sur une longueur de 320 km avec une largeur moyenne de 65 km, tandis que l'altitude y varie entre 200 et 700 m. Il fut établi dans sa forme actuelle le 15 septem-



FIG. 1. — Parc national Kruger. - Skukuza, camp pour touristes.
(Photo W. ROBYNS, oct. 1963.)



FIG. 2. — Parc national Kruger. - Secteur central, lowveld avec *Ficus sycomorus* L.
au centre et *Hyphaene crinita* Gaertn. à droite. (Photo W. ROBYNS, oct. 1963.)

bre 1926 et il est contigu à l'Est à la Réserve de chasse du Limpopo, dans le territoire du Mozambique, dont il est séparé par la chaîne des Monts Lebombo.

Le climat du Parc est tropical, avec des précipitations annuelles variant d'environ 75 cm dans le Sud à 40 cm dans le Nord, se produisant surtout durant les mois d'octobre à avril, généralement sous forme de pluies d'orages.

La végétation, qui est celle du *Lowveld*, est constituée de forêts claires caducifoliées, à physionomie très variable, dont la composition floristique change suivant la nature du sol: groupements à *Combretum-Terminalia* sur granite, groupements à *Sclerocarya caffra* et *Acacia nigrescens* sur basalte, groupements à *Colophospermum mopane* dans le Nord et groupements à *Burkea* et *Diplorrhynchus* dans l'extrême Nord-Ouest.

La flore, qui est celle de l'Afrique tropicale méridionale, comprend plus de 1 700 espèces de Spermatophytes, dont les représentants les plus méridionaux du Baobab d'Afrique ou *Adansonia digitata*.

La grande faune y est très variée et comprend notamment: des lions (1 035), des léopards (650), des hyènes (plusieurs milliers), des éléphants (1 750), des hippopotames (3 200), des phacochères (3 500), des zèbres (12 500), des girafes (2 850), 17 espèces d'antilopes de toutes tailles dont plus de 180 000 impalas, des buffles (10 000) qui constituent parfois des troupeaux de plus de 1 000 têtes, de nombreux singes, etc. On y compte 420 espèces d'oiseaux dont les autruches, 87 espèces de reptiles, 31 espèces de batraciens, 48 espèces de poissons et d'innombrables insectes et invertébrés.

Le Parc est subdivisé en 3 secteurs et le centre administratif est situé à Skukuza dans le secteur méridional.

Le Parc renferme en tout 2 200 km de routes carrossables pour les visiteurs.

2. *Le Parc national de l'éléphant Addo*, situé dans le sud de la Province du Cap, au nord de Port Elisabeth, établi le 3 juillet 1931, a une superficie d'environ 6 500 ha.

Ce parc est un sanctuaire pour la dernière harde d'éléphants Addo et pour le buffle du Cap ou *Syncerus caffer*, qui s'y sont multipliés considérablement depuis 1931.

La végétation est constituée de broussailles denses et impénétrables, toujours vertes, à dominance de *Portulacaria afra* ou *Spekboom*, atteignant généralement 3 à 4 mètres de hauteur et entremêlées de plantes succulentes et de lianes.

3. *Le Parc national des zèbres de montagne*, établi le 2 juillet 1937 dans le centre de la Province du Cap, au voisinage de Cradock, d'une superficie de 1 450 ha, pour la conservation du très rare zèbre de montagne ou *Equus zebra*, la plus petite espèce connue de zèbres.

La végétation est celle du Grand Karoo et comprend principalement des steppes et des broussailles xérophytiques avec des *Acacia* et des *Rhus*.

4. *Le Parc national Bontebok*, établi le 3 juillet 1931, dans l'ouest de la Province du Cap à Bredasdorp et transféré en 1960 à Swellendam, sur les rives du Breederivier, d'une superficie de 1 340 ha, pour sauver de l'extermination le très rare Bontebok ou *Damaliscus pygargus*.

La végétation est constituée de broussailles du Cap avec dominance de *Protea* et, comme essences principales, des *Acacia* épineux, tels que *Acacia Karoo*, ainsi que des *Podocarpus*.

5. *Le Parc national du Gemsbok du Kalahari*, établi le 3 juillet 1931, dans le nord-ouest de la Province du Cap aux limites du Bechuanaland, d'une superficie de 945 000 ha, dans le but d'assurer la conservation d'un certain nombre d'espèces migratrices d'antilopes, tels que le *Gemsbok* ou *Oryx gazella*, l'Élan ou *Taurotragus oryx* et le gracieux *Springbok* ou *Antidorcas marsupialis*, qui circulent en troupeaux de plus de 1 000 têtes. En outre, la grande faune y est très variée et on y rencontre encore des Bushmen primitifs.

C'est une région sèche et semi-désertique, à dunes de sable rouge, couvertes de broussailles épineuses et de Cucurbitacées avec des *Acacia* épineux, tels que *Acacia giraffae*, le long des lits desséchés des cours d'eau, qui constituent les seules voies carrossables.

6. Plusieurs autres parcs nationaux sont en voie de création, tels que le *Parc national Golden Gate* situé dans l'Etat libre d'Orange, le *Parc national Tsitsikamma* devant comprendre la belle région côtière près de Humansdorp, Province du Cap, avec la Réserve forestière *De Plaat*, et le *Parc national Aughrabies*, dans le nord-ouest de la Province du Cap, qui comprendra une des cinq plus grandes chutes d'eau du monde sur le fleuve Orange.

Les parcs nationaux de la République d'Afrique du Sud sont, en réalité, des réserves dirigées, dans lesquelles l'intervention humaine maintient artificiellement un équilibre entre la végétation et la faune.

Des feux de brousse contrôlés s'y effectuent régulièrement après les premières pluies du printemps, comme par exemple par cycles de 3 ans dans le Parc national Kruger. Des points d'eau artificiels sont établis, soit au moyen de barrages, soit au moyen de puits surmontés de moulins à vent ou *windmills*, dont il en existe 116 dans le Parc national Kruger.

On évite le surpâturage par le déménagement des animaux. Les lions et autres carnivores sont régulièrement contrôlés et localisés dans les parties du Parc où ils ne peuvent pas exterminer les antilopes et les autres herbivores. Ces mesures peuvent aller jusqu'à l'abattage des animaux indésirables.

La capture, le marquage et le déménagement d'un parc à l'autre des gros animaux se font par la méthode de l'immobilisation au moyen de seringues à drogues spéciales (sernyl, trilafon, flaxedil, omnopon, etc.) tirées au fusil.

La recherche scientifique a été introduite par le Conseil d'Administration en 1951. Elle se fait avec l'aide de biologistes attachés aux Parcs, mais surtout en collaboration avec les universités et les instituts de recherches spécialisés.

Dans le Parc national Kruger, à Skukuza, il y a un laboratoire avec herbiers, musée et bibliothèque, tandis que dans le Parc national du Gemsbok du Kalahari, il y a le laboratoire de campagne Rembrandt à Twee Rivieren.

Les études scientifiques comportent principalement la taxonomie des plantes et des animaux, l'éthologie animale, les maladies

animales, les migrations de la faune, les problèmes relatifs au pâturage et aux feux de brousse et enfin l'action des touristes sur la faune. Tout récemment, on a entrepris des études bio-acoustiques dans le but d'enregistrer le chant des oiseaux et le cri des animaux.

Le Conseil d'Administration des Parcs édite annuellement, depuis 1958, un périodique appelé *Koedoe* ou *Journal for Scientific Research in the National Parks of the Republic of South Africa*, qui est distribué par voie d'échanges.

En 1952, fut créé un service éducatif sous le nom de *Educational Information Section*, qui s'adresse au grand public par voie de conférences, de projections de films, de visites guidées, d'articles de presse et de brochures de propagande.

Tous les parcs sont ouverts au public et le Parc national Kruger et le Parc national du Gemsbok du Kalahari sont pourvus de camps de repos confortables. Le nombre annuel de visiteurs est de l'ordre de 200 000, dont environ 150 000 pour le seul Parc national Kruger. Ce dernier est ouvert au public dans son entièreté durant la saison sèche, du 1^{er} mars au 15 octobre; tandis que pendant la saison des pluies, du 15 octobre au 30 avril, seul le secteur méridional est accessible. Il peut héberger au plus 3 000 visiteurs par nuit, répartis dans 12 camps, dont un est réservé exclusivement aux non-blancs.

Au Parc national de l'éléphant Addo, la distribution de nourriture aux éléphants constitue une attraction spéciale pour les visiteurs.

II. RÉSERVES PROVINCIALES

Le *South Africa Act* de 1909 confiait aux Provinces de l'Union la protection de la nature en général, ainsi que le contrôle des animaux nuisibles, de la chasse et de la pêche et l'acte parlementaire n° 38 de 1945 les autorisait à établir leurs propres réserves.

A la suite du dernier Acte, les provinces du Cap, du Natal et du Transvaal ont créé un service spécial de la conservation, tandis que la province de l'Etat libre d'Orange a confié cette tâche à l'Inspection provinciale. Chacun de ces services comprend un

directeur, assisté d'un Comité consultatif et disposant du personnel administratif et technique indispensable au maintien et à la gestion des réserves, dont certaines sont contrôlées par les autorités locales, soit divisionnaires, soit municipales. Une attention particulière est donnée partout à la recherche scientifique, surtout appliquée, ainsi qu'à l'information et à l'éducation du public. En outre, il importe de signaler que dans plusieurs réserves, diverses espèces d'antilopes et d'oiseaux sont multipliées pour être mises ensuite à la disposition des fermiers qui en font l'élevage dans leurs domaines, ce qui constitue le *game farming*.

Les réserves provinciales sont ouvertes au public et plusieurs d'entre elles disposent de camps de repos.

1. Province du Cap

Le Département de la Conservation de la Nature a promulgué 7 ordonnances, parmi lesquelles le *Wild Flower Protection Ordinance* n° 21 de 1957, mérite de retenir spécialement l'attention. D'après cette ordonnance, il est défendu, dans toute la province, de cueillir des plantes indigènes en dehors des mauvaises herbes. L'ordonnance contient la liste des espèces indigènes protégées, qui sont actuellement au nombre de plus de 2 000, parmi lesquelles tous les *Erica*, les *Protea* et les Orchidées, la plupart des Iridacées, ainsi qu'un grand nombre de plantes succulentes et mimétiques et certains *Aloe* et *Haworthia*. Des brochures populaires avec illustrations en couleur apprennent au public à connaître les espèces en question. La même ordonnance stipule qu'aucune plante indigène ne peut être cueillie dans une zone de 90 mètres de chaque côté de l'axe de toute route publique, et ce dans le but de maintenir les routes fleuries en toute saison.

Les fleurs indigènes ne peuvent être vendues qu'aux endroits enregistrés à cet effet et avec licence de vente. Des amendes sévères punissent les contrevenants à cette ordonnance, ainsi qu'à toutes les autres ordonnances concernant la conservation de la nature en général, les pêcheries, la protection des oiseaux et la destruction de la vermine.

Il y a actuellement 22 institutions et réserves dispersées dans toute la province et se répartissant en 4 catégories: 3 institutions provinciales; 3 réserves provinciales; 6 réserves divisionnaires,

parmi lesquelles il faut signaler la réserve naturelle de la péninsule du Cap, établie en juin 1939, de même que la réserve naturelle de Robbeberg, d'une étendue d'environ 250 ha, établie le 15 novembre 1945 pour la protection des *Laurisilvae* de Knysna; 10 réserves municipales, dont le Parc Settler à Port Elisabeth, érigé le 15 octobre 1959.

Mentionnons ici le Jardin botanique national de Kirstenbosch, situé sur les pentes orientales de la Montagne de la Table à Newlands, Cape Town, d'une superficie d'environ 600 ha, qui constitue, en grande partie, une réserve naturelle et où l'on cultive plus de 4 000 espèces de plantes de l'Ouest de la Province. Kirstenbosch possède encore divers jardins annexes pour la culture de plantes auxquelles le climat du Cap ne convient pas, à savoir: le Karoo Garden à Worcester, le Darling Flora Reserve, le Cape Flats Flora Reserve et le Harold Porter Botanic Reserve à Betty's Bay.

Le Département entretient également 5 musées provinciaux d'histoire naturelle, notamment à Port Elisabeth, à East London, à Grahamstown, à King William's Town et à Kimberley, ainsi que divers petits musées locaux historiques et ethnologiques.

Enfin, signalons 4 *Wild flower gardens* municipaux, respectivement à Caledon, Montagu, Tulbagh et Port Elisabeth.

2. Province du Natal

Le Conseil des Parcs, de la Chasse et de la Pêche est responsable de la publication de 7 ordonnances concernant tous les aspects de la conservation de la flore et de la faune.

Il y a actuellement dans cette province 25 réserves provinciales, dont 14 sont situées au Zululand et 11 au Natal. Au Zululand, nous avons pu visiter deux des plus anciennes réserves de la République, datant d'avril 1897, à savoir: la réserve de chasse Hluhluwe de 25 000 ha, où vivent le rhinocéros blanc et noir, ainsi que la réserve de chasse St.-Lucia, couvrant environ 40 000 ha, à hippopotames et crocodiles et à avifaune très variée. Au Natal, nous avons parcouru la Réserve naturelle des Gorges d'Oribi, près de Port Shepstone, établie le 1^{er} avril 1950 et comprenant environ 2 000 ha de forêts côtières subtropicales.

3. Province de l'Etat libre d'Orange

L'Inspection provinciale qui s'occupe de la conservation de la nature, a promulgué 4 ordonnances relatives à la pêche, à la chasse, à la conservation de la flore indigène et à la destruction de la vermine. Elle contrôle 2 institutions provinciales, 1 réserve provinciale, à savoir la réserve de chasse Willem Pretorius, d'environ 10 000 ha, qui est en partie un sanctuaire d'oiseaux aquatiques, ainsi que 2 réserves municipales.

4. Province du Transvaal

Le Service de la Conservation de la Nature a publié 5 ordonnances relatives à la chasse, à la flore indigène, à la pêche, à la destruction de la vermine et aux parcs publics.

Il y a en tout 25 réserves, dont 4 institutions provinciales, 12 réserves provinciales et 9 réserves municipales, parmi lesquelles il y a lieu de mentionner spécialement la réserve naturelle Wonderboom au nord de Prétoria, établie en 1949, sur les pentes du Magaliesberg. On y conserve le célèbre spécimen du *Wonderboom* ou *Ficus Pretoriae*, à plusieurs troncs secondaires entourant le tronc central, dont la cime hémisphérique a un diamètre de 50 m et auquel on attribue environ 1 000 ans d'âge.

Les réserves des particuliers de la Province sont au nombre de 206, couvrant au total environ 500 000 ha.

III. RÉSERVES FORESTIÈRES

A la suite du Décret forestier, le Département des Forêts a établi 67 réserves de forêts indigènes et de plantations d'arbres, réparties dans la Province du Cap, le Natal et le Transvaal, couvrant environ 14 000 ha. En outre, il contrôle, au point de vue de la protection de la flore et de la faune, un grand nombre de forêts indigènes comprenant au total environ 260 000 ha.

Nous avons pu visiter la Réserve forestière Fort Grey, aux environs d'East London, constituée d'une forêt subtropicale, où croît *Umtiza litseriana*, une Légumineuse-Caesalpiniciacée endémique, à tronc curieusement cannelé.

IV. CONSERVATION DU SOL

En vertu de l'acte parlementaire n° 45 de 1946, la Division de la Conservation et de l'Extension des Sols, s'occupe des problèmes de l'érosion et de l'eau, ainsi que de l'utilisation rationnelle des sols en agriculture.

V. RÉSERVES À CRUSTACÉS

Il y a 5 réserves à langoustes du Cap ou *Jasus lalandii*, situées le long de la côte atlantique et s'étendant depuis la péninsule du Cap au Sud jusqu'à la baie de Ste-Hélène au Nord. Elles sont contrôlées par la Division des Pêcheries du Département du Commerce et de l'Industrie et toute pêche y est strictement interdite.

VI. ILES GUANO

Il s'agit de 33 petites îles et rochers, situés au voisinage des côtes de la Province du Cap, habités par des phoques ou *Arctocephalus pusillus*, et par des oiseaux de mer et dont un certain nombre sont des dépôts à Guano. Ils sont constitués en réserves et ressortissent à une Division du Département du Commerce et de l'Industrie.

VII. RÉSERVES PRIVÉES

Un certain nombre de domaines agricoles sont constitués en réserves de chasse. Signalons en particulier le domaine de Rooipoort, d'une étendue de 37 000 ha, et le domaine de Benaauweheidsfontein couvrant 10 000 ha de *De Beers Consolidated Mines Ltd* à Kimberley, où la chasse est réglementée depuis le début du siècle et où des observations sont faites sur les mœurs des animaux.

VIII. DIVERS

Pour terminer, mentionnons encore l'existence de divers monuments nationaux historiques, archéologiques, biologiques, etc., disséminés à travers tout le territoire de la République.

Bruxelles, 12 mai 1964.



FIG. 3. — Parc national Kruger. - Secteur méridional, *Combretum lowveld*, destruction de la végétation par les éléphants. (Photo W. ROBYNS, oct. 1963.)

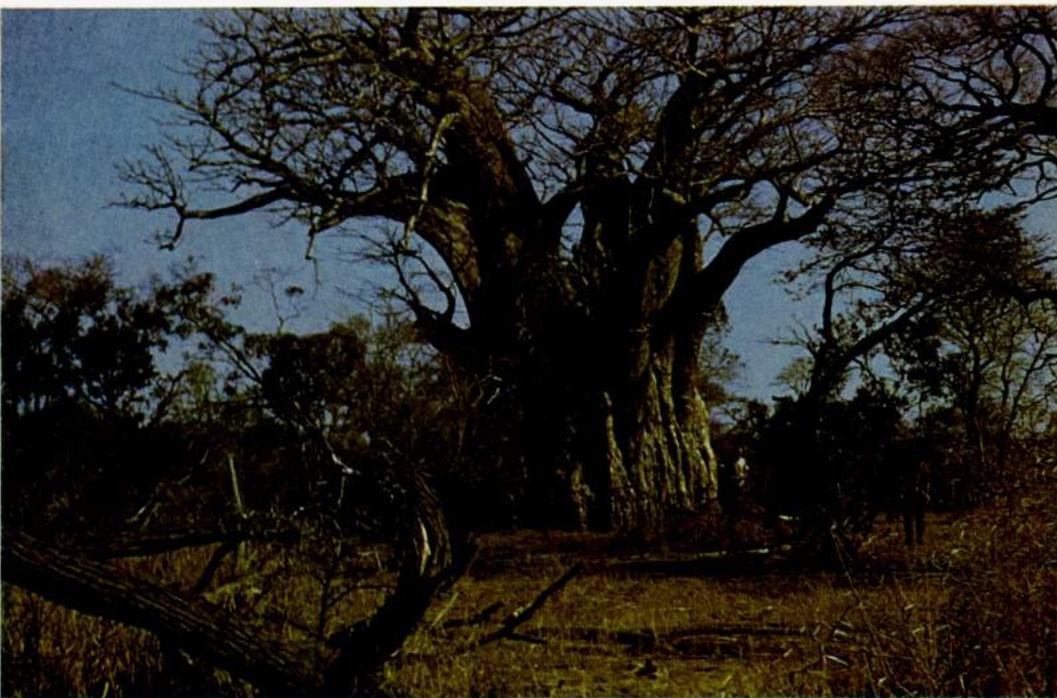


FIG. 4. — Parc national Kruger. - Secteur central, *Adansonia digitata* L. défeuillé, tronc de 8 m de diamètre à la base. (Photo W. ROBYNS, oct. 1963.)

BIBLIOGRAPHIE SÉLECTIONNÉE

- BARNARD, P.J.: The phenomenon of game migration in the Kalahari-Gemsbok National Park with a discussion of various marking methods to facilitate a study of the routes followed (*Koedoe*, 4, p. 178-193, 1961).
- BIGALKE, R.: La recherche sur la vie sauvage dans la Province du Transvaal (*Bull. U.I.C.N.*, nouv. série, 9, p. 7, oct.-déc. 1963).
- CODD, L.E.W.: Trees and shrubs of the Kruger National Park (*Botanical Survey*, Mem. 26, 192 p., 165 fig., 6 pl. coul., 1951).
- HEY, D.: The conservation of Flora in the Province of the Cape of Good Hope (*Lantern*, XIII, 1, p. 68-69, 1963).
- PIENAAR, U. de V.: The large mammals of the Kruger National Park - Their distribution and present day status (*Koedoe*, 6, p. 1-37, 36 fig., 1963).
- RYCROFT, H.B.: Kirstenbosch, South Africa's Garden of Wild Flowers (*Lantern*, XIII, 1, p. 9-16, photos en noir et en couleur, 1963).
- STEYN, T.J. et alia: The Wonderboom nature reserve (*Fauna and Flora*, 7, 139 p., illustr., 1956).
- SWART, E.R.: The age of the Pretoria Wonderboom (*South Afr. Journ. Science*, 60, p. 27-28, 1964).
- VAN DER MERWE, Nico J.: The position of nature conservation in South Africa (*Koedoe*, 5, p. 1-122, cartes, 1962).
- VAN NIEKERK, J.W. et PIENAAR, U. de V.: Adaptations of the immobilizing technique to the capture, marking and translocation of game animals in the Kruger National Park (*Koedoe*, 5, p. 137-143, photos, 1962).
- : A report on some immobilizing drugs used in the capture of wild animals in the Kruger National Park (*Koedoe*, 6, p. 126-132, photos, 1963).

Anonymes

- Act to consolidate the laws relating to national parks and matters incidental thereto (Republic of South Africa n° 42, 1962).
- Natal Parks, Game and fish preservation Board. General Brochure (19 p., photos).
- Our National Parks. A Guide to the National Parks of South Africa (255 p., illustré, édition 1963).
- Protected wild flowers of the Cape Province (Department of Nature conservation of the Cape Provincial Administration, 206 figures en couleur, 1958).
- The Addo Elephants. Parcs nationaux de l'Afrique du Sud (67 p., photos).

Séance du 23 juin 1964

La séance est ouverte à 14 h 30 par M. P. Brien, directeur.

Sont en outre présents: MM. A. Dubois, P. Fourmarier, R. Mouchet, W. Robyns, P. Staner, M. Van den Abeele, membres titulaires; MM. A. Fain, F. Jurion, J. Kufferath, G. Mortelmans, G. Neujean, J. Opsomer, M. Poll, G. Sladden, J. Thoreau, N. Vander Elst, J. Van Riel, associés; MM. R. Devignat, F. Evens, R. Germain, F. Hendrickx, J. Hiernaux, correspondants, ainsi que MM. E.-J. Devroey, secrétaire perpétuel et M. Walraet, secrétaire des séances.

Absents et excusés: MM. L. Cahen, G. de Witte, P. Gourou, J. Jadin, P. Janssens, J. Lebrun, J. Lepersonne, P. Raucq, L. Soyer, O. Tulippe, R. Vanbreuseghem.

Confraternité académique

Félicitations à M. G. Gillon: voir p. 974.

Le projet D (Adaptabilité humaine) du Programme biologique international

M. J. Hiernaux expose que le projet susdit concerne l'étude de l'adaptabilité humaine dans la gamme la plus large possible de conditions de milieu.

Dans ce cadre, notre Confrère se propose d'organiser une mission de recherches qui étudierait les divers aspects biologiques de l'adaptation humaine sur un territoire s'étendant du Tchad au Congo.

La Classe décide de publier cette note dans le *Bulletin* (voir p. 913).

Zitting van 23 juni 1964

De zitting wordt geopend te 14 h 30 door de H. P. Brien, directeur.

Zijn bovendien aanwezig: De HH. A. Dubois, P. Fourmarier, R. Mouchet, W. Robyns, P. Staner, M. Van den Abeele, titelvoerende leden; de HH. A. Fain, F. Jurion, J. Kufferath, G. Mortelmans, G. Neujean, J. Opsomer, M. Poll, G. Sladden, J. Thoreau, N. Vander Elst, J. Van Riel, geassocieerden, de HH. R. Devignat, F. Evens, R. Germain, F. Hendrickx, J. Hiernaux, correspondenten, alsook de HH. E.-J. Devroey, vaste secretaris en M. Walraet, secretaris der zittingen.

Afwezig en verontschuldigd: De HH. L. Cahen, G. de Witte, P. Gourou, J. Jadin, P. Janssens, J. Lebrun, J. Lepersonne, P. Raucq, L. Soyer, O. Tulippe, R. Vanbreuseghem.

Academische confraterniteit

Gelukwensen aan de H. G. Gillon: zie blz. 975.

« Le projet D (Adaptabilité humaine) du Programme biologique international »

De H. J. Hiernaux wijst er op dat gezegd ontwerp de studie betreft van de menselijke aanpassingsmogelijkheden aan de breedst mogelijke gamma van plaatselijke omstandigheden.

In dit kader heeft onze Confrater het inzicht een studiemissie in te richten die de verscheidene biologische uitzichten van de menselijke aanpassingsmogelijkheden zou onderzoeken over een gebied zich uitstrekkend van de Tchad tot de Congo.

De Klasse beslist deze nota in de *Mededelingen* te publiceren (zie blz. 913).

L'échange de vues qui suit cette communication fait apparaître que les deux Académies royales belges des Sciences, Lettres et Beaux-Arts ont été invitées à participer à l'élaboration et à la réalisation du Programme biologique international. De l'avis unanime de la Classe, il est décidé que notre Académie ne devra s'associer à ces travaux que si elle y était invitée soit par le Conseil international des Unions scientifiques, soit par le Gouvernement, soit par l'une des deux Académies précitées.

La croissance des écoliers rwandais

M. J. *Hiernaux* présente les résultats d'un examen biométrique de trois séries d'écoliers tutsi et hutu du Rwanda. Les comparaisons avec des séries américaines et européennes révèlent les influences de l'hérédité et du milieu sur la croissance humaine en ce qui concerne sa chronologie et les relations entre les dimensions corporelles.

L'auteur répond aux questions que lui posent MM. *A. Dubois*, *M. Poll* et *P. Brien*.

Sur avis conforme de la Classe, cette étude sera publiée dans la collection des *Mémoires in-8°*.

Contribution à l'histoire de l'herpétologie congolaise et bibliographie générale

M. *M. Poll* présente un travail de M. R.F. LAURENT intitulé comme ci-dessus et dans lequel l'auteur expose, à l'appui d'une importante bibliographie, l'état d'avancement de la prospection herpétologique dans les différentes régions naturelles du Congo ainsi que l'état actuel des connaissances par groupes systématiques.

La Classe désigne M. *G. de Witte* comme second rapporteur.

Uit de gedachtenwisseling die op deze mededeling volgt, blijkt dat de twee Koninklijke Belgische Academies voor Wetenschappen, Letteren en Schone Kunsten uitgenodigd werden deel te nemen aan de uitwerking en verwezenlijking van het internationaal biologisch programma. Op eensluidend advies van de Klasse wordt beslist dat onze Academie haar medewerking aan deze activiteit slechts kan verlenen, indien zij hiertoe uitgenodigd zou worden hetzij door de Internationale Raad van Wetenschappelijke Verenigingen, hetzij door de Regering, hetzij door een van de voornoemde Academies.

« La croissance des écoliers rwandais »

De H. J. *Hiernaux* legt de resultaten voor van een biometrisch onderzoek van drie reeksen Rwandese Tutsi en Hutu scholieren.

De vergelijking met Amerikaanse en Europese reeksen doen invloeden blijken van de erfelijkheid en het midden op de menselijke groei voor wat zijn chronologie betreft en de verhoudingen tussen de lichaamsafmetingen.

De auteur beantwoordt vervolgens de vragen die hem gesteld worden door de HH. *A. Dubois*, *M. Poll* en *P. Brien*.

Op eensluidend advies van de Klasse, zal deze studie gepubliceerd worden in de *Verhandelingenreeks in-8°*.

**« Contribution à l'histoire de l'herpétologie congolaise
et bibliographie générale »**

De H. M. *Poll* legt een werk voor van de H. R.-F. LAURENT getiteld als hierboven en waarin de auteur, steunend op een belangrijke bibliografie, de stand uiteenzet der herpetologische prospectie in de verscheidene natuurlijke streken van Congo evenals de huidige stand der wetenschap volgens systematische groepen.

De Klasse wijst de H. G. *de Witte* aan als tweede verslaggever.

Hommage à Victor VAN STRAELEN

Le *Secrétaire perpétuel* informe la Classe que Madame V. VAN STRAELEN nous a récemment adressé la plaquette qui vient d'être publiée en hommage à notre éminent et très regretté Confrère (voir p. 918).

Au nom de la Classe, il a exprimé sa gratitude émue à Madame VAN STRAELEN.

Comité secret

Les membres honoraires et titulaires, réunis en comité secret, arrêtent une liste double d'associés pour chacune des deux places vacantes de membre titulaire et ce, en vue de l'élection qui aura lieu à la séance du 14 juillet 1964.

La séance est levée à 16 h 15.

Huldebetoon aan Victor VAN STRAELEN

De *Vaste Secretaris* deelt de Klasse mede dat Mevrouw V. VAN STRAELEN ons onlangs het album toestuurde dat gepubliceerd werd als huldeblijk aan onze uitnemende en zeer betreunde Confrater (zie blz. 918).

In naam van de Klasse heeft hij zijn ontroerde dankbaarheid betuigd aan MEVROUW VAN STRAELEN.

Geheim comité

De ere- en titelvoerende leden, verenigd in geheim comité, stellen een dubbele lijst van geassocieerden vast voor elk der twee beschikbare plaatsen van titelvoerend lid, en dit met het oog op de verkiezing die zal plaats hebben tijdens de zitting van 14 juli 1964.

De zitting wordt gesloten te 16 h 15.

**N. Varlamoff. — Présence d'un minéral du groupe
Goyazite - Gorceixite dans les concentrés des
alluvions de certains affluents de la rivière
Lowa, Maniema, Congo (ex-belge) ***

RÉSUMÉ

L'auteur a eu l'occasion d'étudier les concentrés des champs diamantifères de l'Oubangui (République centrafricaine) ainsi que les concentrés des rivières des régions stannifères et aurifères du Maniema (Congo ex-belge). Les concentrés des exploitations diamantifères de l'Oubangui contiennent un minéral qui est généralement pris pour de la gorceixite; le même minéral se rencontre dans quelques concentrés des affluents de la rivière Lowa au Maniema où il est accompagné par quelques diamants en quantités non exploitables.

L'identité parfaite des deux minéraux provenant des deux régions est démontrée par les analyses spectrales X. Les analyses spectrales X montrent que le minéral, en plus du baryum, contient beaucoup de strontium et de fer et des quantités moindres, mais notables, de plomb, de cérium et de tungstène ainsi que des traces de terres rares. La présence de ces éléments différencie ce minéral de la gorceixite telle qu'elle est décrite dans la littérature. Il s'agit probablement d'un nouveau minéral, l'étude n'a pas pu être poussée plus loin suite aux événements du Congo et à la confiscation des concentrés à leur sortie.

Un fait est remarquable: ce minéral n'existe pas dans les concentrés diamantifères du Kasai, aussi bien à Bakwanga qu'à Tshikapa où les diamants sont surtout du type industriel.

* L'ensemble des observations qui sont rapportées dans cette note a été fait lorsque l'auteur dirigeait les prospections de la Société REMINA effectuant des recherches pour le compte des sociétés SYMAF et SYMÉTAÏN; l'auteur tient à remercier vivement ces sociétés pour l'autorisation qu'elles lui donnent de publier la présente note.

Celle-ci a été présentée à la séance du 18 décembre 1962 de la Classe des Sciences naturelles et médicales de l'ARSOM (*Bull.* 1962, p. 1074) et la publication en a été retardée pour des raisons indépendantes de l'auteur.

La nature des diamants du Maniema ainsi que la présence du minéral du groupe gorceixite-goyazite qui les accompagne toujours, rapproche les occurrences diamantifères du Maniema des gisements diamantières de l'Oubangui.

I. INTRODUCTION

Lors des prospections générales de la période 1938-1939 du bassin de la rivière Lowa, dans les affluents droits nommés Masaba et Bishentanu, furent découverts des concentrés d'un type spécial contenant en abondance un minéral brun, à cassure grenue de porcelaine, de densité de 3,1 à 3,2, de dureté 6,5, se montrant microgrenu sous le microscope. Dans le bassin de la Masaba, les concentrés contenaient quelques diamants.

Ce n'est qu'en 1959 que l'auteur a pu reprendre l'étude des concentrés du bassin de la Lowa. Le minéral brun, par ses caractères physiques, ressemblait au minéral brun des concentrés diamantifères de l'Oubangui (République centrafricaine) où il est pris pour de la gorceixite. Les analyses spectrales X ont permis de confirmer cette identité qui est frappante (*fig. 2*).

Dans la présente note, l'auteur décrit le minéral, donne ses caractéristiques et ses occurrences au Maniema, Congo (*fig. 1*); il reproduit les analyses spectrales X des échantillons provenant de la rivière Masaba, Maniema, Congo et des échantillons de la rivière Zamba, Oubangui, République centrafricaine (*fig. 2*).

Les analyses chimiques complètes n'ont pu être faites par suite de la confiscation des concentrés par les soldats à leur sortie du Congo en septembre 1960.

Les analyses spectrales X indiquent la présence de grandes quantités de strontium et de fer, de quantités non négligeables de cérium, de plomb et de tungstène et des traces de terres rares. La présence de ces éléments indique que le minéral, tout en appartenant au groupe gorceixite-goyazite, ne s'identifie probablement avec aucun de ces minéraux.

Ayant eu l'occasion de visiter les gisements diamantifères du Kasai (Congo) et de l'Oubangui (République centrafricaine),

l'auteur compare leurs concentrés avec ceux du bassin de la Lowa, Congo.

L'auteur a quitté le Congo et l'Afrique et il ignore s'il lui sera possible de poursuivre les études de ce minéral; aussi rédige-t-il les pages qui vont suivre pour que ses observations ne se perdent pas et pour attirer l'attention, d'abord, sur l'intérêt purement minéralogique du minéral, et ensuite, sur sa signification du point de vue de la comparaison des concentrés des divers champs diamantifères de l'Afrique centrale.

Les nombreuses analyses spectrales X des minéraux recueillis tant en Oubangui qu'au Maniema ont été faites au C.R.M. de Bukavu par G. HAINE que l'auteur tient à remercier tout particulièrement.

II. SITUATION GÉOGRAPHIQUE DU BASSIN DE LA LOWA ET DES CONCENTRÉS CONTENANT LE MINÉRAL DU GROUPE GORCEIXITE-GOYAZITE

La carte de la *fig. 1* permet de se rendre compte des divers points où furent rencontrés les concentrés contenant le minéral du groupe gorceixite-goyazite.

Dans la région Est du bassin de la Lowa, les concentrés furent rencontrés en abondance dans le bassin de la Masaba, dans cette rivière on rencontre également des diamants en quantités non exploitables. Dans le bassin de la Bishentanu, on rencontre les concentrés, mais on n'y a trouvé qu'un seul petit diamant.

Dans la partie Ouest du bassin de la Lowa, dans la région située au nord de Yumbi, dans les affluents de la rivière Lubutu, tels que Kisava, Isala, Atuya et Meyebi, des concentrés du même type ont été trouvés ainsi que quelques diamants.

III. QUELQUES REMARQUES AU SUJET DE LA GÉOLOGIE DES RIVIÈRES DANS LES CONCENTRÉS DESQUELLES LE MINÉRAL DU GROUPE GORCEIXITE-GOYAZITE FUT RENCONTRÉ

Les formations géologiques sur lesquelles on trouve le minéral du groupe gorceixite-goyazite sont les plus variées: en Oubangui

(République centrafricaine), il se rencontre avant le diamant sur le socle ancien, sur les formations rapportées au Lualaba ainsi que sur les grès de Carnot et de Mouka d'âge encore indéterminé, mais plus récents que le Lualaba, parallélisés avec les formations du Kwango; au Maniema, on les rencontre, aussi avec les diamants, au nord de Yumbi sur les formations de la Lukuga et, à Sukumakanga, soit sur les formations de la Lukuga soit sur les formations de la Masaba (VARLAMOFF, 1962).

Pas plus que pour le diamant, il n'est encore possible de préciser de quelle roche dérive le minéral du groupe gorceixite-goyazite. Il est probable que, tout comme le diamant, il a subi des transports relativement importants et a dû passer par plus d'un cycle sédimentaire.

Au Maniema, le minéral du groupe gorceixite-goyazite se rencontre en relativement grande abondance dans le bassin de la rivière Masaba, il se trouve sur les roches redressées jusqu'à la verticale, peu ou pas métamorphiques, contenant des bancs conglomératiques, mais les plus importantes concentrations de ce minéral et des diamants se rencontrent en amont des bancs conglomératiques. Il n'est donc pas possible de supposer que les bancs conglomératiques puissent constituer une source secondaire des diamants et du minéral qui nous intéresse. Ailleurs, tant à Sukumakanga que dans la région située au nord-est de Yumbi, le minéral se rencontre sur les formations rapportées au Lukuga qui sont d'aspect tillitique. Jusqu'à présent, aucun banc particulier du Lukuga ne semble être plus favorable à la rencontre des diamants et du minéral du groupe gorceixite-goyazite.

La question de l'origine primaire ou secondaire tant du minéral du groupe gorceixite-goyazite que du diamant, reste encore entièrement ouverte au Maniema.

IV. MINÉRAUX DES CONCENTRÉS DANS LESQUELS ON TROUVE LE MINÉRAL DU GROUPE MONAZITE

Les minéraux des concentrés peuvent se diviser en deux groupes:

— Minéraux de provenance locale, dérivant de la désagrégation des roches intrusives, métamorphiques et conglomératiques

TABLEAU I.
Minéraux des concentrés provenant de la désagrégation des roches de la région.

Nom du minéral	Dimensions	Forme des grains	Origine	
			primaire	secondaire
Staurotide	jusqu'à 20 mm	anguleuse et arrondie	schistes métamorphiques	formations de la Lukuga
Grenats	" 3 mm	anguleuse	<i>idem</i>	<i>idem</i>
Rutile	" 5 mm	arrondie	gréisens des granites	<i>idem</i>
Topaze	" 2 mm	"	<i>idem</i>	<i>idem</i>
Zircon	passant 100 à 200 mesh	cristalline	granites et roches métamorphiques	<i>idem</i>
Monazite	jusqu'à 0,5 mm	lenticulaire et arrondie	<i>idem</i>	<i>idem</i>
Tourmaline noire	" 2 mm	aiguilles et arrondies	<i>idem</i>	<i>idem</i>
Andalousite	" 10 mm	arrondie	filons et roch. métamorph.	<i>idem</i>
Ilménite	passant les 100 mesh	lentilles aplaties	roches doléritiques et métamorphiques	<i>idem</i>
Or	point et pépites	anguleuse et arrondie	filons de quartz	<i>idem</i>
Pyrite	jusqu'à 5 mm	anguleuse cristalline	roches métamorphiques	—

se trouvant à des distances plus ou moins rapprochées du lieu du prélèvement des concentrés;

— Minéraux dont l'origine primaire ou secondaire ne peut encore être rapportée avec certitude à des roches connues dans la région.

Les minéraux de ces deux groupes seront examinés ci-dessous:

1. *Minéraux des concentrés dont la provenance peut être attribuée aux roches existant dans la région.*

Le *tableau I* reprend la nomenclature et les principales caractéristiques des minéraux dont l'origine peut être trouvée dans les produits de désagrégation des roches environnantes.

Il est à noter que l'ilménite est tellement fine que, normalement, elle n'est pas récupérée et qu'il faut des précautions spéciales pour la récupérer dans ce genre de concentrés.

2. *Minéraux des concentrés dont la provenance n'est pas encore bien établie*

La liste des minéraux non encore rencontrés *in situ* dans les roches de la région est donnée dans le *tableau II* ci-après.

La présence de l'ensemble de ces minéraux ne signifie pas nécessairement l'existence du diamant; mais lorsque le diamant est présent, on les rencontre pratiquement toujours avec lui, de même que la topaze et le rutile.

L'association du minéral du groupe gorceixite-goyazite et du diamant mérite d'être soulignée, car elle existe également en Oubangui (République de l'Afrique centrale).

Cette remarque a une grande importance pratique, car la recherche directe du diamant est très coûteuse et nécessite des criblages et des lavages de cubes importants de gravier qui font perdre beaucoup de temps; on peut rechercher d'abord, par simple panning, le minéral du groupe gorceixite-goyazite et n'entreprendre la recherche du diamant qu'aux endroits où le minéral du groupe gorceixite-goyazite est le plus abondant.

TABLEAU II.

Liste des minéraux non encore rencontrés *in situ* dans les roches de la région.

Nom du minéral	Dimensions	Formes des grains	Abondance des teneurs au m ³ de gravier
Minéral du groupe gorceixite-goyazite	de 2 à 20 mm rarement jusqu'à 30 mm	ovoïde et lenticulaire	Dans la Masaba jusqu'à 2 kg par m ³ ; ailleurs plusieurs dizaines de g au m ³
Diamant	3 à 4 pierres au carat	crystallines	très rare, ne s'est rencontré en teneurs de l'ordre de 0,2 carats au m ³ que dans quelques endroits de la Masaba
Chrysobéryl	jusqu'à 3 mm	arrondie	aussi rare que le diamant
Corindon	" 2 mm	arrondie	très rare; quelques grains p. m ³
Disthène bleu	" 3 mm	aplatie usée	très rare; quelques grains p. m ³
Zircon en gros grains	1 à 2 mm	crystaux et grains	généralement rare mais localement peut atteindre plusieurs kg au m ³ .

3. Comparaison des concentrés diamantifères du Maniema avec les concentrés du Kasai et de l'Oubangui.

Jusqu'à présent on n'a pas encore signalé la présence de gorceixite au Kasai, ni à Bakwanga, ni à Tshikapa. Dans la région de Bakwanga les concentrés peuvent contenir les minéraux primaires des pipes diamantifères tels que le diopside vert chromifère, le grenat pyrope et une ilménite magnésienne en gros grains pouvant atteindre jusqu'à 10 mm de diamètre. Jusqu'à présent, ces minéraux de Bakwanga n'ont jamais été rencontrés ni au Maniema ni en Oubangui.

De plus, à Bakwanga les diamants sont de qualité dite industrielle, tandis qu'au Maniema et en Oubangui les diamants appartiennent à la qualité dite de joaillerie.

La similitude des concentrés et des diamants de l'Oubangui et du Maniema est frappante, principalement par l'association cons-

tante du minéral du groupe gorceixite-goyazite. Cette association se fait sur des étendues si considérables que l'on peut se demander si elle est fortuite.

Comme il a été dit plus haut, au Maniema, dans les fractions criblométriques normalement récupérées lors du traitement des graviers pour la récupération du diamant, on n'a pas rencontré d'accompagnateurs du diamant dans les pipes diamantifères tels que le diopside chromifère vert, le grenat pyrope, l'ilménite magnésienne; lors du transport, ces minéraux s'usent et se réduisent relativement rapidement et on ne peut espérer les trouver que dans un rayon de quelques dizaines de km autour des gisements de pipes.

Cependant au Maniema comme en Oubangui, il reste encore la fraction du passant 100 et 200 mesh à étudier. Au Maniema, cette fraction existe et est nettement séparée du gros des concentrés. Il n'est pas exclu d'y trouver les restes réduits des minéraux primaires des pipes diamantifères. Malheureusement, dans les environs des gisement primaires des diamants, cette fraction n'a pas fait l'objet d'études spéciales.

V. QUELQUES REMARQUES AU SUJET DU MINÉRAL DU GROUPE GORCEIXITE-GOYAZITE DES CONCENTRÉS DU BASSIN DE LA LOWA

Le minéral rencontré au Maniema est de couleur brune, possède une cassure de porcelaine, donne un trait brun clair, accuse une densité de 3,1 à 3,2 et une dureté de 6,5. Il se présente en grains lenticulaires ou ovoïdes parfaitement polis, revêtus fréquemment d'un mince enduit noir. Au microscope, il montre une structure tellement fine que toute mesure de propriétés optiques s'avère impossible. Par l'ensemble de ces caractères, il ressemble à la gorceixite et au minéral que l'on trouve dans les concentrés diamantifères de l'Oubangui.

Les analyses spectrales X des minéraux de l'Oubangui et du Maniema confirment l'identité des deux minéraux (voir *fig. 2*).

Cette identité est même remarquable si l'on tient compte des distances qui séparent l'Oubangui du Maniema.

Cependant, les analyses spectrales X révèlent de sérieuses différences avec le minéral gorceixite; en effet, elles montrent la présence de fortes quantités de strontium et de fer, des quantités non négligeables de cérium, de plomb et de tungstène, ainsi que des traces de terres rares, tandis que la quantité de barium n'est pas importante et le sort de l'aluminium incertain.

Par suite de la confiscation des échantillons par les soldats congolais en septembre 1960, il a été impossible de faire les analyses chimiques complètes de ce minéral. Ce travail devra être fait dès la récupération des collections ou bien dès que les circonstances permettront de nouveaux prélèvements de concentrés.

En attendant, il n'est pas inutile de rappeler que la gorceixite fait partie d'un groupe de phosphates déjà identifiés et qui peuvent sans doute se mélanger entre eux:

- Gorceixite: $\text{BaAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_5\text{H}_2\text{O}$
- Plumbogummite: $\text{PbAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_5\text{H}_2\text{O}$
- Goyazite: $\text{SrAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_5\text{H}_2\text{O}$
- Grandallite: $\text{CaAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_5\text{H}_2\text{O}$
- Florencite: $\text{CeAl}_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_5$
- Deltaite: $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Ca})(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_5\text{H}_2\text{O}$

Il n'est donc pas exclu que ce soit un minéral de ce groupe, mais d'une formule intermédiaire.

VI. CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Le minéral trouvé dans les concentrés de certaines rivières du bassin de la Iowa, outre l'intérêt purement minéralogique, présente des possibilités intéressantes pour la prospection générale du diamant ainsi que pour la comparaison des concentrés de divers champs diamantifères.

L'origine du minéral et son association au diamant posent également des questions non dépourvues d'intérêt.

Pour l'identification complète du minéral, il manque l'analyse chimique détaillée, l'auteur en est parfaitement conscient et espère qu'un jour elle sera faite.

Décembre 1962.

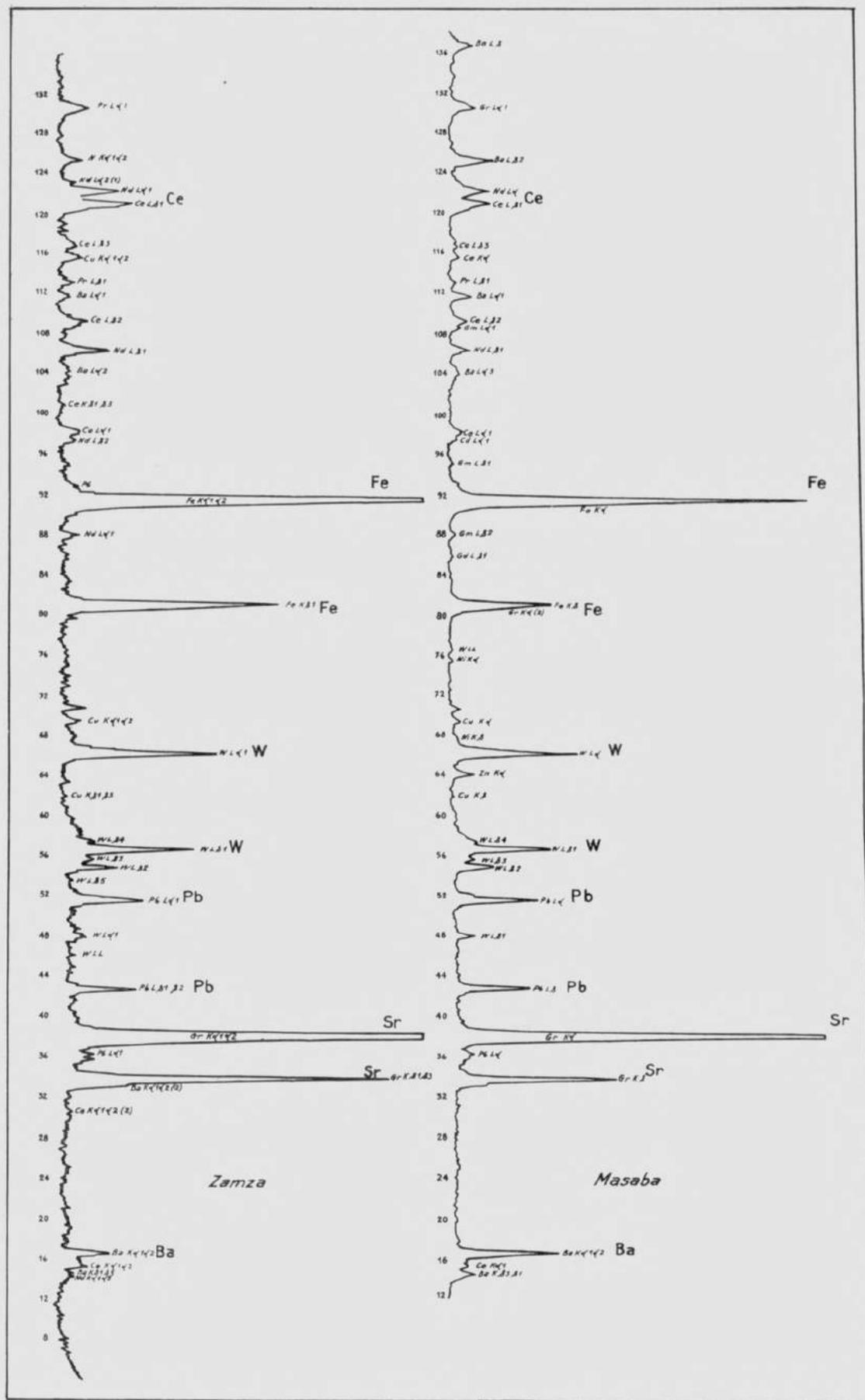


FIG. 1. — Situation des endroits où furent recueillis les concentrés contenant le minéral du groupe gorceixite-goyazite.

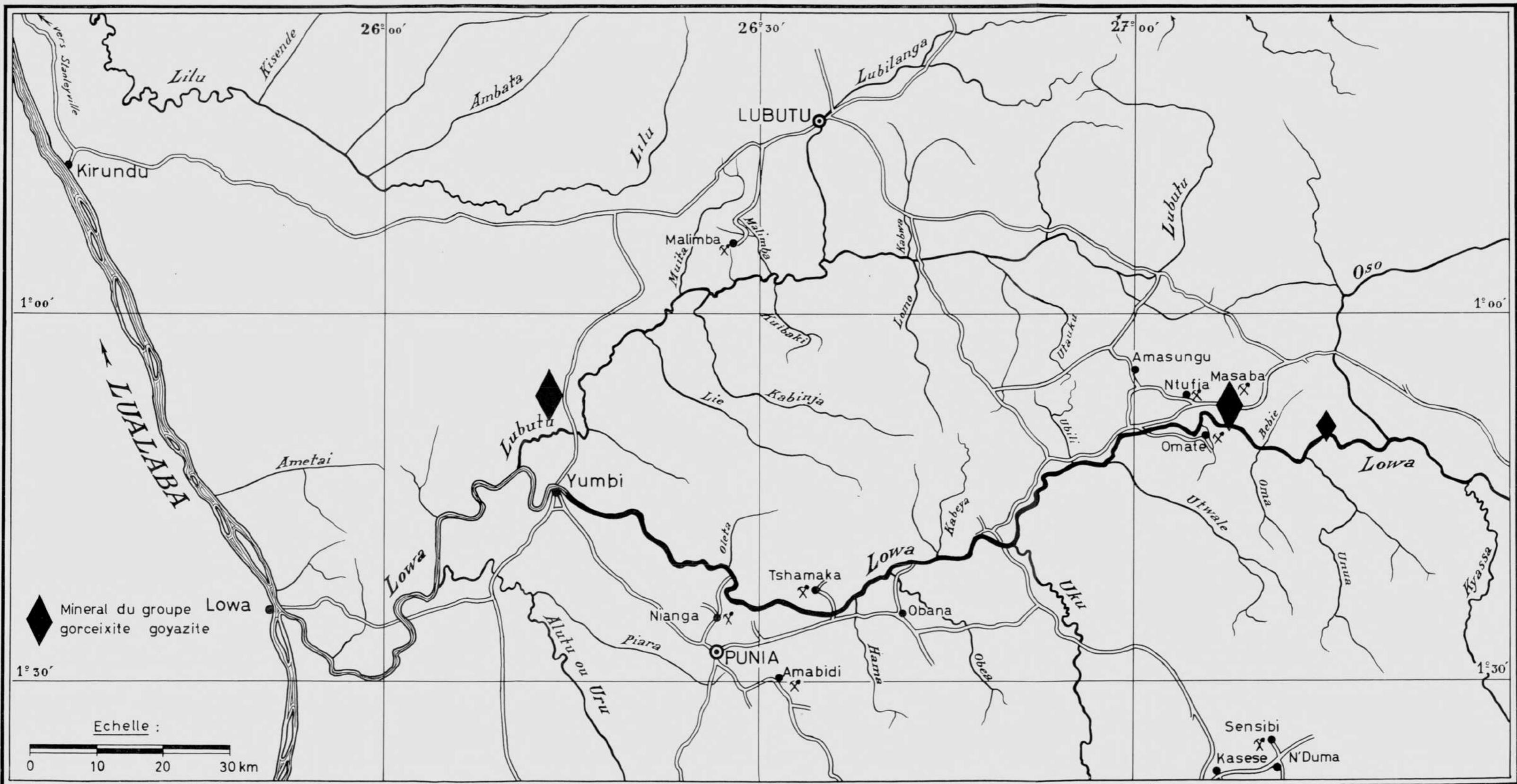


FIG. 2. — Analyses spectrales X des minéraux de la Zamba, Oubangui (République centrafricaine) et des minéraux du bassin de la Masaba, Maniema (Congo).
 Les analyses spectrales X ont été faites au C.R.M. du Bukavu (Kivu, Congo), par G.HAINE en 1960.

J. Hiernaux. — Le projet D (adaptabilité humaine) du programme biologique international

Après avoir organisé et parrainé l'Année géophysique internationale, le Conseil international des Unions scientifiques a entrepris de mettre sur pied son équivalent pour les sciences biologiques, le Programme biologique international qui, de par la nature de ses recherches, est destiné à s'étendre sur plusieurs années. Parmi les thèmes majeurs prévus figure l'étude de l'adaptabilité humaine (*projet D*).

Sous la présidence du Dr J.-S. WEINER, plusieurs réunions d'experts ont eu lieu et une autre va se tenir en juillet pour élaborer une liste des sujets de recherche les plus intéressants en ce domaine, proposer des techniques standardisées, élaborer les modalités d'une coopération internationale fructueuse.

Une des idées directrices de ces réunions est qu'une priorité doit être accordée à l'étude des sociétés primitives dont le mode de vie, en transformation rapide, est destiné à disparaître sous peu, ce qui rend l'étude de ses répercussions biologiques particulièrement urgente. C'est dire l'importance accordée à de nombreuses populations africaines. Comme leur étude n'a de sens que dans le cadre des populations environnantes, on peut dire que l'Afrique noire rurale entière constitue un des terrains de choix pour la réalisation du *projet D*.

Celui-ci se propose d'étudier l'adaptabilité humaine dans les conditions de vie les plus diverses de climat, d'altitude, de nutrition, de nature du sol, de démographie, d'organisation sociale, de mode de vie. Les données recueillies permettront un progrès capital dans la compréhension des facteurs de la variabilité humaine, car elles présenteront un grand nombre de combinaisons de milieux et de patrimoines héréditaires. On peut leur imaginer une vaste gamme d'applications sur tous les plans de décisions qui ont une répercussion sur l'homme: nutrition, hygiène, méde-

cine, eugénique, aménagement du territoire, conservation de la nature et utilisation de ses ressources.

Trois disciplines sont intéressées à titre principal par le Projet et ne pourront d'ailleurs chacune interpréter valablement leurs résultats qu'en les confrontant avec ceux des deux autres: la physiologie comparée, la génétique des populations et la biométrie. La coopération d'autres disciplines s'avère indispensable si l'on veut tirer un rendement maximum des recherches: par exemple, sans que la liste soit limitative, l'ethnologie, la sociologie, la démographie, la climatologie, l'épidémiologie, l'écologie animale et végétale. Les données doivent être aussi approfondies sur le milieu que sur l'homme, pour répondre au thème même du Projet.

En dehors d'investigations restreintes à un aspect particulier, l'unité de recherche sera donc nécessairement polydisciplinaire, et une minutieuse préparation de son programme doit précéder son envoi sur le terrain. Trois stades sont proposés par les organisateurs du Projet: au cours d'un stade préliminaire seraient définis les problèmes qui feraient l'objet de l'étude, inventoriées les connaissances déjà acquises à leur sujet, déterminés le budget nécessaire et les possibilités et chercheurs et en personnel technique. Ensuite, sur le terrain, une enquête-pilote précéderait la mise en marche du programme remodelé en fonction de l'expérience acquise.

Bien que le rendement d'une équipe dépende essentiellement de la qualité de ses membres, du soin qu'elle aura mis à préparer la recherche et des moyens qu'elle aura pu réunir, la mise sur pied du Programme biologique international, en plus de l'impulsion qu'elle constitue, permettra de tirer des données recueillies bien plus que si diverses équipes œuvraient sans coordination. Celle-ci jouera sur plusieurs plans:

1. La standardisation des mesures, indispensable à toute comparaison des résultats d'enquêtes menées par des équipes différentes: le Programme éditera des manuels d'instructions précises sur les méthodes recommandées, fruits du travail des comités de préparation. Tout en étant libre d'employer parallèlement d'autres techniques, chaque équipe qui accepte les règles du Programme s'engagera à prendre les mesures préconisées par celui-ci;

2. La désignation d'institutions régionales disséminées dans le monde, organisées pour servir de base aux équipes;

3. La désignation de laboratoires d'analyse des spécimens de sang et autres matériaux, qui pourraient être ravitaillés en anti-sérums rares;

4. La standardisation des fiches de notation des données, afin de faciliter leur transfert sur fiches perforées et une programmation standard de leur traitement statistique primaire;

5. L'entraide internationale pour la formation des spécialistes requis.

La Belgique, comme toutes les nations représentées au Conseil international des Unions scientifiques, devra bientôt donner à celui-ci sa réponse aux questions suivantes: est-elle prête à participer aux activités préparatoires du Projet, quels programmes spécifiques de recherche est-elle à même de mener à bien avec ses ressources propres, avec quelles nations désire-t-elle particulièrement coopérer, quelle part aimerait-elle assumer dans un programme international spécifié, accepte-t-elle de se plier aux diverses standardisations que décideront les autorités du Programme?

Sans doute quelques grandes nations sont-elles à même de trouver en leur sein les hommes nécessaires à la constitution des équipes polydisciplinaires que requiert une recherche efficiente en biologie humaine. La Belgique, elle, ne dispose pas de suffisamment de chercheurs disponibles en ce domaine, très négligé par notre pays. Par ailleurs, quel chef d'équipe y prendrait la responsabilité d'engager de jeunes candidats à la recherche (ce ne sont certes pas les vocations qui manquent) à se spécialiser durant quelques années, quand les perspectives de continuation ultérieure d'une carrière scientifique dans leur pays sont squelettiques? La seule vue réaliste semble de prévoir la participation de la Belgique en chercheurs et en crédits à des équipes plurinationales, du moins pour les recherches qui se dérouleraient Outre-Mer.

C'est dans cet esprit que je présente à l'Académie le thème d'un projet de recherches dont les grandes lignes ont été conçues

avant que j'aie eu connaissance du Programme biologique international, mais dont l'élaboration et le développement sont synchrones à ceux du *Projet D* et s'appuient sur lui.

Les recherches que j'ai menées jusqu'à présent en Afrique centrale m'ont mené à centrer mon intérêt sur l'objet même du *Projet*: les relations entre le milieu et les caractères physiques des populations humaines. Or, l'Afrique noire présente une diversité élevée de la morphologie humaine pour des caractères qui semblent avoir une valeur adaptative, comme le format de l'organisme, sa linéarité, sa surface, son volume, ses proportions. En particulier, une bande Nord-Sud partant des environs du lac Tchad pour aboutir en forêt équatoriale congolaise contient des populations situées aux extrêmes opposés de la variabilité de la taille. Le milieu climatique, chaud partout, va d'une grande sécheresse dans le Nord à une humidité élevée dans le Sud, et une série d'autres gradients l'accompagnent. L'étude de populations étagées sur cette bande, et particulièrement celle de groupes qui vivent près de ses extrémités, présente donc un intérêt particulier.

C'est pourquoi le programme que j'envisage vise l'étude de plusieurs populations en République du Tchad et en République du Congo (Léopoldville), sous les divers angles prévus par le *Projet D*: physiologie, génétique et biométrie, éclairée par la récolte des indispensables données sur le milieu humain (dans les domaines de la sociologie, de l'histoire, de la démographie, de l'épidémiologie et des régimes alimentaires) et sur le milieu naturel (en ce qui concerne toutes les variables susceptibles d'agir sur le phénotype et sur les fréquences géniques de l'homme).

L'équipe permanente que nécessite l'exécution d'un tel programme devrait, en plus du chef de mission, comporter trois chercheurs et un ou deux techniciens, et disposer d'un camion-laboratoire tous-terrains spécialement équipé. Elle serait complétée sur place par des assistants locaux. Elle travaillerait sur le terrain durant la saison favorable, à raison de quatre mois par an pendant quatre ou cinq années, l'intervalle entre les missions étant consacré à l'élaboration des données recueillies et à la préparation de l'étape suivante.

Invité par le Gouvernement de la République du Tchad à mener des recherches anthropologiques sur son territoire, j'effectuerai au début de 1965 une mission de reconnaissance en pays Sara, où débiterait ultérieurement l'enquête approfondie. D'autre part, la partie congolaise du programme pourra être organisée soit en coopération directe avec les instances centrales et locales compétentes, soit dans le cadre des activités du Service d'anthropologie physique, qui reprendra bientôt ses activités, de l'Université officielle du Congo.

Pour les raisons énoncées plus haut, l'équipe destinée à réaliser une recherche aussi vaste ne peut être que multinationale, si la Belgique veut y jouer un rôle. Les Académies belges, qui sont normalement appelées à donner leur avis sur la demande du Conseil international des Unions scientifiques, sont en tout cas à même d'y proposer une réponse positive, si elles prennent en considération le présent projet et d'autres que ne manquera pas de susciter le Programme biologique international.

Le 23 juin 1964.

E.-J. Devroey. — Hommage à Victor Van Straelen

C'est avec un sentiment de gratitude émue que nous venons de recevoir, de la part de Madame V. VAN STRAELEN, une luxueuse plaquette destinée, comme elle nous l'écrit, « à garder le souvenir de son mari ».*

Abondamment illustré, ce pur chef-d'œuvre de l'art graphique est le fruit collectif de vingt personnalités du monde scientifique belge, parmi lesquelles on trouve nos confrères G.-F. DE WITTE, J.-P. HARROY, Fl. JURION et J. LEBRUN. Il évoque l'individualité si diversifiée de Victor VAN STRAELEN « tel qu'il demeure », sa carrière de professeur, de chercheur, de directeur et d'animateur d'institutions scientifiques.

Comme l'écrit très justement l'un des collaborateurs, on reste confondu devant l'envergure et la diversité de ses fonctions, « car toutes ont réussi au-delà des espoirs et s'inscrivent dans une perspective sans fin ».

L'album comprend en outre le texte de deux importants discours de V. VAN STRAELEN: celui qu'il prononça en présence de S.A.R. le prince LÉOPOLD de Belgique à la Bourse d'Anvers le 14 janvier 1928 sur le développement du haut enseignement et de la recherche scientifique, et celui du 15 décembre 1950, à l'Académie royale de Belgique, en sa qualité de directeur de la Classe des Sciences, sur le sens de l'évolution.

Sous la rubrique *Jalons*, sont signalées les principales dates de la vie et de la prestigieuse carrière de V. VAN STRAELEN, dont l'impressionnante liste des publications forme les dernières pages de l'album.

Au nom de la Classe des Sciences naturelles et médicales, je n'ai pas manqué d'exprimer à Madame VAN STRAELEN les senti-

* Victor Van Straelen (Renson International Marketing, Bruxelles, 29 mai 1964, 126 p., 29 illustrations).

ments de profonde gratitude de nos Confrères pour cette émouvante évocation d'un homme de science de renommée mondiale, dont on a pu écrire qu'il était « un des derniers encyclopédistes », et dont la disparition inopinée, douloureusement ressentie par tous les membres de l'Académie royale des Sciences d'Outre-Mer constitue une perte irréparable pour la science internationale.

Le 23 juin 1964.

Séance du 14 juillet 1964

La séance est ouverte à 14 h 30 par M. P. *Brien*, directeur.

Sont en outre présents: MM. A. Dubois, A. Duren, P. Fourmarier, R. Mouchet, P. Staner, M. Van den Abeele, membres titulaires; MM. B. Aderca, C. Donis, M. Homès, J. Jadin, P. Janssens, J. Kufferath, J. Lebrun, G. Neujean, M. Poll, J. Thoreau, O. Tulippe, R. Vanbreuseghem, J. Van Riel, associés; MM. F. Corin, R. Devignat, F. Evens, R. Germain, F. Hendrickx, correspondants, ainsi que MM. E.-J. Devroey, secrétaire perpétuel et M. Walraet, secrétaire des séances.

Absents et excusés: MM. L. Cahen, G. de Witte, M. De Smet, A. Fain, P. Gourou, F. Jurion, A. Lambrechts, J. Opsomer, P. Raucq, W. Robyns, G. Sladden.

A propos des « formes biologiques » des végétaux en régions tropicales

M. J. *Lebrun* résume sa note intitulée comme ci-dessus et d'où il ressort qu'il est souvent opportun, pour une description et une interprétation du tapis végétal, d'utiliser, outre les formes biologiques, plusieurs classifications à base écologique et physiologique.

M. J. *Lebrun* répond ensuite à des questions que lui posent MM. A. *Dubois* et P. *Brien*.

La Classe décide de publier cette note dans le *Bulletin* (voir p. 926).

Réflexions sur la conservation du virus de la peste

M. R. *Devignat* expose son travail sur ce sujet, dans lequel il décrit les deux formes — statique et dynamique — de conservation du virus de la peste.

Zitting van 14 juli 1964

De zitting wordt geopend te 14 h 30 door de H. P. Brien, directeur.

Zijn bovendien aanwezig: De HH. A. Dubois, A. Duren, P. Fourmarier, R. Mouchet, P. Staner, M. Van den Abeele, titelvoerende leden; de HH. B. Aderca, C. Donis, M. Homès, J. Jadin, P. Janssens, J. Kufferath, J. Lebrun, G. Neujean, M. Poll, J. Thoreau, O. Tulippe, R. Vanbreuseghem, J. Van Riel, geassocieerden; de HH. F. Corin, R. Devignat, F. Evens, R. Germain, F. Hendrickx, correspondenten, alsook de HH. E.-J. Devroey, vaste secretaris en M. Walraet, secretaris der zittingen.

Afwezig en verontschuldigd: De HH. L. Cahen, G. de Witte, M. De Smet, A. Fain, P. Gourou, F. Jurion, A. Lambrechts, J. Opsomer, P. Raucq, W. Robyns, G. Sladden.

« A propos des „formes biologiques” des végétaux en régions tropicales »

De H. J. Lebrun vat zijn nota samen die bovenstaande titel draagt en waaruit blijkt dat het soms nuttig is, voor een beschrijving en interpretatie van een plantentapijt, gebruik te maken, niet alleen van de biologische vormen, maar tevens van meerdere classificaties op ecologische en fysionomische basis.

De H. J. Lebrun beantwoordt vervolgens de vragen die hem gesteld worden door de HH. A. Dubois en P. Brien.

De Klasse beslist deze nota in de *Mededelingen* te publiceren (zie blz. 926).

« Réflexions sur la conservation du virus de la peste »

De H. R. Devignat vat zijn werk samen dat bovenstaande titel draagt en waarin hij de twee vormen — de statische en de dynamische — beschrijft waarin zich de virus van de pest handhaaft.

Il fournit ensuite des informations complémentaires à MM. R. Vanbreuseghem, A. Dubois, M. Van den Abeele et P. Brien.

La Classe décide de publier cette note dans le *Bulletin* (voir p. 938).

La position actuelle de l'agriculture dans la République populaire de Chine

M. C. Donis résume sa communication sur ce sujet, où il évoque les impressions qu'il a ramenées d'un récent voyage en Chine, notamment en ce qui concerne le processus historique de collectivisation de l'agriculture.

Il répond ensuite à des questions que lui posent MM. O. Tulippe et M. Van den Abeele, après quoi, M. P. Brien apporte quelques précisions recueillies lors d'un voyage en Chine qu'il a effectué en 1956.

Sur avis conforme de la Classe, le travail de M. C. Donis sera publié dans le *Bulletin* (voir p. 953).

Le problème de la dérive des continents

M. P. Fourmarier expose de façon succincte l'état d'avancement des travaux du groupe chargé par l'Académie royale de Belgique et par l'Académie royale des Sciences d'Outre-Mer, de procéder à un examen critique du problème de la dérive des continents (*Bull.* 1962, p. 896; 1963, p. 940).

Un rapport détaillé sera publié ultérieurement par l'Académie royale de Belgique, lorsque le groupe de travail le jugera opportun.

Contribution à l'histoire de l'herpétologie congolaise et bibliographie générale

Se ralliant aux conclusions des deux rapporteurs, la Classe décide de publier le travail de M. R.-F. LAURENT, présenté à la

Hij verstrekt vervolgens bijkomende inlichtingen aan de HH. *R. Vanbreuseghem, A. Dubois, M. van de Putte en P. Brien.*

De Klasse beslist deze nota in de *Mededelingen* te publiceren (zie blz 938).

**« La position actuelle de l'agriculture
dans la République populaire de Chine »**

De H. C. *Donis* vat zijn mededeling samen over dit onderwerp, waarin hij de indrukken weergeeft van een reis die hij onlangs in China ondernam, meer bepaald over wat de geschiedkundige evolutie betreft van het collectiviseren van de landbouw.

Hij beantwoordt vervolgens vragen van de HH. *O. Tulippe* en *M. Van den Abeele*, waarna de H. *P. Brien* enkele bijzonderheden meedeelt opgedaan tijdens zijn reis in China in 1956.

Op eensluidend advies van de Klasse zal dit werk van de H. *C. Donis* in de *Mededelingen* gepubliceerd worden (zie blz. 953).

Het vraagstuk van het afglijden der vastelanden

De H. *P. Fourmarier* zet bondig de stand der werkzaamheden uiteen van de groep die door de Koninklijke Academie van België en de Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen belast werd een kritisch onderzoek in te stellen over het vraagstuk van het afglijden der vastelanden (*Med.* 1962, blz. 897; 1963, blz. 941).

Een uitvoerig verslag zal later door de Koninklijke Academie van België gepubliceerd worden, zodra de werkgroep dit nuttig zal oordelen.

**« Contribution à l'histoire de l'herpétologie
et bibliographie générale »**

Zich verenigend met de besluiten der twee verslaggevers, beslist de Klasse het werk van de H. R.-F. LAURENT, dat voor-

séance du 23.6.1964 et intitulé comme ci-dessus, dans la collection des *Mémoires in-8°*.

Présentation de cartes géologiques du Congo

M. F. *Corin* présente les six feuilles de la carte géologique du Congo, que vient d'adresser, en hommage à l'ARSOM, le Service géologique de la République du Congo-Léopoldville.

La Classe décide de publier cette note dans le *Bulletin* (voir p. 970).

Comité secret

Les élections élèvent au rang de membre titulaire MM. J. *Van Riel* et N. *Vander Elst*, anciennement associés.

La séance est levée à 16 h 35.

gelegd werd op de zitting van 23.6.1964 en bovenstaande titel draagt, te publiceren in de *Verhandelingenreeks in-8°*.

Voorlegging van geologische kaarten van Congo

De H. F. *Corin* legt zes bladen voor van de geologische kaart van Congo, die zo pas aan de K.A.O.W. aangeboden werden door de Geologische Dienst van de Republiek Congo (Leopoldstad).

De Klasse beslist deze nota in de *Mededelingen* te publiceren (zie blz. 970).

Geheim comité

De verkiezingen verheffen tot de rang van titelvoerend lid de HH. *J. Van Riel* en *N. Vander Elst* vroeger geassocieerden.

De zitting wordt gesloten te 16 h 35.

J. Lebrun. — A propos des « formes biologiques » des végétaux en régions tropicales

SAMENVATTING

Het begrip van de levensvormen naar het systeem van RAUNKIAER heeft onlangs het voorwerp uitgemaakt van strenge critiek betreffende zijn toepassing op de tropische planten. Indien in dit systeem de physionomische bepaling van de groeivormen niet aan alle verwachtingen beantwoordt, blijft het volkomen geldig op het synthetisch en vergelijkend vlak. Deze classificering kan overigens aangewend worden samen met andere, ecologisch of epharmonisch gerichte systeem.

SUMMARY

The notion of the life forms according the RAUNKIAER system has recently been sharply criticized with regard to its application to tropical plants. If this system presents some deficiencies concerning the physiognomical definition of the growth forms, it keeps its interest entirely at the synthetical and comparative level. This classification can furthermore be used jointly with other ecological or epharmonical systems.

§ 1. LE CONCEPT DES FORMES BIOLOGIQUES ET LES PLANTES TROPICALES.

La classification des formes biologiques des végétaux supérieurs, proposée dès 1905 par RAUNKIAER [19] *, a déjà fait l'objet de fréquents commentaires. Des objections diverses lui

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

ont été opposées; des réserves comme des adhésions — celles-ci les plus nombreuses —, l'ont accueilli.

Certains auteurs paraissent même n'admettre son opportunité que pour les flores tempérées et lui dénie toute validité ou lui reprochent un manque de souplesse dès qu'il s'agit de contrées tropicales. C'est ainsi qu'AUBREVILLE [3] dans un article récent adopte, à cet égard, une position négative fort catégorique. Un avis aussi autorisé mérite réflexion. C'est aux résultats de ce nouvel examen du problème qu'est consacré le présent article qui n'ambitionne aucunement, pour autant, d'apporter des faits nouveaux.

L'opinion qui tend à réserver aux seuls pays tempérés le domaine d'application de ce système, peut d'autant plus surprendre que le savant écologiste danois, dès ses premières œuvres à ce sujet, l'avait étendu, par de nombreux exemples, aux flores tropicales et subtropicales. Il suffit pour s'en convaincre, de parcourir le recueil de ses Mémoires édités en langue anglaise en 1934 [20].

Quelle est la position des phytogéographes s'intéressant aux pays chauds quant à l'emploi de ces types biologiques? La consultation de quelques travaux relativement récents, choisis dans une riche moisson, dégage bien les tendances suivantes:

1. Beaucoup d'auteurs s'en tiennent, sans grandes difficultés apparentes, au système de RAUNKIAER dont les unités fondamentales sont diversement subdivisées pour tenir compte du cas particulier des plantes tropicales. L'inventeur lui-même avait déjà admis ces découpures, complétées ou détaillées à de nombreuses reprises par ses successeurs.

A la suite de BEWS [6], un des botanistes qui s'est le plus préoccupé de la forme végétative des plantes en rapport avec le milieu et l'évolution, beaucoup admettent la pertinence de ce classement en ses fondements essentiels, quitte à le considérer comme un cadre bien approprié à contenir toutes les divisions reconnues nécessaires. BEWS confirme l'observation qu'une espèce donnée peut revêtir une forme biologique parfois fondamentalement différente, selon les conditions où elle croît. Et ce fait est bien de nature à souligner la sensibilité de la méthode des types biologiques comme mesure de l'adaptation.

Les travaux de phytogéographie africaine se référant à RAUNKIAER pour inventorier les formes biologiques, sont abondants. Outre diverses publications relatives au Congo, on citera les récents mémoires de SILLANS [22] et de KOEHLIN [15].

En Asie, BHARUCHA et FERREIRA [8] dressent l'inventaire des formes biologiques de la flore de Madras.

Dans un ouvrage très documenté sur la végétation de la Nouvelle-Calédonie, VIROT [26] fait un large appel à ces concepts qu'il exploite d'ailleurs avec beaucoup de succès, en y intégrant de nombreuses subdivisions écophysionomiques. On citera, notamment, les rubriques détaillées du groupe des phanérophyles. En commentant cette contribution, AYMONIN [4] reconnaît certains défauts du système de RAUNKIAER au point de vue de la physionomie des végétaux. La même catégorie peut, en effet, grouper des espèces ligneuses ou herbeuses. La même proportion de types biologiques peut donc correspondre, faute de les détailler, à un aspect différent du paysage végétal. Mais cette méthode offre l'avantage d'exprimer la continuité de la vie végétale en fonction des aléas et contingences mésologiques. Le commentateur soulève, à ce propos, la question de la saison « défavorable » probablement subtile à définir dans les contrées intertropicales.

Parmi d'autres exemples encore, concernant le continent américain, on citera le mémoire de CAIN *et al.* [10] où sont envisagés les spectres biologiques de divers types de forêts du Brésil. Sa conclusion est que le complexe des forêts ombrophiles peut parfaitement être analysé de cette manière; des données quantitatives sont aisément obtenues qui ne sauraient être dégagées facilement par d'autres voies.

2. TROLL [23, 24], avec d'autres phytogéographes, a beaucoup envisagé le problème des formes biologiques au point de vue physionomique comme en relation avec les phénomènes de convergence ou d'épharmonie. Il estime que, sous cet aspect, la classification de RAUNKIAER est impropre à exprimer d'une manière satisfaisante l'extraordinaire diversité des formes de croissance rencontrées dans le milieu tropical. Il conclut à la nécessité de recourir à d'autres critères si l'on désire décrire en détail ou comparer de plus près l'apparence extérieure des végétaux.

RAWITSCHER [18] et divers membres de son école s'intéressent particulièrement aux relations entre les formes végétatives et les propriétés édaphiques. Ils mettent l'accent sur le développement des organes hypogés en rapport avec le milieu. Le système de RAUNKIAER est dès lors insuffisant à exprimer l'abondante variété de ces formations souterraines et d'en définir la portée. L'étude des végétaux psammophiles du littoral brésilien est l'occasion pour de OLIVEIRA e SILVA [17] de rechercher la forme biologique de ces espèces. Bien que ce caractère se définisse sans difficulté pour chacune d'elles, la position réelle des plantes à xylopoies, si intéressantes et si diverses, demeure incertaine dans ce cadre.

L'opinion de DUVIGNEAUD [12] paraît fort proche des précédentes, puisqu'au classement du phytogéographe danois, il en préfère un autre qui serait entièrement basé sur l'adaptation à l'aridité croissante, à la saison sèche de plus en plus longue et qui se refléterait par des dispositions morphologiques intéressant l'ensemble de la masse végétative. Un arrangement de ce genre serait effectivement très utile.

3. Enfin, AUBREVILLE, dans l'article déjà cité, estime que le principe même de la classification de RAUNKIAER n'a pas de sens en milieu tropical. Cette opinion tranchée s'appuie sur les arguments suivants: Les types biologiques définis par le botaniste scandinave correspondent, en fait, à l'adaptation des végétaux à l'hiver; ils ne reflètent point leur ajustement dans les contrées dépourvues de neige et de gel. La terminologie utilisée est inutile; elle dissimule, sous les mêmes termes, des formes de croissance diverses et dont la distinction est importante dans les flores mégathermes.

Il paraît dès lors préférable au botaniste français d'adopter un classement fondé sur la biologie et la physionomie de la plante entière. Il est d'avis, par ailleurs, d'abandonner complètement le système de RAUNKIAER considéré comme inadéquat.

§ 2. LE SYSTÈME DE RAUNKIAER ET SON APPLICATION AUX PLANTES TROPICALES

Pour éclairer la controverse, il convient de rappeler certains éléments essentiels de la classification litigieuse. Malgré l'abon-

dance de la littérature, plusieurs équivoques semblent persister; on s'efforcera de les dissiper par quelques commentaires fort succincts.

1. La marche du raisonnement de l'éminent écologiste danois, comme on peut la retracer au travers de son œuvre, permet déjà de bien situer le problème.

Le rôle morphogénétique primordial du milieu est l'apanage des facteurs climatiques. Or, ce sont les excès du climat qui freinent ou limitent la croissance. Des contrées, par ailleurs bien différentes, peuvent jouir de conditions très semblables ou peu significativement différentes, au cours de la saison favorable à la vie végétale. C'est durant la période rigoureuse que les contrastes apparaissent. Les plantes doivent avant tout se prémunir contre ces rigueurs, alors même qu'elles seraient occasionnelles. Il s'agit là d'une loi vérifiée à de nombreuses reprises. L'effet des facteurs extrêmes est au fondement de nombreuses théories écologiques sur l'évolution et l'adaptation des êtres vivants. La protection vis-à-vis de ces excès, — ou l'évitement de leurs conséquences nocives —, est donc une règle de la vie végétale. Quels sont les organes qui doivent, par dessus tout, échapper à ce danger ? Ce sont, à coup sûr, les tissus méristématiques perennants et tout particulièrement les méristèmes végétatifs aériens — c'est-à-dire les bourgeons —, destinés à assurer le relai de la poussée, entre une saison propice et la suivante, à travers les aléas des périodes hostiles. La garantie des bourgeons est donc la condition première de la survie des individus. En définitive, c'est sur le degré d'exposition et de protection de ces organes végétatifs vis-à-vis des facteurs excessifs et nuisibles de l'ambiance que RAUNKIAER appuie la charpente de son système.

2. L'universalité d'application aux flores terrestres d'un tel concept soulève effectivement l'interprétation délicate, — comme le souligne AYMONIN [4] —, de la « saison défavorable » dans les zones tropicales et subtropicales. En fait, rares sont les climats, même en de telles contrées, qui ne connaissent un rythme saisonnier, où n'apparaissent des époques beaucoup moins propices au développement végétatif lorsqu'elles ne l'inhibent point tout à fait. Il suffit pour s'en convaincre de consulter la carte des

climats saisonniers que TROLL [25] vient tout récemment de publier. Les agents significatifs de ce fléchissement ne sont évidemment pas d'ordre thermique ou le sont accessoirement; ils concernent surtout le facteur hydrique. Ainsi apparaissent dans les pays chauds des « hivers » au sens proprement écologique, d'authentiques « saisons défavorables ». Même dans les régions les mieux arrosées, à température moyenne élevée et pratiquement constante, peuvent se produire des périodes de sécheresse, parfois exceptionnelles, mais dont les effets sont très significatifs. L'épanouissement des recherches écoclimatologiques dans les pays équatoriaux a montré la sensibilité de certains végétaux à de brèves époques d'aridité.

A l'échelle des microclimats, ces oscillations peuvent être très amplifiées au point que plusieurs « phytoclimats » accusent davantage encore leur incidence sur la végétation.

Il n'est point jusqu'aux fluctuations de certains caractères édaphiques, indirectement influencés par le climat, qui n'imposent des rythmes de croissance, des temps d'activité ou de repos: crues et décrues, époques d'asphyxie ou d'aération du sol, etc.

En fait, il n'existe guère d'endroits, à la surface des continents, où les organismes n'aient à subir des périodes défavorables au sens de RAUNKIAER, soit d'une manière régulière, soit de façon occasionnelle. Leur portée sur l'adaptation globale des végétaux est indéniable.

3. Les bases idéologiques de la méthode sont essentiellement d'ordre écologique. La forme biologique d'un végétal est d'abord une propriété autoécologique. Elle reflète l'aptitude à la survie des individus et des espèces. Pour un même degré de protection gemmaire, les réalisations morphologiques réelles, l'apparence externe que revêtent les plantes, sont parfois très diverses.

C'est ici qu'apparaissent divergences et désaccords. Une même classe de garantie des pousses végétatives n'appelle point nécessairement une physionomie identique. Des espèces dont l'aspect, le port, la forme sont différents, peuvent foncièrement appartenir au même type biologique. Il n'apparaît donc point de coïncidence générale entre un tel mode de classement, purement écologique, et tout autre qui aurait surtout pour objet de souligner les

analogies physiologiques, même si celles-ci répondent à des causes mésologiques.

Certes, RAUNKIAER lui-même, et bien d'autres après lui, se sont efforcés de concilier ces points de vue, en proposant diverses subdivisions qui tiennent compte du port végétatif global. De nombreux auteurs ont élaboré des classifications, très détaillées parfois, qui considèrent d'abord les aspects épharmoniques des végétaux. Il suffira de rappeler ici, parmi d'autres, celles de DU RIETZ [11] ou de SCHMID [21].

Il est sans doute possible, avec plus ou moins de succès, de greffer sur le tronc principal du système de RAUNKIAER, des subdivisions latérales exprimant l'adaptation morphologique des plantes étudiées, mais de sérieuses difficultés risquent parfois de se produire. La conciliation de principes différents n'est pas toujours heureuse.

La confusion peut encore s'accroître si, à l'échelon synécologique cette fois, on ne prend garde de dissocier la répartition des formes biologiques (spectres brut ou pondéré) au sein des phytocénoses et les types de végétation eux-mêmes. Ceux-ci concernent la physiologie des formations végétales et se réfèrent à un autre point de vue phytogéographique, celui de la classification des peuplements, des paysages végétaux. Quels que soient leurs rapports, les considérations purement écologiques et physiologiques s'avèrent parfois difficiles à harmoniser.

4. Ces quelques propos, trop sommaires sans doute, montrent déjà que divers systèmes de formes biologiques peuvent se superposer, que leur choix soit dicté par des objectifs uniquement physiologiques ou principalement écologiques. Plusieurs autres classements à base écophysiologique ont été proposés déjà: propriétés relatives au bilan d'eau, scléromorphie foliaire, structures anatomiques liées à certains traits significatifs du milieu... Chacune de ces méthodes peut avoir son utilité et son opportunité. Il reste à démontrer qu'elles revêtent une portée aussi générale que la classification fondée sur la protection des pousses pérennantes.

Plusieurs systèmes peuvent être utilisés conjointement, quelle que soit leur portée éthologique ou strictement descriptive. Certaines études de détail font avantageusement appel aux uns comme aux autres.

§ 3. COMMENTAIRES ET CONCLUSIONS

1. Les développements qui précèdent rencontrent la plupart des objections ou des réserves généralement émises à l'encontre de la méthode de classification de RAUNKIAER.

Il convient cependant d'examiner plus attentivement les critiques émises par AUBRÉVILLE, sans nier pour autant, la pertinence du système essentiellement physionomique qu'il entend substituer au précédent.

a) Les difficultés soulevées sur le plan terminologique ne paraissent pas devoir être retenues. La nomenclature des formes biologiques emprunte ses sources étymologiques à quelques racines grecques fort correctement utilisées; elle est universellement connue et admise. Il ne saurait être question de la remplacer par une terminologie française dont la traduction ne manquerait pas de soulever maintes difficultés ou équivoques.

b) AUBRÉVILLE, par ailleurs, semble persuadé que le concept de RAUNKIAER implique, avant tout, la protection des pousses perennantes au cours d'une période froide accompagnée de gel ou de neige. Il n'est d'ailleurs point le seul à donner cette impression; MONOD [16], notamment, estime que dans les pays tropicaux, les types biologiques ne peuvent avoir la même signification écologique que dans une Europe à enneigement hivernal. L'effet protecteur d'un tapis neigeux est effectivement bien connu. Mais si cette propriété a été invoquée en faveur des végétaux de taille médiocre qui, dans les zones froides, se trouvent ainsi abrités durant la mauvaise saison, d'autres garanties sont tout aussi efficaces pour les bourgeons des plantes humifuses ou proches du sol, comme la litière en forêt, les débris organiques, les touffes desséchées où se dissimulent les points végétatifs, le port serré de certaines espèces où tiges et rameaux se préservent mutuellement... Le phytogéographe danois n'a point manqué d'invoquer ces diverses particularités en postulant, dès le début, la généralisation de ses idées. Mais davantage encore: à mesure que progressent les recherches microclimatiques, l'existence de gradients hygro-thermiques dans les couches d'air voisines du sol se précise et devient une caractéristique fondamentale des bioclimats. L'orientation de ces gradients

durant les périodes critiques est généralement telle qu'il apparaît, à mesure que l'on se rapproche du substrat, des strates mieux protégées, mieux tamponnées. Le niveau où se situent les pousses aériennes, indépendamment de toute autre garantie, n'est donc pas indifférent quant aux rigueurs qu'elles sont appelées à subir. L'éventail des types biologiques de RAUNKIAER est, pour une bonne part, le reflet de cette variation progressive des propriétés thermodynamiques des couches d'air au voisinage du sol. Il en va de même entre le tronc d'un arbre et son ambiance immédiate, par exemple, de sorte que les formes de croissance des lichens corticoles ont été établies en fonction du degré d'exposition des thalles (BARKMAN [5]); encore s'agit-il ici de couches d'air d'une épaisseur de quelques centimètres, voire millimètres !

c) En rejetant le système scandinave, AUBRÉVILLE perd certainement de vue qu'il émousse, du même coup, sa séduisante théorie des séries écophylétiques [1, 2], comparable au concept de l'évolution écologique de BEWS [7], développé à maintes occasions par DUVIGNEAUD [13, 14]. A quoi correspondent, en effet, ces chaînes d'espèces ou de formes homologues, où chaque maillon reflète un milieu particulier, et qui vont de l'arbre sempervirent et majestueux ou de la liane élancée de la forêt ombrophile, à l'arbre décadu et de port médiocre de la forêt claire, voire encore à l'arbuste, suffrutex ou géofrutex de la savane ou de la steppe ? Ne s'agit-il point d'une réduction progressive de la taille, d'un abaissement du niveau moyen où s'étalent les bourgeons perennants, d'une protection de plus en plus efficace de ceux-ci, à mesure que croît l'âpreté d'une saison défavorable aux végétaux ? La connaissance de ces séries écophylétiques est la plus évidente confirmation de l'idée maîtresse sur laquelle repose la sériation des types biologiques de RAUNKIAER. La réalité comme la fidélité de la réponse végétale est démontrée déjà, en de nombreux cas, par la réaction d'une même espèce, largement distribuée, selon les conditions climatiques ou microclimatiques où elle se rencontre. De nombreux exemples de cet ajustement, — comme de son ampleur —, sous l'effet de la rigueur de l'hiver froid ou de la saison sèche, ont été reconnus. Ils sont très pertinents quant à la portée synthétique

de la forme biologique des végétaux révélée par le degré de protection des méristèmes végétatifs perennants.

2. Les conclusions qui se dégagent de ce bref examen parlent d'elles-mêmes. Le concept du système de RAUNKIAER garde toute sa validité, toute sa valeur, pour l'étude des flores terrestres de toutes les contrées du globe. L'analyse et la répartition des formes biologiques, à l'échelle des flores, des florules, des phytocénoses permet une appréciation comparative très fructueuse des phytoclimats (CAIN [9]). Ces critères sont précieux pour la recherche de l'évolution écologique.

Mais il est évident que l'ordonnance de RAUNKIAER n'est pas la seule; des types biologiques peuvent être définis selon tous autres paramètres écologiques.

Si, d'une manière générale, il n'est pas exclu d'encadrer les diverses catégories physiologiques, utiles à reconnaître, dans une classification de ce genre, il faut admettre qu'en bien des cas, elle peut s'avérer sinon inadéquate, du moins trop rigide. Tout autre mode de classement des formes biologiques, sur une base physiologique, peut donc être utile et s'employer concurremment ou conjointement à un système à base écologique.

Enfin, s'il s'agit de décrire des types de végétation, des catégories de formations végétales, de mettre en évidence des homologues ou des épharmonies au plan synécologique, les défauts de la classification contestée, qui n'a pas été élaborée dans ce but, sont plus manifestes encore.

Il n'empêche que, finalement et pour l'objet qui leur est propre, les formes biologiques des végétaux en contrées tropicales, selon RAUNKIAER, méritent d'être soigneusement analysées. Loin de devoir être abandonné, ce système mérite, au contraire, d'y être développé.

Laboratoire d'Écologie végétale
de l'Université de Louvain

14 juillet 1964.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] AUBRÉVILLE, A.: Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale (Paris, Soc. éd. géogr. mar. col., 351 p., 1949).
- [2] — : Contribution à la paléohistoire des forêts de l'Afrique tropicale (Paris, *Ibid.*, 98 p., 1949).
- [3] — : Classification des formes biologiques des plantes vasculaires en milieu tropical (*Adansonia*, 3, 221-226, 1963).
- [4] AYMONIN, G.: Un problème phytogéographique et biologique: « La végétation canaque » (*L'Année biologique*, 37, 393-411, 1961).
- [5] BARKMAN, J.J.: Phytosociology and Ecology of cryptogamic epiphytes, including a taxonomic survey and description of their vegetation units in Europe (Assen, Van Gorcum, 628 p., 1958).
- [6] BEWS, J.W.: The growth-forms of Natal Plants (*Trans. R. Soc. South-Africa*, 5, 605-636, 1916).
- [7] — : Studies in the ecological evolution of the Angiosperms (Londres, 134 p., 1927).
- [8] BHARUCHA, F.R. et FERREIRA, D.B.: The biological spectrum of the Madras flora (*Journ. Univ. Bombay*, 9, 93-100, 1941).
- [9] CAIN, S.A.: Life forms and phytoclimate (*Bot. Rev.*, 16, 1-32, 1950).
- [10] —, de OLIVEIRA CASTRO, G.M., PIRES, J.M. et da SILVA, N.T.: Application of some phytosociological techniques to brazilian rain forest (*Am. Journ. Bot.*, 43, 911-941, 1956).
- [11] DU RIETZ, G.E.: Life-forms of terrestrial flowering plants (*Acta phytogeographica suecica*, 3, (1), 95 p., 1931).
- [12] DUVIGNEAUD, P.: Une Erythrine à xylopoide des steppes du Kwango (*Lejeunia*, 15, 91-94, 1951).
- [13] — : Le genre *Geissaspis* dans le Congo méridional et les pays limitrophes (*Bull. Soc. R. Bot. Belg.*, 86, 145-205, 1954).
- [14] HOMÈS, J.L., DUVIGNEAUD, P., BALASSE, E.J. et DEWIT, J.: Ecomorphologie de la feuille dans une série écophylétique du genre *Parinari* (*Ibid.*, 84, 83-95, 1951).
- [15] KOECHLIN, J.: La végétation des savanes dans le sud de la République du Congo (Brazzaville) (Montpellier, 310 p., 1961).
- [16] MONOD, Th.: Après Yangambi (1956): Notes de phytogéographie africaine (*Bull. Inst. franç. Afr. Noire*, Sér. A, 25, 594-655, 1963).
- [17] de OLIVEIRA e SILVA, S.L.: Orgãos subterrâneos de algumas plantas psamofitas (*Arqu. Serv. Florestal*, Rio de Janeiro, 9, 93-180, 1955).

- [18] RAWITSCHER, F.K.: Problemas de Fitoecologia com considerações especiais sobre o Brasil meridional (*Bol. Fac. Fil. Cienc., São Paulo, Bot.*, 3, 109 p., 1946).
- [19] RAUNKIAER, S.: Types biologiques pour la Géographie botanique (*Bull. Acad. R. Sc. Danemark*, 5, 347-437, 1905).
- [20] —: The life forms of plants and statistical Plant Geography (Oxford, Clarendon Press, 623 p., 1934).
- [21] SCHMID, E.: Die Wuchsformen der Dikotyledonen (*Ber. Geob. Inst. Rübél*, 38-50, 1956).
- [22] SILLANS, R.: Les savanes de l'Afrique centrale française (Paris, Lechevalier, 423, p., 1958).
- [23] TROLL, C.: Die tropischen Grassländer (Savannen) unter dem Einfluss von Klima, Boden und Wasser (*C.R. 18^e Congr. int. Géographie*, Rio de Janeiro 1956, 1, Actes, 302-307, 1959).
- [24] —: Die physiognomik der Gewächse als ausdrück der ökologischen Lebensbedingungen (*Deutsch. Geograph. Tag*, Berlin 1959, 97-122, 1959).
- [25] —: Karte der Jahrzeiten-Klimate der Erde (*Erdkunde*, 18, 5-28, 1964).
- [26] VIROT, R.: La végétation canaque (*Mém. Mus. Nat. Hist. Nat., Paris, Sér. Bot.*, 7, 400 p., 1956).

R. Devignat. — Réflexions sur la conservation du virus de la peste à travers les âges

La Société de Pathologie exotique nous a convié, en décembre 1963, à une séance consacrée à l'étude de la peste en Iran, où l'équipe de l'Institut Pasteur local poursuit, sous l'impulsion de son directeur, M. BALTAZARD, une observation serrée des conditions de pérennité de la maladie dans certains foyers localisés du Kurdistan iranien, connus depuis un siècle.

La découverte la plus importante de ces remarquables travaux résulte d'un retour involontaire aux sources, car M. YERSIN l'avait déjà faite avec les moyens de son temps: c'est la conservation de la peste dans le sol. Dans la terre formant parquet des terriers abandonnés où se constituent, lors des épizooties de peste, de véritables charniers de rongeurs, le microbe se retrouve bien vivant et bien virulent. Des cadavres et de leurs restes, la peste disparaît dans des délais assez brefs, supplantée par la flore cadavérique. Sous la nécropole, par contre, on peut l'isoler du sol avec toute son agressivité au point qu'il suffit de badigeonner de cette terre la plante du pied intacte d'un rongeur sensible pour voir réapparaître la maladie dans toute sa gravité.

Ceci n'est qu'un résumé sommaire de découvertes dont le détail vient à peine d'être publié; tout fragmentaire soit-il, il nous amène, à la lumière de notre expérience congolaise, à revoir l'état de la question de la conservation de la peste dans les périodes silencieuses interépidémiques, voire interpandémiques, puisqu'aussi bien nous nous trouvons, à ce qu'il semble, dans la période de déclin de la troisième des vagues pandémiques qui ont fait le tour du monde depuis le début de l'ère chrétienne.

Cette vague moderne était due à la variété orientale ou océanique du microbe, reconnaissable par ses propriétés biochimiques et originaire du Sud-Est asiatique. Les deux autres grandes pandémies historiques, selon les données géographiques et historiques incomplètes que nous possédons, pourraient être attribuées à la peste de variété antique pour la peste de JUSTINIEN

du VI^e siècle et à la peste de variété médiévale pour la grande Peste noire du XIV^e siècle. Les foyers de conservation — et peut-être d'origine — de ces deux variétés sont continentaux et se trouvent au centre de l'Afrique et en Asie nord-orientale pour la variété antique et dans le voisinage de la mer Caspienne pour la variété médiévale. Les recherches de l'Institut Pasteur de l'Iran concernent un foyer invétéré de conservation de la variété médiévale.

Pour situer complètement le problème, rappelons que la peste, quelle que soit sa variété, se développe sur trois plans epizootémiques :

Le plan humain, avec l'homme et ses puces;

Le plan murin domestique avec ses rongeurs commensaux et leur faune pulicidienne particulière;

Le plan murin salvatique avec ses rongeurs sauvages et leur faune pulicidienne différente.

L'existence de la peste sur ces trois plans suppose l'intervention de six modes possibles de transmission :

— Le mode intersalvatique, entre rongeurs sauvages: c'est sur ce mode qu'ont porté partie des recherches du Kurdistan iranien;

— Le mode salvo-domestique, entre rongeurs sauvages et domestiques; plusieurs observations de l'intervention de ce mode de transmission existent, notamment en Afrique du Sud et au Congo;

— Le mode interdomestique, entre rongeurs domestiques: c'est le mode classique de transmission entre *Rattus rattus* qui sévit surtout dans la peste de variété orientale;

— Le mode salvo-humain, entre les rongeurs sauvages et l'homme. Des exemples de l'intervention de ce mode sont connus dans les épidémies de Mandchourie, dans les cas sporadiques de Californie et ce sont des cas humains provenant du contact des rongeurs sauvages qui ont servi de révélateur à la peste kurde;

— Le mode domestico-humain, entre rats domestiques et homme: c'est le mode normal de contamination humaine par les puces murines, classique en peste orientale et dans la peste de l'Ituri et du Kivu;

— Le mode interhumain, normalement d'importance réduite en peste orientale, mais indubitable là où de nombreuses *Pulex irritans* infestent l'homme et où la tendance pathogénique de la variété est septicémique comme en peste antique et, à un degré moindre, en peste médiévale. Ce mode interhumain prend une importance primordiale lorsque la peste humaine est pulmonaire et qu'ainsi la transmission devient directe. La peste médiévale semble jouir d'un pneumotropisme relatif décelable sur souris dans certaines conditions expérimentales, mais les autres variétés sont parfaitement capables de créer et d'entretenir de graves épidémies de peste pulmonaire.

* * *

Cet éventail de possibilités épidémiologiques s'ouvre sur le problème de la conservation et de l'endémisation de la maladie et cache d'innombrables possibilités.

Peut-être pourrons-nous apporter quelque éclaircissement en étudiant les conditions de la conservation artificielle, *in vitro*. Nous noterons d'abord que le bacille pesteux *Yersinia pestis*, est relativement stable et résistant dans les milieux de culture. On conserve aisément pendant six mois, et plus, les souches de peste sur gélose nutritive inclinée, enrichie de sang frais, de préférence recouverte d'une couche d'huile de vaseline stérile et déposée à la glacière à une température de 4 à 6 degrés C. En piqûre sur culot de gélatine nutritive, la conservation est plus longue et sur le milieu albumineux de Truche, la vitalité persiste pendant des années. Ce mode de conservation ne va toutefois pas sans modification de la virulence dans le sens d'une atténuation se marquant d'abord par un allongement du temps moyen de survie des animaux d'expérience après une dose létale à 100 %, puis par la guérison de quelques unités. Certaines de nos expériences personnelles méritent d'être ici relatées. Elles furent opérées dans la cage enregistreuse dont nous avons donné la description dans les *Annales* de l'Institut Pasteur (1952); cette cage enregistre le moment de la mort de la souris avec une précision de l'ordre de quinze minutes et assure l'observation simultanée de 48 souris.

La seule souche n° 343, à virulence standard, conservée en glacière sur gélose au sang et sous huile de vaseline, fut utilisée dans ces expériences pour inoculation à des groupes de six

souris. Le tableau annexé donne les résultats interprétés selon divers procédés statistiques, comme la moyenne des logarithmes des temps de survie, le coefficient angulaire des courbes de « Probits », ou l'index plus simple que décrit K. MEYER pour la peste et qui est le quotient du pourcentage de mortalité par la moyenne des temps de survie.

Perte de virulence de la souche 343 conservée en glacière sur gélose au sang et sous huile de vaseline

Date des expériences	Résultat brut (décès/total)	Moyenne Log. des temps	Coefficients angulaires des « Probits »	Index de MEYER
Décembre 1945	6/6	0,472	41,3	32,9
Septembre 1946	6/6	0,482	39,1	27,2
Octobre 1946	4/6	0,586	36,6	25,4
Avril 1947	5/6	0,521	35,5	19,4
Mai 1947	5/6	0,574	35,4	21,9

En résumé, la souche 343, qui tuait six souris sur six en décembre 1945, en présence d'un même sérum étalon glyciné, en tuait encore cinq sur six en mai 1947, après dix-huit mois de conservation, mais l'index de MEYER, pendant cette période était tombé de 32,9 à 21,9: autrement dit, 5 souris sur 6 mouraient encore, mais un tiers de la virulence était perdue.

Afin de conserver intacte la virulence et les autres propriétés connues, il faut recourir au procédé de lyophilisation ou sublimation à froid dans un vide poussé. Cette méthode qualitativement excellente n'est cependant pas dépourvue d'aléas, car le traitement du vaccin vivant avirulent E.V. de GIRARD et ROBIC par lyophilisation ne permet pas une reconstitution quantitative suffisante en germes viables et vaccins.

Pour notre part, nous avons conservé pendant plus de dix années, dans des conditions d'une grande stabilité qualitative, toute une collection de souches pesteuses des trois variétés, virulentes ou non, vaccinales ou peu antigéniques, par un procédé apparenté à la lyophilisation et décrit dans son principe par FROBISHER et ses collaborateurs (1947). Cette technique est décrite en annexe. Elle consiste essentiellement en un enrobage d'une purée bacillaire sur sable additionné de poudre

de caillot sanguin suivie d'une dessiccation à froid sous vide modéré. Dans le problème qui nous occupe, l'intérêt de cette technique est qu'elle confirme la conservation prolongée du bacille pesteux intact lorsqu'il est desséché sur un support contenant des éléments qui se retrouvent dans le sol des terriers infectés: c'est-à-dire le sable et le sang desséché.

Enfin, et ceci est de la plus grande importance, travaillant en collaboration avec les chercheurs de l'Iran, M. MOLLARET à Paris, dans un essai de reconstitution des conditions de conservation de la peste Kurde, a tout simplement stérilisé des échantillons de terre parisienne puis y a répandu du bouillon de culture du bacille pesteux. Il a laissé séjourner à l'ombre et y a aisément retrouvé la peste jusqu'après sept mois de séjour à température ambiante, avec une virulence intacte.

C'était la confirmation péremptoire de ce que l'on avait observé dans des conditions naturelles sous les nécropoles des rongeurs.

Des diverses conditions naturelles de conservation nous allons maintenant esquisser une brève revue. Dans une optique théorique, on peut imaginer une conservation fixée dans l'immobilité ou statique et une conservation mouvante, ambulatoire ou dynamique. Je m'explique.

Premier volet du dyptique: la conservation statique. Pour se perpétuer, la peste peut s'installer et se fixer dans un corps inerte au contact duquel elle arrive pendant les épidémies ou les épizooties. Parmi ces corps inertes, il y a les cadavres d'hommes, de rongeurs, d'autres animaux morts de l'infection ou de leurs ectoparasites; il y a aussi le sol.

La conservation dans les cadavres de mammifères n'est jamais très prolongée. La flore cadavérique a tôt fait de supplanter *Yersinia pestis*, sauf peut-être dans quelques réduits somatiques comme la moëlle osseuse des os longs. La conservation dans ces réduits ne dépasse quelques semaines que dans des conditions particulières, comme les climats très froids.

Les puces pesteuses ne meurent pas nécessairement de cette affection: elles peuvent donc porter la maladie pendant le temps nécessaire au passage de la peste d'une saison pesteuse à la suivante, lorsque de telles saisons existent. Il est en outre démontré que la peste peut, dans les conditions naturelles, se

conserver dans les cadavres de ces puces pendant des périodes pouvant atteindre plusieurs mois. De même les déjections de ces puces peuvent contenir des microbes virulents qui s'accrochent au pelage des rongeurs résistants et peuvent les souiller quelque temps. Nous avons étudié une souche de peste orientale d'origine marocaine, reçue sur cadavre de puce, mais avons remarqué, comme d'autres auteurs, que cette souche n'avait guère conservé la plénitude de sa virulence.

Aucun de ces moyens n'est à lui seul de nature à maintenir la peste pendant des décades dans un milieu géographique circonscrit et ne donne une explication suffisante de la persistance de fait que l'on observe.

Au contraire, la thèse iranienne de peste de foussement, à conservation tellurienne, peut nous expliquer à la fois l'accrochage de la peste à certaines aires géographiques bien localisées où elle se crée des poches et se manifeste sporadiquement, et la résurgence des souches après éclipses prolongées, par infection plantaire des rongeurs fousseurs sensibles ayant proliféré dans l'intervalle et reconstitué le peuplement des terriers vidés par l'épizootie précédente.

Deuxième volet du dyptique: la conservation dynamique. Il faut remarquer qu'en certaines régions particulièrement bien étudiées et bien suivies par enquêtes épidémiologiques mensuelles pendant de nombreuses années, comme ce fut le cas en Ituri et au Kivu, la peste, pourvu que l'on prenne la peine de la rechercher sur un nombre suffisant de rats, ne reste jamais muette pour des périodes dépassant le trimestre. On la retrouve pratiquement en permanence soit chez les rongeurs porteurs sains, commensaux ou sauvages, soit chez leurs puces, soit, beaucoup plus rarement, chez l'homme lui-même. Remarquons ici, après beaucoup d'autres auteurs, que la peste humaine est un très mauvais indicateur de la maladie, bien que souvent elle en soit le seul.

Chez les rongeurs, la découverte de la peste se fait le plus souvent sur produits, notamment des moëlles osseuses, prélevés sur des groupes de rongeurs apparemment sains, sacrifiés pour les besoins de l'enquête. Pour passer d'un tel rat porteur sain à un autre, comment procède la peste ? Sans doute le rat présente-t-il des bactériémies passagères permettant à l'une ou l'autre

puce de s'infecter ? Peut-être le bacille joue-t-il chez ces porteurs résistants le rôle de germe de sortie, sanctionnant de septicémie pesteuse mortelle une maladie intercurrente abaissant la résistance générale ? Nous avons fait, à diverses reprises, chez l'homme, des diagnostics *post mortem* par inoculation au cobaye qui suggéreraient ce rôle accidentel du bacille pesteux donnant le coup de grâce à un malade chronique.

Chez les puces, on broie ensemble des lots d'insectes de même espèce ou d'individus d'espèces différentes récoltés sur un même rongeur et on inocule le produit de ce broyage au cobaye. Le résultat de cette inoculation et de celle des moëlles osseuses des rongeurs du même lot ne sont pas toujours superposables et il n'est pas rare de trouver des rongeurs positifs et leurs puces indemnes et *vice versa*. Sans investigations collectives répétées sur les rongeurs et leurs puces, nombre de ces cas de peste latente resteraient ignorés et méconnus et la peste pourrait être considérée comme disparaissant totalement d'une région où, cependant, elle se perpétue silencieusement, mais activement, passant d'un rongeur à un autre, voire du plan domestique au plan salvatique et ainsi d'un village au village voisin par la brousse intercalaire.

La faune murine de l'Ituri et du Kivu est constituée d'un vaste ensemble de rongeurs dont les uns, comme *Mastomys coucha* sont assez résistants à la peste expérimentale et d'autres, comme le rat sauvage *Otomys tropicalis*, sont extrêmement sensibles. Deux genres de puces très bonnes vectrices se partagent le cheptel murin: les *Xenopsyllae* sur le plan domestique et les *Dinopsyllus* sur le plan salvatique. La puce humaine *Ctenocephalides* ne possède aucun caractère vecteur. On imagine aisément le brassage des souches entre les divers rongeurs sans que trop de manifestations extérieures ne viennent attirer l'attention de l'homme sur le rat résistant dans son entourage immédiat et avec épizooties sporadiques de rongeurs sauvages sensibles, à traces tôt effacées par les rapaces et autres petits carnivores, dans les vastes savanes embroussaillées.

Cette explication de la permanence de l'endémie dans un équilibre dynamique avait jusqu'ici satisfait notre esprit. Cependant M. MISONNE, étudiant après nous la peste de l'Ituri et du Kivu en fonction de l'écologie des rongeurs dans leur

milieu, remarque, en compilant les résultats d'investigations mensuelles portant sur une vingtaine d'années, que les cas de peste humaine, murine ou pulicidienne ont tendance à se condenser à la longue dans certaines poches géographiques assez nettement circonscrites. Cette observation bat en brèche la notion de conservation purement dynamique, car pour quelles raisons les pérégrinations hasardeuses de la peste la ramèneraient-elles régulièrement aux mêmes endroits ? Ne faut-il pas penser qu'en ce qui concerne le Congo il faille, pour tout expliquer, recourir à l'association de la conservation dynamique par brassage incessant, solidement établie, à la résurgence périodique de la peste de foussement peut-être fixée à l'état statique en certaines poches bien circonscrites ?

Dans l'Ituri, ces poches, selon MISONNE, se situeraient dans les cercles :

- De Lita-Loga (peste 13 fois en 22 années);
- De Drodro-Saliboko-Risassi;
- De Linga-Buba-Kwandruma;
- De Djauda-Bule.

Au Kivu, quatre condensations s'ébaucheraient :

- A Ngitse (peste 10 fois en 12 ans);
- A Kisaka-Kavalia;
- A Kyondo;
- A Bolambo.

Nous ignorons quels sont les rongeurs qui pourraient « enterrer » la peste dans ces poches. On n'y connaît pas de rats sauvages à mœurs fouisseuses et grégaires comme les mérions et les gerbilles.

Qu'en est-il ailleurs, de par le monde, dans les foyers que l'on considère comme permanents et que nous avons localisés sur la mappemonde annexée ?

Il est difficile de le spécifier sans recherches aussi minutieuses que celles qui furent conduites au Kurdistan et dans l'Est du Congo, alors belge. De ces recherches semblent se préciser quelques-unes des conditions nécessaires pour que la peste se pérennise de l'une ou l'autre manière. Nous nous sommes efforcé de réunir ces conditions particulières dans un tableau annexé. En général, on remarque assez régulièrement que la peste ne

s'installe à demeure qu'en région d'une certaine altitude d'autant plus élevée que la latitude est plus basse, comme si elle était à la recherche de conditions climatiques ou micro-climatiques au moins saisonnières réunies dans l'association d'une température assez fraîche et d'une humidité assez élevée. En général encore, on trouve dans de telles régions un mélange de rongeurs les uns très sensibles, les autres beaucoup moins, infestés d'une ou de plusieurs espèces de puces bonnes vectrices. Partout, l'homme reste étranger à l'endémisation et n'est qu'un épiphénomène détecteur.

La conservation dynamique de passage est associée, dans l'Ituri et au Kivu, à une densité de rongeurs tant commensaux que sauvages assez forte, de l'ordre, selon MISONNE, de 30 rongeurs à l'hectare pour ceux-ci et de 2 à 4 rats par hutte pour les premiers cités. De nombreuses cultures maraîchères ou vivrières sèches occupent de vastes espaces. Les pluies y sont abondantes et bien réparties sur toute l'année, avec courtes périodes de sécheresse relative.

La conservation statique de foussement, telle qu'observée en Iran, se développe aussi sur des populations de rongeurs sauvages fousseurs, assez denses mais plus localement rassemblées en colonies grégaires. Dans ces poches, les cultures vivrières sont sporadiques ou inexistantes. Le climat est à prédominance sèche avec alternance saisonnière marquée de chaleur et de froid, parfois intenses.

Sur la base de ces données, il n'est pas interdit de faire quelques extrapolations.

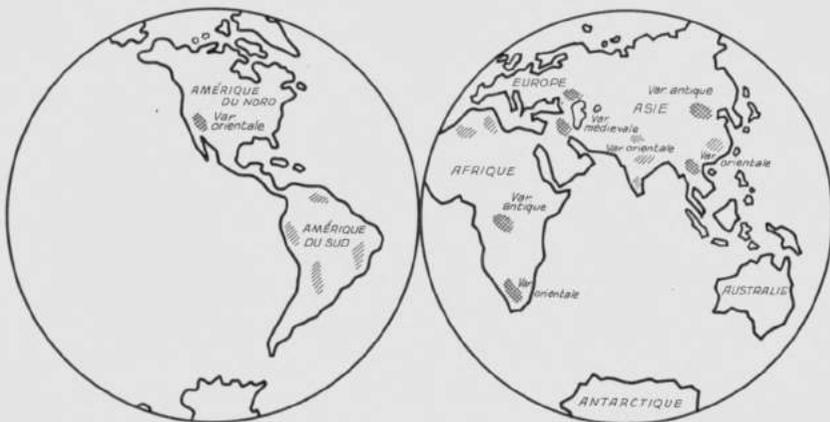
Dans le domaine de la variété médiévale, si bien étudiée au Kurdistan, il est infiniment probable que la conservation statique soit prédominante dans les foyers du Moyen-Orient et du Sud-Est de la Russie où se retrouvent à peu près les mêmes rongeurs sauvages et les mêmes conditions géographiques.

La peste antique des steppes du Nord-Est asiatique s'appuie elle aussi sur un rongeur fousseur, la marmotte, capable de déterrer le bacille pesteux et elle pourrait avec beaucoup de vraisemblance recourir à la conservation uniquement statique avec très longues éclipses parfaitement silencieuses.

A la peste antique du Congo s'apparentent les foyers voisins de l'Uganda et, du moins partiellement, du Kenya et du Tanga-

Conditions de l'endémisation invétérée de la peste.

	Forme dynamique de passage	Forme statique de fousissement
Extériorisation chez les rongeurs	Enzootie permanente sans localisation stricte, dans une aire géographique parfois assez vaste	Enzootie à éclipses parfois prolongées avec localisation de départ dans des poches bien localisées
Conditions de climat. Température	Assez fraîche; faibles variations saisonnières	Fraîche à froide au moins périodiquement (saison hivernale)
Humidité	Assez élevée; périodes sèches de courte durée	Alternance d'humidité relative et de sécheresse prolongée
Nature du sol	Variable, assez peu sablonneux	Assez sablonneux, au moins localement
Cultures vivrières	Abondantes et extensives	Limitées ou nulles
<i>Rongeurs</i>		
Densité	Elevée dans toute l'aire géographique atteinte	Elevée au moins localement dans les colonies des poches
Mœurs	Domestiques et salvatiques, avec certaines espèces fousseuses	Salvatiques, grégaires et fousseuses
Sensibilité à la peste	Mélange d'espèces sensibles et moins sensibles	Mélange d'espèces sensibles dont certaines à seuil abaissé
Mode de décès	Le plus souvent hors des terriers	Certaines espèces forment des nécropoles souterraines
<i>Puces</i>		
Vection	Bonne au moins pour une espèce domestique et une sauvage	Bonne au moins pour une espèce salvatique
Conservation	Bonne au moins sur une espèce pendant les saisons défavorables.	Probablement indifférente.



Foyers de peste dans le monde.



Foyers invétérés



Foyers durables à pérennité douteuse

nyika. La situation murine et pulicidienne présentant beaucoup d'analogies avec ce que nous trouvons au Congo, il est vraisemblable que les mêmes moyens de conservation entrent en jeu et que c'est une question de détection de peste murine et pulicidienne plutôt que d'existence intercalaire qui fait la différence. Pouvons-nous rappeler ici, à l'appui de nos vues, qu'il nous faut, dans l'Ituri, examiner en moyenne plus de dix mille rats par procédés collectifs pour découvrir une souche de peste (exactement 141 souches pour 1 499 757 *Mastomys coucha* dont on a prélevé la moëlle osseuse de 1939 à 1946)?

Ce chiffre de 10 000 unités n'est atteint qu'en bien peu de campagnes d'investigations. Il est donc très vraisemblable que ces foyers de peste antique centro-africaine sont du type mixte, associant une forme dynamique de passage à une forme statique de foussement. S'il n'en était pas ainsi, ils n'auraient guère eu la chance de remonter à la plus haute antiquité.

Reste la peste de variété orientale, bien associée à son convoyeur, le rat noir, comme l'a souligné G. GIRARD.

Dans beaucoup de ses foyers, nous l'avons vu naître à la faveur d'importation maritime, se développer, s'étendre puis régresser et disparaître presque entièrement en quelques décades: nous pensons à l'Égypte, aux Indes, à l'Indonésie, à Madagascar. Dans d'autres foyers, après une phase active de durée variable, nous assistons à une implantation torpide du type à résurgences avec intervalles silencieux, du moins sur le plan humain: nous pensons à l'Afrique du Sud et aux Etats-Unis d'Amérique. Ce n'est peut-être pas simple hasard que ce soit précisément dans ces pays que la recherche est poussée au maximum et que la peste est pourchassée jusqu'en ses derniers réduits, sans considération pour la faible incidence humaine de la maladie.

Quoi qu'il en soit, dans les premiers de ces foyers n'existent guère que de nombreux rats domestiques (*Rattus rattus*) avec leurs puces (*Xenopsyllae*), entourés dans la brousse voisine des cases de quelques espèces salvatiques plus ou moins sensibles et de leur puces, assurant le cheminement de la peste en traînées erratiques, bien décrites par BALTAZARD aux Indes et en Indonésie, traînées aboutissant de plus en plus à des impasses, au fur et à mesure de la sélection de races murines plus résistantes. Ni l'historique de ces foyers, ni l'observation directe ne centrent

l'intérêt sur une poche conservatrice; à échéance plus ou moins éloignée, la peste devrait y disparaître spontanément comme elle est en train de s'éteindre dans plusieurs pays. L'Amérique du Sud est peut-être à classer parmi les foyers de passage en voie d'extinction.

Abandonnant le rat noir, les foyers du second type ont trouvé dans les savanes un ou plusieurs rongeurs favorables à la conservation, dynamique par échanges ou statique par fouissement. En Californie, la peste se maintient parmi les écureuils fouisseurs; en Afrique du Sud, parmi les colonies de gerbilles. Dans ces pays, nous assistons à l'installation de la peste dans des poches d'où elle ressort périodiquement, laissant croire à l'existence d'une peste fixée dans le sol.

Historiquement, un autre foyer invétéré de peste orientale doit se trouver aux confins de la Birmanie, de la Chine et de l'Indochine. C'est de là qu'est partie à la conquête du globe la pandémie du XX^e siècle et c'est là que devrait se trouver la poche originelle de cette variété.

* * *

Cette revue sommaire nous montre que la peste, maladie d'un passé éloigné et récent, reste une maladie d'avenir par les foyers nouveaux de type invétéré qu'elle a réussi à se créer lors de la dernière pandémie.

Elle reste aussi une maladie fort mal connue dans beaucoup de régions où elle est cependant installée à l'état endémique; et c'est humainement excusable, car il faut de l'imagination et beaucoup de persévérance pour chercher et trouver la peste là où elle se dissimule.

L'existence d'une peste invétérée de fouissement pose de nouveaux problèmes de prophylaxie et explique l'échec de tentatives anciennes d'extirpation. La suppression de la peste de ses foyers invétérés fut ainsi tentée en agissant contre les rongeurs sauvages, comme lors des campagnes de destruction massive des mérions déclenchées avant guerre en Union soviétique; puis on s'est attaqué aux puces vectrices au moyen des insecticides modernes à action rémanente. Aucun de ces procédés n'atteint, évidemment, la peste enterrée.

A la lumière des découvertes de l'Institut Pasteur de l'Iran, on devra désormais tendre en outre à la désinfection du sol des

terriers dans les poches permanentes, ce qui suppose un gros travail de délimitation et de repérage préliminaires et la mise en œuvre de procédés de stérilisation adaptables à la pratique itinérante.

ANNEXE

Technique de conservation sur sable à la poudre de sang.

Ingrédients :

- a) Sable blanc, fin, soigneusement lavé;
- b) Poudre de sang cuit (technique Institut Pasteur Maroc).

Désagréger un volume de caillots de sang dans trois volumes d'eau physiologique (NaCl: 0,85 %); chauffer pendant 20 minutes à 80° C en remuant.

Exprimer dans un linge et laisser sécher le gâteau de caillot soit au soleil soit au réfrigérateur.

Broyer, au mortier et à la meule, les grains très durs de caillot desséché, jusqu'à obtenir une poudre fine.

Proportions :

A quatre volumes de sable blanc lavé, ajouter un volume de poudre de sang cuit.

Technique :

On répartit le mélange sur une hauteur de 1 à 2 centimètres dans de petits tubes 65 × 10 mm, bouchés au coton et on stérilise au four Pasteur à 180° C pendant une heure.

La souche à conserver est cultivée sur gélose-sang à 28°-30° C pendant 48 heures. La purée microbienne est lavée et récoltée dans quelques gouttes de bouillon nutritif stérile, lesquelles sont transportées sur le sable au moyen d'une forte pipette stérile. Le sable mouillé forme une pâte assez consistante. Nous fixons de la même manière plusieurs souches en une même opération. Les petits tubes sont rassemblés dans des pots à conserve du type à fermeture à vide *vacuum sealed* ou *Weck*. Dans le fond du pot, on dispose une bonne couche de chlorure de calcium anhydre ou de silicagel. Sur les joints de caoutchouc on applique une bonne couche de graisse à vide dans laquelle on colle le couvercle sans presser à fond; on égalise la graisse à la spatule sur le pourtour pour assurer l'étanchéité.

Au moyen d'une aiguille on perce ensuite dans l'épaisseur de la graisse un fin pertuis qui permettra à l'air intérieur de s'échapper lorsque l'on placera le pot sous la cloche et fera le vide. Ce vide n'est pas nécessairement poussé: la trompe à eau est suffisante. Après avoir évacué l'air de la cloche — et du pot par le fin pertuis —, on débranche la cloche et on laisse rentrer l'air extérieur brusquement, ce qui donne un choc sur le couvercle du pot et obture instantanément le fin pertuis dans la graisse; le couvercle du pot s'applique hermétiquement et l'intérieur du pot reste vide d'air. Il est ensuite porté sans retard dans l'unité congelante du réfrigérateur (environ -10° C) et laissé en cet endroit jusqu'à dessiccation du sable, ce qui prend deux à trois jours.

La conservation ultérieure se fait au réfrigérateur à 4° - 6° C, du moins en principe, car plusieurs de nos souches mises en conserve en 1950, sont restées à température ambiante européenne de 1951 à 1960 sans dommage apparent.

Pour repiquer une souche, on laisse rentrer l'air dans le pot, puis, au moyen d'une anse de platine mouillée de bouillon stérile, on prélève dans le petit tube quelques-uns des grains de sable qui s'accolent à l'anse et on porte dans le tube de bouillon que l'on met en culture comme d'habitude.

Ensuite le pot est refermé sous vide comme décrit plus haut, ce qui n'est probablement pas indispensable car, lors du transport d'Afrique en Belgique, certains pots avaient perdu leur vide sans que la vitalité des souches soit atteinte. Un seul petit tube pourra servir à de nombreux repiquages successifs.

RÉSUMÉ

La découverte, en Iran, de la conservation de la peste dans le sol nous amène à faire l'inventaire de nos connaissances sur le problème de la pérennité de la peste en certaines régions où elle n'a cessé d'exister de mémoire d'homme.

Après un rappel de conditions épidémiologiques générales, nous cherchons quelque lumière dans les méthodes connues de conservation artificielle. Retenons par exemple la remarquable stabilisation du microbe desséché, dans certaines conditions, sur du sable additionné de sang cuit, voire dans de la terre stérile.

L'observation de la conservation naturelle du microbe nous conduit à reconnaître qu'il peut, pour se maintenir, utiliser des voies statiques, sur éléments inertes, comme le sol ou des voies dynamiques, mouvantes, par incessants échanges de rongeur à rongeur sous forme souvent inapparente.

C'est dans un processus dynamique de passage que nous avons jusqu'ici trouvé l'explication de la pérennité de la peste congolaise, ce qui pourrait n'être que partiellement exact, à la lumière des découvertes iraniennes.

Cela nous amène à confronter les conditions requises pour que la peste se pérennise par voie statique ou dynamique et à émettre quelques hypothèses sur son comportement probable pour persister dans les divers foyers invétérés de peste antique, médiévale ou orientale égaillés de par le monde.

Juin 1964

BIBLIOGRAPHIE

- BALTAZARD, M. et collaborateurs (BAHMANYAR, H., CHAMSÄ, M., EFTEKHARI, E., KARIMI, Y., MOSTACHFI, P., POURNAKI, R. et SEYDIAN, B.): Soc. Pathol. Exot. Paris, séance du 11 décembre 1963 consacrée à la peste dans le Kurdistan iranien (*Bull. Soc. Path. exot.*, 1963, 56, p. 1101-1246).
- et BAHMANYAR, M.: *Bull. O.M.S.*, 1960, 23, 169-215.
- et —: *Bull. O.M.S.*, 1960, 23, 217-246.
- BLANC et BALTAZARD, M.: Arch. Institut Pasteur Maroc, 1945, 3, 173-355.
- DEVIGNAT, R.: *Ann. Soc. belge Med. trop.* 1936, 16, n° 1.
- : *Ann. Soc. belge Med. trop.* 1938, 18, n° 2.
- : *Bol. Ofic. Sanit. Panam.* 1945, 24, 895-906.
- : *Ann. Soc. belge Med. trop.* 1946, 26, 13-54.
- : *Ann. Soc. belge Med. trop.* 1946, 26, 13-54.
- : *Ann. Soc. belge Med. trop.* 1949, 29, 277-305.
- : *Bulletin O.M.S.*, 1951, 4, 247-63.
- : *Annales Institut Pasteur*, 1952, 83, 372.
- GIRARD et ROBIC: *Bull. Académie Médecine*, 1934, 111, 939.
- FROBISHER et coll.: *Jl Labor. Clin. Med.*, 1947, 32, 1008-15.
- MEYER, K.F.: *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 1947, 48, 429-67.
- MISONNE, X.: *Ann. Soc. belge Med. trop.*, 1959, 39, 436-93.
- MOLLARET, H.-H.: Soc. Pathol. Exot. séance du 11 décembre 1963 (*Bull. Soc. Path. exot.*, 1963, 56, p. 1168-1182).
- YERSIN: Notes de travail du 23 juin 1894, relevées par Noël BERNARD dans *Yersin* (Editions La Colombe Paris, 1955, p. 92).

C. Donis. — La position actuelle de l'agriculture en République populaire de Chine.*

La position actuelle de l'agriculture chinoise dérive directement des conditions naturelles propres à ce grand pays et de l'évolution de son histoire dans le cadre des différentes phases des transformations politiques et économiques de la République populaire.

Les grandes étapes de l'expérimentation politique depuis le Kiangsi et le Yen-an, et de la construction socialiste de la Chine sont connues: la place et le rôle de l'agriculture et de la paysannerie ont pu varier.

Les connaissances rapportées ici résultent de plusieurs exposés généraux ou particuliers des autorités gouvernementales et des responsables de trois communes populaires qui furent visitées. Ces connaissances ont été complétées par les observations faites sur place.

Les informations reçues furent surtout d'ordre qualitatif, comparatif ou de politique générale, excluant toute construction chiffrée de la situation générale de l'agriculture. L'absence de statistiques récentes publiées empêche également toute tentative dans ce sens. On comprend d'ailleurs que dans la position mondiale actuelle de la Chine, celle-ci soit peu soucieuse de fournir une image générale de sa principale activité économique qui est en même temps le facteur de politique intérieure prépondérant.

Sous l'ancien régime, un des six secteurs économiques, le secteur dit féodal, groupait les exploitations agricoles. Sur une superficie totale de 9 600 000 km², on comptait quelque 110 000 000 ha de superficie cultivable intensivement, dont les 60 % étaient entre les mains de 10 % de la population rurale. Les fermages y étaient de l'ordre de 50 à 80 % des revenus du sol.

* L'auteur vient d'effectuer un voyage de six semaines au Extrême-Orient, dont un séjour en République Populaire de Chine du 25.3 au 16.4.64 en qualité de membre de la mission économique belge en Chine, organisée par l'Association Belgique-Chine.

Au cours de la phase socialiste de la révolution (il y eut une phase de démocratisation), la contraction des six secteurs économiques aux trois secteurs actuels (secteur d'Etat, secteur collectif et économie individuelle) visait à supprimer la propriété privée des moyens de production; elle a entraîné un changement radical des structures agraires. A cette occasion, 45 000 000 ha ont été distribués à 300 000 000 de paysans par les réformes de 1951-1952.

Après divers rajustements successifs, il fut décidé, en septembre 1962, que l'agriculture serait la base de l'économie nationale et que l'industrie en serait le facteur dominant.

Quelques ordres de grandeur permettent d'apprécier l'ampleur des problèmes et de la tâche entreprise, des efforts en cours:

Superficie totale	960 000 000 ha
Superficie agricole utile	110 000 000 ha
Extensions possibles	55 000 000 ha
Défrichements annuels	2 000 000 ha
Population rurale	560 000 000
de personnes, soit 120 000 000 de familles de paysans qu'il a fallu organiser selon les voies socialistes.	
Pâturages naturels	200 000 000 ha
dont on étudie la mise en valeur.	
Terres érodées	170 000 000 ha
soumises à des plans de reboisement ou de réhabilitation.	
Nombre de tracteurs	120 000
aptes à traiter 8 à 9 % de la superficie totale cultivée.	
Puissance installée	6 100 000 ch
au service de l'agriculture (pompes Diesel et électriques).	
Projets concrets de réservoirs de retenue d'eau	300 000 000 m ³
dont les 2/3 sont réalisés.	
Etendue des fermes d'Etat	4 400 000 ha
Enseignement agricole	34
établissements d'enseignement supérieur totalisant 60 000 étudiants ;	
écoles secondaires de technique agricole	150
Consommation d'engrais	5 000 000
tonnes/an (principalement azotés).	

Depuis le début expérimental du Kiangsi et du Yen-an, la révolution et l'agriculture chinoise avec laquelle elle se confond, ont connu des degrés divers, des variations, à la fois dans les buts immédiats, les méthodes, les intensités de mobilisation des ressources humaines, les conceptions démographiques, la proportion des investissements, etc. qu'il est prématuré d'analyser en historien.

La philosophie actuelle traduite en slogans constituant les bases des campagnes d'éducation consiste à créer, à édifier une économie nationale autonome et moderne présentant deux aspects: l'agriculture et l'industrie.

La proportion entre industrie lourde et industrie légère fait elle-même l'objet d'études et de rajustements.

L'édification socialiste à long terme est basée sur trois principes:

- a) La Chine doit compter d'abord sur ses efforts propres;
- b) L'aide étrangère n'est qu'accessoire et la Chine désire développer ses échanges étrangers sur une base réciproque et à intérêts mutuels (ce qui est important, car cela concerne autant les importations d'engrais que les exportations des productions agricoles);
- c) Il convient d'augmenter les productions afin d'accroître la consommation, mais aussi l'« accumulation » (au profit des investissements de base, du fonds de roulement des entreprises et de la réserve d'Etat).

Dans cette perspective générale, les voies de l'amélioration de l'agriculture ont été précisées.

La promotion de l'agriculture s'est assignée trois grandes tâches:

1. L'élévation des rendements par unité de surface;
2. La mise en valeur de toutes les ressources naturelles;
3. La mécanisation pour la modernisation de l'agriculture.

L'élévation des rendements par unité de surface doit être atteinte par l'application de la charte en huit points du président MAO spécifiant les domaines où l'action doit être portée:

1. Amélioration des sols;
2. Utilisation des engrais;

3. Travaux hydrauliques et irrigations;
4. Sélection des semences et variétés;
5. Plantations serrées rationnelles;
6. Protection des plantes contre les parasites et maladies;
7. Entretien des cultures;
8. Amélioration de l'outillage et de la mécanisation.

Les principes économiques qui précèdent, la définition des trois grandes tâches et de la charte en huit points constituent l'armature des programmes éducatifs largement répandus actuellement sous forme de slogans dans les communes populaires et abondamment commentés et discutés à l'occasion des réunions techniques et politiques, contradictoires et autocritiques.

La commune populaire est actuellement considérée comme la structure la plus opportune de l'agriculture chinoise. Elle est le terme d'un cheminement dont le départ se situe aux temps héroïques du Kiangsi et du Yenan et qui a ressemblé à la procession d'Echternach. Ce cheminement a été empreint d'un certain pragmatisme, toujours de rigueur, recherchant un équilibre instable entre les déductions des intellectuels théoriciens du régime et les désirs ou les limites de la masse des paysans qui, dès le début, ont constitué et constituent encore le fondement de la révolution chinoise et représentent 80 % de la population. Ce fait constitue assurément la caractéristique majeure du régime chinois.

L'évolution des structures agraires a connu quelques étapes importantes qu'il convient de rappeler.

Entre 1931 et 1934, les expériences du Kiangsi révélaient le potentiel révolutionnaire représenté par la masse paysanne adéquatement conditionnée, et permettaient de concrétiser l'idée maîtresse de la révolution chinoise qui fut à l'origine de tout, sous la conduite permanente et combien attentive de MAO TSÉ-TUNG.

La prise du pouvoir fut évidemment l'événement capital, mais non moins importantes, pour l'agriculture notamment, furent les mesures prises en vue d'instaurer une probité civique rigoureuse. Ce qui fut fait.

Dès 1951-1952, la réforme agraire — geste politique nécessaire — distribuait 45 000 000 ha à quelque 300 000 000 de pay-

sans qui venaient s'ajouter au restant des petits propriétaires; c'était le démembrement excessif avec toutes ses conséquences techniques et économiques bien connues et qui fut, par ses inconvénients, le principal élément moteur d'une certaine collectivisation spontanée de l'agriculture.

L'évolution ultérieure jusqu'à la formule actuelle de la commune populaire fut la résultante de différentes tendances difficilement départageables: directives du gouvernement largement diffusées par des cadres nombreux et actifs, réactions positives ou négatives des paysans qui furent soit spontanées, et rapportées au gouvernement par les cadres, soit suggérées adroitement par ces derniers sur ordre du gouvernement.

Techniquement, cette évolution résulte de la combinaison tolérante et prudente d'un pragmatisme éclairé et de persuasion collective. Il s'agit donc d'une technique politique parfaitement valable vu les circonstances.

Le processus de collectivisation pratiquement imposé par le démembrement à outrance résultant de la réforme agraire a connu différentes phases. Il avait pour but de vaincre la faible puissance économique des paysans isolés, en majorité ci-devant travailleurs agricoles ou petits exploitants individuels.

Il s'est d'abord constitué des groupes d'entraide rassemblant 8 à 12 foyers effectuant ensemble les travaux successivement sur les parcelles d'un chacun.

Devant l'insuffisance de ces dispositions, des coopératives de production agricole d'échelon inférieur furent créées de 1955 à 1957, où les paysans mettent en commun leurs lopins de terres en contrepartie de parts sociales proportionnelles (à la superficie, à l'équipement aratoire, au cheptel).

La phase suivante voit la constitution de coopératives de production agricole d'échelon supérieur où les revenus ne sont plus fonction de parts sociales privatives mais bien du travail fourni, l'apport matériel ayant été valorisé. Cette dernière phase est déjà le socialisme qui est encore considéré comme imparfait.

De la fédération d'éléments de cette dernière phase et d'une adjonction d'attributions extra-agricoles va naître, en 1958, la commune populaire.

Cette naissance fut sans doute hybride, sortie des idées des paysans, probablement suggérées et canalisées adéquatement par un Gouvernement aussi sensible aux sentiments de l'opinion publique que rapide à les encadrer et à leur donner forme, conformément à ses vues lointaines. On peut croire que seule la finesse chinoise pouvait réaliser cette acrobatie politique.

La commune populaire apparaît dès lors comme un stade important entre la socialisation de l'agriculture qu'elle doit réaliser et la collectivisation complète, c'est-à-dire la possession de tous les moyens de production par le peuple souverain (l'Etat).

Les communes populaires créées dans l'ensemble du pays en automne 1958 groupent 99 % des populations rurales et 96 % des terres agricoles (4 % des terres agricoles sont fermes d'Etat).

Cette structure nouvelle, dont on a abondamment parlé et écrit, constitue dorénavant un idéal en voie d'édification et réalise localement une unité politique, économique, sociale et administrative suffisamment importante destinée à donner à ses membres une puissance économique, une autonomie et un sens des responsabilités collectives jugés adéquats.

La commune populaire assume les responsabilités non seulement sur le plan de la production agricole, mais également dans les domaines suivants: éducation (niveaux primaire et moyen complet), médecine publique et privée, entretien des vieillards et handicapés, bien-être, milice, industrie de transformation des produits agricoles horticoles ou d'élevage, industries étrangères à l'agriculture, activités relatives au logement, à la voirie rurale et aux améliorations foncières propres à la commune ou intéressant plusieurs communes.

En technique politique, c'est à la fois une concentration des pouvoirs et une décentralisation de l'exécution: au nombre de 73 000 à l'origine, les communes populaires sont maintenant au nombre de 24 000.

Il semble bien que cette éclosion résulte de la symbiose entre l'opinion paysanne et les vues du Gouvernement, ce qui représente déjà un succès politique incontestable.

La commune populaire apparaît comme une société collective socialiste d'intérêts mutuels entre ses membres et avec l'Etat; son organisation de base constitue une intégration des participations

au pouvoir; elle est considérée comme un stade intermédiaire sans doute assez durable, qui permettra après consolidation, le passage du socialisme au communisme.

Son organisation est calquée sur celle de l'armée populaire, ce qui lui rend ses propres traditions d'origine paysanne. La vie familiale la plus traditionnelle y est maintenue.

La commune populaire est dirigée par un conseil de gestion, élu au second degré; l'échelon subordonné étant constitué par des brigades de production dirigées par un conseil de brigade; les brigades groupent un ensemble d'équipes de production placées sous l'autorité d'un responsable. Les cadres sont élus par les membres de la commune.

Selon le degré d'édification de la commune, l'un ou l'autre de ces trois échelons peut être à l'heure actuelle prédominant.

Suivant les principes de structuration verticale de l'exercice de l'autorité démocratique, le Conseil de gestion, organe supérieur, peut comporter un ensemble de départements: agriculture, élevage, machines agricoles, plan et finances, éducation et culture, approvisionnements et ventes, santé et bien-être, milice, recherches relatives à l'agriculture, à l'élevage, aux sols, industries diverses, etc., correspondant à autant de brigades de production, voire suivant les cas, d'équipes de production.

Dans chaque commune populaire, une proportion de 5 à 7 % de la superficie totale des terres est réservée aux productions strictement privatives dont les coopérateurs ont l'entière disposition, il en va de même du petit élevage habituellement entretenu (cochons, moutons, chèvres, canards, poules).

Les revenus de ces productions privatives peuvent représenter 20 % du revenu total individuel d'origine collective.

De nombreuses communes populaires comportent certains organes de recherches agronomiques relatives à l'élevage, la sélection, l'analyse et l'amélioration des sols, l'outillage, etc.

La réalisation des productions collectives se fait par fournitures aux organes de distribution coopératifs ou de l'Etat.

La contribution de chaque commune populaire aux finances de l'Etat est fixe et déterminée en fonction de la productivité des terres et des cultures pratiquées, après discussion avec le Conseil

de gestion; en années normales et suivant les rendements, elle peut atteindre de 7 à 12 % de la production.

Après cette contribution, une certaine proportion non fixée du revenu est affectée au fonds de réserve propre de la commune (investissements, welfare, etc.) et le restant est réparti entre ses membres selon leurs prestations.

Les coopérateurs ont déjà, au cours de l'année, reçu des paiements provisionnels et le complément leur est versé lors de la clôture des exercices. Ce salaire peut varier de 2 000 à 6 700 FB par an auquel s'ajoutent les productions privatives et les productions secondaires (petit élevage).

A titre de comparaison, on peut citer d'autres rémunérations. En usine, les salaires fixes comportent 7 à 8 échelons allant de 800 à 2 600 FB par mois auxquels s'ajoutent la répartition des sur-profits (dépassant les normes).

Les barèmes des fonctionnaires comportent 24 échelons allant de 800 FB à 10 000 FB par mois (au Président de la République). Les universitaires débutent à un salaire de 1 200 FB par mois.

Les fermes d'Etat sont régies selon les mêmes règles que les autres entreprises d'Etat.

Des caractéristiques particulières à trois communes sont reprises *in fine* ainsi que des informations relatives à l'organisation de la recherche agronomique.

Certaines observations générales méritent cependant d'être signalées et qui paraissent importantes en vue de la compréhension du phénomène rural chinois.

1. L'évolution politique des masses rurales a peut-être été conduite habilement mais sa forme actuelle, que tout technicien progressiste belge ne pourrait qu'approuver, vu les conditions locales et historiques, n'a pu être atteinte que par la conjonction d'éléments déterminants précis.

Ce sont: le rétablissement très ferme d'une probité civique rigoureuse, les qualités intellectuelles propres aux Chinois, les aptitudes traditionnelles de l'agriculteur le plus ancien, le plus méticuleux et le plus travailleur; la perpétuation, combien fidèle, des gestes antiques, du retour à la terre productrice des résidus alimentaires concentrés dans les agglomérations; les étonnantes possibilités du limon læssique et des alluvions récentes;

2. Un énorme effort d'instruction et d'éducation est fourni dans les communes;

3. Un usage préférentiel des engrais chimiques est pratiqué; alors que la moyenne nationale se situe aux environs de 45 kg par ha cultivé, certaines communes appliquent 300 kg et plus par ha d'engrais azotés;

4. Les fumures organiques (fumier, gadoues, engrais verts) demeurent la base de la restitution et atteignent des valeurs annuelles de 30 tonnes par ha en production de légumes ou de céréales, à raison de deux ou trois récoltes par an;

5. Des contacts avec les milieux ruraux chinois se dégagent un sentiment de haute conscience politique, de fierté nationale et d'enthousiasme qui n'a d'égal que la parfaite assurance et le dévouement des milieux dirigeants. Le régime semble transformer tout un peuple de paysans, anciennement opprimés, en hommes participant volontairement à une grande tâche nationale;

6. Dans ses gestes élémentaires, de même que dans les normes de productivité, la technique agricole chinoise a déjà atteint des résultats particulièrement brillants. Les efforts de recherche de même que l'amélioration des méthodes d'organisation et de production qui résultera de la consolidation des communes populaires ne peuvent manquer d'amener d'autres progrès spectaculaires;

7. Par la généralisation à toute la population rurale du régime de la commune populaire, personne en Chine n'est isolé; la solidarité est étendue à tous dans les conditions du moment et la population dans les trois communes visitées paraît pléthorique compte tenu des superficies et des productions. Quelle sera l'évolution des conditions actuelles? L'industrie en expansion va prélever ses effectifs dans les communes, ils passeront à des barèmes de salaires supérieurs; les améliorations des productions rurales et la réduction du nombre de coopérateurs augmenteront les revenus des membres restant dans les communes;

8. Une réelle élasticité résulte donc de l'existence des communes populaires, elle facilite grandement la tâche de planification. L'opinion publique étant formée à 80 % de paysans, il

semble exclu de voir freiner l'industrialisation dont cette classe majoritaire doit bénéficier à la fois directement (possibilité de diversification) et indirectement (augmentation des revenus et des biens de consommation).

On peut donc considérer la commune populaire chinoise comme le principal élément de stabilité sociale et politique du régime. C'est probablement dans ces deux derniers points que réside le grand intérêt de cette expérience sans précédent que le Gouvernement conduit avec pragmatisme.

COMMUNE DE L'ÉTOILE ROUGE DE L'AMITIÉ SINO-CORÉENNE

(Banlieue de Pékin).

Comprend:

10 500 ha - 55 000 habitants - 523 hab./km² - 11 000 foyers - 23 000 travailleurs actifs.

Origine:

Regroupement de sept coopératives d'échelon supérieur, sol antérieurement salin en grande partie (3 à 7 % de salinité) et exposé aux inondations.

Améliorations foncières apportées:

- Extension de la surface irriguée passant de 20 à 80 %;
- Nivellement et digues de protection;
- Réduction de la salinité par lessivage, améliorations organiques et labours de printemps.

Matériel d'exploitation:

Nombre de tracteurs passé de 11 à 64;
Nombre de moissonneuses combinées passé de 3 à 11;
Nombre de camions: 35;
Nombre de chariots: 800;
Un atelier par brigade de travail.

Elevage:

Nombre de bovidés passé de 2 000 à 5 300, dont 2 300 vaches laitières (hollandaises).

Lait produit annuellement: 10 300 000 kg.

Il n'y a pas de prairies permanentes.

Fournitures au ravitaillement de Pékin (en 1963)

120 000 canards (élevage industriel);

8 500 porcs;

15 000 kg de poisson;

45 000 tonnes de légumes;

900 tonnes de fruits.

Équipement industriel pour:

transformation du blé, légumes salés, coton, vin, huileries.

Rendements moyens en céréales:

Riz : 4 500 kg ha/an;

Blé : 2 500 kg ha/an;

Maïs : 3 000 kg ha/an.

Les productions privées et secondaires atteignent des rendements sensiblement comparables aux productions collectives.

Les salaires varient selon le travail presté, vont de 2 000 à 6 600 FB par an.

L'épargne atteint 20 à 40 000 FB par mois pour l'ensemble de la commune.

Encadrement technique:

40 diplômés universitaires;

60 diplômés de niveau technique.

Équipement scolaire et médical:

Ecoles primaires: 15;

Ecoles secondaires: 6;

Fréquentation totale: 11 000 élèves;

Dispensaires et hôpital desservis par 30 médecins et 60 infirmières.

Fumures pratiquées:

30 000 kg d'engrais organique par ha (fumier et gadoues);

300 kg d'engrais azotés par ha (80 % de sulfate et 20 % de nitrate d'amm.).

Divers:

Trois films sont projetés par mois;

La commune compte encore: 60 postes de télévision;

3 000 postes de radio;

Installation de radio-distribution;

4 000 vélos.

COMMUNE DE HWANGTU

(Banlieue nord de Shanghai)

Etablie en septembre 1958.

Comprend:

2 116 ha - 18 950 personnes - 902 hab./km² - 4 545 foyers -
9 720 travailleurs actifs - 16 brigades de production - 134 équipes
de production.

Affectation des terres:

55 % en céréales;

25 % en légumes;

10 % en coton;

7 % en parcelles privées;

3 % routes, canaux, bâtiments.

Production:

Riz : 7 450 kg/ha/an en augmentation de 49,8 % depuis
1957, de 97,8 % depuis 1949.

Coton fibre: 657 kg/ha/an en augmentation de 138 % depuis
1957, de 330 % depuis 1949.

Légumes : 9 000 kg/ha/an en augmentation de 227,3 % de-
puis 1957, de 285,7 % depuis 1949.

Porcs : 12 146 unités en augmentation de 84 % depuis
1957, de 186 % depuis 1949.

Salaires : 6 200 FB/an en augmentation de 66,7 % depuis
1957, de 169,5 % depuis 1949.

La population d'illettrés est tombée de 80 % de la population
en 1949 à 18 % actuellement.

Ecoles:

61 primaires, 2 secondaires - 70 jeunes gens de la commune ont terminé des études universitaires.

Améliorations apportées collectivement depuis la création de la Commune

Aménagement de 31 canaux;

Nivellement de 135 ha;

Edification de 10 000 m de digues de protection contre l'inondation;

Remembrement et regroupement des parcelles.

Équipement:

4 tracteurs;

Pompes: en 1957: 15 pompes (total 154 ch);

en 1964: 11 stations de pompage électrique;

62 stations de pompage Diesel, totalisant 929 ch;

Ateliers de réparation et d'ajustage.

Opérations mécanisées:

Irrigation et battage (riz, maïs, blé);

Le coton est traité en dehors de la commune.

Élevage:

12 146 porcs, 382 bœufs, 42 vaches laitières, 7 300 chèvres et moutons; il n'y a pas de prairies permanentes.

Fumures pratiquées:

Engrais verts (luzerne) occupant le terrain pendant 6 à 7 mois après une année de blé et une année de colza; cette fumure représenterait 90 tonnes de matières organiques par ha.

Sulfate d'ammoniac: 300 à 375 kg par ha.

Les engrais minéraux sont expédiés directement des usines à mesure de la fabrication ou des bateaux importateurs vers les coopératives d'achat qui stockent.

Organisation:

Elle est basée sur la trinité: conseil de gestion, brigades et équipes de production, mais l'unité de base pour les calculs est

l'équipe. Chaque village constitue une équipe de production qui peut comporter 34 à 45 foyers.

COMMUNE DE YEMBU

(Banlieue ouest de Canton)

Créée en 1958 par fusion de deux gros villages, comprend 14 brigades de production, dont deux administratives, groupant 220 équipes de production.

Composition:

58 300 habitants - 2 429 hab./km² - 15 000 familles dont 8 553 s'adonnent à l'agriculture - 31 100 travailleurs actifs.

Etendue:

2 446 ha dont 2 200 ha sont affectés à la culture du riz. (8 880 kg par ha en deux récoltes);

Protégée par une digue périphérique.

Autres productions:

Légumes, oies, potirons, poissons, fruits, jacinthes d'eau (en étangs) pour l'alimentation des porcs.

Équipement:

7 tracteurs, 700 bœufs, 36 stations de pompage électrique, 36 km de ligne à haute tension;

33 écluses.

Ecoles:

15 primaires, 3 secondaires; population: 1 500 élèves.

Hôpital dispensant la médecine occidentale et la médecine chinoise.

L'ORGANISATION DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE *

L'Académie des Sciences agronomiques dépend directement du Ministère de l'Agriculture qui précise les programmes en fonc-

* Entretiens avec le Secrétaire général-Adjoint de l'Académie des Sciences agronomiques.

tion des recommandations de la Commission des Sciences de l'Etat, ce qui assure une coordination et une intégration des efforts de recherche avec les options de politique agronomique ou économique. Il s'agit donc de recherches entièrement dirigées et programmées.

Cette organisation assure ainsi l'appui scientifique aux principes de la promotion de l'agriculture définis par les *trois grandes tâches* et la *charte en huit points* (cf. *supra*) et est considérée comme une branche importante de l'édification du pays, prometteuse des plus grands développements.

L'Académie des Sciences agronomiques dirige tous les travaux de recherches qui sont entrepris dans plus de 20 Instituts répartis dans les régions de production dont plusieurs sont situés dans la banlieue de Pékin.

Des académies locales existent au niveau des Provinces, des Régions autonomes et des Municipalités.

Il existe des Instituts centraux et régionaux où les mêmes problèmes ou les mêmes spécialités sont étudiés à des niveaux différents.

Il n'est pas organisé d'instituts de recherches au niveau des districts, mais bien des stations d'adaptation, de propagation des résultats ou de démonstration et des stations de sélection des semences. Au niveau des communes populaires, on trouve des groupes scientifiques et techniques qui travaillent en relation et sous la direction des Instituts de recherches.

En outre, il faut préciser que de nombreuses recherches intéressant l'agriculture sont conduites par des organes ne dépendant pas du Ministère de l'Agriculture.

C'est le cas notamment des établissements d'enseignement supérieur agronomique (dont on compte au moins un par province), des instituts de défrichement, d'outillage agricole, d'énergie hydroélectrique, d'alimentation, d'industries légères et textiles et de l'Académie des Sciences de Chine.

Aucune indication n'a pu être obtenue quant au nombre de spécialistes; quant à leur qualification, il sont en général de niveau universitaire.

Malgré l'importante population universitaire actuelle, (200 000 diplômés de polytechnique et sciences en 1963), il est

vraisemblable que cet important réseau d'organes de recherches nécessitant un personnel expérimenté, n'a pu se constituer en peu de temps.

Les programmes ont dès lors abordé les principaux problèmes.

Il faut signaler un système d'enquête permanent dénommé *bilan des expériences des masses paysannes* qui est destiné à rapporter toutes améliorations particulières des techniques, tous rendements exceptionnels obtenus dans les communes. Ce bilan élargit étonnamment la base expérimentale de l'organisation.

A la suite de cette enquête, des équipes de chercheurs se rendent sur place, contrôlent et étudient les résultats atteints, élèvent éventuellement l'expérience sur le plan théorique de l'explication scientifique qui permette de la reproduire avant une plus large diffusion.

La sélection comprend classiquement la sélection massale sur une base extrêmement large, la sélection génétique, les essais d'adaptation et la diffusion.

La cartographie des sols et de la végétation est du ressort des institutions spécialisées de l'Académie des Sciences de Chine.

Aussi, les études relatives aux sols relevant de l'Académie des Sciences agronomiques se sont spécialement portées sur les méthodes d'utilisation et d'amélioration des sols et plus particulièrement sur quelques problèmes essentiels: les méthodes d'amélioration des sols salins, des terres rouges et des rizières à rendements peu élevés, les problèmes de fertilité et de méthodes culturales dans les bonnes terres, les possibilités de réhabilitation des terres dégradées.

L'étude de l'utilisation des engrais, deuxième de la charte en huit points, fait l'objet d'investigations particulières portant d'abord sur les engrais organiques, ensuite sur les engrais chimiques et les engrais verts dont il est fait un large usage.

L'eau, les techniques d'irrigation, le traitement de la salinité, constituent évidemment un autre objet important de recherches étendues, de même que la protection de toutes les plantes cultivées.

Les recherches relatives à la mécanisation comportent deux aspects qui sont étudiés: les méthodes culturales vis-à-vis de la mécanisation et les instruments et machines.

Enfin, tout un groupe de recherches couvre les besoins de l'élevage et de la médecine vétérinaire.

Les travaux publiés montrent qu'il est fait un large usage des méthodes biométriques et statistiques ainsi que des matières traçantes radioactives, dans les travaux de physiologie et de fumure.

14 juillet 1964.

Fr. Corin. — Présentation de cartes géologiques du Congo

L'Académie royale des Sciences d'Outre-Mer vient de recevoir en hommage du Service géologique du Congo six feuilles de la carte géologique et une notice. Parmi les six feuilles, on en trouve cinq à l'échelle du 1/50 000, couvrant chacune un seizième de degré carré: trois formant le sud-ouest du degré carré de Léopoldville et deux, le nord-est du degré carré de Thysville. La sixième feuille est celle d'Inkisi. Elle est à l'échelle de 1/200 000 et couvre un degré carré. A cette dernière est jointe une notice explicative.

Les trois feuilles du sud du degré carré de Léopoldville couvrent la partie géologiquement la plus variée de ce degré carré, celle où apparaissent les formations précambriennes du système schisto-gréseux et de l'extrême sommet du système schisto-calcaire surgissant de dessous les terrains plus récents. Elle s'étend depuis un peu à l'ouest de Madimba jusqu'à l'est de la rivière Nsele.

Recouvrant les terrains précambriens, tant au Nord qu'à l'Est, viennent d'abord les grès tendres, d'âge présumé crétacique et de nature continentale, puis la série principalement sableuse, d'âge tertiaire, assimilée aux formations du Kalahari.

Les deux feuilles de Thysville couvrent la vaste région calcaire située à l'est de cette localité et l'amorce de la plate-forme schisto-gréseuse qui lui fait suite au Nord-Ouest et va se poursuivre vers le Bangu. Ce sont presque exclusivement ces formations anciennes, qui couvrent la surface des deux feuilles, à l'exception de quelques lambeaux d'âge présumé tertiaire qui flottent sur la crête de Thysville.

La feuille d'Inkisi vient immédiatement au sud du degré carré de Léopoldville et à l'est du degré carré de Thysville et s'étend jusqu'à la frontière nord de l'Angola. En particulier, elle couvre en entier le tracé de l'ancienne route du Kwango depuis Inkisi jusqu'à Kimvula en passant par Lemfu et par Ngidinga.

Grâce à son échelle plus petite et à sa plus grande surface, elle donne, mieux que les précédentes, une image d'ensemble de la structure géologique du pays. Il est à souhaiter que les degrés carrés de Léopoldville et de Thysville soient, eux aussi, présentés de manière synthétique, à l'échelle du 1/200 000.

En ce qui concerne le degré carré d'Inkisi, la vaste région schisto-calcaire de l'Ouest fait place, plus à l'Est, au système schisto-gréseux lequel, toutefois, y est mal différencié dans ses différentes parties. Seule, se distingue bien, dans le sud de la planchette, la série de transition dite « de la Mfidi ».

Les formations de grès tendre, d'âge présumé crétacique, puis les formations sableuses du « Kalahari » occupent tout l'est de la feuille.

A la feuille d'Inkisi est jointe une notice explicative divisée en cinq chapitres et agrémentée d'une bibliographie.

Le premier chapitre, qui compte dix pages, donne l'historique des levés, les documents utilisés et la méthode suivie pour l'établissement de la carte, c'est-à-dire la méthode de photogéologie contrôlée. Pour ce contrôle, on a disposé de 580 observations provenant des archives du service géologique et de 1 500 observations de terrain du syndicat de recherches minières du Bas-Congo. Le chapitre se termine par une esquisse de la géologie du Bas-Congo.

Le second chapitre, qui comporte 8 pages, traite de la géographie physique. Le troisième chapitre traite de la préhistoire (2 pages) et le quatrième chapitre (10 pages) est la présentation des formations géologiques qui se rencontrent dans le domaine de la feuille d'Inkisi. En guise de finale, un cinquième chapitre mentionne les ressources minérales (1 page).

La bibliographie comporte 71 références, dont 42 sur la géologie générale du Bas-Congo et 29 sur la géologie de la feuille d'Inkisi.

Ces cartes géologiques sont le fruit de la collaboration du Service géologique du Congo et du Musée royal de l'Afrique centrale; elles sont éditées sous les auspices de la Commission de Géologie du Ministère des Affaires africaines.

Les cartes ont été imprimées par l'Institut géographique militaire de Belgique. L'impression en est très soignée et les

couleurs judicieusement choisies. Pour éviter toute surcharge, une série de signes conventionnels situent les points d'observation en distinguant les roches en place (ainsi que leur allure, si celle-ci est observable) et les roches non en place. Mais la nature des couches n'est indiquée que sur les cartes au 1/50 000, et seulement lorsqu'elles ne correspondent pas au type de l'assise.

La notice de la feuille Inkisi est imprimée en offset. Elle est particulièrement claire et bien présentée.

Nous avons tenu à souligner cette manifestation d'une collaboration qui s'annonce fructueuse.

Nous désirons surtout rendre hommage au personnel dirigeant congolais du Service géologique du Congo, qui a su conserver intacte l'organisation que nous lui avons léguée. J'ai pu, à l'occasion d'un court voyage à Léopoldville en janvier dernier, constater que tout le personnel était resté en place, prenant soin du matériel, des collections et de la documentation. En particulier, les mêmes préparateurs classent soigneusement les échantillons recueillis au cours des missions, malheureusement trop rares; la bibliothèque s'enrichit régulièrement des revues les plus importantes et le catalogue de fiches est tenu à jour. Si les difficultés budgétaires ont contraint de réduire les achats de livres, souvent coûteux, les échanges restent pourtant actifs.

Nous tenons à rendre ce témoignage et à formuler le vœu que l'avenir permette à l'activité de reprendre son cours.

Le 14 juillet 1964.

CLASSE DES SCIENCES TECHNIQUES

**KLASSE VOOR TECHNISCHE
WETENSCHAPPEN**

Séance du 29 mai 1964

La Séance est ouverte à 14 h 30 par M. F. Campus, président de l'ARSOM.

Sont en outre présents: MM. R. Bette, C. Camus, I. de Magnée, E.-J. Devroey, R. du Trieu de Terdonck, P. Evrard, P. Geulette, E. Mertens de Wilmars, M. van de Putte, J. Van der Straeten, membres titulaires; MM. F. Bultot, L. Calembert, M. De Roover, P. Grosemans, J. Lamoen, A. Lederer, E. Roger, A. Rollet, R. Van Ganse, J. Verdeyen, associés; M. J. Charlier, correspondant, ainsi que M. Walraet, secrétaire des séances.

Absents et excusés: MM. P. Bourgeois, M.-E. Denaeyer, L. Jones, F. Pietermaat, R. Spronck, R. Vanderlinden.

Confraternité académique

Le Secrétaire perpétuel informe la Classe que le président de l'ARSOM, M. F. Campus a adressé, au nom de notre Compagnie, un message de félicitations et de sympathie à notre confrère G. Gillon, membre honoraire de la Classe des Sciences techniques et doyen d'âge de l'ARSOM, à l'occasion de son 90^e anniversaire.

Très touché par nos congratulations, M. G. Gillon a adressé ses vifs remerciements à tous ses Confrères.

Note concernant la courbe limnimétrique des débits du fleuve Congo à Léopoldville-Est

M. J. Lamoen présente un travail intitulé comme ci-dessus et dans lequel l'auteur analyse les jaugeages effectués sur le fleuve Congo à Léopoldville et à Inga.

Après un échange de vues auquel prennent part MM. R. Van Ganse, J. Charlier, J. Verdeyen, E.-J. Devroey et J. Lamoen, la Classe décide de publier ladite note dans le *Bulletin* (voir p. 980).

Zitting van 29 mei 1964

De zitting wordt geopend te 14 h 30 door de *H. F. Campus*, voorzitter van de K.A.O.W.

Zijn bovendien aanwezig: De HH. R. Bette, C. Camus, I. de Magnée, E.-J. Devroey, R. du Trieu de Terdonck, P. Evrard, P. Geulette, E. Mertens de Wilmars, M. van de Putte, J. Van der Straeten, titelvoerende leden; de HH. F. Bultot, L. Calembert, M. De Roover, P. Grosemans, J. Lamoen, A. Lederer, E. Roger, A. Rollet, R. Van Ganse, J. Verdeyen, geassocieerden; de H. J. Charlier, correspondent, alsook de H. M. Walraet, secretaris der zittingen.

Afwezig en verontschuldigd: De HH. P. Bourgeois, M.-E. Denaeyer, L. Jones, F. Pietermaat, R. Spronck, R. Vanderlinden.

Academische collegialiteit

De *Vaste Secretaris* deelt de Klasse mede dat de voorzitter der K.A.O.W., de *H. F. Campus*, namens ons Genootschap een boodschap van gelukwensen en sympathie richtte aan onze confrater *G. Gillon*, erelid der Klasse voor Technische Wetenschappen en deken van jaren der K.A.O.W., naar aanleiding van zijn 90^e verjaardag.

Zeer ontroerd door onze gelukwensen, dankte de *H. G. Gillon* al zijn Confraters.

« Note concernant la courbe limnimétrique des débits du fleuve Congo à Léopoldville-Est »

De *H. J. Lamoen* legt een werk voor getiteld als hierboven en waarin de auteur de metingen ontleedt die uitgevoerd werden op de Congostroom in Leopoldstad en Inga.

Na een gedachtenwisseling waaraan deelnemen de HH. *R. Van Ganse*, *J. Charlier*, *J. Verdeyen*, *E.-J. Devroey* en *J. Lamoen*, beslist de Klasse deze nota te publiceren in de *Mededelingen* (zie blz. 980).

M. *Evrard*, vice-directeur, occupe le fauteuil présidentiel pendant la communication suivante de M. *F. Campus*, président de l'ARSOM.

A propos des murs de quai maritimes

M. *F. Campus* présente, avec projections lumineuses, une communication dans laquelle, après avoir défini une méthode simple pour l'établissement de la stabilité des massifs de fondation en enrochements, il en expose l'application aux murs de quai en blocs de chaises.

Il répond ensuite à une demande d'information complémentaire de M. *R. Bette*, après quoi la Classe décide de publier l'étude susdite dans le *Bulletin* (voir p. 988) et M. *F. Campus* reprend la présidence.

Transport d'énergie électrique à grande distance dans les pays en voie de développement

Au nom de M. *G. de Rosenbaum*, correspondant de l'ARSOM, M. *P. Geulette* présente un travail intitulé comme ci-dessus et dans lequel l'auteur étudie la situation actuelle du transport d'énergie électrique sous l'angle des facteurs « distance » et « tension », dont l'incidence est importante pour la mise en valeur des ressources des pays neufs.

La Classe décide de publier cette communication dans le *Bulletin* (voir p. 1007).

Mission de la Communauté économique européenne au Congo (mars-juin 1963)

M. *E.-J. Devroey* présente le rapport de la Mission susdite, chargée en 1963 par le Gouvernement central de Léopoldville d'analyser la situation économique de la République du Congo et d'élaborer une programmation des actions de redressement à réaliser dans le cadre d'un plan à court terme.

Conformément à la décision de la Classe, cette note sera publiée dans le *Bulletin* (voir p. 1023).

De H. P. *Evrard*, vice-directeur, zit de vergadering voor tijdens de volgende mededelingen van de H. F. *Campus*, voorzitter der K.A.O.W.

« A propos des murs de quai maritimes »

De H. F. *Campus* legt een mededeling voor met lichtbeelden, waarin hij, na een eenvoudige methode omschreven te hebben om de stabiliteit te verzekeren der breuksteenfunderingen, er de toepassing van uiteenzet op de kademuren in stoelblokken.

Op vraag van de H. R. *Bette* verstrekt hij bijkomende inlichtingen, waarna de Klasse beslist deze studie in de *Mededelingen* te publiceren (zie blz. 988) en de H. F. *Campus* terug het voorzitterschap waarneemt.

« Transport d'énergie électrique à grande distance dans les pays en voie de développement »

In naam van de H. G. *de Rosenbaum*, correspondent der K.A.O.W., legt de H. P. *Geulette* een werk voor getiteld als hierboven en waarin de auteur de huidige toestand van het overbrengen van elektrische energie bestudeert, van uit het oogpunt van de „afstand” en de „spanning” die een belangrijke weerslag hebben op de uitbating der hulpbronnen van de nieuwe landen.

De Klasse beslist deze studie te publiceren in de *Mededelingen* (zie blz. 1007).

« Mission de la Communauté économique européenne au Congo (mars-juin 1963) »

De H. E.-J. *Devroey* legt het verslag voor van voormelde zending, die in 1963 door de Centrale Regering van Leopoldstad belast werd met het ontleden van de economische toestand der Republiek Congo en met het uitwerken van een schema voor de herstelactiviteit in het kader van een plan op korte termijn.

Overeenkomstig de beslissing van de Klasse, zal deze nota gepubliceerd worden in de *Mededelingen* (zie blz. 1023).

Concours annuel 1964

Le *Secrétaire perpétuel* informe la Classe qu'un travail a été régulièrement introduit en réponse à la 5^e question du concours annuel 1964.

Il s'agit d'une étude de M. G. MONSEUR, répétiteur à l'Université de Liège, intitulée: *Contribution à l'étude sédimentologique et génétique du gisement plombo-zincifère de Reocin (Espagne)*.

La Classe désigne MM. *I. de Magnée* et *P. Evrard* en qualité de rapporteurs.

Comité secret

Les membres honoraires et titulaires, réunis en comité secret, émettent un avis conforme à la demande de *M. R. du Trieu de Terdonck* sollicitant l'application, en ce qui le concerne, de l'article 4 des Statuts (Élévation à l'honorariat).

Ils examinent ensuite les titres des candidats aux places vacantes d'associés.

La séance est levée à 15 h 50.

Jaarlijkse wedstrijd 1964

De *Vaste Secretaris* deelt de Klasse mede dat een werk regelmatig ingestuurd werd in antwoord op de 5^e vraag van de jaarlijkse wedstrijd 1964.

Het betreft een studie van de H. G. MONSEUR, repetitor aan de Universiteit te Luik, getiteld: *Contribution à l'étude sédimentologique et génétique du gisement plombo-zincifère de Reocin (Espagne)*.

De Klasse duidt de HH. *I de Magnée* en *P. Evrard* als verslaggevers aan.

Geheim comité

De ere- en titelvoerende leden, vergaderd in geheim comité, brengen een gunstig advies uit over de vraag van de H. R. *du Trieu de Terdonck* die de toepassing vraagt, voor wat hem betreft, van artikel 4 der Statuten (verheffing tot het erelidmaatschap).

Zij nemen vervolgens kennis van de titels der kandidaten voor de openstaande plaatsen van geassocieerde.

De zitting wordt gesloten te 15 h 50.

**J. Lamoën. — Note concernant la courbe
limnimétrique des débits du fleuve Congo
à Léopoldville**

Les mesures hydrométriques, entreprises à partir de 1955 en vue de l'aménagement du site d'Inga, sont rapportées par R. VAN GANSE dans une note intitulée: *Les débits du fleuve Congo à Léopoldville et à Inga* (1). On dispose de 77 jaugeages effectués dans une section de jaugeage à Kalina (Léopoldville) définie à la *figure 1* du texte de VAN GANSE. Nous avons utilisé les résultats de son *tableau 1* en prenant la moyenne des trois débits renseignés à partir du jaugeage n° 48. Rappelons que les lectures h_L du niveau du fleuve sont faites à l'échelle du Port public de Léopoldville (échelle de Léopoldville-Est).

* * *

A notre avis, la section de jaugeage de la pointe de Kalina (voir la susdite *figure 1*) a été fort bien choisie, aussi près du début des rapides que la prudence le permet. Ainsi l'on se rapproche le plus possible d'un phénomène de déversement sur une crête de barrage-déversoir ou sur un seuil de canal-Venturi et la courbe des débits, si elle était dressée en fonction du niveau dans le profil de jaugeage, ne serait pratiquement pas affectée si même des changements notables intervenaient dans la surface mouillée dudit profil de jaugeage. Il va de soi, d'autre part, que des modifications importantes du lit sur le trajet « profil de jaugeage - échelle Léo Est » pourraient modifier quelque peu la relation

fonction (débit, niveau Léo Est)=0

(1) Académie royale des Sciences coloniales, *Bulletin des Séances*, Nouvelle série, V, 1959, 3, 737 à 763.

Du point de vue de la mesure des débits, un tel déversement présente, entre autres avantages, celui d'annuler les effets de la non-permanence du courant. On sait, en effet, qu'à un même niveau d'eau, en une station donnée, correspondent généralement des débits différents selon que le cours d'eau est en crue ($\frac{dh_r}{dt} > 0$... t désignant le temps) ou en décrue ($\frac{dh_r}{dt} < 0$). Or, une courbe limnimétrique des débits ne renseigne jamais qu'un seul débit pour chaque niveau.

* * *

Lorsque le niveau en aval d'une crête de barrage-déversoir, ou d'un seuil de canal-Venturi, n'influe pas sur le niveau en amont de cette crête ou de ce seuil, on a, d'une façon générale

$$Q = Ah^r \quad (1)$$

$$h = h_L - C \quad (2)$$

Dans ces formules:

Q représente le débit (en $100 \text{ m}^3/\text{s}$);

A représente une constante;

h_L représente la lecture (en mètres) à une échelle limnimétrique (ici l'échelle de Léopoldville-Est);

C représente une longueur constante (en mètres), positive ou négative, assimilable à une cote de crête ou de seuil;

r représente un coefficient.

L'expression (1) s'écrit encore

$$\log Q = \log A + r \log h \quad (3)$$

et représente une droite dans un diagramme ($\log h$, $\log Q$).

* * *

Un grand nombre de tarages, effectués sur des modèles réduits, ont appris que deux droites telles que (3) suffisent en général pour représenter de façon très convenable, et pour une

gamme fort étendue de « charges » $h = h_L - C$ et de débits Q , la formule du débit d'un barrage-déversoir ou d'un canal-Venturi quelconques, pourvu que le niveau aval n'influe pas sur le niveau amont. Il est rare qu'on doive recourir à trois droites (3), comme il est peu fréquent aussi qu'une seule droite (3) suffise. Il convient d'ajouter que nous nous référons ici à des cas où le débit maximum mesuré vaut plus de trente fois le débit minimum de la série de mesures.

Ainsi que le fait remarquer R. VAN GANSE, les jaugeages de Léopoldville se rangent suivant une droite (3) unique. Cela est dû, sans aucun doute, au faible rapport $\frac{607}{236} \approx 2,6$ des débits extrêmes.

* * *

Une fois choisi le tracé dans le diagramme ($\log h$, $\log Q$), soit la valeur de C et le nombre de droites (3), on calcule la (les) droite(s) la(les) plus probable(s) qui passe(nt) par les points $\log Q$, $\log h$ fournis par l'observation. Personnellement, nous n'avons utilisé cette méthode que pour faire des interpolations chiffrées, mais, étant donné la grande étendue des h qu'elle permet de couvrir, nous pensons qu'on peut extrapoler sans trop de crainte jusqu'à des cotes de $-1,00$ m et $+6,00$ m à l'échelle de Léopoldville-Est.

* * *

En choisissant trois couples de valeurs mesurées, soit (Q_1, h_{L1}) , (Q_2, h_{L2}) , (Q_3, h_{L3}) , on peut calculer une première approximation de C par la formule

$$\frac{\log Q_3 - \log Q_1}{\log Q_2 - \log Q_1} = \frac{\log (h_{L3} - C) - \log (h_{L1} - C)}{\log (h_{L2} - C) - \log (h_{L1} - C)} \quad (4)$$

et ensuite

$$r = \frac{\log Q_3 - \log Q_1}{\log h_3 - \log h_1} \quad (4a)$$

et

$$\log A = \log Q_3 - r \log h_3 \quad (4b)$$

* * *

Nous avons essayé successivement les quatre valeurs suivantes de C

$$C = -7,50 \text{ m}; -8,00 \text{ m}; -8,50 \text{ m}; -9,00 \text{ m};$$

vérifié graphiquement que les points se trouvent effectivement sur des droites et recherché les droites les plus probables passant par les points d'observation $\log h$, $\log Q$. Les coefficients de ces droites sont donnés par les formules (Σ = somme)

$$\log A = \frac{\Sigma \log h \cdot \Sigma \log h \cdot \log Q - \Sigma \log Q \cdot \Sigma \log h \cdot \log h}{(\Sigma \log h)^2 - n \Sigma \log h \log h} \quad (5)$$

$$r = \frac{\Sigma \log h \cdot \Sigma \log Q - n \Sigma \log h \log Q}{(\Sigma \log h)^2 - n \Sigma \log h \log h} \quad (6)$$

n'étant le nombre de points d'observation ($n=77$ dans le cas présent).

Nous avons également chiffré les écarts ($Q_c - Q$) entre les débits calculés Q_c et les débits mesurés Q , de même que les pourcentages d'écart $p = \frac{100(Q_c - Q)}{Q_c}$ et la somme Σp^2 . Nous

avons obtenu les résultats renseignés au

TABLEAU I.

C en mètres	Formule	N° d'ordre de la formule	Σp^2
- 7,50	$\log Q = 0,767 + 1,850 \log h$	(7)	288,40
- 8,00	$0,627 + 1,949 \log h$	(8)	276,98
- 8,50	$0,484 + 2,048 \log h$	(9)	283,69
- 9,00	$0,398 + 2,090 \log h$	(10)	324,81

* * *

Par interpolation on trouve que Σp^2 est minimum ($=276,32$) pour $C=-8,13$ m. La formule (3) devient alors ($h=h_L+8,13$)

$$\log Q=0,591+1,974 \log h \quad (11)$$

formule que nous proposons comme courbe limnimétrique des débits du fleuve Congo à Léopoldville-Est. Au *tableau II* nous comparons cette formule aux mesures

TABLEAU II ($C = -8,13$ m).

Colonne 1 = n° d'ordre des jaugeages, selon le *tableau I* de R. VAN GANSE, *loc. cit.*

N° d'ordre du jaugeage	h_L en mètres	Q_0 Débit calculé en 100 m ³ /s	Q Débit mesuré en 100 m ³ /s	P en %
64	- 0,11	237	236	+ 0,4
65	- 0,06	240	239	+ 0,4
62	- 0,01	243	246	- 1,2
56	0,13	252	254	- 0,8
57	0,17	254	257	- 1,2
61	0,19	255	258	- 1,2
58	0,21	257	260	- 1,2
55	0,23	258	255	+ 1,2
59	0,24	258	257	+ 0,4
66	0,34	265	267	- 0,8
60	0,35	265	262	+ 1,1
54	0,40	268	269	- 0,4
67	0,44	271	266	+ 1,8
68	0,51	275	271	+ 1,5
69	0,62	282	275	+ 2,5
70	0,63	283	277	+ 2,1
50	0,72	288	289	- 0,3
49	0,76	291	295	- 1,4
53	0,83	296	294	+ 0,7
16	0,94	303	313	- 3,3
18	0,96	304	304	0
51	0,96	304	305	- 0,3
17	1,02	308	314	- 1,9
19	1,04	309	313	- 1,3
71	1,11	314	303	+ 3,5
15	1,12	315	313	+ 0,6
40	1,18	319	323	- 1,3
72	1,21	321	320	+ 0,3
32	1,28	326	340	- 4,3
39	1,29	326	321	+ 1,5
20	1,33	329	335	- 1,8
21	1,46	338	343	- 1,5

N° d'ordre du jaugeage	h_L en mètres	Q_0 Débit calculé en 100 m ³ /s	Q Débit mesuré en 100 m ³ /s	P en %
73	1,50	341	342	- 0,3
74	1,52	342	350	- 2,3
1	1,60	348	331	+ 4,9
10	1,60	348	340	+ 2,3
48	1,68	353	346	+ 2,0
14	1,73	357	355	+ 0,6
38	1,77	360	364	- 1,1
41	1,78	361	366	- 1,4
52	1,80	362	354	+ 2,2
75	1,80	362	365	- 0,8
9	1,85	366	350	+ 4,4
22	1,93	371	375	- 1,1
37	2,06	381	377	+ 1,0
76	2,09	383	376	+ 1,8
13	2,17	389	392	- 0,8
35	2,26	396	392	+ 1,0
31	2,30	399	399	0
8	2,33	401	383	+ 4,5
34	2,48	413	421	- 1,9
42	2,61	423	426	- 0,7
23	2,62	424	433	- 2,1
36	2,68	428	419	+ 2,1
45	2,68	428	439	- 2,6
11	2,70	430	425	+ 1,2
77	2,74	433	425	+ 1,8
78	2,76	435	429	+ 1,4
2	2,90	445	448	- 0,7
30	2,91	446	456	- 2,2
35	2,96	450	436	+ 3,1
24	3,01	454	460	- 1,3
7	3,10	462	462	0
12	3,36	483	489	- 1,2
44	3,37	484	485	- 0,2
25	3,50	495	507	- 2,4
47	3,62	505	500	+ 1,0
6	3,63	506	497	+ 1,8
29	3,64	506	520	- 2,8
45	3,72	513	505	+ 1,6
3	3,74	515	535	- 3,9
28	3,88	527	546	- 3,6
46	3,97	535	518	+ 3,2
26	4,01	538	536	+ 0,4
27	4,21	556	555	+ 0,2
5	4,35	568	559	+ 1,6
4	4,80	610	607	+ 0,5

* * *

La formule (11) a servi à dresser le

TABLEAU III (C = 8,13 m).

h_L Lecture échelle Port public, Léopoldville. En mètres	Débit Q_C en 100 m ³ /s	Remarques
— 1,00	188	Cote observée les 20 et 21/7/1925 ?
— 0,50	215	
— 0,47	217	
0,00	244	
0,50	274	
1,00	307	
1,50	341	
2,00	377	
2,50	414	
3,00	454	
3,50	495	
4,00	538	
4,50	582	
5,00	628	
5,50	677	
6,00	726	

Malgré le grand écart entre les cotes maxima et minima (—1,00 m et +6,00 m) le rapport des débits extrêmes renseignés au *tableau III* reste très faible et vaut $\frac{726}{188} \approx 3,9$.

* * *

On vérifie facilement que les formules de R. VAN GANSE, soit

$$Q = 243,03 + 58,514h_L + 3,7905h_L^2 \quad (12a)$$

et

$$Q = 2,53033(h_L + 8,73635)^{2,10605} \quad (12b)$$

donnent des débits pratiquement équivalents à ceux obtenus par la formule (11). Il en est de même pour les formules (7), (8), (9), (10), ainsi qu'il ressort du *tableau IV* qui donne les débits,

calculés par les diverses formules, pour les niveaux $h_L = -1,00$ m et $+6,00$ m, niveaux que nous avons considérés comme extrêmes.

TABLEAU IV.

h_L en mètres	Q en 100 m ³ /s calculé par les formules						
	7	8	9	10	11	12a	12b
- 1,00	187	188	189	193	188	188	188
+ 6,00	722	725	728	718	726	731	731

Le 29 mai 1964.

F. Campus. — A propos des murs de quai maritimes

I. STABILITÉ DES MASSIFS DE FONDATION EN ENROCHEMENTS

Pour la fondation des ouvrages maritimes en eau profonde, on réalise fréquemment une infrastructure en enrochements, dont la plate-forme est établie à un niveau convenable. Ce niveau dépend de la fonction de l'ouvrage et de son exposition aux actions de la mer. Celles-ci ont souvent causé de graves dégâts aux massifs d'enrochements s'élevant jusqu'au voisinage ou au-dessus de la surface de l'eau. L'étude de ces actions est tellement aléatoire que l'on a été conduit à établir les plates-formes des massifs d'enrochements à une profondeur assez grande pour les y soustraire. Si l'ouvrage est un mur de quai, cette profondeur doit être suffisante pour permettre l'accostage. C'est le cas qui est considéré ci-après et le cas de stabilité envisagé est purement statique, abstraction faite d'actions hydrodynamiques et d'affouillements.

Un massif d'enrochements subit des tassements comme tous les remblais, d'autant plus qu'il est réalisé par immersion de pierres déversées dans l'eau. Ces tassements doivent être pris en sérieuse considération. De nombreux facteurs entrent en ligne de compte, tels que la hauteur du massif, dépendant de la profondeur du fond sous le niveau de l'eau; la nature et le profil (ou la topographie) du fond; le mode de confection du massif, par déversement au hasard, ou par couches horizontales ou inclinées; la rapidité de l'exécution; la nature et la granulométrie des pierres; la compaction éventuelle par des masses de surcharge amovibles. Le tassement vertical peut donc être assez variable, d'autant plus qu'il peut être augmenté de celui du sol sous-jacent, éventuellement compressible. Il peut d'ailleurs être inégal suivant les diverses verticales du massif, si sa hauteur et l'épaisseur du sol compressible sont variables. Pour le mur dont il est question plus loin, ce tassement a atteint jusqu'à 1,10 m, pour une hauteur

d'encrochements de l'ordre de 8 m, reposant sur une couche de sable de 5 à 14 m d'épaisseur, recouvrant elle même le *bed-rock*.

Il est normal de donner à la plate-forme des surélévations correspondant aux tassements estimés, sinon il faut surhausser la superstructure, ce qui augmente sa sollicitation. Pour éviter que les tassements produisent des désordres dans la superstructure, il est avantageux de la réaliser au moyen de blocs superposés. Il est recommandé aussi de ne pas édifier la superstructure sur un massif « frais » d'encrochements, mais de le laisser « vieillir », par exemple pendant une année.

Un autre moyen, dans le cas d'une superstructure en blocs, consiste à édifier celle-ci totalement ou partiellement sans désassembler, puis de la démonter partiellement ou totalement après tassement et de la remonter aux cotes définitives. Il est à remarquer que des surélévations inégales peuvent avoir comme conséquence un hors-plomb initial de la superstructure, que les tassements doivent sensiblement compenser à la longue.

Ce rappel préliminaire d'éléments bien connus n'a d'autre objet que de les écarter pour la suite, qui ne les concerne pas, mais pour laquelle on ne peut les ignorer.

De nombreuses constructions ont subi des désordres graves provenant de causes indépendantes des tassements ordinaires. Les ouvrages spéciaux mentionnent fréquemment les causes suivantes: talus trop raides du massif d'encrochements, largeur insuffisante de sa plate-forme, superstructure insuffisamment résistante. Ces causes mettent en jeu la stabilité du massif d'encrochements, comme il est établi ci-après.

Un mur de quai maritime construit dans un estuaire de la côte occidentale d'Afrique, entre 1930 et 1933, sur un massif d'encrochements a subi, en plus du tassement vertical précité, un déversement vers le large, qui a atteint plus de 0,70 m de crête.

Ce mouvement progressif a été arrêté par un engraissement du massif d'encrochements devant le pied du mur. Le mouvement n'était donc pas la conséquence des tassements ordinaires, que l'engraissement ne pouvait arrêter, mais devait au contraire amplifier.

La *figure 1* reproduit le profil transversal de la construction selon le projet. La partie hachurée représente l'engraissement du massif d'enrochements qui a produit la stabilisation. Ainsi qu'il est établi plus loin, le profil du mur est assez hardi, mais stable si la fondation en enrochements l'est elle-même sous l'effet des

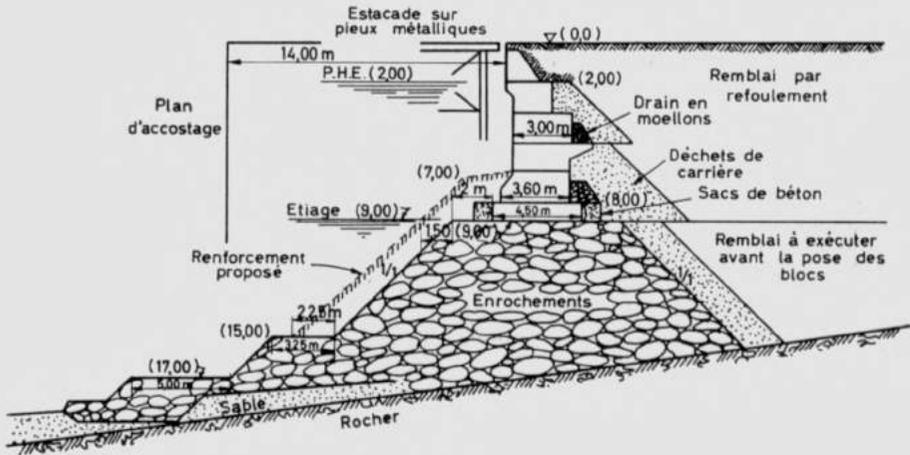


FIG. 1.

efforts que lui transmet le mur. Cette stabilité a été considérée comme assurée dans les conditions représentées à la *figure 2*. On a admis qu'un glissement dans le massif ne pouvait se produire

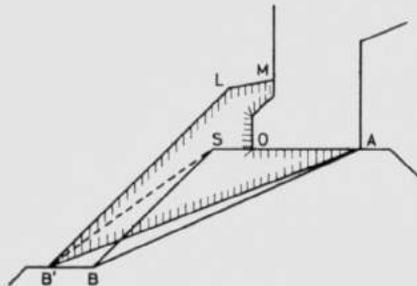


FIG. 2.

Soit un point X à l'intérieur de la base OB distant de l'origine O de la longueur variable x . Les conditions d'équilibre le long du plan BX s'obtiennent comme suit. Le poids du massif d'enrochements BSX est

$$P = b \left(\frac{d+x}{2} \right) (\gamma_p - \gamma_e) \quad (2)$$

La résultante des pressions normales sur OX est

$$N = x \left(\sigma_{\max} - \frac{n x}{2} \right) \quad (3)$$

La composante tangentielle est

$$T = N \operatorname{tg} \theta \quad (4)$$

La valeur de n est

$$n = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{b} \quad (5)$$

Donc

$$N = \sigma_{\max} x \left(1 - \frac{x}{2b} \right) + \sigma_{\min} \frac{x^2}{2b} \quad (6)$$

Si

$$\sigma_{\min} = 0 \quad N = \sigma_{\max} x \left(1 - \frac{x}{2b} \right) \quad (7)$$

L'inclinaison α du plan BX sur l'horizontale est telle que

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{b}{b \cotg j + d + x} \quad (8)$$

Les composantes normale et tangentielle de la résultante des forces précédentes dans le plan BX sont

$$\left. \begin{aligned} R_n &= (P+N) \cos \alpha - T \sin \alpha \\ R_t &= (P+N) \sin \alpha + T \cos \alpha \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

La condition d'équilibre est

$$R_n \operatorname{tg} \phi > R_t \quad (10)$$

Cette condition est interprétée graphiquement sur la *figure 3*. On trace la droite BD faisant un angle ϕ avec l'horizontale. Sur BX , on porte à une certaine échelle les segments BP et PN représentant P et N en grandeur. Sur une perpendiculaire à BX , on porte le segment NT représentant T à la même échelle. NT est dirigée vers BD , c'est-à-dire vers le haut, lorsque T est dirigé vers X négatifs, c'est-à-dire vers l'avant. La verticale passant par T coupe en H l'horizontale passant par B et BD en K . On voit que

$$BH = (P+N) \cos \alpha - T \sin \alpha = R_n$$

$$HT = (P+N) \sin \alpha + T \cos \alpha = R_t$$

$$HK = BH \operatorname{tg} \phi = R_n \operatorname{tg} \phi$$

La condition (10) signifie que $HK > HT$.

La condition de sécurité est

$$R_n \operatorname{tg} \phi \geqslant s R_t \quad (11)$$

s étant un coefficient de sécurité supérieur à l'unité. Donc

$$s = \frac{R_n \operatorname{tg} \phi}{R_t} = \frac{HK}{HT} \quad (12)$$

Cette condition développée s'écrit comme suit:

$$s = \frac{(P+N) \cos \alpha - N \operatorname{tg} \theta \sin \alpha}{(P+N) \sin \alpha + N \operatorname{tg} \theta \cos \alpha} \operatorname{tg} \phi \quad (13)$$

$$s = \frac{b(d+x)(\gamma_p - \gamma_e) \cos \alpha + x(2\sigma_{\max} - nx)(\cos \alpha - \operatorname{tg} \theta \sin \alpha)}{b(d+x)(\gamma_p - \gamma_e) \sin \alpha + x(2\sigma_{\max} - nx)(\sin \alpha + \operatorname{tg} \theta \cos \alpha)} \operatorname{tg} \phi \quad (14)$$

Dans cette formule, $\sin \alpha$ et $\cos \alpha$ sont des fonctions de x , que l'on peut déduire de la formule (8).

Lorsque $x \leqslant 0$, N et T sont nuls; le point T est en P sur la *figure 3* et

$$s = \frac{\operatorname{tg} \phi}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (15)$$

Sa valeur minimum est atteinte au talus BS et vaut

$$s_s = \frac{\operatorname{tg} \phi}{\operatorname{tg} j} > 1 \quad (16)$$

Ensuite s va en augmentant entre S et O .

$$\text{Pour } x=0, s_o = \frac{\operatorname{tg} \phi}{\operatorname{tg} \alpha_o} = \frac{(b \cotg j + d) \operatorname{tg} \phi}{b} \quad (17)$$

Lorsque x devient positif et croissant, s diminue tout d'abord et atteint une valeur minimum pour une position de x comprise entre O et A , dépendant de σ_{\max} , n et θ , pour des valeurs données de b , j , et d

On peut, à partir des formules précédentes, écrire $\frac{ds}{dx} = 0$.

On obtient ainsi une équation en x complexe, dont il n'est pas possible de déduire une racine explicite et une formule du minimum de s . On procédera au calcul de s pour diverses valeurs de x comprises entre O et b . On obtiendra ainsi un aperçu complet des conditions de stabilité du massif. Les facteurs qui influent sur les valeurs de s sont les suivants:

- 1) N ou $x \left(\sigma_{\max} - \frac{nx}{2} \right)$ et θ . En fait ces deux éléments combinent leur effets, car c'est $T = N \operatorname{tg} \theta$ qui influe défavorablement sur s . T augmente lorsque x augmente, alors que l'inclinaison α du plan de glissement BX diminue, ce qui influe favorablement sur la valeur de s . Ces deux influences contraires déterminent le minimum de s , qui doit être supérieur à l'unité dans une mesure suffisante pour assurer la stabilité du massif.
- 2) L'angle de frottement interne ϕ du massif, s augmente avec ϕ .
- 3) Le poids spécifique apparent dans l'eau $(\gamma_p - \gamma_e)$, s augmente avec $(\gamma_p - \gamma_e)$.
- 4) La hauteur b influe relativement peu, car si P augmente avec b , il en est de même de α .

5) Il en est de même de l'inclinaison j du talus BS , dont l'augmentation fait diminuer α mais est sans effet sur P .

6) La largeur d de la berme SO exerce une plus grande influence sur s , qui augmente avec d , parce que P augmente et α diminue. Donc, pourvu que j soit supérieur à ϕ , il est plus avantageux pour la stabilité du massif d'enrochements d'augmenter d plutôt que j . Les talus des massifs d'enrochements peuvent être tenus assez inclinés, sous réserve des risques d'éboulement par affouillements éventuels au pied. On peut les contrecarrer par des cordons d'enrochements au pied du talus, comme indiqué à la *figure 1*.

Cette théorie appliquée au mur de la *figure 1* donne les résultats suivants:

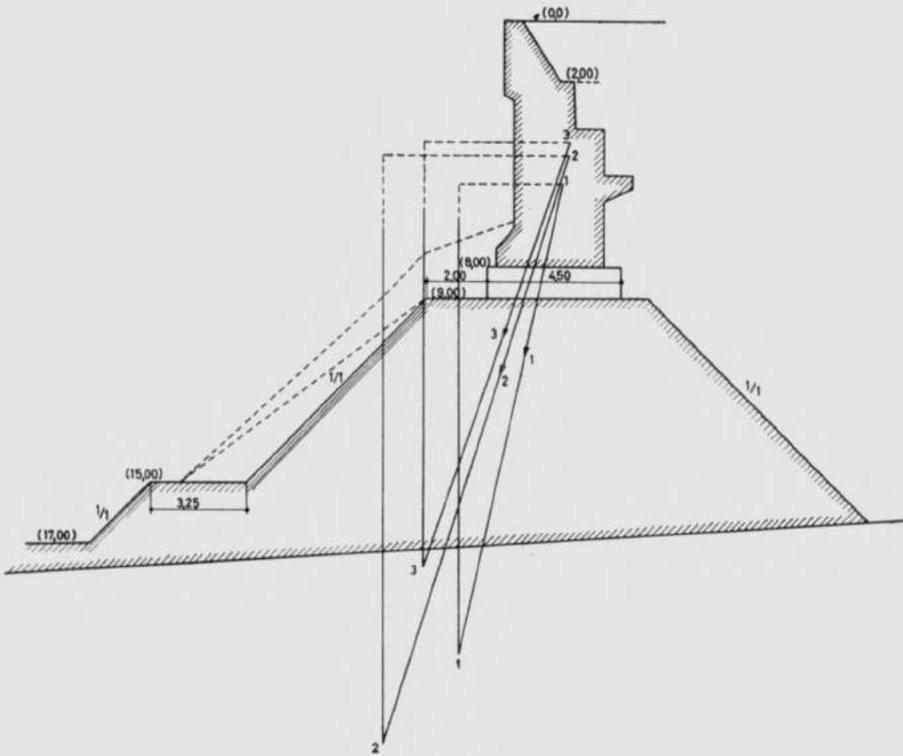


FIG. 4.

Trois cas de sollicitation sont considérés:

1. Terre-plein non chargé, eaux à la cote (9,00), remblai sec,
2. Terre-plein chargé de 5 tonnes par m², eaux à la cote (9,00), remblai sec;
3. Terre-plein chargé de 5 tonnes par m², eaux à la cote (2,00), remblai mouillé.

L'angle de frottement interne ϕ du remblai hydraulique est pris invariablement à la valeur assez basse de 25°. L'angle de frottement ψ des terres sur le mur est égal à 0,5 ϕ (12°30'). La poussée des terres est calculée par la méthode de COULOMB-CULMANN.

La *figure 4* représente les éléments de sollicitation du mur selon le projet dans les cas 1, 2 et 3. La *figure 5* indique les diagrammes des pressions normales σ sous la base du mur dans les mêmes conditions.

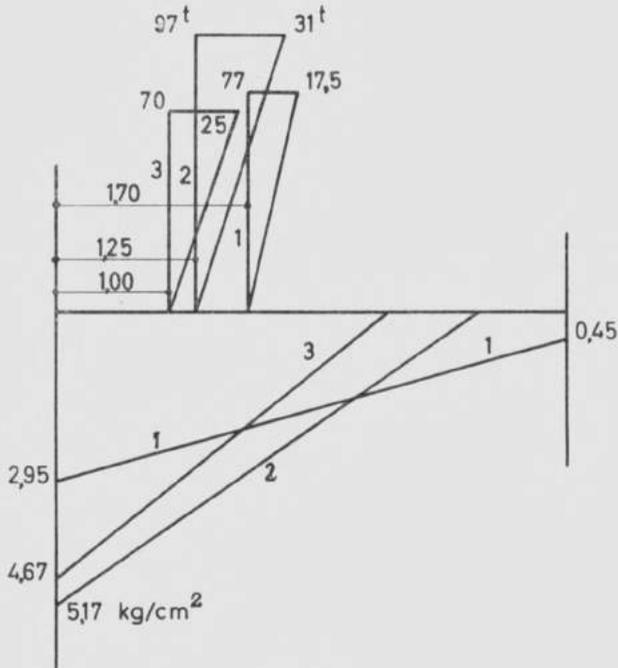


FIG. 5.

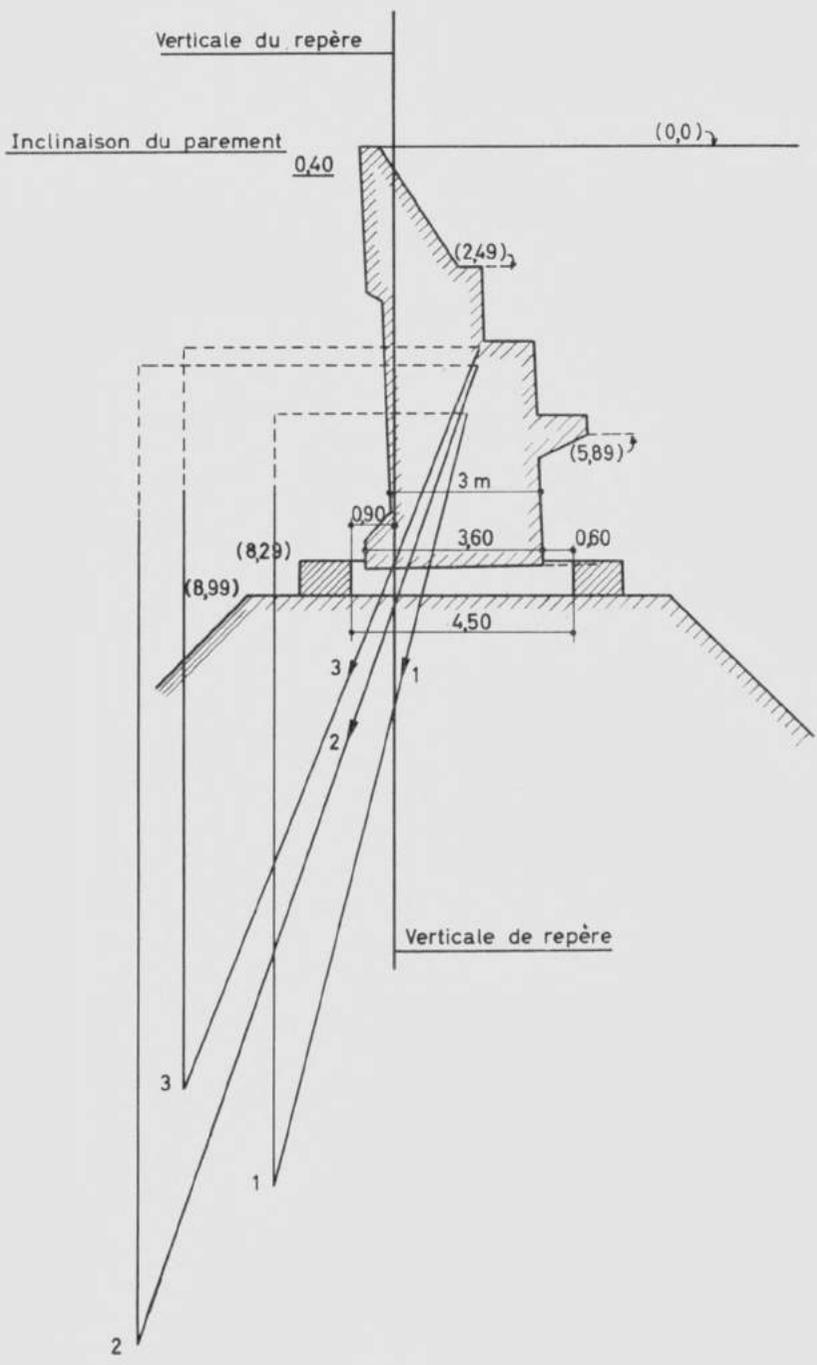


FIG. 6.

Les figures 6 et 7 sont analogues aux précédentes, mais correspondent à la situation après le tassement et le déversement du mur, en suite aux déformations du massif d'enrochements. L'angle ϕ est pris égal à $\frac{\pi}{4}$ pour les enrochements.

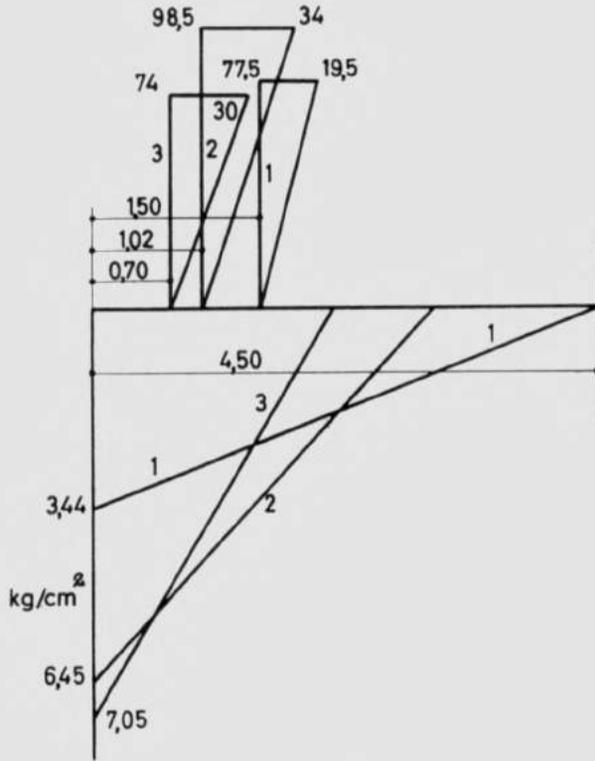


FIG. 7.

A. Stabilité du massif d'encrochements selon le projet

a) Cas de sollicitation 3: On trouve les valeurs suivantes de s.

x (m) = 0	0,10	0,25	0,50	1,00	2,00	3,00	($\sigma=0$)	4,50 (AB)
s	= 1,33	1,00	0,884	0,848	0,843	0,912	1,00	1,14

On peut donc considérer que dans toute l'étendue du massif chargée par le mur, s est inférieur à l'unité; il y a donc une zone étendue de glissement.

b) Cas de sollicitation 2

x (m) = 0	0,25	0,50	1,00	2,00	2,50	3,75	($\sigma=0$)	4,50 (AB)
s	= 1,33	0,908	0,87	0,87	0,954	1,00	1,10	1,16

La zone de glissement dans laquelle s est plus petite que 1 est moins étendue que dans le cas de sollicitation 3; elle s'étend jusqu'à 2,50 m du pied du mur.

c) Cas de sollicitation 1

x (m) = 0	0,25	0,50	1,00	2,00	4,50	
s	= 1,33	1,085	1,05	1,06	1,14	1,38

Dans ce cas, la valeur de s est supérieure à l'unité dans toute la base du mur, mais sa valeur en est assez voisine vers l'avant.

B. Stabilité du massif d'encrochements engraisé (B'LM, fig. 2), mur selon le projet. Le poids P du massif est augmenté de 16,5 tonnes par mètre.

a) Cas de sollicitation 3

x (m) = 0	0,50	1,00	3,00	($\sigma=0$)	4,50 (AB')
s	= 1,71	1,27	1,18	1,265	1,41

La stabilité du massif est sensiblement accrue.

C. Stabilité du massif d'encrochements à talus adouci, sans surhaussement (B'S, fig. 2) mur selon le projet.

a) Cas de sollicitation 3

x (m) = 0	0,50	1,00	2,00	3,00	($\sigma=0$)	4,50 (AB')
s	= 1,71	1,05	1,03	1,07	1,16	1,29

La stabilité du massif est précaire.

D. Stabilité après tassement et déversement du mur, massif selon le projet.

a) Cas de sollicitation 3

x (m) = 0	0,10	1,00	2,10	($\sigma=0$)	4,50 (AB)
s	= 1,33	0,883	0,756	0,84	1,04

L'instabilité est augmentée par rapport à celle du mur en position normale selon le projet (cas A).

E. Stabilité après tassement et déversement du mur, massif d'encrochements engraisé.

a) Cas de sollicitation 3

x (m) = 0	0,50	1,00	4,50 (AB')	
s	= 1,71	1,055	1,055	1,31

Le coefficient de sécurité est partout supérieur à 1.

L'étude de l'exemple très caractéristique analysé ci-dessus permet de formuler les conclusions suivantes:

1) La valeur de s relative au plan de glissement AB ne permet pas d'apprécier la stabilité du massif.

2) Le coefficient s possède une valeur minimum pour un plan de glissement BX , dont l'émergence X est sous la base du mur et plus voisine du pied O du mur que de l'arrière.

3) C'est cette valeur minimum de s qui doit être prise en considération pour la stabilité du massif d'enrochements et qui doit être limitée inférieurement.

4) Cette valeur minimum de s est très favorablement influencée par la largeur d de la berme OS de la plateforme du massif devant le pied du mur. L'inclinaison j a moins d'effet et, tout en respectant la condition $j < \phi$, il y a avantage à élargir la plateforme du massif plutôt que sa base.

5) Moyennant la vérification de la stabilité du massif d'enrochements comme ci-dessus, il n'est pas nécessaire ni économique de pourvoir la base du mur d'un empattement vers l'avant destiné à diminuer σ_{\max} .

Les valeurs de s calculées ci-dessus ne peuvent être utilisées sans précautions pour interpréter les phénomènes dont le mur de quai en question a été l'objet. Ces résultats dépendent, en effet, des hypothèses faites pour le calcul des poussées sur le mur. Sous ce rapport, il semble que la valeur $\phi = 25^\circ$ soit trop sévère. On peut croire que les valeurs très faibles de s qui ont été calculées dans cette hypothèse auraient dû entraîner des désordres plus graves et plus rapides que ceux qui ont été constatés. Si l'on considère les poussées des terres calculées sur le mur pour une valeur de ψ égale à $33^\circ 40'$ et une valeur de ψ égale à $18^\circ 10'$, on trouve les résultats suivants selon le projet initial.

a) *Cas de sollicitation 3*

x (m) = 0	0,25	0,50	1,00	4,50
s	= 1,33	1,11	0,985	1,00 1,315

b) *Cas de sollicitation 2*

x (m)	=0	0,50	1,00	4,50
s	=1,33	1,03	1,05	1,375

On voit que l'on obtient ainsi dans les conditions du projet une très faible stabilité pouvant, dans certaines circonstances, atteindre une instabilité marginale. Ceci peut expliquer un déversement lent mais progressif, puisque l'instabilité marginale doit devenir plus fréquente et plus prononcée au fur et à mesure du déversement. Les calculs précédents établissent dès lors d'une manière assurée que l'engraissement du massif assure sa pleine stabilité. On peut donc conclure que la stabilité du massif est assurée si la valeur minimum de s ne descend pas sous une valeur suffisamment supérieure à l'unité, par exemple 1,25, lorsque les effets des forces tendant à produire le glissement sont majorées d'une manière suffisante pour garantir une très faible probabilité de dépassement.

On peut objecter à cette théorie qu'elle est fondée sur l'hypothèse d'un plan de glissement, qu'un glissement éventuel s'effectue suivant des surfaces courbes et qu'il se peut que la valeur de s correspondant à une telle surface soit inférieure à celle correspondant au plan BX . L'objection peut être considérée comme de pure forme. Les théories des massifs continus pulvérulents établissent que la courbure des lignes de glissement n'exerce en général pas une très grande influence sur les résultats numériques et que l'on peut certes la pallier par une valeur prudente de s minimum. Le recours à des lignes de rupture courbes, dont il faudrait rechercher la plus défavorable, compliquerait les applications hors de toute proportion avec les avantages que l'on pourrait en attendre et qui sont douteux. La méthode proposée ne comporte pas de vice de principe, considère tous les éléments principaux de la question et est d'une application très simple.

La même méthode peut être appliquée, selon son principe, pour contrôler la stabilité *statique* des superstructures de digues, jetées ou môles fondés en eau profonde sur des massifs d'enrochements.

Ces murs sont soumis aux effets des pressions hydrodynamiques de l'eau au lieu des poussées des terres. Leur détermination

est aussi aléatoire et les conditions de sécurité doivent être analysées attentivement.

II. MURS DE QUAI EN BLOCS À CHAISES

Le mur représenté à la *figure 1* a été réalisé en blocs. L'un de ces blocs comporte une chaise, c'est-à-dire une saillie en encorbellement sur le parement en contact avec les terres. On connaît les effets de ces chaises:

- a) Diminution locale de la poussée des terres sous les chaises;
- b) Action équilibrante du poids des terres reposant sur les chaises;
- c) En conséquence, la ligne des pressions dans la section horizontale du mur au niveau inférieur de la chaise est fortement décalée vers les terres par rapport à la section horizontale au niveau supérieur de la chaise.

Cette disposition est avantageuse et fréquemment utilisée pour les murs de quai massifs ou en blocs superposés. La chaise est fléchie sous l'effet du poids des terres qu'elle supporte. Il peut être opportun d'y mettre des armatures à la partie supérieure, encastrées dans le mur.

Les chaises du mur de la *figure 1* n'étaient pas armées; on a constaté des ruptures.

La *figure 8* représente un mur de quai en blocs à chaises édifié ultérieurement non loin du précédent. La disposition des trois blocs inférieurs est bien adaptée à la ligne des pressions.

Le calcul des murs en blocs ne diffère pas de celui qui est classique pour les murs massifs, d'autant plus que les sections horizontales de référence y sont réalisées par les surfaces de contact horizontales des blocs. Mais les blocs à chaises requièrent un calcul spécial en raison des moments de flexions provenant de l'encorbellement des chaises. Ce calcul ne peut se borner à la section d'encastrement de l'encorbellement. La moindre réflexion doit rendre attentif au fait que le moment fléchissant ne peut pas y atteindre sa valeur maximum, puisque l'effort tranchant n'y est pas nul. Il faut procéder à un calcul rationnel et complet, tenant compte de tous les éléments de sollicitation des blocs:

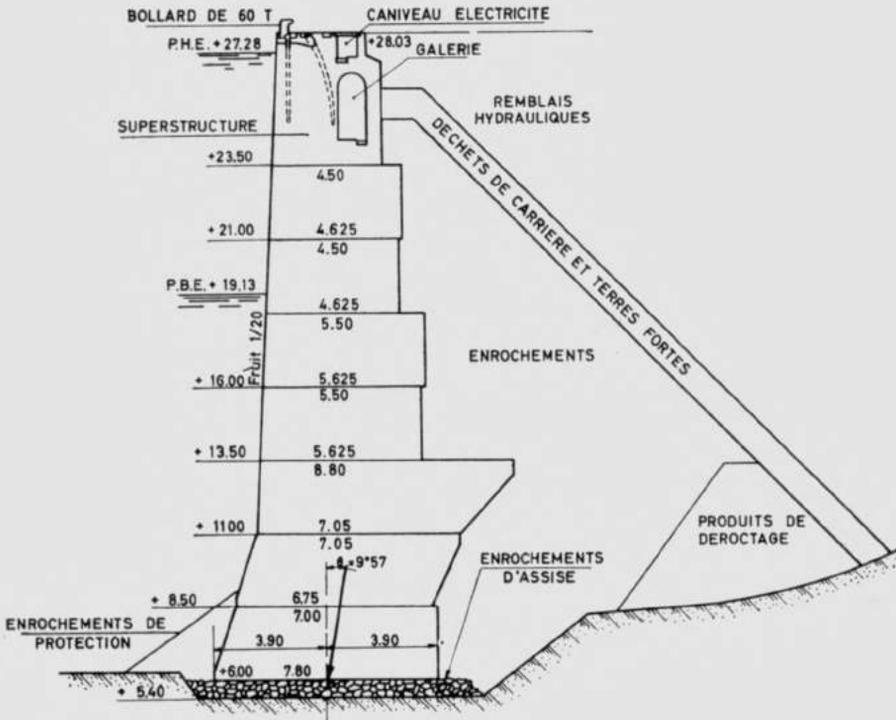


FIG. 8.

moment fléchissant, effort normal et effort tranchant. Ces éléments de réduction sont obtenus directement à partir des actions s'exerçant sur toutes les faces des blocs et compte tenu des poids.

A titre d'exemple, on examine ci-après le cas du 3^e bloc à partir de la base du mur de la *figure 8*.

La *figure 9* indique les actions agissant sur le bloc par mètre courant de longueur du mur, l'eau était à la cote la plus basse (19,13) (les dimensions du bloc diffèrent légèrement de celles de la *figure 8*). Le poids P_v du bloc dans l'eau est 28 000 kg.

Le poids P_t des terres sur la surface horizontale supérieure de la chaise est 80 500 kg.

Sur la face *CD*, la composante horizontale de la poussée des terres est 2 740 kg; la composante verticale 1 920 kg (vers le

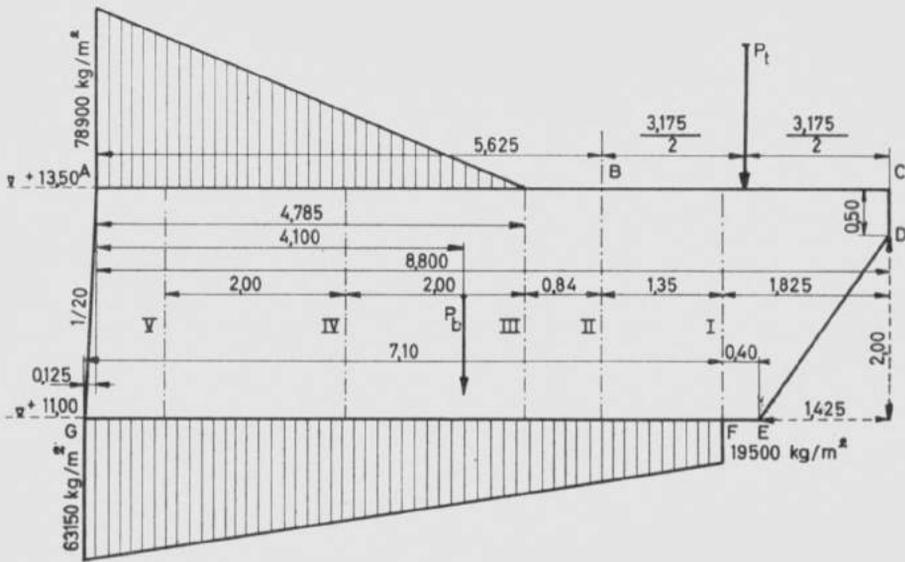


FIG. 9.

bas). Sur la face inclinée *DE*, la composante horizontale de la poussée des terres est 4 019 kg, la composante verticale vers le haut 5 680 kg. Sur la face horizontale supérieure *AB* du bloc agissent des tensions normales de compression réparties sur 4,785 m de longueur suivant une loi triangulaire; la tension maximum atteint 78 900 kg/m² au parement mouillé. L'effort tranchant horizontal de 54 627 kg est réparti suivant la même longueur. La face inférieure horizontale *FG* du bloc est soumise à des tensions normales de compression réparties suivant une loi trapézoïdale. La tension maximum au parement mouillé est de 63 150 kg/m²; la tension minimum au parement en contact avec les terres 19 500 kg/m². L'effort tranchant horizontal de 61 386 kg est réparti suivant une loi proportionnelle.

Ces actions permettent de calculer les éléments de réduction dans les sections verticales du bloc. Ci-après sont indiquées les valeurs dans les sections I, II, III, IV et V des moments fléchissants centraux, des efforts normaux (horizontaux) et des efforts tranchants verticaux.

Section	M (kgm)	N (kg)	T (kg)
I	40 753	6 759	46 565
II	101 263	79	53 425
III	129 850	— 5 526	30 740
IV	113 800	— 12 706	— 17 710
V	11 560	— 4 850	— 4 350

Le moment fléchissant passe par un maximum entre les sections III et IV.

On se rend compte que la sollicitation transversale de ce bloc dépend principalement de M ; les effets de N et de T sont peu importants. Cela provient de l'action de la saillie assez prononcée de la chaise.

Lorsque l'on étudie de la même manière les deux blocs inférieurs, l'on constate que les moments fléchissant sont beaucoup plus faibles que dans le bloc précédent et que l'effet des efforts normaux devient relativement plus important. L'effort normal reste à l'intérieur du noyau central ou n'en sort que très peu, de telle sorte qu'il se développe des tensions d'extension inférieures à 1 kg/cm^2 et qu'il n'est pas nécessaire de prévoir des armatures.

Dans le 3^e bloc examiné précédemment, les tensions de traction atteindraient des valeurs supérieures à 12 kg/cm^2 . Des armatures sont donc à prévoir, peu importantes d'ailleurs, en raison de la grande hauteur du bloc.

Si l'effet local des chaises sur la sollicitation peut être de la sorte déterminé à la faveur de la division du mur en blocs, il serait téméraire d'appliquer ces considérations à un mur massif, sauf à s'en inspirer en première approximation pour l'ancrage dans le mur des armatures des chaises. Pour plus de rigueur, on pourrait peut-être recourir à la photoélasticité, encore que ce ne serait pas très simple à cause de l'action importante du poids propre, même dans l'eau.

Bruxelles, 29 mai 1964.

III. REFERENCES

Au sujet des ouvrages dont il est question plus haut, on peut se reporter aux publications suivantes:

- [1] DESCANS, Léon: La stabilité de rotation des maçonneries (*Annales des Travaux Publics de Belgique*, août 1932).
- [2] HERSENT, Claude: Le plus haut quai en blocs du monde (*Travaux*, février 1957).

G. de Rosenbaum. — Transport d'énergie électrique à grande distance dans les pays en voie de développement

I. INTRODUCTION

Nous aurions voulu examiner, dans le présent texte, l'état de la question au Congo ex-belge, depuis la mise en service de la centrale de LE MARINEL dans le Haut-Katanga en 1965, mais seules, quelques remarques d'ensemble semblent possibles.

Dès 1956, divers projets ont été envisagés et l'étude de certains d'entre eux a même été poussée très loin. Citons le projet des centrales d'Inga près de Léopoldville. Diverses communications relatives à ce projet ont été publiées, notamment par les membres de l'Académie royale des Sciences d'Outre-Mer. On a examiné non seulement la mise en place des centrales proprement dites, mais également les possibilités d'utilisation de la formidable énergie hydro-électrique pouvant être produite.

L'étude de l'utilisation de l'énergie des centrales d'Inga a été limitée, à notre connaissance, au Bas-Congo seulement. A cet effet, on a envisagé l'implantation de certaines industries, notamment celle de l'aluminium.

Les études auraient pu être continuées en envisageant la construction d'une ligne à très haute tension reliant les centrales d'Inga au réseau des lignes à très haute tension du Haut-Katanga. Ce réseau du Haut-Katanga est d'autre part interconnecté, depuis 1956, avec le réseau des lignes à très haute tension des deux Rhodésies et depuis 1960 avec celui à 330 kV partant de la première centrale de Kariba sur le Zambèze. Cette ligne d'interconnexion aurait pu être conçue de façon à emprunter un parcours non pas en ligne droite, mais en passant par diverses régions du Congo ex-belge, comme le Kwango et le Kasai. La réalisation en question soulèverait, certes, certains problèmes

techniques ardues, mais l'état actuel de nos connaissances permet de les surmonter. Si l'interconnexion était réalisée, on se serait trouvé devant un ensemble interconnecté comparable à celui qui existe en Europe occidentale.

Les événements de 1960 ont provoqué l'arrêt des diverses études relatives non seulement au Congo ex-belge, mais aussi de celles relatives à beaucoup d'autres pays d'Afrique. Dans les Rhodésies, la première centrale de Kariba, sur la rive droite de Zambèze, d'une puissance de 600 MVA, est en service et on devait entamer la construction d'une deuxième centrale sur la rive gauche. Cette construction est cependant postposée.

Au fond, quand on doit s'occuper des problèmes politiques pressants on ne peut pas s'occuper des projets industriels de vaste envergure, projets dont la réalisation demande un climat politique propice.

Il faut espérer que la situation politique se stabilisera dans un certain avenir et permettra la reprise des études et des réalisations pratiques qui n'auront donc subi qu'une période transitoire d'arrêt. La situation étant celle exposée, nous nous contenterons de passer brièvement en revue l'état actuel du transport d'énergie électrique à haute tension, et à grande distance. Cette revue pourrait être utile pour une application future dans les pays d'Outre-Mer dès que la situation y sera stabilisée et que la marche vers le progrès aura repris ses droits.

II. TENSIONS UTILISÉES POUR LE TRANSPORT D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

L'énergie électrique peut être transportée en utilisant soit les courants alternatifs, soit le courant continu.

Jusqu'à ces dernières années, seuls les courants alternatifs étaient utilisés pour le transport d'énergie électrique.

Actuellement, le transport d'énergie électrique, en utilisant le courant continu, commence à gagner du terrain. Néanmoins, le transport d'énergie électrique, en utilisant les courants alternatifs, continue à être employé d'une façon poussée et préférentielle. On envisage les paliers de tension des courants alternatifs

de plus en plus élevée pour effectuer le transport d'énergie électrique.

Le transport d'énergie électrique en utilisant les courants alternatifs est une fonction de 3 variables:

1. Quantité d'énergie à transporter (P);
2. Distance de transport de l'énergie électrique (D);
3. Tension utilisée (U).

Mathématiquement on a donc:

$$F(P, D, U) = 0 \quad (1)$$

L'expression détaillée et précise de cette fonction est délicate à établir. Au début de l'ère du transport d'énergie à haute tension, STILL a établi cette fonction et l'a traduite sous forme d'abaques. Par la suite, les considérations de:

4. Stabilité de transport d'ordre électrique en utilisant les courants alternatifs;
5. Conditions économiques;
6. Progrès techniques

ont compliqué le problème et actuellement une analyse serrée doit être faite pour adopter la tension des courants alternatifs à utiliser dans un cas déterminé.

Les facteurs (1) et (2) ci-avant sont nettement déterminés au moment où l'on examine le projet. Ces facteurs sont cependant susceptibles de varier dans le temps. A l'endroit de l'utilisation (généralement, des agglomérations importantes de population), l'énergie (P) consommée ne pourra qu'augmenter tout en passant par des paliers de stabilisation ou des creux dus à des circonstances spéciales d'une certaine durée, comme c'est le cas maintenant au Congo ex-belge. La création d'usines consommatrices d'énergie, à une certaine distance des agglomérations établies, pourrait conduire à envisager un accroissement de la distance (D) de transport d'énergie électrique, à moins que cette considération ne rentre dans la considération de l'accroissement de l'énergie absorbée (P), l'alimentation de la nouvelle usine se faisant par une ligne de transport d'énergie en antenne, à une tension diffé-

rente de celle utilisée pour le transport depuis les centrales productrices d'énergie jusqu'aux agglomérations principales en présence.

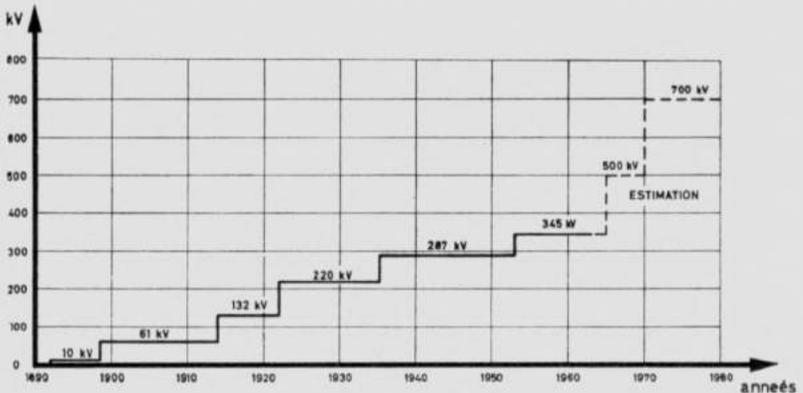


FIG. 1. — Evolution de la tension utilisée aux E.U.A. pour le transport d'énergie électrique.

Aux considérations qui précèdent peuvent s'ajouter les considérations spéciales. En effet, la tension très élevée utilisée pour le transport d'énergie laisse supposer un transport d'énergie très importante et donc aussi présence des industries consommatrices puissantes. Tel pourrait ne pas être le cas réellement et la tension élevée de transport est tout simplement telle du fait d'une prévision pour des transports à faire à l'avenir. Cette prévision de l'avenir pourrait également être à la base du prestige national montrant le progrès escompté de l'industrie.

En U.R.S.S., il semble que tel est le cas et c'est ainsi que nous voyons une utilisation des tensions de 500 kV en courants alternatifs et de 400 kV en courant continu alors que dans nos pays occidentaux nous nous contentons d'une utilisation de ± 400 kV en courants alternatifs et de ± 100 kV en courant continu. Par contre, aux E.U.A., autre géant industriel en face de l'U.R.S.S., la tension de transport utilisée jusqu'à maintenant est de 345 kV seulement et les tensions supérieures à mettre en jeu sont seulement étudiées en vue de leur prochaine utilisation. Il n'y a pas

lieu d'oublier, qu'une tension élevée de transport d'énergie électrique suppose normalement une grande quantité d'énergie transportée et il en résulte un coût du kWh, chez les utilisateurs relativement bas. Par contre, si l'énergie transportée, malgré la haute tension utilisée, est en quantité insuffisante, le prix du kWh chez les utilisateurs augmente considérablement. Dans un régime d'économie libre, cette considération est primordiale, dans un régime d'économie socialiste cette considération joue beaucoup moins. Compte tenu de ce que nous venons de dire, l'évolution des paliers de tension se présente aux E.U.A. suivant la *fig. 1*.

III. TENSION LIMITE POSSIBLE DU TRANSPORT D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

L'élévation de la tension utilisée dans le transport d'énergie électrique s'accompagne de nombreux problèmes techniques:

7. Problèmes propres au corona:

- Pertes d'énergie dans l'atmosphère;
- Apparition d'harmoniques de tension;
- Interférences radiotéléphoniques;

8. Problèmes propres à l'isolement des câbles de phases par rapport à la masse des pylônes.

Les difficultés relatives au facteur (7) ont pu être vaincues en utilisant les phases constituées par des câbles disposés en faisceau. D'autres moyens techniques pourraient, peut-être, être mis en œuvre pour diminuer l'influence sur les télécommunications au voisinage des lignes à très haute tension.

Celles relatives à l'isolation des conducteurs de courant sont pour le moment difficiles à vaincre.

En utilisant les isolateurs standard identiques pour constituer les chaînes de suspension des câbles de phases, on doit tenir compte des capacités entre les isolateurs eux-mêmes et entre les isolateurs et la masse des pylônes. Il en résulte une courbe de répartition du potentiel, entre le point de suspension de la chaîne

d'isolateurs au pylône et les câbles conducteurs de courant, assez complexe. Cette courbe de potentiel montre que la différence de potentiel appliquée aux isolateurs au voisinage des câbles sous tension est très élevée, alors que celle appliquée aux isolateurs au voisinage de la suspension au pylône est très faible. Par exemple, pour une ligne à 400 kV entre phases et une chaîne constituée de 30 isolateurs, la différence de potentiel que doit supporter le premier isolateur, contre le câble sous tension, la chaîne n'étant pas équipée de dispositifs spéciaux, est de l'ordre de 20 %, soit donc d'environ:

$$\frac{400}{\sqrt{3}} \times 0,2 \text{ kV} = 46 \text{ kV}$$

en régime permanent établi. La différence de potentiel est encore plus grande quand il y a des ondes dues aux manœuvres ou à la foudre. Dans le cas du neutre à la terre, la surtension due aux ondes de manœuvre est au maximum de 3 fois la tension du service. Il est évident que dans ce cas la différence du potentiel appliqué aux isolateurs près des câbles sous tension pourrait être nettement supérieure à celle qu'un isolateur standard peut supporter, c'est-à-dire approximativement 80 kV pour $\delta = 1$ et $(80 \times \delta)$ kV où δ est la densité de l'air à l'endroit que traverse la ligne de transport d'énergie électrique.

La difficulté a été vaincue en modifiant la courbe de répartition le long de la chaîne d'isolateurs en plaçant, aux deux extrémités de la chaîne d'isolateurs de suspension des câbles sous tension, des cadres métalliques ayant une forme géométrique spécialement étudiée. La différence de potentiel subie par le 1^{er} isolateur est alors abaissée à 10 % environ et celle-ci, dans le cas de l'exemple choisi, est alors de l'ordre de 23 kV et celle due aux ondes de manœuvres est au maximum de l'ordre $3 \times 23 = 69 \text{ kV} < 80 \text{ kV}$ (Nous omettons les considérations supplémentaires propres aux isolateurs secs, humides ou couverts avec les poussières).

Cette considération est donc telle qu'on pourrait dire qu'il y a une tension limite entre phases, tension qu'il ne serait pas possible de dépasser. Il semble cependant que la forme géométrique

des cadres aux extrémités des chaînes et éventuellement une constitution des chaînes avec des isolateurs non identiques entre eux et peut-être même de forme différente de la forme standard actuelle, permettrait de modifier la courbe de répartition du potentiel le long de la chaîne d'isolateurs et d'avoir en conséquence une différence de potentiel appliqué aux différents iso-

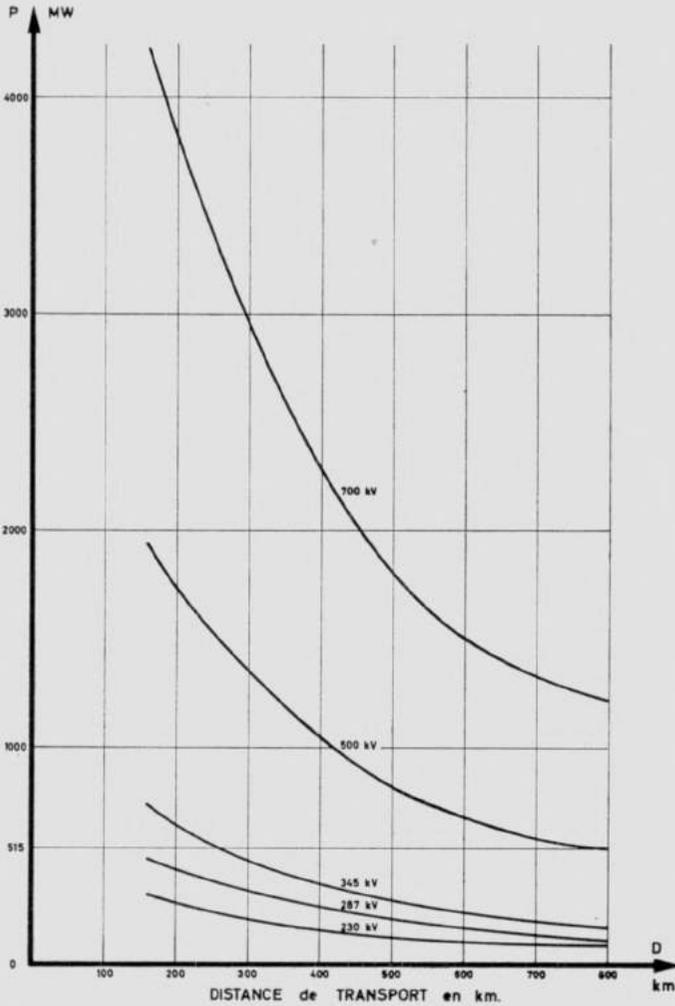


FIG. 2.

Traduction graphique de la fonction $F(P, D, U)$

iateurs de la chaîne acceptable. Ce que nous venons de dire est une vue de l'esprit et seuls les résultats des recherches éventuellement à entreprendre seraient à même de nous ouvrir des horizons plus larges que les horizons actuels.

Ceci ferait que dans une telle réalisation spéciale l'augmentation du nombre des isolateurs d'une chaîne de suspension spécialement conçue permettrait d'élever la tension entre les phases de la ligne, en toute sécurité.

En bref, des conceptions techniques nouvelles permettraient d'envisager des paliers supérieurs de tension en ce qui concerne le point de vue « isolation » des câbles sous tension par rapport à la masse des pylônes et aussi en ce qui concerne les interférences radiotechniques et autres conséquences de l'effet couronne.

Sans passer par ces conceptions techniques nouvelles, la tension limite envisagée pour le transport d'énergie électrique semble se situer pour le moment à 700 kV environ.

IV. ABAQUES AMÉRICAINS

La *fig. 2* traduit l'équation (1) et a pour base les considérations à partir de la conception de la puissance naturelle des lignes de transport d'énergie électrique. Ces abaques s'appliquent aux lignes de transport d'énergie où on ne modifie pas artificiellement la réactance totale de la ligne de transport d'énergie.

Cette réactance peut être diminuée en insérant en série dans la ligne des condensateurs statiques. En effet, dans ce cas la réactance totale de la ligne devient

$$\left(X \times D - \frac{1}{Cw}\right) \quad (2)$$

où X est la réactance par km de la ligne;

D est la longueur de la ligne en km;

Cw la capacitance insérée dans la ligne.

L'effet de l'insertion de la capacitance série est caractérisé par la *fig. 3*.

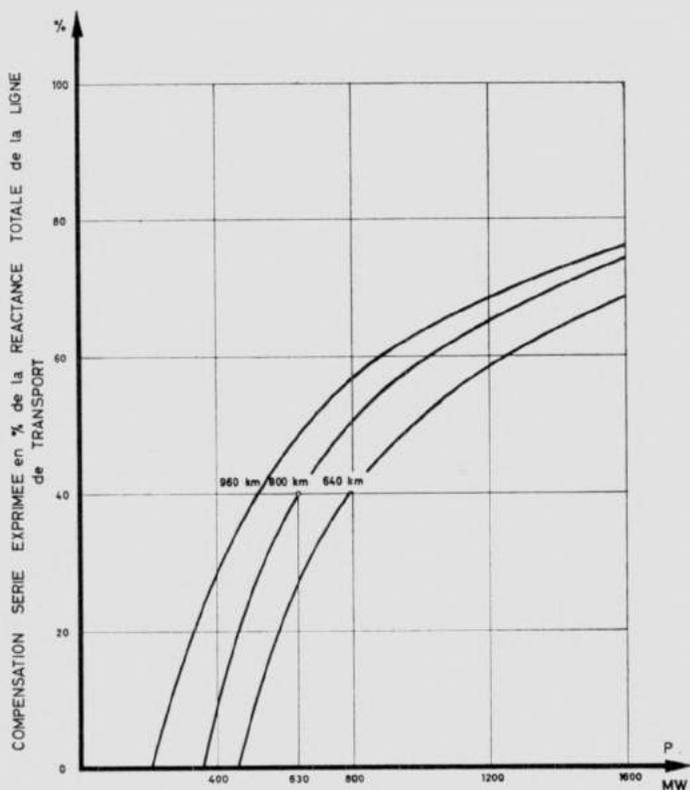


FIG. 3. — Puissance transportable d'une ligne à 500 kV.

A titre d'exemple, la *fig. 3* montre que si la ligne de transport d'énergie à une longueur de 800 km et si la réactance de la ligne est compensée de 40 %, on peut transporter 630 MW. D'après les abaques de la *fig. 2*, extrapolés au delà de 600 km, la puissance transportable n'aurait été que de 515 MW.

Ces abaques ne doivent pas être considérés trop rigoureusement, car ils sont basés sur certaines valeurs standard de base comme p.ex. le réactance Z de 0,4 ohms par km de ligne avec des conducteurs simples et l'impédance d'onde Z_0 de 400 ohms de la ligne avec des conducteurs simples or, ces valeurs sont susceptibles de varier en fonction de la constitution réelle d'une phase,

c'est-à-dire en fonction des caractéristiques géométriques de la ligne et aussi suivant que la ligne a ses phases constituées:

1. Par un seul câble;
2. Par 2 câbles (conducteurs jumelés);
3. Par n-câbles disposés comme les sommets d'un polygone régulier de n-côtés (triangle équilatéral, carré, pentagone...).

Dans les cas (2) et (3) ci-dessus, Z et Z_0 diminuent et la puissance naturelle de la ligne et la capacité de transport augmentent.

V. DONNÉES AMÉRICAINES

Le coût, uniquement de transport, du kWh rendu à destination dépend essentiellement de:

1. Coût de l'appareillage intervenant dans la constitution du transport à haute tension;

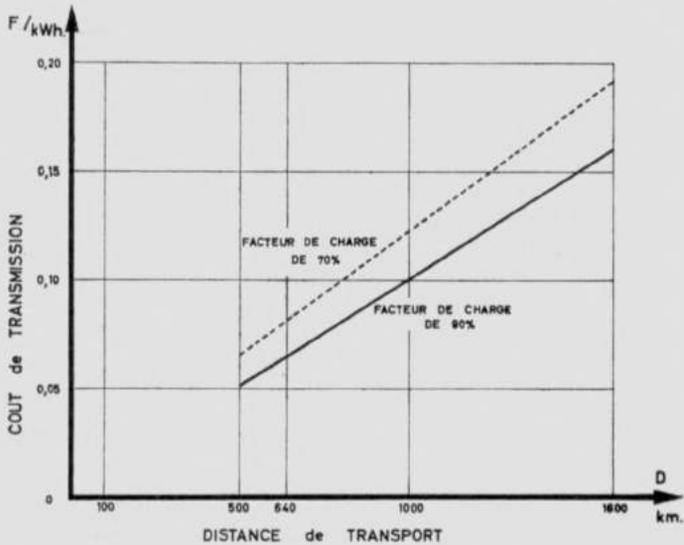


FIG. 4. — Transport de 1200 MW à 500 kV.

2. Facteur de charge du transport d'énergie, c'est-à-dire le degré d'utilisation de la puissance installée qui doit tenir compte non de la charge moyenne, mais des pointes de charge.

Les *fig. 4* et *5* résultent des prix américains relatifs au point (1) et envisagent les facteurs de charge de 70 % et de 90 %. Ces figures indiquent:

3. L'augmentation linéaire du coût du kWh avec la distance pour un même facteur de charge;
4. Une différence du coût du kWh pour le facteur de charge de 90 % et celui pour le facteur de charge de 70 %.

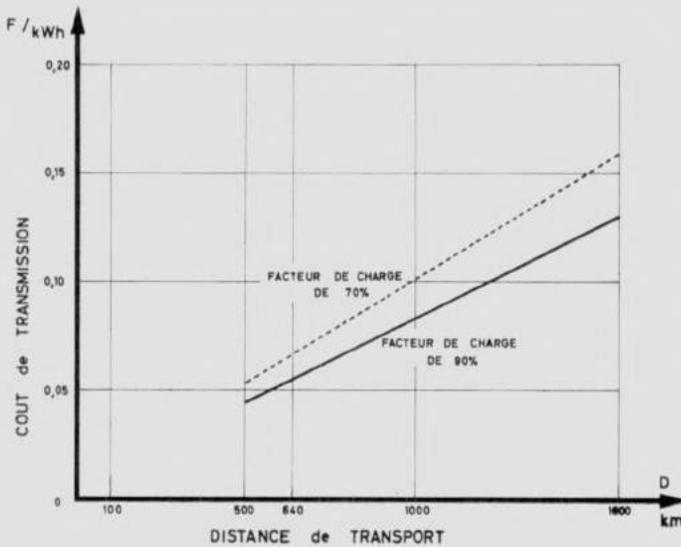


FIG. 5. — Transport de 3200 MW à 700 kV.

Si le coût du MW installé est de (a) francs et le coût d'un km de la ligne de transport est de (b) francs, les capitaux investis, toutes choses restant égales d'ailleurs, sont dans le cas de la *fig. 4* et une distance de D km de transport:

5. Facteur de charge de 70 %.

$$\frac{1\ 200}{0,7} \times a + D \times b = A \quad (3)$$

6. Facteur de charge de 90 %.

$$\frac{1\ 200}{0,9} \times a + D \times b = B \quad (4)$$

Si les charges annuelles du capital investi sont de (*c*) %, le prix de transport du kWh rendu à destination, pour une charge moyenne de 1 200 MW, est donné par:

7. Facteur de charge de 70 %.

$$p = \frac{A \times c}{1\ 200\ 000 \times 8\ 760 \times 100} \quad (5)$$

8. Facteur de charge de 90 %.

$$p' = \frac{B \times c}{1\ 200\ 000 \times 8\ 760 \times 100} \quad (6)$$

(8 760 = nombre d'heures d'une année).

Si nous faisons le rapport *p*: *p'* nous obtenons:

$$\begin{aligned} m = p : p' &= A : B = \\ &= \left(\frac{1\ 200}{0,7} \times a + D \times b \right) : \left(\frac{1\ 200}{0,9} \times a + D \times b \right) = \\ &= \frac{1,43 + C \times D}{1,11 + C \times D} \quad (C = \text{une constante}) \quad (7) \end{aligned}$$

L'expression (7) indique que le rapport entre les prix du kWh transporté, avec des facteurs de charge différents, diminue avec l'augmentation de la distance de transport. C'est ce qu'indiquent les *fig. 4* et *5*. Examinons, à titre d'exemple, la *fig. 4*, et nous avons les prix suivants:

9. Pour la distance de transport de 640 km:

- Facteur de charge de 90 %, prix de 6,43 cm/kWh;
- Facteur de charge de 70 %, prix de 8,40 cm/kWh;

L'augmentation est de 30 % environ du prix du kWh si le facteur de charge passe de 90 % à 70 %;

10. Pour la distance de transport de 1 600 km:

- Facteur de charge de 90 %, prix de 16,05 cm/kWh;
- Facteur de charge de 70 %, prix de 18,93 cm/kWh.

L'augmentation est de 18 % environ du prix du kWh si le facteur de charge passe de 90 % à 70 %.

(Les valeurs indiquées en (9) et (10) donnent une idée des prix américains du transport d'un kWh).

TABLEAU I. — Coûts partiels en FB sur la base de 1 dollar = 50 FB

Désignations		Transport à	
		500 kV	700 kV
1 km de la ligne de transmission		2 710 000 F	5 475 000 F
1 kVA d'auto-transformateurs (Le prix de 1 kVA d'auto-transformateur indiqué dans ce tableau nous paraît trop favorable) (*)	230/500 kV	100 F	
	345/700 kV		150 F
1 disjoncteur (2 disjoncteurs par ligne)		25 000 000 F	50 000 000 F
1 kVA de condensateurs en dérivation		200 F	350 F
1 kVA de condensateurs en série à insérer dans les lignes		350 F	350 F
1 kVA de compensateurs synchrones aux arrivées		350 F	350 F
Charges du capital, y compris les frais d'exploitation et d'entretien. Il y a lieu de noter l'accroissement des charges du capital avec l'accroissement de la tension entre certaines limites. Pour les lignes à haute tension relativement basse (50, 110, et 220 kV), les charges du capital sont généralement de l'ordre de 11,5 %; pour 400 kV environ elles passent à 13,5 % et les Américains les prennent pour les tensions du tableau à 15 %.		15 %	15 %

En conclusion, l'accroissement de la distance de transport conduit à l'accroissement du coût de kWh transporté, mais plus la distance, même très grande, s'accroît et plus l'influence du facteur de charge, dont la valeur varie dans les limites raisonnables, diminue.

Si nous considérons une distance de transport de 1 000 km et un facteur de charge de 90 %, le prix de kWh, dans le cas de la *fig. 4* relative à 1 200 MW, est de 10 cm et il n'est que de 8 cm dans le cas de la *fig. 5* relative à 3 200 MW. Ceci indique que lorsque la quantité d'énergie à transporter, à une même distance, même très grande, s'accroît considérablement, le prix du kWh diminue à condition d'accroître la tension utilisée pour faire le transport.

Le *tableau I* résume les prix américains de base.

Le *tableau II*, relatif à un transport d'énergie à une distance de 800 km à 500 kV, montre le pourcentage du coût des pertes en-

TABLEAU II. — Transport d'énergie à 500 kV et à une distance de 800 km.

Désignations	% du coût total d'un tWh rendu à destination
Ligne de transmission	49,5
Pertes subies	29
Condensateurs en dérivation	2,8
Condensateurs série	10,8
Compensateurs synchrones à l'arrivée	2,5
Auto-transformateurs (voir remarque faite dans le <i>tableau I</i>) (*)	5,4
Total	100 %

visagées dans le prix total du kWh rendu à destination, par rapport à tous les autres facteurs. La *fig. 4* tient compte de tous ces éléments.

Le *tableau II* est un cas particulier des hypothèses américaines résumées par la *fig. 6*.

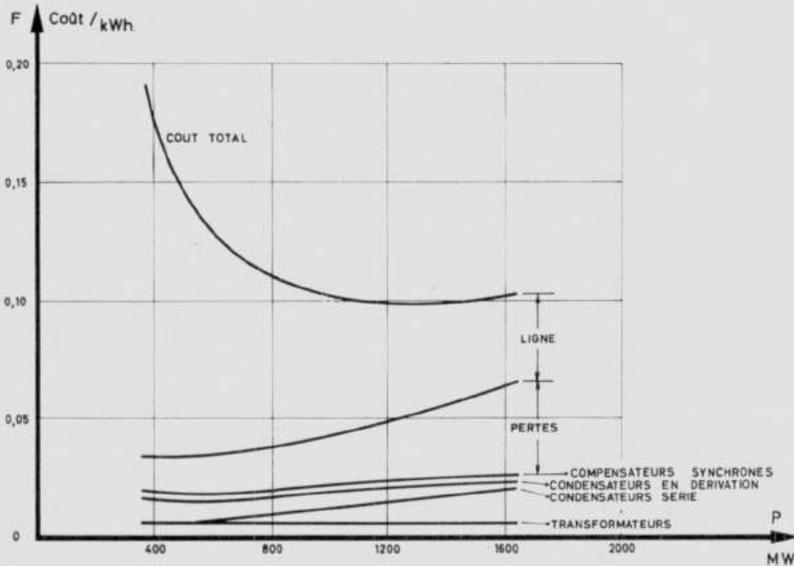


FIG. 6. — Hypothèses américaines pour une transmission d'énergie à 500 kV et à une distance de 800 km.

VI. CONSIDÉRATIONS DIVERSES

Les lignes de transmission d'énergie à très haute tension sont à envisager quand l'énergie est produite à l'endroit des chutes d'eau importantes, chutes d'eau situées loin des endroits d'utilisation d'énergie. C'est le cas en France et c'est aussi le cas dans les pays d'Afrique.

Les lignes de transmission d'énergie à très haute tension sont aussi à envisager dans le cas des interconnexions entre les réseaux nationaux de divers pays. L'interconnexion à très haute tension

permet de venir au secours d'un réseau défaillant avec une énergie très considérable coulant des réseaux sains vers le réseau défaillant. Dans ce cas, les considérations à la base des projets d'interconnexion différeront de celles du transport ordinaire d'énergie. Elles auront pour base les gains réalisés dans les réseaux séparés qui ne devront plus posséder des réserves importantes de puissance installée, puisque la défaillance sera compensée par l'énergie venant d'ailleurs.

Les sources hydrauliques de production peuvent également être supposées comme remplacées à l'avenir par les sources de production à base de l'énergie atomique. Ces sources devront être mises en œuvre à certains endroits bien déterminés, choisis pour des raisons stratégiques ou à cause de l'éloignement des agglomérations pour des raisons de sécurité des êtres vivants.

On peut étendre ces considérations à une multitude de cas. La conclusion d'ensemble de la présente étude pourrait être formulée comme suit:

L'avenir des lignes de transmission d'énergie est réservé aux lignes à très haute tension et ayant des longueurs très grandes, peut-être de plus en plus grandes (cas notamment de l'Afrique d'ici un certain nombre d'années). Pour pouvoir construire des lignes de transport d'énergie électrique à des tensions de plus en plus élevées des conceptions techniques nouvelles seraient probablement nécessaires tant pour « l'isolation » que pour combattre les effets nuisibles de « corona » (pertes et radiotélécommunications principalement).

VII. REFERENCES

- [1] DILLARD, J.K. et DUBOIS, E.W.: The case for EHV transmission (*Westinghouse Engineer*, March 1963).
- [2] DE ROSENBAUM, G.: Lignes de transport de force à très hautes tensions au Congo belge (Mémoire de l'Institut royal colonial belge, 1953).
- [3] Rapports divers de C.I.G.R.E. (Paris).

**E.-J. Devroey. — Présentation du rapport « Mission
Communauté économique européenne
(C.E.E.)-Congo »**

La Commission de la Communauté économique européenne a bien voulu, à notre demande, faire hommage à l'Académie royale des Sciences d'Outre-Mer d'un exemplaire du Rapport intitulé comme ci-dessus, publié en juin 1963 et comprenant 5 fascicules (1).

Ce substantiel document a été établi, à la diligence du Gouvernement congolais, par une mission de 21 experts désignés à titre personnel et provenant des six pays de la C.E.E., à savoir: 1 Italien, 11 Belges (2), 3 Français, 2 Luxembourgeois, 2 Hollandais et 2 Allemands. Le chef de la mission était le gouverneur Xavier TORRE, Français. Lesdits experts ont bénéficié de la collaboration des membres de l'Institut de Recherches économiques et sociales de l'Université Lovanium de Léopoldville, et spécialement de MM. Ch. FRANÇOIS, B. RYELANDT et P. DUPRIEZ.

Dès 1962, le président KASA-VUBU avait souhaité que son Gouvernement, préoccupé de la restauration et de l'expansion de l'économie congolaise, puisse s'appuyer sur une étude économique générale, et il ajoutait:

En première phase, cette étude devra faire l'analyse et le diagnostic de la situation actuelle et élaborer une programmation des actions urgentes susceptibles de provoquer la relance économique.

(1) Fasc. I: Exposés généraux, 189 p. - Fasc. II: Secteur primaire (Agriculture-Mines), 99 p. - Annexes Fasc. II (Secteur primaire: Agriculture). - Fasc. III (Secteur secondaire: Industrie - Energie - Eau), 263 p. - Fasc. IV (Secteur tertiaire: Transports et voies de communication - Télécommunications), 173 p. - Fasc. V (Problèmes humains: Santé - Enseignement), 118 p. En outre, 8 cartes consacrées aux voies de communication: Secteur routier (5 cartes), Secteur voies navigables (1 carte), Secteur aéronautique (1 carte), Secteur ferroviaire (1 carte).

(2) Membres belges de la Mission: S. d'Arenberg, J. Demol, G. De Plaen, L. Detaille, B. Kartseff, J.L. Lacroix, H. Leclercq, M. Lecomte, E. Otoul, S. Segall, M. Verbruggen.

Tels furent les buts assignés à la Mission de la C.E.E. Le délai imparti pour conduire cette étude en affirmait encore la véritable portée. Il importait de dégager, au terme d'une enquête rapide — 3 mois — les mesures générales de redressement intéressant les divers secteurs examinés, ainsi que les projets concrets plus spécifiques à réaliser dans le cadre d'un plan à court terme.

Bien que les tâches aient dû être réparties en fonction de la compétence des experts, ceux-ci ont collaboré entre eux en vue de donner à leurs conclusions le caractère d'un travail d'ensemble.

La Mission a séjourné en Afrique du début mars au début juin 1963. Elle a pu se déplacer librement dans tout le Congo et a reçu partout le meilleur accueil.

Le premier fascicule du Rapport est consacré à des *Exposés généraux*. Après avoir, dans un *Essai de synthèse*, décrit le plan d'action de la Mission, évoqué les mesures gouvernementales et estimé le coût de l'assistance technique, des études et des investissements indispensables au fonctionnement de l'appareil économique, la Mission de la C.E.E. s'est attachée à « prendre la mesure correcte » des déséquilibres — interne et externe — qui affectent l'économie congolaise et à dresser le bilan de la situation financière et monétaire de la République du Congo.

Les 4 autres fascicules du Rapport sont consacrés à l'étude approfondie du secteur primaire (Agriculture et mines), du secteur secondaire (Industrie, énergie et eau), du secteur tertiaire (Transports, télécommunications) et des problèmes humains (Santé et enseignement).

Il s'agit là d'un travail d'un intérêt capital, qui peut être comparé au *Plan décennal* élaboré en 1949 par l'Administration belge, et dont il constitue en somme la suite logique.

Mais, comme il est souligné avec insistance dans l'*Introduction* au rapport de la Mission de la C.E.E., le redressement économique et social de la République du Congo n'est réalisable qu'en fonction du maintien d'un ordre public durable.

Le 29 mai 1964.

Séance du 26 juin 1964

Zitting van 26 juni 1964

Séance du 26 juin 1964

La séance est ouverte à 14 h 30 par M. F. *Campus*, président de l'ARSOM.

Sont en outre présents: MM. C. Camus, I. de Magnée, E.-J. Devroey, R. du Trieu de Terdonck, P. Evrard, J. Geulette, E. Mertens de Wilmars, M. van de Putte, membres titulaires; MM. H. Barzin, F. Bultot, M. De Roover, P. Grosemans, L. Jones, A. Lederer, A. Rollet, R. Van Ganse, associés; MM. J. Charlier, P. Herrinck, correspondants, ainsi que M. M. Walraet, secrétaire des séances.

Absents et excusés: MM. L. Calembert, M.-E. Denaeyer, E. Frenay, J. Lamoen, J. Quets, R. Spronck, J. Van der Straeten.

Le développement de l'énergie dans le monde

M. E. *Mertens de Wilmars* présente une communication intitulée comme ci-dessus et dans laquelle il évoque les diverses solutions au problème de l'adaptation des formes d'énergie aux exigences de la technique moderne.

L'auteur répond ensuite à des questions que lui posent MM. P. *Evrard* et F. *Campus*.

La Classe décide de publier cette étude dans le *Bulletin* (voir p. 1030).

Utilisation des nivellements dans l'étude des mouvements du sol

M. L. *Jones* expose, avec projections lumineuses, le travail qu'il a rédigé sur ce sujet et dans lequel il fait un tour d'horizon du champ d'application de l'étude des variations dans le temps de la coordonnée Z (altitude) par les méthodes de nivellement géométrique ou hydrostatique.

Zitting van 26 juni 1964

De zitting wordt geopend te 14 h 30 door de H. F. *Campus*, voorzitter van de K.A.O.W.

Zijn bovendien aanwezig: De HH. C. Camus, I. de Magnée, E.-J. Devroey, R. du Trieu de Terdonck, P. Evrard, P. Geulette, E. Mertens de Wilmars, M. van de Putte, titelvoerende leden; de HH. H. Barzin, F. Bultot, M. De Roover, P. Grosemans, L. Jones, A. Lederer, A. Rollet, R. Van Ganse, geassocieerden; de HH. J. Charlier, P. Herrinck, correspondenten, alsook de H. M. Walraet, secretaris der zittingen.

Afwezig en verontschuldigd: De HH. L. Calembert, M.-E. Denaeyer, E. Frenay, J. Lamoen, J. Quets, R. Spronck, J. Van der Straeten.

« Le développement de l'énergie dans le monde »

Jonkheer E. *Mertens de Wilmars* legt een mededeling voor, getiteld als hierboven en waarin hij de verschillende oplossingen behandelt van het vraagstuk der aanpassing van de energievormen aan de eisen der moderne techniek.

De auteur beantwoordt vervolgens de vragen die hem gesteld worden door de HH. P. *Evrard* en F. *Campus*.

De Klasse beslist deze studie te publiceren in de *Mededelingen* (zie blz. 1030).

« Utilisation des nivellements dans l'étude des mouvements du sol »

De H. L. *Jones* geeft een uiteenzetting met lichtbeelden over het werk dat hij hierover opstelde en waarin hij de toepassingsmogelijkheden overschouwt van de studie der variaties in de tijd van de coördinaat *Z* (hoogte) door methodes van geometrische of hydrostatische waterpassing.

Il s'attache plus spécialement à l'utilisation de ces méthodes pour l'étude des mouvements du sol.

Il répond enfin à des demandes d'information complémentaire de MM. *I. de Magnée* et *R. Van Ganse*.

Sur avis conforme de la Classe, cette étude sera publiée dans le *Bulletin* (voir p. 1046).

Récupération de l'énergie thermique à partir d'explosions nucléaires

M. P. Herrinck fait un exposé sur les possibilités d'utilisation de l'énergie thermique libérée par des explosions nucléaires, après quoi il répond à des questions de MM. *E. Mertens de Wilmars* et *P. Evrard*.

La Classe décide de publier cette note dans le *Bulletin* (voir p. 1064).

Bilan de 14 années de prospection dans le Bas-Congo

M. P. Grosemans résume le travail intitulé comme ci-dessus, évoquant les résultats des prospections exécutées dans le Bas-Congo de 1947 à 1961 ainsi que les possibilités minières de cette région.

Il fournit ensuite quelques données complémentaires à MM. *I. de Magnée* et *P. Geulette*.

Sur avis conforme de la Classe, ce travail sera publié dans le *Bulletin* (voir p. 1066).

Comité secret

Les membres, constitués en comité secret, décident de ne pourvoir qu'une seule des deux places vacantes d'associé. Ils établissent ensuite une liste double des correspondants susceptibles d'être élus à cette place vacante.

La séance est levée à 16 h 45.

Hij verleent bijzondere aandacht aan het gebruik dezer methodes voor de studie van de bewegingen van de bodem.

Tenslotte verstrekt hij bijkomende inlichtingen, op vraag van de HH. *I. de Magnée* en *R. Van Ganse*.

Op eensluidend advies van de Klasse, zal deze studie gepubliceerd worden in de *Mededelingen* (zie blz. 1046).

« Récupération de l'énergie thermique à partir d'explosions nucléaires »

De *H. P. Herrinck* geeft een uiteenzetting over de gebruiksmogelijkheden van de warmteënergie die vrijkomt door kernontploffingen, waarna hij vragen beantwoordt van de HH. *E. Mertens de Wilmars* et *P. Evrard*.

De Klasse beslist dit werk in de *Mededelingen* te publiceren (zie blz. 1064).

« Bilan de 14 années de prospection dans le Bas-Congo »

De *H. P. Grosemans* vat het werk samen, getiteld als hierboven en waarin een overzicht gegeven wordt van de resultaten der prospecties uitgevoerd van 1947 tot 1961 in Neder-Congo, evenals van de mogelijkheden op mijngebied in deze streek.

Hij verstrekt vervolgens enkele bijkomende inlichtingen aan de HH. *I. de Magnée* et *P. Geulette*.

Op eensluidend advies der Klasse zal deze studie gepubliceerd worden in de *Mededelingen* (zie blz. 1066).

Geheim comité

De leden, vergaderd in geheim comité, beslissen slechts één der twee beschikbare plaatsen van geassocieerde toe te wijzen. Zij stellen vervolgens een dubbele lijst van correspondenten op die in aanmerking komen voor deze openstaande plaats.

De zitting wordt gesloten te 16 h 45.

Eug. Mertens de Wilmars. — Le développement de l'énergie dans le monde

INTRODUCTION

Deux tendances marquent actuellement l'évolution de l'énergie dans le monde.

La première se manifeste par une demande croissante d'énergie. C'est un problème de quantité de ressources énergétiques à mettre à la disposition des pays en cette période d'industrialisation croissante et de progrès social.

Cette aspiration vers l'accession à une plus large disponibilité en énergie se manifeste non seulement dans les pays ayant atteint un haut degré de développement, mais aussi parmi ceux qui luttent pour surmonter le retard de leur développement.

La seconde tendance est un problème de qualité de l'énergie à produire. Ce sera donc surtout un problème de transformation des énergies primaires en énergies plus conformes aux besoins modernes de l'industrie et des usages domestiques. Il faut pouvoir disposer plus largement d'énergies se présentant sous des formes aisément utilisables, d'une application plus rationnelle aux exigences d'une technique de jour en jour plus perfectionnée.

L'énergie doit de plus en plus se présenter de façon à permettre un transport aisé, des transformations possibles en diverses autres formes, mécaniques, thermiques ou électriques, et surtout s'adapter aux exigences du contrôle et de l'automatisation.

Ce sont de telles exigences qui ont été, en ces dernières décennies, à la base du développement rapide de l'électricité, du gaz et du pétrole. On trouve déjà la preuve de cette tendance dans la désaffection vis-à-vis des combustibles solides et cela aussi bien dans l'industrie que dans l'emploi domestique.

Ce n'est pas toujours une question de prix qui règle en ce moment le choix du combustible, mais surtout la commodité de l'emploi.

Il se pose donc actuellement deux gros problèmes: augmenter les ressources primaires et ensuite les transformer en vue de leur donner une forme plus affinée.

* * *

1. *Les ressources mondiales d'énergie*

Ceci amène immédiatement la question fondamentale de la connaissance de nos réserves primaires d'énergie. Celles-ci peuvent-elles servir pour une durée brève ou longue? Y a-t-il lieu de s'alarmer d'un manque de ressource dans un avenir proche? D'autre part, comment ces réserves sont-elles réparties dans le monde?

On peut diviser les sources d'énergie en deux catégories, celles qui sont inépuisables, comme les énergies éoliennes et solaires, et celles qui ne se renouvellent pas avec une rapidité suffisante devant la consommation croissante, comme le charbon et le pétrole. L'épuisement éventuel de ces formes d'énergie fait l'objet de préoccupations devant les demandes de plus en plus exigeantes.

L'évaluation des réserves mondiales d'énergie classique est un problème particulièrement délicat, dont on ne peut accepter les résultats qu'avec beaucoup de circonspection. Les estimations sont d'ailleurs temporaires et se modifient au fur et à mesure de l'intensité et des succès des recherches, ainsi que du progrès des méthodes de prospections géologiques.

Il faut considérer les valeurs obtenues plutôt comme des hypothèses de travail, qui permettront de préparer l'avenir.

Les tableaux d'estimation des réserves donnent cependant des indications nettes au sujet de la situation relative des diverses régions dans le plan de l'économie énergétique, ainsi que le mode de répartition des énergies dans le monde.

Les valeurs ci-dessous ont été extraites, en majeure partie des données de la « World Power Conference Survey Resources 1962 » [13]* et complétées par les soins de E.G. GOLDING O.B.E.

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

[5]. Elles sont exprimées en tonnes métriques de charbon-équivalent à 6×10^6 kilocalories par tonne métrique.

2. *Estimation des ressources mondiales d'énergie*

Nature	Tonnes métriques de charbon-équivalent	Remarques
A. Sources épuisables		
1. Charbon, Braunkohle lignite et tourbe	3×10^{12}	Environ 1 200 fois la consommation annuelle actuelle
2. Huile de schiste	200×10^9	
3. Pétrole	90×10^9	Environ 60 fois la consommation annuelle actuelle
4. Gaz naturel	90×10^9	
B. Sources inépuisables, par an:		
1. Energie éolienne	7×10^9	
2. Energie solaire	17×10^{12}	
3. Energie hydraulique	$2,6 \times 10^9$	
4. Energie des marées	$2,3 \times 10^9$	

En ce qui concerne les combustibles nucléaires, on estime à 5 millions de tonnes d'oxyde d'uranium et 1 million de tonnes d'oxyde de thorium, les quantités exploitables, ce qui représente 10^4 kWh. Cette valeur est cependant très incertaine.

Quant à l'énergie géothermique, elle représente un total de 500×10^9 tonnes de charbon dont seulement une faible partie est exploitable.

On se rend immédiatement compte, par l'ordre de grandeur de ces nombres, de la quantité considérable des ressources d'énergie. Certes, à première vue, il n'y a pas à s'alarmer d'une insuffisance de ressources dans un proche avenir.

3. Répartition de l'énergie dans le monde

La répartition de ces énormes ressources est fort irrégulière. C'est là un fait qui crée de grandes inégalités dans le développement économique et social des peuples [5, 12, 13].

Ainsi l'Amérique du Nord, la Chine et l'U.R.S.S. possèdent de larges réserves de combustibles solides, tandis que l'Amérique du Sud, l'Asie (sans la Chine) et l'Océanie ne possèdent que 1 % de ces ressources totales.

Le pétrole est, lui aussi, fort irrégulièrement réparti. Le Moyen Orient et l'Afrique du Nord possèdent ensemble les deux tiers des réserves, tandis que l'Ouest de l'Europe en possède moins de 1 %.

Le potentiel hydraulique de l'Amérique du Nord et de l'U.R.S.S. représente plus de la moitié des réserves mondiales. Ce potentiel se répartit à raison de 21 % à l'Amérique du Nord, 34 % à l'U.R.S.S. et 17 % à l'Afrique du Nord.

Ces valeurs cependant n'ont leur complète signification que si l'on peut prévoir leur durée d'utilisation. Des estimations ont été faites basées sur le taux d'exploitation actuelle. On est arrivé aux résultats suivants:

Amérique du Nord	527 années
Amérique du Sud	60 "
Asie (sans la Chine)	198 "
Océanie	753 "
Afrique	580 "
Europe	285 "
U.R.S.S.	3 000 "
Chine	800 "

De telles estimations n'ont qu'une valeur fort précaire, car bien des événements peuvent les modifier, comme les découvertes récentes de pétrole et de gaz ont modifiée bien des bases de calcul.

De plus, l'accroissement de la production ou de la consommation peuvent à leur tour y apporter des modifications importantes. Durant la décennie 1950-1960, l'accroissement moyen de la production d'énergie dans le monde a été de 5,4 % par an. Cependant aux Etats-Unis, ainsi qu'en Europe, l'accroissement a été en dessous de cette valeur moyenne, ne dépassant guère

2 %. Par contre, en U.R.S.S., il a été supérieur, et a atteint la valeur de 8,5 %.

* * *

Remarquons encore que ce n'est pas le seul fait de la possession d'une plus ou moins grande quantité de ressources d'énergie qui permet, comme on l'a fait quelques fois, de classer les peuples en riches et pauvres, en développés ou sous-développés. Il faut tenir compte du degré d'exploitation de ces richesses et de leur valorisation technique ou commerciale.

La répartition des degrés de production est fort disparate. Ainsi les pourcentages de la production mondiale sont:

Amérique du Nord et Centrale	34,3 %
Europe	20,0 %
U.R.S.S.	15,3 %
Asie (sans Chine)	11,9 %
Chine	10,2 %
Amérique du Sud	6,1 %
Afrique	1,5 %
Océanie	0,7 %

Mais il faut encore tenir compte aussi du nombre d'habitants, ce qui donne une idée plus exacte de l'activité du pays. On arrive alors à une tout autre classification.

Tandis que la production mondiale d'énergie par habitant s'élève à la valeur de 1,6 exprimée en tonnes de charbon, on trouve l'ordre de production suivant:

Amérique du Nord	6,6
U.R.S.S.	3,25
Europe	2,22
Océanie	2,12
Amérique du Sud	2,10
Chine	0,70
Asie (sans Chine)	0,59
Afrique	0,30

* * *

Telle est dans sa situation actuelle, en quantité et en répartition, l'aspect de l'énergie dans le monde.

Il y a abondance et même surabondance de réserves d'énergies. Mais il y a aussi une très inégale distribution des ressources. Il n'y a donc certainement pas à craindre que les générations futures seront de sitôt privées de ces richesses.

Les grands problèmes de l'énergie sont actuellement ceux de la valorisation pour atteindre des formes plus adaptées aux exigences modernes, ensuite de mieux utiliser ce dont on dispose et, enfin, de veiller à une répartition plus équitable, afin que tous les peuples puissent en bénéficier et accéder plus aisément à une vie plus conforme à la dignité humaine.

* * *

4. *Les voies nouvelles*

1. L'énergie solaire [14]

Il y a une source d'énergie qui, en abondance et en densité, surpasse toutes les autres. C'est l'énergie solaire, source inépuisable, qui déverse sans arrêt sur la terre des quantités énormes d'énergie. Selon le professeur JUSTI [7], de la Technische Hochschule de Braunschweig, le rayonnement solaire, par temps clair apporte 1,39 kW par m² à la surface de la terre. Toutefois, par suite des brouillards, des poussières, de la réflexion et de l'obliquité de l'irradiation, on ne peut atteindre comme moyenne annuelle que 15 % de cette valeur, ce qui fait encore 200 000 kW par kilomètre carré. Une population des régions denses, comme celle de la Ruhr, comptant 200 habitants par km² disposerait de 1 000 kW. Une telle population, selon JUSTI, consomme pour l'industrie, le transport et le chauffage 3 kW par habitant. L'énergie solaire serait amplement suffisante pour couvrir cette demande. Mais il faut, dit-il, des moyens de transformation pratiques de cette chaleur en électricité, ainsi que des moyens de stockage économiques.

Il ne faut pas un appareillage à haut degré de rendement, puisque la source est inépuisable, mais il faut un dispositif simple qui puisse s'adapter aux variations fréquentes de l'irradiation.

Une telle source d'énergie n'est évidemment pas utilisable sous notre climat. Par contre, dans les régions arides, la nébulosité est moins gênante. Beaucoup d'entre elles sont actuellement peu pourvues en énergies classiques. Il y a pas mal de ces régions où l'irradiation solaire se maintient durant plus du quart du temps de l'année. Bien des pays actuellement sous-développés peuvent bénéficier de cette énergie que la nature dispense avec tant de générosité.

Parmi les exemples typiques d'utilisation, citons celui de la concentration des rayons solaires en vue d'obtenir de hautes températures.

Le four solaire de Mont-Louis concentre sur un foyer fixe environ 100 kW, au moyen d'un miroir d'une surface totale de 132 m².

Des réfractaires frittés et fondus ont pu être fabriqués ainsi. Les températures atteintes ont été de l'ordre de 3 000° C. Il a été envisagé ensuite un four d'un millier de kW en vue de la production par jour de 2 à 3 tonnes d'ultra-réfractaire.

Pour les températures peu élevées, 40 à 70° C, le problème est économiquement aisé, surtout pour le chauffage de l'eau [11]. Il existe au Japon un grand nombre de chauffe-eau solaires. De tels appareils peuvent être utilement utilisés entre le 45° parallèle Nord et Sud, où la durée d'irradiation dépasse 2 000 heures par an.

En Israël, on a réalisé une turbine solaire fonctionnant au moyen d'un fluide lourd dont le point d'ébullition est inférieur à celui de l'eau.

Mais c'est la conversion directe de l'énergie solaire en électricité qui présente le plus d'attrait et fait actuellement l'objet de nombreuses études.

Nous en venons ainsi au gros problème actuel, celui de la conversion de la chaleur en électricité.

* * *

5. Conversion de l'énergie thermique en électricité [8]

a. Sources thermo-électriques

Les sources thermo-électriques sont utilisées depuis longtemps pour la mesure des températures.

Lorsqu'on chauffe un conducteur électrique à une de ses extrémités, il se produit dans la région chauffée une augmentation de l'agitation thermique, dont il résulte une augmentation du taux d'électrons. Ces électrons tendent à diffuser dans le conducteur. Leur migration crée une différence de potentiel entre les deux extrémités. La région chaude devient positive et l'autre négative.

Les tensions ainsi obtenues sont faibles, par exemple 0,2 mV par degré centigrade. Il faut dans ces conditions mettre un grand nombre de barres en série.

Si la mise en série se fait par l'intermédiaire d'un conducteur auxiliaire, il en résulte des pertes de chaleur et, de plus ces connexions donnent elles-mêmes des effets thermo-électriques, qui peuvent être nuisibles. On a résolu cette difficulté par l'emploi de semi-conducteurs.

On sait que le germanium par exemple, par l'adjonction de traces de certains métaux peut acquérir un excédent ou un déficit d'électrons libres. On a, dans ce cas, ce qu'on appelle un métal négatif (*n*) ou un métal positif (*p*). Dans les types *p*, l'extrémité froide est positive, par contre elle est négative dans le type *n*. On peut donc se passer des connexions intermédiaires en plaçant alternativement les deux types *p* et *n*. Dans ce cas, toutes les extrémités chaudes sont disposées d'un même côté et connectées directement.

Aux U.S.A., on a utilisé comme source de chaleur l'énergie de désintégration de radio-isotopes, en vue surtout d'alimenter les véhicules de l'espace durant une longue durée.

Un générateur de 125 watts sous 28 volts a été réalisé. Le rendement n'a été que de l'ordre de 5 %.

* * *

b. Sources thermo-ioniques

Une source thermo-ionique se compose en principe d'une surface chauffée émettant des électrons (cathode ou émetteur), située à proximité d'une surface destinée à capter les électrons (anode ou collecteur). Si les deux surfaces sont réunies par un conducteur extérieur, celui-ci sera parcouru par un courant.

L'émetteur doit être maintenu à température élevée, supérieure à $1\ 000^{\circ}\text{C}$ et le collecteur à température basse.

La différence d'énergie de l'électron à la sortie de l'émetteur et celle qu'il absorbe au collecteur est l'énergie utilisable. Ces énergies sont dépendantes des matériaux utilisés et des températures. On améliore le fonctionnement en introduisant dans l'espace, entre les deux électrodes, des atomes aisément ionisables. C'est un plasma gazeux réalisé par de la vapeur de caesium. On peut aussi recourir à une ionisation par rayons gamma.

On a fait usage à Los Alamos de la chaleur dégagée par la fission d'un combustible nucléaire. L'élément qui y fut réalisé a donné à circuit ouvert 3,5 volts, le courant de court circuit a atteint 35 ampères.

Les rendements du phénomène thermionique sont faibles, car pour une température de la cathode de 900°C , on atteint seulement 3 %. Cependant, le rendement augmente rapidement avec la température de la cathode, pour $1\ 000^{\circ}\text{C}$, on dépasse 20 % pour l'effet thermionique.

c. Sources magnéto-hydrodynamiques

Le principe du générateur magnéto-hydrodynamique est basé sur la loi fondamentale de l'induction électromagnétique.

Quand un conducteur se déplace dans un champ magnétique, il devient le siège d'une force électromotrice. Or, comme un courant électrique est un déplacement de charges, on se rend compte qu'un flux de particules chargées dans un gaz, ou même dans le vide, devra se comporter comme un conducteur métallique vis-à-vis d'un champ magnétique.

Si l'on fait passer à grande vitesse un gaz ionisé dans un espace soumis à un champ magnétique, les charges libres seront déviées perpendiculairement au champ et au sens du déplacement. Ces charges pourront être collectées par deux électrodes placées dans le courant. Elles seront portées à des potentiels différents entre lesquels s'interposera le circuit d'utilisation.

Un tel plasma opère à haute température, $2\ 000$ à $3\ 000^{\circ}\text{C}$, ce qui pose un problème de matériaux réfractaires.

Comme les gaz se dégagent par exemple à $1\ 200^{\circ}\text{C}$, le rendement ne sera élevé que si l'ensemble est complété par une cen-

trale thermique. Le système ne semble applicable qu'aux puissances de l'ordre de 100 megawatts.

Expérimentalement, on a déjà atteint des puissances de 200 kW, mais durant de courtes durées. Beaucoup de problèmes restent encore à résoudre et en premier stade celui des réfractaires.

* * *

6. Les piles à combustion ou fuel cells [6, 7, 10, 15]

Les *fuel cells* sont des générateurs d'électricité d'un tout autre genre. Ils convertissent directement l'énergie chimique en énergie électrique.

Le concept de la conversion directe de l'énergie chimique date de 1801 et semble dû à DAVY. Les premières expériences ont été faites par GROVE en 1839. Il utilisait à cet effet une pile à hydrogène-oxygène, dont l'intérêt vient de réapparaître en ces dernières années.

Ce n'est toutefois qu'à la suite de travaux de Sadi CARNOT (1796-1832) que l'intérêt fondamental du point de vue thermodynamique en a été reconnu.

C'est à OSTWALD (1894) que l'on doit d'avoir établi clairement que dans l'expression de l'énergie libre $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$, le terme entropique est faible comparé au terme enthalpique. En conséquence, le rendement d'une conversion de telles réactions peut s'approcher de 100 %.

Par le procédé électrochimique, l'énergie libre peut être convertie pratiquement à raison de 80-90 % en électricité. La conversion peut se réaliser à température ordinaire. Le procédé électrochimique n'est pas soumis aux exigences du principe de CARNOT.

Comme le gaz est le combustible le plus important des piles à combustion, les électrodes, dites à « diffusion », occupent la place prépondérante dans la réalisation des cellules.

En principe, le générateur à hydrogène et oxygène se compose de deux électrodes de structure microporeuse et conductrice, séparées par un faible espace rempli d'un électrolyte, souvent de

la potasse caustique KOH,6N. L'espace qui sépare les deux électrodes n'a souvent que 2 à 3 millimètres, de façon à réduire la résistance interne de l'élément. L'une des électrodes communique avec la chambre à hydrogène, l'autre avec l'oxygène.

Par capillarité, l'électrolyte est aspiré dans les canaux de l'électrode, tandis que par la pression des gaz, le ménisque gaz/liquide est maintenu dans l'électrode.

C'est aux points triples gaz-liquide-électrode que s'effectue le passage de l'hydrogène et de l'oxygène moléculaire à l'état ionique. Il faut donc assurer la stabilité du ménisque dans l'électrode. Cette stabilité est régie par la pression, la tension superficielle et le rayon des canaux élémentaires. BACON (1904) à qui l'on doit la première *fuel cell* pratique [15], qui a servi à alimenter un groupe de 15 kW, a réalisé cet équilibre de la façon suivante. Du côté de l'électrolyte la structure est très fine, les pores ont des diamètres de 2 à 5 microns, tandis que du côté du gaz la structure est plus lâche: 20 à 30 microns.

S'il se produit une poussée momentanée de la pression, le ménisque est refoulé vers la structure fine, où des forces capillaires plus fortes contrebalancent l'effet de la pression. Similairement, une diminution de la pression ramène le ménisque vers la structure plus large.

Pour obtenir une densité de courant suffisante, il faut un grand nombre de canaux élémentaires. Le principal objectif dans la préparation des électrodes à diffusion est précisément l'obtention d'un nombre élevé de canaux par unité de surface pouvant atteindre 10^4 par centimètre carré. Chaque canal contribue au débit total pour quelques micro-ampères. Ces débits atteignent maintenant de 100 à 400 milliampères par centimètre carré, et davantage.

La tension théorique de la pile H_2/O_2 est 1,23 volt sous 1 Atm et à 25° C. Les électrodes sont généralement faites de graphite microporeux ou de poudre de nickel frittée.

JUSTI [7] a réalisé des électrodes à hydrogène dénommées « Doppelskelett-Katalysator-Elektrode ou DSK » faites de 70-80 % de Nickel Raney de haute activité catalytique. Pour l'électrode à oxygène, il utilise une matrice d'argent. De telles

électrodes ont donné des débits de 100 mA/cm² sous 0,9 V, à 85° C et 400 mA/cm² sous 0,75 V, l'électrolyte étant du KOH.

* * *

Il existe actuellement une grande variété de piles à combustion [15]. Les combustibles utilisés varient des formes solides, aux liquides et aux gaz.

L'électrolyte a été remplacé par des membranes échangeuses d'ions selon le procédé de la General Electric.

Les premières piles ont d'ailleurs eu pour but l'utilisation de l'énergie de combustion du charbon [6].

Les températures élevées auxquelles il faut opérer et qui sont de l'ordre de 700° C rendent le dispositif peu pratique.

Pour utiliser le charbon, il faudrait passer par la gazéification en CO et H₂ et éventuellement réaliser la conversion $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \text{CO}_2$, ce qui augmente la proportion d'hydrogène, le CO₂ pouvant être éliminé. Ces transformations diminuent l'économie du procédé.

Les piles à combustion présentent de sérieux avantages comparés aux autres systèmes de conversions de l'énergie en électricité. C'est d'abord le rendement élevé, l'adaptation possible à toutes les puissances, le fonctionnement aux températures basses 50-70° C, le poids et le volume relativement faible; l'absence de bruit. Comme inconvénient, il faut citer la polarisation qui abaisse la tension avec l'augmentation de la charge.

SEVETTE [11] dit à propos des piles à combustion ce qui suit:

La pile à combustion se présente comme une promesse et une menace pour les entreprises d'électricité. C'est une promesse en ce sens qu'une fois mise au point sa simplicité de conception et de construction entraînerait une forte réduction des investissements nécessaires aux groupes thermiques auxquels l'on a recours actuellement. Son rendement élevé permettrait également une baisse des frais d'exploitation. Mais c'est aussi une menace, car c'est un appareil qui pourrait être réalisé à grande ou à petite échelle, de sorte qu'il serait possible d'envisager son installation chez le consommateur lui-même.

Ces générateurs d'électricité peuvent ouvrir, selon le même auteur,

...une ère nouvelle à l'industrie du gaz, qu'il s'agisse de gaz naturel ou de gaz manufacturé. L'emploi direct du gaz naturel serait la solution la plus avantageuse, mais même si l'on devait s'en tenir à la combinaison hydrogène-oxyde de carbone, il serait peut-être possible d'obtenir ces deux gaz à partir du méthane.

Il y a donc du côté des piles à combustion des espoirs qui se raffermissent de jour en jour. C'est pourquoi tant de centres de recherches et plusieurs services gouvernementaux s'occupent du problème. Il faudra cependant encore bien du temps pour réaliser des générateurs pratiques et compétitifs.

Tout récemment on a fait connaître que la Marine suédoise avait passé à la Société ASEA une commande de près de 110 millions de francs pour des travaux concernant l'application des piles à combustion aux sous-marins [1].

Les avantages que peuvent présenter les piles pour les sous-marins sont, d'après la firme en question, très appréciables notamment l'encombrement plus faible, l'absence de bruit et le faible dégagement de chaleur. La pile remplace le groupe Diesel et la batterie l'accumulateur. Elle permet d'augmenter sensiblement l'espace utile et d'augmenter le rayon d'action. Un sous-marin actionné par pile à hydrogène et à oxygène liquide aurait une durée d'action de 10 à 30 fois celle du sous-marin Diesel-accumulateur. Selon les prévisions des ingénieurs de la firme ASEA, le système à pile comparé à la commande atomique, doit pouvoir se défendre pour les sous-marins petits et moyens dont la durée d'action est inférieure à un mois.

L'ASEA, met au point une pile à combustion d'une puissance de 25 kW. Elle espère que d'ici deux ou trois ans elle pourra procéder aux essais d'un groupe de 200 kW. On envisage de produire l'hydrogène par décomposition de l'ammoniac. D'autre part, on fonde des espoirs également pour l'utilisation des piles à combustion dans l'industrie automobile. La réalisation du tracteur Allis-Chalmers a été une première tentative dans cette voie [7].

Il faudra cependant, avant que l'usage des piles puisse se répandre dans ce domaine, en réaliser le fonctionnement avec des combustibles moins coûteux que l'hydrogène. L'emploi des

hydrocarbures, tel le butane ou le propane ou des alcools est à prévoir.

7. *L'énergie nucléaire*

Il est certain que l'énergie nucléaire amène une profonde révolution dans l'économie énergétique du monde. La quantité considérable d'énergie fournie par une masse réduite et un faible volume de combustible, donne à cette forme d'énergie des possibilités que l'on ne trouve auprès d'aucune autre source.

Ce domaine a fait l'objet, au cours des dernières années, de travaux scientifiques de haut intérêt et de réalisations techniques importantes. Si bien que l'on ne peut plus grouper cette forme d'énergie sous la rubrique des ressources nouvelles. Les applications de la fission sont nombreuses déjà dans des domaines très vastes. Des centrales électriques puissantes ont été construites en ce dernier temps et fournissent régulièrement le courant aux réseaux [9].

Quand un noyau d'uranium 235 est percuté par un neutron, il peut éclater et donner naissance à deux éléments dénommés produits de fission. Simultanément, un certain nombre de neutrons, en moyenne 2,5, sont émis ainsi que des rayons β et γ . C'est la réaction de fission.

Comme la somme des masses des produits de la réaction est inférieure à la somme des masses du protagoniste de la réaction, il y a une libération d'énergie correspondant à la relation d'EINSTEIN $\Delta E = -c^2 \Delta M$, où c est la vitesse de la lumière, et M la masse. Dans le cas de l'uranium 235, on considère généralement qu'une fission libère $3,2 \times 10^{-11}$ watts-seconde. Un réacteur [3] qui est le siège de $1,28 \times 10^{18}$ fission par seconde, a une puissance de fission de 40 900 kW.

On se rend compte ainsi de la puissance considérable que peut fournir un combustible nucléaire par la réaction de fission.

Dans le cas de fusion thermo-nucléaire, le bombardement est effectué sur des corps légers comme l'hydrogène, l'hélium ou le lithium, qui ne se divisent pas comme dans le cas de la fission, mais qui fusionnent et donnent un corps plus lourd. La transfor-

mation de la matière est plus grande et l'énergie dégagée beaucoup plus considérable. Selon des estimations, elle serait 1 000 à 2 000 fois plus grande. Cependant, la fusion n'est pas actuellement maîtrisée comme la fission.

Les ordres de grandeur des énergies engendrées sont ici beaucoup plus grands que ce que l'on rencontre dans les procédés conventionnels et dans ce que peuvent donner certaines méthodes nouvelles.

Les centrales nucléaires fournissent, au premier stade, de l'énergie thermique. Celle-ci est ensuite transformée par les méthodes classiques en électricité. On passe donc par le cycle habituel: vapeur d'eau-turbine-alternateur, avec le peu de rendement de ces transformations successives et les frais d'immobilisation qu'ils entraînent.

L'exploitation de l'énergie nucléaire ne sera parfaite du point de vue thermo-dynamique que le jour où les réacteurs seront en mesure de réaliser la conversion directe en électricité de la chaleur dégagée.

Dès à présent, l'énergie nucléaire est en mesure de rendre d'énormes services, tout particulièrement pour la production de l'électricité, les transports maritimes, et les applications spéciales comme celles des sous-marins.

Dans le domaine de la fourniture de chaleur, l'énergie nucléaire peut trouver un vaste domaine d'application. On estime, en effet, qu'à l'échelle mondiale 68 % environ de l'énergie totale est utilisée sous forme de chaleur.

* * *

Que peut-on conclure de ce bref tour d'horizon?

Il y a sans aucun doute suffisance de réserves utilisables d'énergie dans le monde. Mais il faut les mettre en valeur. Comme le disait fort bien M. R. BRONGNIART [2]:

Il est, dans une certaine mesure, paradoxal que le problème de l'énergie se présente avec une acuité aussi considérable quand on pense que l'homme vit au milieu d'un flux considérable d'énergie... A vrai dire, l'homme a fait assez peu d'efforts pour tenter de domestiquer les énergies diverses que la nature a mises à sa disposition. Il

reste, en général, cantonné dans les utilisations classiques de la chaleur et de l'eau.

Un gros effort scientifique et technique reste à fournir si nous voulons assurer aux générations futures la disposition d'énergie, en quantité et en qualité qui assurera leur bien-être.

Le 26 juin 1964.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] *ASEA's Tidings*, n° 7, 1963.
- [2] BRONGNIART, R.: Perspectives d'avenir de la production d'électricité (*Bul. U.E.E.B.*, décembre, 1956).
- [3] DOYEN, R.: Première centrale électrique nucléaire belge (*Electricité*, nos 109, 110, 111, 1963).
- [4] GILLON, E.: Conversion directe de la chaleur en électricité (*Bul. U.I.Lv.*, septembre, 1961).
- [5] GOLDING, E.W.: World energy resources (*Energy International*, London, March 1964).
- [6] JUSTI, Ed.: Aktuelle Fragen der Gewinnung und Veredelung elektrische Energie (*Mitteil. V.I.K.*, nov. 1957).
- [7] Hochbelastbare Wasserstoff - Diffusion - Electroden (*Acad. Wissensch.*, Mainz, 1958, nr. 8).
- [8] KAYE, J. - WELSH, J.: Direct Conversion of heat to electricity (New-York, 1963).
- [9] MAKINS, R. (Sir): Energie atomique dans le Royaume-Uni (*Revue Ing. et Ind.*, Bruxelles, avril 1964).
- [10] MITCHELL, Will jr: Fuel cells (New-York, 1963).
- [11] SEVETTE, P.: L'économie de l'énergie dans les pays en voie de développement (Paris, 1963).
- [12] Sources nouvelles d'Energie (Conférence de Rome, 1961).
- [13] World Power Conference Survey Resources (1962).
- [14] YELLOT, J.I.: Solar energy report (*Energy*, May 1964).
- [15] YOUNG, G.J.: Fuel cells (London, 1960).

L. Jones. — Utilisation des nivellements dans l'étude des mouvements du sol

1. INTRODUCTION

Une technique de mesure basée sur un principe simple, appliquée au moyen d'opérations simples, exploitée par des calculs simples ne peut rien avoir qui soit spectaculaire. Qu'une telle technique soit très largement utilisée ne lui apportera pas, pour autant, une grande diffusion dans la littérature scientifique. Tel est le destin réservé aux problèmes de nivellement de haute précision. On les ignore généralement, aussi bien que les possibilités qu'offrent les méthodes de nivellement dans la résolution de questions d'ordres divers.

Le nivellement s'intéresse à la mesure d'une seule coordonnée comptée suivant la verticale; il tend à savoir si un point est plus haut ou moins haut qu'un autre: c'est une méthode de mesure relative. Matérialiser un horizon sera la technique d'observation, additionner et soustraire la technique de calcul. Rien de spectaculaire, il est vrai, et pourtant...

Depuis la plus haute antiquité, l'homme a procédé au nivellement. Mais il y a cent ans à peine que l'on parle de nivellement de précision, et cinquante ans que cette précision a pu être considérée comme grande, pour être actuellement extrêmement poussée. Aussi, de nos jours, apparaît un phénomène évolutif bien connu dans d'autres disciplines: on repose la question des définitions fondamentales, on s'interroge sur la nature réelle de la grandeur que l'on mesure, on reste en arrêt devant le mystère du mécanisme des erreurs de mesure entachant les nivellements de précision.

Notre propos n'est pas de développer ces points, d'un intérêt indéniable en géodésie et en géophysique. Nous voulons nous

limiter à l'examen de l'emploi des méthodes de nivellement dans l'étude des mouvements du sol en essayant de faire une synthèse du problème tel qu'il se présente à l'heure actuelle.

2. LE NIVELLEMENT DE PRÉCISION: MOYEN D'INVESTIGATION

Il convient en premier lieu d'examiner les possibilités d'investigation des méthodes dont nous disposons.

2.1 La méthode la plus répandue est celle du nivellement *horizontal* ou *géométrique*. Les instruments utilisés sont le niveau à lame plans-parallèles et les mires à ruban d'invar.

Le niveau le plus récent est dit « à horizontalité automatique de la ligne de visée ». C'est la firme Carl ZEISS qui a brillamment ouvert cette voie avec son modèle Ni2. Fondamentalement, il ne s'est pas agi d'une découverte (le vieux niveau de GOULIER, par exemple, était automatique), mais bien d'une innovation sur les plans de la théorie et de la réalisation mécanique.

En plus d'un gain de rendement quantitatif de l'ordre de 30 %, la vitesse de mesure avec niveau automatique, plus grande qu'avec le niveau classique, favorise la précision. La suppression de la nivelle cylindrique de grande sensibilité, difficile à mettre en station de façon rapide et stable, a éliminé les inconnues qui s'y attachent. Quelle est la théorie complète du fonctionnement d'une nivelle cylindrique? Nous pensons qu'elle n'a jamais été faite. Si elle l'avait été, peut-être aurait-on soulevé le voile qui nous cache le mécanisme des erreurs de nivellement de précision. Il n'est pas inutile de rappeler ici ce qui nous apparaît de ce mécanisme quand on utilise un niveau à nivelle. Les erreurs ont un double aspect: accidentel tout au long du cheminement; systématique sur des tronçons de quelques dizaines de kilomètres et, tout à la fois, accidentel pour le groupement bout à bout de tels tronçons. Aucune des études entreprises pour expliquer ce phénomène n'a abouti à une hypothèse qui ait put être retenue.

Néanmoins, le spécialiste du nivellement horizontal de précision réalise de nos jours, sur le terrain, des observations que l'on

pourrait qualifier « de laboratoire ». Avec le niveau ZEISS Ni2, la précision de lecture, à 30 m, est de l'ordre de 0,05 mm (e.m.q); la dénivelée entre deux points est fixée, en nivellement double, avec une e.m.q. de 0,30 mm/km.

2.2 Une méthode très ancienne, puisqu'il s'agit du niveau à eau, est remise en honneur par les volcanologues. L'Observatoire volcanologique d'Hawaï a construit un « portable water-tube tiltmeter » servant à la surveillance du mouvement des flancs de volcan. Un modèle modifié a été imaginé par l'auteur et construit pour les besoins de l'Institut Géographique Militaire (I.G.M., Service nivellement-gravimétrie) et du Centre national de Volcanologie (C.N.V.). Son emploi à l'Etna, en 1962-1963, a montré que l'on pouvait atteindre une précision d'observation de quelques microns.

2.3 Il est important de souligner qu'il ne faut pas s'illusionner sur les précisions atteintes avec chacune des méthodes ci-dessus. Elles ont tendance à se dégrader sous l'effet de causes inhérentes au milieu dans lequel on travaille. La ligne de visée d'un niveau traverse l'air qui n'est pas un milieu homogène et en équilibre; elle aboutit à une mire dont l'éclairement est variable. Le niveau à eau est, également, mis en œuvre dans un milieu atmosphérique variable, et les lois de la mécanique des fluides règlent le comportement de l'eau du niveau. Disposant de moyens d'observation du centième de millimètre et moins, les conditions de terrain peuvent facilement influencer très défavorablement cette précision.

3. LES APPLICATIONS DU NIVELLEMENT DE PRÉCISION

L'établissement d'un réseau de nivellement de précision est un des éléments qui constituent l'équipement de base d'un pays pour son développement économique et industriel.

L'examen des cartes des réseaux nationaux de nivellement est suggestif à cet égard. La densité du réseau est très généralement en relation directe avec le degré de développement. Si l'on constate que le réseau devient ténu, ou inexistant, on peut en déduire que là commence une région qui n'a pas encore fait

l'objet d'un plan de mise en valeur. Nous constatons ce phénomène chez nous: nos programmes de complètement du réseau (deuxième nivellement général) sont notamment conditionnés par des motifs économiques ou industriels.

La cartographie d'un pays suit la même loi. Le relief représenté par la carte est basé sur le réseau de nivellement, qui en matérialise l'ossature.

Par ailleurs, l'existence de repères de nivellement facilite la réalisation d'un nombre appréciable d'opérations. Citons entre autres: les études de voies de communication, l'implantation de pipe-lines, d'aérodromes, tous les problèmes d'hydraulique, le tracé des lignes de transport de force, les études de génie civil, les levés de prospection minière, etc.

4. LE PROBLÈME DES MOUVEMENTS DU SOL CONSIDÉRÉ DANS SA GÉNÉRALITÉ

Nous nous arrêterons tout d'abord sur chacun des termes: sol - mouvements, car il est indispensable d'en connaître, et le sens que nous leur donnons, et leurs éventuelles implications.

4.1 Il nous semble qu'il existe une conception quelque peu restrictive de l'expression *mouvement du sol*: on envisage immédiatement l'écorce terrestre et des mouvements tectoniques. Certes c'est un problème, et d'envergure. L'Association internationale de Géodésie en a entamé l'étude en constituant une Commission internationale pour l'étude des mouvements récents de l'écorce.

Mais si l'on envisage des portions plus ou moins grandes de la surface topographique, ou des sols non naturels — créés par l'homme —, si l'on envisage également diverses causes possibles de mouvement, on arrive à dénombrer un bon nombre de problèmes de mouvements du sol.

Considérons pour commencer le sol naturel; nous distinguerons:

a) *L'écorce terrestre dans ses ensembles continentaux*. Il faut exclure de notre étude son mouvement périodique de marée terrestre qui ne peut être décelé par des nivellements. Ceux-ci sont

réalisés à la surface, soumise aux effets calorifiques du soleil. Par ailleurs, le mouvement dû aux marées est un mouvement général de montée et de descente et non un mouvement, relatif, de basculement. Il faut évidemment exclure aussi les mouvements horizontaux, la dérive des continents qui est étudiée par des méthodes autres que de nivellement; toutefois, les résultats des recherches sur la dérive des continents, ainsi que ceux sur les mouvements verticaux apparaîtront finalement dans l'étude de synthèse.

Ce qui nous intéresse ici est de répondre aux questions: Un mouvement tectonique existe-t-il? Quelles en sont la, ou les directions et l'amplitude? L'exemple le plus complet d'une telle étude existe en Finlande: outre les nivellements de précision, les Finlandais ont exploité les données des marégraphes installés le long des mers et des lacs, celles de la gravimétrie, de la sismologie et de la géologie.

b) *A une échelle plus restreinte que celle d'un continent* — la centaine de kilomètres, ou quelques dizaines, pour situer une dimension — on peut envisager des mouvements du sol que nous appellerions géologiques. Ainsi en va-t-il des rivages marins (la côte belge par exemple), de certains bassins hydrographiques, de certains grands ensembles bougeant l'un par rapport à l'autre par suite de l'existence de failles importantes (en Amérique du Nord par exemple; ou les graben de l'Afrique centrale).

Un cas particulier important est celui des volcans pour lesquels on étudie les mouvements propres qui pourraient être en relation avec l'activité volcanique.

c) *Les mouvements d'origine minière* font la transition avec la catégorie des sols non naturels. Ce problème n'est pas limité aux bassins charbonniers; il s'étend à toute région dont le sol a été, ou est creusé par l'homme, ou duquel celui-ci extrait des produits liquides ou gazeux.

Passant à l'examen des sols non naturels, nous les définirons comme étant toutes les constructions monumentales érigées par l'homme. Une complexité apparaît du fait que celles-ci peuvent avoir un mouvement propre et que le terrain qui les supporte peut réagir lui-même. On connaît les problèmes de stabilité des

barrages, des très grandes constructions en béton, des digues, des antennes d'interféromètres, etc. On connaît peut-être moins les problèmes de revêtements routiers dont on cherche à étudier les déformations transversales au droit des bandes de roulement; ou ceux qui concernent la réaction des terrains, en profondeur, lorsque disparaît la surcharge du fait du creusement des pentes ou puits d'accès d'un tunnel sous une voie fluviale.

L'énumération qui vient d'être faite est forcément incomplète. Mais elle montre que tous les problèmes de mouvement du sol intéressent n'importe quel pays, qu'il soit hautement développé ou en voie de développement. Et nous avouons être surpris de l'ignorance ou de l'indifférence que l'on constate à leur sujet dans les départements publics qui devraient s'y intéresser. S'il s'agit de mouvements tectoniques, ou géologiques, il conviendrait de songer à ce que sera la situation dans 50, 100, 200 ans et plus, afin de garder les générations futures contre des conséquences qui pourraient être pour le moins désagréables. S'il s'agit de mouvements causés par les travaux de l'homme, il faudrait organiser leur surveillance. Combien de catastrophes auraient pu être évitées si on y avait songé: glissements de terrains, barrages emportés, écroulement d'immeubles, etc. Nous ne pensons pas que la plupart des pays développés soient plus en avance que les autres dans cette question des mouvements du sol. Aberration, à une époque où tout est planifié, calculé, mis sur carte perforée...

4.2 Passons à l'examen du terme: mouvement.

Par le nivellement, on cherche à connaître la fonction

$$z=f(t)$$

où z est la coordonnée comptée sur la verticale, et t le temps. C'est la variation dans le temps de l'altitude. Les seules données d'observation sont, pour des intervalles de temps bien déterminés (t_1-t_0), des intervalles finis (z_1-z_0) affectés d'une certaine erreur moyenne quadratique.

Cette notion s'adresse à l'altitude z d'un seul point. Outre que cela n'a aucun sens pratique (que représente un point?), il n'existe par ailleurs pas de valeur absolue pour l'altitude z . Celle-ci est déterminée par rapport à l'altitude d'un autre point,

ne serait-ce que celle de l'axe de visée de l'instrument. En réalité, on étudie le mouvement possible d'une surface, ou de certaines lignes de celle-ci. Cette surface, ces lignes sont matérialisées par un certain nombre de repères, dont l'altitude est connue initialement à une époque t_0 et surveillée à des époques ultérieures t_i .

L'étendue de la surface, ou des lignes, la rapidité d'exécution de l'opération nivellement qui dépend de nombreux facteurs (moyens disponibles, interruptions fortuites des travaux, etc.), sont des données du problème. Leur caractère adéquat à la solution du problème doit-être lié à l'inconnue que l'on cherche: le mouvement.

En première approximation, on pourra supposer ce mouvement uniforme; mais on ne pourra pas le supposer identique en tous les points de la surface ou des lignes. Il faudra plusieurs réitérations du nivellement avant de pouvoir poser des hypothèses de mouvement qui soient acceptables. Il faudra, en ordre principal, arriver au plus tôt à délimiter les parties de surfaces, ou de lignes, qui se déplacent, chacune, de la même façon afin de n'avoir à traiter que le cas simple de la *figure 1*: l'élément de sol AB occupe successivement les positions $AB_0, AB_1, \dots, AB_i, \dots$. Remarquons que la représentation de A , fixe, n'est qu'un artifice: l'élément AB peut très bien se mouvoir suivant $A_0B_0, A_1B_1, \dots, A_iB_i, \dots$, mouvement que l'on ramène relativement à A supposé fixe. Dans la pratique, connaître le vrai mouvement de A , dont dépend B , sera un cas exceptionnel né d'un heureux concours de circonstances.

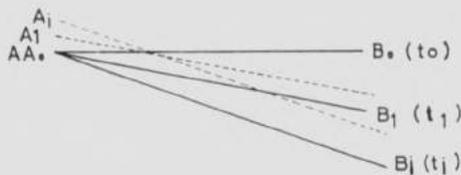


FIG. 1.

Le problème qui nous occupe comporte deux questions:

- a) La durée de l'opération de nivellement est-elle compatible avec la vitesse et l'amplitude du mouvement du sol?
- b) Quel doit-être l'intervalle de temps entre deux nivellements réitérés qui permette de déceler un mouvement du sol?

Nous allons essayer de répondre à ces questions.

a) Dans une région instable, l'opérateur de nivellement horizontal qui chemine le long de ses circuits, mesure des dénivelées en cours de variation. S'il disposait d'un moyen permettant de photographier le relief avec grande précision, la question recevrait une réponse aisée. C'est le cas lorsque, avec la technique actuelle, l'étendue de la région étudiée est faible, ce ne l'est plus lorsqu'elle s'étend sur des dizaines de kilomètres. Dans un travail de longue haleine l'opérateur de nivellement réalise, par jour, 4 à 5 km de cheminement simple, ou 2 à 2,5 km de cheminement aller-retour. S'il doit niveler 80 km, il y consacrera de 35 à 44 jours ouvrables (en supposant un rendement qualitatif de 90 %), c'est-à-dire deux à deux mois et demi calendrier*.

Durant ce temps, le sol a pu bouger d'une quantité qui est, soit inférieure, soit supérieure à la précision avec laquelle le nivellement détermine les différences d'altitude. Un exemple plus parlant est celui du nivellement entre deux points distants d'un kilomètre, où il sera impossible d'obtenir une différence entre aller-retour qui soit inférieure à la tolérance imposée de 1,5 mm, parce que les deux points se déplacent en mouvement relatif de plus de 1,5 mm durant l'intervalle de temps séparant l'aller du retour.

Soit (*fig. 2*) un élément *AB*, de longueur *L* km qui basculerait de ϵ radians entre les époques t_0 et t_1 .

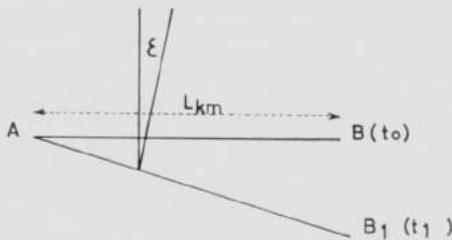


FIG. 2.

* L'expérience de plus de 15 années en Belgique, celle de quelque 6 années en Afrique prouve qu'il faut compter sur une moyenne de 16 à 17 journées de travail effectif par mois/calendrier.

Soit τ mm l'erreur moyenne totale du nivellement. Le point B sera connu par rapport à A avec une précision de

$$\tau \sqrt{L_{\text{km}}} \text{ mm.}$$

La valeur de τ pour un nivellement de haute précision peut être de 2 mm au maximum. Pratiquement, nous obtenons à l'I.G.M. une valeur de 0,30 mm.

Par ailleurs, l'expérience nous a montré que l'on pouvait se contenter, en restant très large, du coefficient 2 pour le critère d'HAYFORD.

Dès lors l'amplitude ε d'un mouvement pouvant influencer un nivellement en cours sera fixé par la relation

$$\begin{aligned} \varepsilon \cdot L_{\text{km}} \cdot 10^6 &> 2 \cdot \tau \sqrt{L_{\text{km}}} \text{ mm} \\ \varepsilon &> 6 \cdot 10^{-7} \cdot L_{\text{km}}^{-\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

Prenons un exemple théorique de mouvement séculaire pour $L_{\text{km}} = 100$. On obtient:

$$\varepsilon > 6 \cdot 10^{-8} = 0''012$$

ou un déplacement de B par rapport à A d'au moins 6 mm.

La durée ($t_i - t_0$) est fixée par celle du nivellement soit, sur la base des données ci-dessus, 3 mois. A notre connaissance, il n'existe pas de mouvement séculaire de cette importance (6 mm en 3 mois); en Finlande, le mouvement est, sur 100 km, de l'ordre du millimètre par an.

Si nous envisageons un autre cas, celui d'un mouvement d'origine minière, s'adressant à une région de 4 km par exemple, nous obtenons:

$$\varepsilon > 3 \cdot 10^{-7} = 0''06$$

ou un déplacement relatif de B de l'ordre du millimètre, pour une durée de 2 jours. Comme nous le verrons au paragraphe suivant un tel mouvement, quoique rare, est possible.

b) On voit donc comment interfèrent les éléments: l'étendue du nivellement, sa précision, sa durée d'une part; l'amplitude et la vitesse du mouvement du sol d'autre part.

Dans l'étude des mouvements séculaires, on appliquera la méthode du nivellement horizontal réitéré à des intervalles de

10 ans et plus. Le coût élevé de l'opération, qui s'adresse à des centaines de km, peut être consenti. Mais sa réalisation fait surgir des problèmes pratiques de programme qui ne sont pas toujours aisés à résoudre.

Dans l'étude de mouvements miniers, l'intervalle de temps entre nivellements réitérés sera plus court: de l'ordre de l'année, parfois du mois.

5. QUELQUES EXEMPLES

Nous avons choisi divers exemples parmi les problèmes que nous avons eu l'occasion d'étudier ou parmi ceux qui ont fait l'objet de publications. Peu importe où ils se situent: en Belgique ou ailleurs, le sol est toujours notre Terre...

5.1 Dans la catégorie des mouvements du sol ayant un caractère tectonique, il convient de citer la Finlande où, depuis la fin du XVII^e siècle, les hommes de science s'y sont intéressés. Le premier nivellement repéré fut exécuté de 1892 à 1910: 2 675 repères jalonnent un réseau de 5 182 km. Un deuxième nivellement, réalisé de 1935 à 1955, qui s'adressait à 6 237 km et 3 731 repères, reprit 3 176 km et 1 500 repères du premier nivellement.

La comparaison de ces deux nivellements, ramenés respectivement aux époques 1900.0 et 1944.0, a permis d'établir une carte des isobases en mm par an (*Fig. 3*). On y peut remarquer que, dans l'ensemble, le mouvement est un basculement du pays dans un azimut NW-SE correspondant à *ca* 1,5 mm par 100 km, ou 0."003 vers le SE.

En Belgique, une étude analogue est en cours depuis 1947. Malheureusement, les matériaux dont nous disposons sont beaucoup moins bons qu'en Finlande, la documentation sur les anciens nivellements étant fort incomplète. Actuellement, les résultats partiels de notre étude convergent vers l'hypothèse d'un basculement du sol belge, dans un azimut SSE-NNW, d'une amplitude de l'ordre de 0"002 par an.

Rappelons ici que le nivellement géométrique n'est pas l'unique procédé d'investigation des mouvements du sol. Mais dans le cas

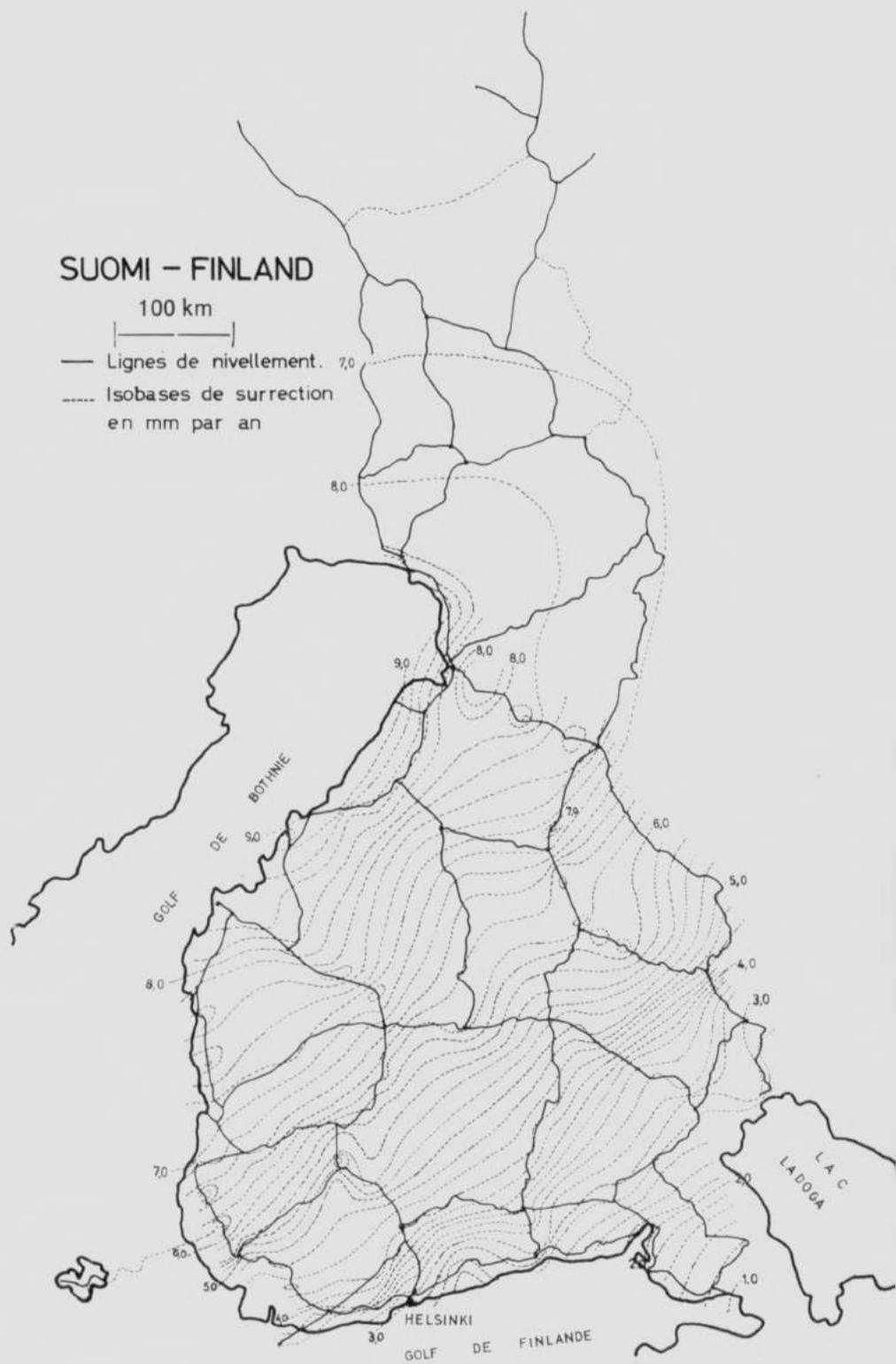


FIG. 3. — Mouvements du sol en Finlande. D'après T.J. KUKKAMÄKI : Symposium on recent crustal movements in Finland (*Fennia* 89, n° 1, Helsinki, 1963).



FIG. 4. — Nivellement géométrique: mise en station de la mire sur borne.



FIG. 5. — Nivellement hydrostatique: pot à eau type IGM/CNV

de l'étude des mouvements séculaires, il apparaît comme étant le procédé le plus sûr quoiqu'ayant des inconvénients d'ordre pratique. Le réseau des repères très étendu ne peut être nivelé qu'au cours de plusieurs années, ce qui représente de gros investissements; l'intervalle de temps entre deux réitérations est forcément grand: l'étude s'étend sur plusieurs générations et, de ce fait, la bonne conservation des archives de nivellement est d'une importance capitale. On n'insistera jamais assez sur ce dernier point: de telles archives font partie intégrante du patrimoine national.

5.2 L'étude d'ensemble des mouvements du sol implique une précaution fondamentale à prendre: au mouvement d'ordre tectonique peuvent se surimposer des mouvements locaux, d'ordre géologique, dont l'amplitude peut être la même, ou plus grande que celle des mouvements séculaires. De tels mouvements doivent faire l'objet d'une surveillance particulière, afin de pouvoir corriger les observations de mouvements séculaires.

Il existe plusieurs cas de mouvements géologiques en Belgique; citons en quelques-uns.

La vallée de la Meuse, de Namur à Givet, où les corrélations entre les résultats de réitérations du nivellement de précision et l'emplacement de failles transversales sont telles qu'une étude plus approfondie de cette région sera indispensable.

La région de Borgloon (entre St-Truiden et Tongeren) est perturbée par des mouvements de l'ordre du millimètre par an.

Le littoral belge pose également un problème. Bien avant qu'une comparaison de nivellements (1948-1892) n'ait fait naître l'hypothèse d'un basculement de la côte belge, le géologue Ch. STEVENS avait déjà signalé des indices de subsidence à l'extrémité NE de la côte. Deux réitérations du nivellement de 1948 — en 1958 et en 1963 — s'adressant à la moitié SE de celle-ci ont fourni des résultats qui confirment l'intérêt de surveiller attentivement le mouvement du littoral belge. Dans l'ensemble il apparaît, de Nieuwpoort à Zeebrugge, un mouvement relatif de basculement (subsidence dans la direction de Zeebrugge) de l'ordre de 47 mm, pour une distance de 43 km et un intervalle de temps de 16 ans; ce qui, traduit en valeur angu-

laire, correspond à 0"014 par an. En supposant un tel mouvement uniforme pour toute la côte belge (ca 75 km), en imaginant son extrémité SW fixe, et en attribuant une pente d'un degré à la plage de l'extrémité NE, il se produirait ici, dans cent ans, une transgression marine de quelque 30 m.

5.3. Il nous paraît intéressant de terminer par quelques exemples de mouvements du sol d'origine minière.

Nombreux sont ceux qui connaissent le cas de l'église de Cuesmes, dans le Borinage (vallée de la Haine): de 1866 à 1952, on enregistre 10,07 m de subsidence. Cette valeur est approchée du fait de la précision discutable du nivellement général de 1866. Par contre, la valeur suivante doit être admise sans réserve:

— 4,952 m, de 1890 à 1952. Dans le cas d'un mouvement uniforme, ces nombres correspondent à 80 à 116 mm par an. Voilà des ordres de grandeur moyens; qu'on en juge par d'autres exemples:

— *Dans le bassin houiller de Campine:*

A Heusden: —1,493 m en 9 ans, soit 166 mm par an (repère Q eg 8);

A Helchteren: —1,104 m en 9 ans, soit 123 mm par an (repère Q el 11);

A Genk: —100 mm par an (repère Q l 5);

A Waterschei: jusqu'à —12 mm par mois (repère Q la 5).

Dans de telles conditions, il devient impossible de publier les altitudes de certains repères. Parfois même le nivellement double (aller-retour) devient un tour de force, pas toujours réalisable!

— *Dans le bassin de Liège:*

La région de Wandre détient une place de choix:

—1,401 m en 3 ans (467 mm par an - repère Scg 7);

—2,003 m en 6 ans (334 mm par an - repère Scg 7);

—0,254 m en 4 mois (0,762 mm par an - repère Sg 12);

—1,292 m en 5 ans (0,258 mm par an - repère Sg 12).

Remarquons dans ce cas le caractère non uniforme du mouvement.

A l'occasion de ces exemples nous voudrions mentionner la qualité de la détermination, par l'Administration belge des Mines, des limites de zones d'influence minière: l'expérience des nivellements nous a toujours montré que cette limite est valable, vers l'extérieur de la zone minière, à moins du kilomètre.

Dans le domaine des mouvements du sol d'origine minière il conviendrait, à notre avis, d'apporter plus d'attention aux méthodes de mesures en sortant de la voie classique. Celle-ci est axée sur le nivellement de précision, réitéré. Chaque nivellement doit être réalisé avec rapidité, sans hiatus dans le temps: il faut travailler même les jours non ouvrables. Dès lors, il est indispensable de mettre en œuvre le maximum d'équipes, et les meilleures: tâche pratiquement malaisée. Aussi faudrait-il concevoir une autre méthode ne présentant pas de tels inconvénients, qui serait plus rapide que le nivellement classique et qui pourrait être automatisée. La solution réside peut-être dans la méthode clinométrique de surface dont nous allons parler.

6. LA MÉTHODE CLINOMÉTRIQUE DE SURFACE

Cette méthode présente des avantages indéniables: les observations ont un caractère statique et n'exigent pas l'immobilisation d'un nombreux personnel; la méthode pourrait être automatisée dans le cas où l'on met en œuvre le nivellement horizontal. Outre cette dernière technique, on peut également utiliser le nivellement hydrostatique. Quant au but poursuivi, il est important de souligner qu'il convient de supposer que la surface restreinte où l'on applique la méthode fait intimement partie d'une région plus étendue qui bougerait en bloc. Il conviendra donc de délimiter, au préalable, de telles régions auxquelles on a donné le nom de panneaux de sol; cela ne sera pas une tâche aisée. Ces considérations s'éclaireront par une description succincte de la méthode.

Une base de clinométrie de surface est constituée de trois bornes (X, Y, Z), sommets d'un triangle équilatéral d'orientation connue, ayant 50 m de côté. Ces bornes (ou piliers) sont con-

struites en dur; leur face supérieure comporte un moyen de fixation des pots à eau (pour le nivellement hydrostatique) et un repère hémisphérique (pour le nivellement horizontal). Les sommets des bornes sont dans un même plan horizontal à ± 5 mm.

Par une méthode de nivellement on mesure périodiquement les dénivelées de borne à borne. Les variations de ces dénivelées dans le temps permettent de calculer les déviations de la normale au plan X, Y, Z, en grandeur et en direction.

Dans le cas du nivellement horizontal, on installe sur chacun des trois repères de borne une mire en invar d'un mètre, dont la mise en station est assurée par des supports obliques (*Fig. 4*) Un niveau automatique est placé au centre du triangle. L'observateur, visant successivement les mires, procède à dix tours d'horizon (durée de l'opération de l'ordre de 40 minutes maximum).

Cette méthode (imaginée par l'I.G.M.) a été appliquée sur l'Etna par le Centre national de Volcanologie (C.N.V.) afin de suivre les mouvements propres de ce volcan. La précision atteinte sur une mesure de dénivelée entre deux sommets est de 0,06 mm (e.m.q.), soit pour 18 cas: 0,014 mm. Les fermetures (X, Y, Z, X) sont de l'ordre de 0,004 mm.

A l'heure actuelle, cette méthode n'est pas encore définitivement au point. Il ne s'agit pas tellement de la technique de mesure, pour laquelle on sait comment l'améliorer encore, mais bien de ce qui a trait à l'exploitation des mesures. En effet, aussi rapidement que l'on exécute les dix tours d'horizon, on n'obtient pas toujours un parallélisme acceptable des trois courbes de lecture X, Y, Z. Certaines de celles-ci sont aberrantes, et devraient être rejetées. Encore faudrait-il, pour ce faire, disposer d'un critère sûr. Celui-ci est certainement en relation avec les effets des conditions atmosphériques: un rayon de soleil par temps couvert, l'effleurement d'une écharpe de nuage sur la ligne de visée, et la mesure peut accuser une modification du 0,1 mm. Il faudrait pouvoir choisir le moment de la séance d'observation: cela n'est pas toujours possible étant donné la périodicité imposée aux séances d'observation et la contingence de les situer aux

époques de même marée terrestre. De nombreuses expériences devront encore être réalisées avant qu'on aboutisse à fixer les conditions d'observation les meilleures.

Le nivellement hydrostatique est en compétition avec le nivellement horizontal. Cette méthode a été utilisée sur l'Etna, par le C.N.V., de 1962 à 1963; elle est en cours d'expérimentation en Belgique. Elle permet d'obtenir une précision dix fois plus grande qu'en nivellement horizontal; mais le nombre de mesures aberrantes, inexplicables, est trop important, ce qui réduit fortement la fiabilité du procédé. Les séances d'observation se situent la nuit, peu avant l'aube. Les pots à eau (*Fig. 5*) A et B, reliés par tube semi-rigide, et tube de pression, sont placés sur un couple de bornes; après la mesure, ils sont intervertis pour éliminer l'erreur de zéro. Cette double mesure est faite chaque fois sur les couples XY, YZ, ZX. Les lectures (2 x 5 séries) sont faites au top, à la même cadence dès que l'équilibre de l'eau est obtenu; elles sont répétées si la différence entre moyennes de chaque série dépasse 0,005 mm. Cette méthode étant en cours d'expérimentation, nous ne nous y étendrons pas plus*.

7. CONCLUSIONS

Après avoir tenté une esquisse des principaux aspects du problème nivellement - mouvements du sol, il est peut-être intéressant de présenter une conception d'un programme de surveillance des mouvements du sol. Celui-ci doit être réalisé, dans chaque pays, par un organisme dont c'est la compétence. Mais il est bien entendu qu'un phénomène naturel ne connaît pas les frontières politiques. Très heureusement, il existe depuis très peu d'années une Commission internationale pour l'étude des mouvements récents de l'écorce: elle aura la tâche de rassembler les données nationales et, très probablement, de coordonner les recherches

* Nous tenons à signaler que ce sont les travaux de l'Observatoire volcanologique d'Hawaï qui nous ont guidés dans l'application de la méthode hydrostatique.

nationales. Ce point étant précisé, examinons la question à l'échelon national.

Le réseau de nivellement de précision constitue l'ossature du système de surveillance des mouvements du sol. En effet, les répétitions de nivellement, occasionnelles ou préméditées, réalisées localement, permettront de délimiter petit à petit les zones *instables* à mouvement propre d'origine géologique ou minière. En dehors d'elles, les zones apparemment stables feront l'objet de nivellements répétés d'envergure, à des intervalles d'une ou plusieurs dizaines d'années, dans le but de déceler, ou de suivre, un mouvement tectonique (de caractère séculaire). Quant aux zones instables, leur nivellement sera répété à des intervalles beaucoup plus courts.

Toute une documentation sera ainsi constituée au cours du temps. Elle ne sera pas limitée aux données numériques issues des nivellements; elle comprendra également des données géophysiques pouvant intéresser le phénomène étudié.

Qu'il s'agisse de zones stables ou instables, la recherche sera notamment orientée vers l'existence possible de panneaux de sol jouant d'un bloc. Ceux-ci devraient dès lors être équipés de bases clinométriques de surface.

Toute la documentation issue des nivellements et des observations géophysiques devra être centralisée et étudiée de façon critique pour aboutir à une représentation sur carte qui permettra de faire apparaître les divers mouvements, leur direction et leur amplitude, et d'en tirer les conclusions, scientifiques ou d'intérêt pratique. Une telle documentation devrait pouvoir être consultée par tous ceux qui entreprennent des travaux auxquels l'existence de mouvements du sol, peut être préjudiciable.

On comprendra dès lors que la surveillance des mouvements du sol doit être une prérogative d'un service officiel. Celui-ci est seul bien habilité à faire procéder à des mesures s'étendant sur tout le pays, à centraliser une documentation provenant de sources diverses, à diffuser largement ses résultats et, surtout, à assurer la continuité de sa tâche au cours des années. On peut à juste titre s'étonner que, dans aucun pays, la surveillance des mouvements du sol ne soit pas organisée, planifiée au même titre que d'autres

activités de recherche. Les raisons en sont, probablement, et l'ignorance de l'intérêt du problème — bien particulier il est vrai — et l'ampleur de l'action qu'il faudrait entreprendre.

C'est sur ce dernier point que nous terminerons cet exposé: l'ampleur du problème des mouvements du sol. Dans ce qui précède nous n'avons fait que l'effleurer, notre but étant limité à en montrer l'intérêt tout à la fois scientifique et pratique. Au demeurant, chacun des points que nous avons cités pourrait faire l'objet d'un exposé substantiel. Puissent un jour les pouvoirs officiels compétents estimer le problème des mouvements du sol suffisamment important pour l'intégrer dans la planification des recherches d'utilité publique.

Le 26 juin 1964.

Institut géographique militaire et
Centre national de Volcanologie.

P. Herrinck. — Possibilités d'utilisation de l'énergie thermique libérée par des explosions nucléaires

Dans l'état actuel de l'évolution technique, l'utilisation d'explosions nucléaires pour la production d'énergie thermique ne pourrait se justifier que par le fait que c'est le seul moyen connu de libérer de l'énergie par fusion nucléaire.

Il ne viendrait, en effet, à l'esprit de personne d'utiliser des explosions de T.N.T. pour faire fonctionner des moteurs, ni d'utiliser l'énergie de fission autrement que par le truchement de réacteurs de puissance dont le prix de revient commence d'ailleurs à devenir compétitif avec les moyens classiques de production d'énergie.

Cette raison fondamentale, liée en outre à des facteurs économiques, oriente les recherches vers l'usage d'engins de grande puissance d'un ordre équivalent à au moins de 200 mégatonnes de T.N.T. Le problème ainsi posé entraîne de très graves difficultés technologiques.

Les expériences réalisées à ce jour ont essentiellement été faites sous terre. La phénoménologie de ces explosions permet de distinguer quatre phases:

- 1) Nucléaire, d'une durée de quelques dizaines de microsecondes;
- 2) Hydrodynamique, au cours de laquelle la très forte pression à la température élevée crée une cavité sphérique en quelques millisecondes;
- 3) Quasi statique, de l'ordre de la minute, pendant laquelle on assiste à l'écoulement des roches fondues le long des parois et à l'écroulement, en général, du toit de la cavité;
- 4) La phase finale se caractérise enfin par la conduction de la chaleur et la décroissance lente des produits radio-actifs.

L'écroulement de la cavité, la difficulté de réaliser des échangeurs de température, l'emploi réitéré de la cavité formée initialement, l'élimination des effluents radio-actifs sont autant de problèmes spécifiques qui restent à résoudre et dont l'ampleur est telle que peu d'espoir est permis d'y voir apporter des solutions.

Pour tourner les difficultés F.B. PORZEL a proposé dès 1958 de réaliser ces explosions dans des enceintes en acier dont les dimensions relativement réduites permettraient leur emploi dans une installation au niveau du sol.

La bombe placée au centre de la sphère serait entourée d'un matériau de forte densité et possédant une chaleur de fusion, d'ébullition et de vaporisation très élevée. Le graphite notamment présente à ce sujet des caractéristiques avantageuses.

L'entassement de ce matériau doit être fait d'une façon très étudiée de manière à permettre, au cours de l'expansion, une transformation rapide de l'énergie mécanique en énergie thermique.

Un premier calcul a montré qu'une explosion d'un kilotonne pourrait être contenue dans une sphère d'environ 6 m de rayon, dont la paroi en acier serait de quelques centimètres seulement.

Pour une explosion 1 000 fois plus puissante, les dimensions ne seraient augmentées que d'un facteur 10.

La compétitivité économique du projet ne peut pas encore être déterminée et dépend encore de trop de facteurs incertains tels que la réutilisation possible des enceintes, l'élimination des produits radio-actifs, etc.

Néanmoins, le projet de PORZEL présente une certaine élégance. Son sort dépendra de l'évolution des machines à fusion à propos desquelles des recherches actives sont menées dans divers laboratoires dans le monde entier, et notamment dans ceux de la Communauté européenne de l'Energie atomique.

Le 26 juin 1964.

P. Grosemans. — Le bilan de 14 années de prospection dans le Bas-Congo

En février 1947, à l'initiative de feu Firmin VAN BRÉE, fut créé un syndicat dénommé: Syndicat de Recherches minières des Bas- et Moyen-Congo, en abrégé « Syndicat BAMOCO ».

Parmi les fondateurs de ce syndicat nous citerons: L'Union minière du Haut-Katanga, la Forminière, la Minière de la Tele, les Ciments du Congo, la Compagnie du Congo pour le Commerce et l'Industrie, la Compagnie minière du Congo occidental et la Société de Recherche minière du Sud-Katanga.

Ce syndicat avait pour objet principal de réaliser la prospection de la région comprise entre la vallée de la Nsele à l'Est et les concessions de la Forminière à l'Ouest (zone hachurée sur la carte annexée) et dont la superficie est d'environ 35 000 km².

Le syndicat institua une mission de prospection dont les opérations se poursuivirent sans interruption de 1947 à la fin de 1960. Au début de 1961, le syndicat fut mis en liquidation.

La région dans laquelle le syndicat devait opérer, comprend de vastes zones très pauvres en affleurements. L'altération superficielle y est profonde, principalement dans les zones en schisto-calcaire et les affleurements y sont généralement localisés dans les lits des ravins. A cet égard, il est à noter que la plupart des découvertes d'indices de minéralisation faites dans le Bas-Congo, ont été réalisées dans le fond des vallées. Ces vallées dans les zones en voie de rajeunissement sont profondément encaissées et un couvert végétal extrêmement dense en rend souvent l'accès et l'exploration difficiles.

En plus des méthodes classiques de prospection, le syndicat a utilisé à titre expérimental diverses méthodes d'exploration géophysique: magnétique, électromagnétique, de résistivité, de polarisation spontanée. En outre, il a utilisé de façon intensive

les méthodes géochimiques pour la reconnaissance de vastes régions afin d'y localiser les endroits éventuellement minéralisés où devaient par après se concentrer les recherches plus approfondies. Etant donné l'altération profonde des formations géologiques de ces régions, particulièrement là où elles sont constituées de schisto-calcaire, l'utilisation de la géochimie pour rechercher les points minéralisés était la seule méthode économique et rapide d'investigation convenant pour l'orientation des prospections par d'autres moyens toujours plus onéreux. A noter aussi quelques essais de prospection aéroportée utilisant la magnétométrie et la scintillométrie, essais qui ont porté sur 1 400 km².

Sans entrer dans le détail des travaux effectués, ce qui nous entraînerait beaucoup trop loin et sortirait du cadre de cet exposé, qu'il nous suffise de citer quelques chiffres pour donner une idée de l'ampleur des moyens mis en œuvre pour mener à bonne fin la tâche qui avait été assignée au syndicat.

Les effectifs de la mission ont été en moyenne de 20 agents européens, dont 4 ingénieurs et de près de 500 travailleurs congolais.

Au cours des travaux de prospection, la mission a foré environ 250 sondages carottés totalisant près de 25 000 mètres. La profondeur de ces sondages a varié entre quelques dizaines et 400 mètres. Plusieurs dizaines de milliers de mètres de petits puits de prospection ont été creusés, soit pour préciser la structure géologique de zones pauvres en affleurement, soit pour rechercher les extensions de minéralisations observées en surface.

Le montant des sommes dépensées au cours de ces 14 années de travaux s'est élevé à 203 millions de francs belges.

Le bilan de cet inventaire minutieux des possibilités minières du Bas-Congo peut alors s'établir comme suit:

1° Localisation et délimitation d'une zone minéralisée en cuivre - plomb - zinc dans la région de Bamba-Kilenda;

2° Découverte de petits gisements de vanadate de plomb dans la région de Kussu;

3° Découverte d'une petite lentille de sulfure de cuivre dans la même région;

4° Découverte d'une minéralisation plombifère dans la région de Toni;

5° Découverte d'une minéralisation cuprifère dans la vallée de la Muka;

6° Découverte d'une série de « chapeaux de fer » minéralisés en vanadate de Cu et de Pb, situés généralement au sommet de collines en schisto-calcaire, notamment dans la région de Luvituku et de la Mangulu;

7° Découverte d'un gisement de latérite bauxitique dans le Mayumbe.

Nous donnerons ci-après un bref commentaire concernant chacune de ces découvertes.

Dans l'énumération ci-dessus, nous n'avons mentionné que les minéralisations qui ont donné lieu à des travaux de développement d'une certaine envergure.

En plus de ces minéralisations, les prospecteurs BAMOCO en ont signalé un certain nombre qui, de toute évidence, ne présentaient qu'un intérêt de curiosité minéralogique.

* * *

Lorsque le syndicat BAMOCO a commencé ses travaux, on connaissait déjà l'existence dans la région de Bamba-Kilenda d'un affleurement cuprifère: il s'agissait d'une lentille de chalcosine massive affleurant dans le lit d'un petit ravin, la Masungu, à proximité du village de Bamba-Kilenda et dont l'extension en surface, après décapage, présentait une longueur de 9,50 m et une épaisseur moyenne de 1,50 m. Bamba-Kilenda est situé à 40 km à vol d'oiseau à l'est de la gare de Madimba.

Partant de cet indice de surface, les travaux exécutés par le syndicat tant en surface qu'en profondeur, au moyen de sondages, puits et galeries, ont délimité une zone minéralisée s'étendant en direction sur 3,5 km et présentant les caractéristiques suivantes:

La minéralisation est étroitement liée à une faille radiale importante à pendage nord très prononcé mettant en contact anormal les formations du schisto-gréseux supérieur avec celles du schisto-gréseux inférieur et du sommet du schisto-calcaire. Le compartiment nord est descendu par rapport au compartiment sud et l'importance du rejet est de l'ordre de plusieurs centaines de mètres. Cette faille affecte le flanc nord d'un bombement anti-

clinal à grand rayon de courbure. Sa direction est *grosso modo* Est-Ouest et elle est minéralisée sporadiquement sur une distance de 3,5 km. Les parties Ouest et centrale sont minéralisées en cuivre et la partie orientale en cuivre, plomb, zinc.

Les travaux de développement très poussés (une section de sondage tous les cent mètres), ont montré que là où la minéralisation a échappé à l'oxydation particulièrement intense qui se manifeste dans la plus grande partie du gisement, celle-ci est alors constituée de sulfures massifs dans la faille associés à une imprégnation sporadique très fine en sulfures dans les grès des épontes, imprégnation qui ne s'étend que sur quelques mètres de part et d'autre de la faille. La nature des sulfures permet d'attribuer à cette minéralisation une origine hydrothermale.

Partout ailleurs les phénomènes d'oxydation sont particulièrement intenses et ont été favorisés par la présence d'une importante nappe aquifère captive située au contact du schisto-calcaire et du schisto-gréseux dans le compartiment sud. La minéralisation se réduit alors à de la limonite pouvant contenir parfois de la minéralisation en plomb - cuivre - zinc sous la forme oxydée.

De plus, dans le compartiment sud, au contact du schisto-calcaire et du schisto-gréseux, on observe souvent des amas de limonite, semblables à des chapeaux de fer, contenant des quantités parfois importantes de cuprite, de cuivre natif et des oxydes de plomb et de zinc. Ces « chapeaux de fer » disparaissent très rapidement lorsque l'on s'éloigne de la faille.

Enfin, les recherches par sondage ont montré que la minéralisation disparaissait complètement au-dessous d'une certaine profondeur: 110 à 120 m.

Un essai d'exploitation souterraine d'assez longue durée a été réalisé.

Finalement ce gisement qui, au fil des travaux de prospection, avait suscité à diverses reprises certains espoirs fut jugé non rentable et les travaux furent définitivement arrêtés en 1956. Cette décision ne fut donc prise qu'après avoir épuisé toutes les possibilités qu'aurait pu présenter ce gisement.

* * *

Parmi les échantillons récoltés par les prospecteurs BAMOCO à proximité du village de Kussu, dans la vallée de la Senge, il

en était un d'aspect très ferrugineux qui, à l'analyse, révéla des teneurs notables en plomb et vanadium. Le village de Kussu se trouve situé à 20 km à l'ouest de la gare de Madimba.

Une recherche par petits puits réalisée sur les flancs de la Senge aboutit rapidement à la découverte d'un banc minéralisé en plomb et vanadium. Ce banc d'allure très lenticulaire se situait au contact du schisto-calcaire et du M'Pioka et se présentait sous l'aspect d'une masse très ferrugineuse dont certaines parties étaient particulièrement riches en plomb et en pentoxyde de vanadium. Les teneurs atteignaient alors 20 à 25 % de Pb et 8 à 10 % de V_2O_5 . Ce gisement a été étudié par descenderie et galeries, puits et sondages: Etant donné sa faible extension, le syndicat a profité de ces travaux de développement pour procéder à son exploitation.

* * *

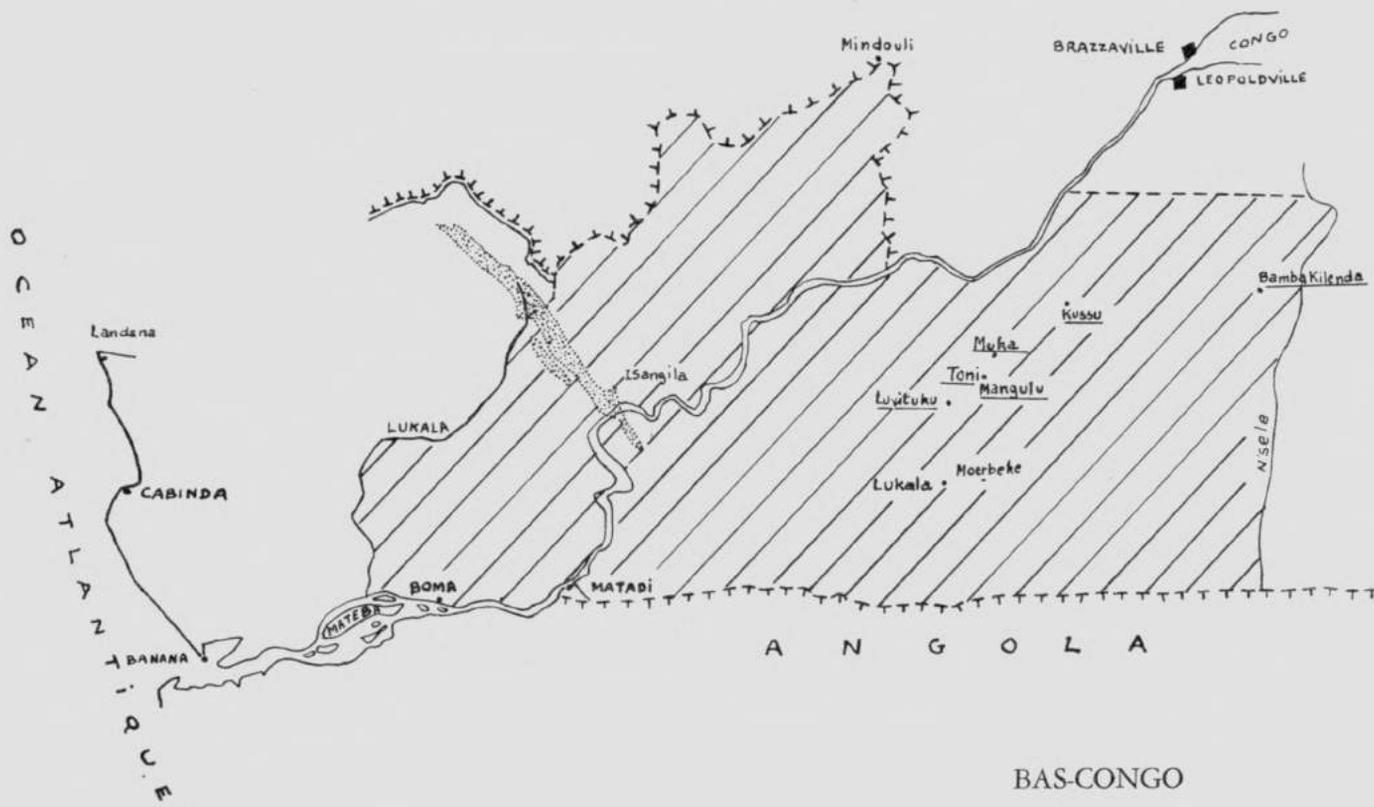
Dans la même région de Kussu, BAMOCO a découvert par la suite plusieurs gisements de même nature que le précédent. Un examen minutieux a cependant montré qu'ils ne présentaient aucun intérêt économique du fait de leur exigüité et de la pauvreté des teneurs en plomb et en vanadium.

* * *

A proximité de ces gisements de vanadate de plomb, les prospecteurs de BAMOCO ont découvert un affleurement de sulfure de cuivre au fond du même ravin de la Senge. L'étude de cet indice a montré qu'il s'agissait d'une très petite lentille de sulfure de cuivre interstratifiée dans le schisto-calcaire et qu'elle ne présentait donc aucun intérêt économique.

Dans la région de Toni, à 35 km au sud-ouest de Kussu, en prospectant le lit d'un petit ruisseau coulant au pied de la colline de Toni, les prospecteurs BAMOCO ont découvert une lentille de galène, s'altérant en cérusite et pyromorphite et affleurant dans le lit de ce ruisseau. Les travaux de développement ont montré que cette lentille n'avait aucune extension. Le sommet de la colline de Toni est couvert de gros blocs de roches silicifiées et cariées. Une prospection géochimique y avait mis en évidence une assez forte anomalie en plomb, coïncidant avec la présence

AFRIQUE EQUATORIALE FRANÇAISE



de ces roches cariées. Des recherches par galeries ont montré que cette anomalie était due à une très faible minéralisation en plomb, ne présentant aucun intérêt économique.

* * *

A quelques kilomètres à l'est de la colline de Toni, les prospecteurs BAMOCO ont découvert au fond du ravin profondément encaissé de la Muka un mince banc de chalcosine intercalé dans des formations appartenant au M'Pioka. Les recherches entreprises à la suite de cette découverte ont montré le caractère très local de cette minéralisation qui de ce fait était dénuée de tout intérêt.

* * *

Au sud-est de Toni, on rencontre, au sommet de collines en schisto-calcaire, des accumulations parfois considérables de blocs de limonite contenant souvent des vanadates de plomb et de cuivre. Des recherches entreprises sur ces « chapeaux de fer » ont montré qu'ils n'avaient pas de racines et que les terrains sous-jacents étaient dénués de toutes minéralisations. Il semble que ces « chapeaux de fer » constituent les résidus abandonnés par le lessivage et l'érosion de petites lentilles minéralisées en sulfures intercalées dans le schisto-calcaire.

Souvent l'érosion de ces « chapeaux de fer » est beaucoup plus avancée et il n'en subsiste alors que quelques blocs, parfois très riches en vanadates de Pb et de Cu, épars sur les flancs des collines ou dans les têtes des ravins qui prennent leur source au pied de ces collines.

* * *

Nous en arrivons finalement aux gisements de latérite bauxitique découverts par BAMOCO dans le Mayumbe. Ces gisements proviennent de l'altération latéritique d'une nappe de roches basiques interstratifiées entre les formations du système de San-sikwa et celles appartenant au système du Haut-Shiloango. La prospection systématique des parties intéressantes de ce gisement (indiqué en pointillé sur la carte annexée) a permis d'évaluer les réserves à 130 millions de tonnes de minerai brut. Ce minerai

ne peut être utilisé tel quel, mais devra subir une opération de lavage en vue d'abaisser sa teneur en silice à un taux acceptable. Les essais effectués à l'échelle semi-industrielle, ont montré par ailleurs que cette opération ne présentait aucune difficulté majeure. De toutes façons, ce minerai lavé ne pourrait être exporté mais conviendrait pour la production d'alumine sur place. A l'époque où la mise en valeur du site d'Inga était envisagée, on prévoyait d'alimenter avec cette alumine une usine d'électrolyse qui aurait été érigée dans le Bas-Congo. Une société d'exploitation avait été constituée fin 1959, société à laquelle ont été apportés les gisements de bauxite du Mayumbe, pour lesquels un permis d'exploitation a été accordé. Cette société a été mise en veilleuse et attend des jours meilleurs pour entreprendre la mise en valeur de ces gisements, qui ne sera possible qu'après l'édification de la centrale hydroélectrique d'Inga.

* * *

Concurremment à ces travaux de prospection générale du Bas-Congo, le syndicat BAMOCO a étudié, pour le compte de sociétés amies, l'exploitabilité de gisements aurifères, alluvionnaires et filoniens, situés dans le Bas-Congo, et sur lesquels ces sociétés détenaient des droits de recherche ou d'exploitation. Ces essais ont amené BAMOCO à la conclusion que l'exploitation de ces gisements n'était pas rentable.

Pour le compte de la Société des Ciments du Congo, une équipe du syndicat BAMOCO a exploré méthodiquement la bande des formations crétacées du Bas-Congo afin d'y rechercher les formations calcaires qui pourraient éventuellement convenir pour l'alimentation d'une cimenterie. Cette prospection a conclu à l'absence de telles formations dans cette région. Pour le compte de la même société, BAMOCO a effectué une campagne de sondages en vue de développer des réserves de calcaire pour l'exploitation de Lukala.

Enfin, il faut signaler que les géologues du syndicat ont effectué, pour le compte de tiers, des études de sites de barrages sur l'Inkisi et sur le Kwilu et que, pour le compte de l'organisme

chargé du projet d'aménagement hydroélectrique du site d'Inga, BAMOCO a effectué une campagne de sondages et des travaux par galeries pour ausculter les sites où l'on prévoyait d'établir le barrage et la centrale.

Au début de 1961, le syndicat a été mis en liquidation.

* * *

En conclusion, si l'on excepte les gisements de bauxite du Mayumbe, dont la valorisation sera difficile et qui de toute façon est liée à la construction de la centrale d'Inga, si l'on excepte aussi le pétrole que l'on pourrait découvrir dans les formations côtières, le ratissage méthodique effectué par le syndicat BAMOCO, avec des moyens importants, a démontré que la région du Bas-Congo ne contenait pas de gisements minéraux présentant un intérêt économique.

Il convient de noter en passant l'importante contribution apportée à nos connaissances sur la géologie du Bas-Congo par les observations réalisées par les géologues et les prospecteurs de BAMOCO.

L'exposé succinct ci-dessus a mis en relief l'importance de la contribution du syndicat BAMOCO dans la mise en valeur de cette région du Bas-Congo. Les sacrifices financiers consentis dans ce but par les syndicataires ont été particulièrement élevés. Ces travaux et ces sacrifices financiers n'ont été que partiellement récompensés par la découverte des gisements de bauxite latéritique du Mayumbe. Malheureusement, la situation troublée qui s'est installée au Congo à la suite de son accession à l'indépendance ne permet pas d'envisager une mise en valeur de ces gisements dans un avenir prévisible.

26 juin 1964.

Séance du 17 juillet 1964

Zitting van 17 juli 1964

Séance du 17 juillet 1964

La séance est ouverte à 14 h 30 par M. C. *Camus*, doyen d'âge.

Sont en outre présents: MM. I. de Magnée, E.-J. Devroey, P. Geulette, L. Tison, J. Van der Straeten, membres titulaires; MM. L. Brison, F. Bultot, P. Grosemans, A. Lederer, E. Roger, A. Rollet, R. Van Ganse, associés; M. J. Charlier, correspondant, ainsi que M. M. Walraet, secrétaire des séances.

Absents et excusés: MM. P. Bourgeois, L. Calembert, F. Campus, M.-E. Denaeyer, R. du Trieu de Terdonck, P. Evrard, L. Jones, E. Mertens de Wilmars, J. Quets, M. van de Putte, R. Vanderlinden.

Réflexions sur l'évolution des dimensions des bateaux

M. A. *Lederer* résume sa communication, intitulée comme ci-dessus, d'où il ressort qu'en raison de l'accroissement considérable du tonnage mondial des pétroliers et minéraliers, les autorités gouvernementales des pays en voie de développement doivent apporter la plus grande attention aux mouillages à prévoir dans les ports et chenaux d'accès.

L'auteur répond aux questions que lui posent MM. C. *Camus*, P. *Geulette* et E. *Roger*.

Sur avis conforme à la Classe, ce travail sera publié dans le *Bulletin* (voir p. 1080).

L'utilisation des traverses en bois pour chemins de fer en pays tropicaux

M. C. *Camus* résume le travail intitulé comme ci-dessus, où il montre pourquoi l'utilisation de traverses métalliques pour

Zitting van 17 juli 1964

De zitting wordt geopend te 14 h 30 door de H. C. Camus, deken van jaren.

Zijn bovendien aanwezig: De HH. I. de Magnée, E.-J. Devroey, P. Geulette, L. Tison, J. Van der Straeten, titelvoerende leden; de HH. L. Brison, F. Bultot, P. Grosemans, A. Lederer, E. Roger, A. Rollet, R. Van Ganse, geassocieerden; de H. J. Charlier, correspondent, alsook de H. M. Walraet, secretaris der zittingen.

Afwezig en verontschuldigd: De HH. P. Bourgeois, L. Calembert, F. Campus, M.-E. Denaeyer, R. du Trieu de Terdonck, P. Evrard, L. Jones, E. Mertens de Wilmars, J. Quets, M. van de Putte, R. Vanderlinden.

« Réflexions sur l'évolution des dimensions des bateaux »

De H. A. Lederer vat zijn mededeling samen getiteld als hierboven, en waaruit blijkt dat ingevolge de belangrijke toename van de wereld-tonnemaat der petroleum- en ertschepen, de regeringsoverheden der ontwikkelingslanden de grootste aandacht dienen te besteden aan de te voorziene ankerplaatsen in de havens en toegangskanalen.

De auteur beantwoordt vervolgens vragen die hem gesteld worden door de HH. C. Camus, P. Geulette en E. Roger.

Op eensluidend advies der Klasse, zal dit werk gepubliceerd worden in de *Mededelingen* (zie blz. 1080).

« L'utilisation des traverses en bois pour chemins de fer en pays tropicaux »

De H. C. Camus vat het werk samen, getiteld als hierboven, en waarin hij aantoont waarom metalen dwarsliggers voor spoor-

chemins de fer tend de plus en plus, en pays tropicaux, à céder le pas à celle de traverses en bois.

L'auteur fournit des informations complémentaires à MM. A. Lederer, L. Brison et E. Roger, après quoi la Classe décide de publier le travail de M. C. Camus dans la collection des *Mémoires in-8°*.

Concours annuel 1964

Après échange de vues, et se ralliant aux conclusions des rapporteurs, M. I. de Magnée et P. Evrard, la Classe décerne le titre de lauréat, avec récompense de 10 000 F, à M. G. MONSEUR, pour son travail en réponse à la 5e question et intitulé: *Contribution à l'étude sédimentologique et génétique du gisement plombo-zincifère de Reocin (Espagne)*.

Cette étude, moyennant remaniements de forme et réduction des figures, qui seront demandés à l'auteur, sera publiée dans la collection des *Mémoires in-8°* de la Classe des Sciences techniques.

Comité secret

Les membres, réunis en comité secret, décident le passage, de la catégorie « correspondant » à la catégorie « associé » de M. Jean Charlier.

Ils constatent ensuite qu'un associé et un correspondant, en dépit de plusieurs rappels, tombent sous l'application des dispositions de l'article 9 des Statuts de l'ARSOM, à savoir:

a) Sera considéré comme *démissionnaire* tout membre, de même que tout associé, qui n'aura assisté à aucune séance pendant deux ans, sans motif d'absence admis par le règlement d'ordre intérieur.

b) Pourra de même être considéré comme *démissionnaire* tout correspondant qui n'aura fait parvenir aucun travail pendant trois ans.

La séance est levée à 16 h 10.

wegen, in tropische landen steeds minder gebruikt worden dan houten dwarsliggers.

De auteur verstrekt nog verdere inlichtingen aan de HH. *A. Lederer*, *L. Brison* en *E. Roger*, waarna de Klasse beslist deze nota te publiceren in de *Verhandelingenreeks in-8°*.

Jaarlijkse wedstrijd 1964

Na een gedachtenwisseling en zich verenigend met de besluiten van de twee verslaggevers, de HH. *I. de Magnée* en *P. Evrard*, beslist de Klasse de titel van laureaat, met beloning van 10 000 F, toe te kennen aan de H. G. MONSEUR, voor zijn werk ingestuurd als antwoord op de 5de vraag en getiteld: *Contribution à l'étude sédimentologique et génétique du gisement plombo-zincifère de Reocin (Espagne)*.

Na herwerking, voor wat de vorm betreft, en beperking van het aantal figuren, waartoe de auteur zal uitgenodigd worden, zal deze studie gepubliceerd worden in de *Verhandelingenreeks in-8°* der Klasse voor Technische Wetenschappen.

Geheim comité

De leden, verenigd in geheim comité, beslissen het overgaan van de categorie „correspondenten” naar de categorie „geassocieerden”, van de H. *Jean Charlier*.

Zij stellen vervolgens vast dat een geassocieerde en een correspondent, niettegenstaande herhaaldelijk aandringen, onder de bepalingen vallen van artikel 9 der Statuten van de K.A.O.W., te weten:

a) Als *ontslagnemer* wordt beschouwd elk lid alsook elk geassocieerde, die gedurende twee jaar geen enkele vergadering bijwoont zonder een door het huishoudelijk reglement aangenomen reden.

b) Als *ontslagnemer* kan eveneens worden beschouwd, elk correspondent, die gedurende drie jaar geen enkel werk ingezonden heeft.

De zitting wordt gesloten te 16 h 10.

A. Lederer. — Réflexions sur l'évolution des dimensions des bateaux

1. INTRODUCTION

Dans une étude publiée en 1958 à l'ARSOM, nous avons analysé les dimensions des navires susceptibles de desservir l'estuaire maritime du Congo, dans le cadre du développement économique possible après la mise en valeur des ressources hydroélectriques du site d'Inga.

L'attention était portée, en particulier, sur les dimensions des navires minéraliers et pétroliers, dont le tirant d'eau pourrait commander le mouillage à prévoir, pour un avenir lointain, dans les passes de navigation de la zone divagante du fleuve Congo.

Les statistiques relatives aux pétroliers étaient arrêtées à la date du 1^{er} janvier 1957 et celles se rapportant aux minéraliers, au 1^{er} novembre 1955.

Il est intéressant de suivre l'évolution de ces deux flottes depuis cette époque, afin de dégager la tendance actuelle et d'en tirer des conclusions.

2. EVOLUTION DE LA FLOTTE DES PÉTROLIERS

Il est utile de rappeler les dimensions des principaux types de tankers en service dans le monde, ainsi que l'évolution de la consommation mondiale de pétrole.

La consommation mondiale d'hydrocarbure n'a cessé de croître par suite de l'augmentation constante de la population de notre planète et aussi parce que la production d'énergie par habitant a augmenté, ce qui est un indice de l'élévation du standard de vie.

Rappelons qu'en 1900 la population mondiale était de un milliard et demi d'habitants, qu'elle était de deux milliards et demi en 1950 et qu'elle a atteint trois milliards au cours de l'année 1963.

TABLEAU I. — Caractéristiques principales de quelques types de pétroliers.

Tonnage dead- weight t. d. w.	Lon- gueur hors tout m	Largeur m	Creux m	Tirant d'eau m	Puis- sance ch e	Vitesse nœuds	Vitesse rotat. tr/min	moteur princ. type
16 600	160,00	20,80	11,90	9,20	9 000	14,5	—	
26 800	188,94	25,83	13,41	10,00	13 800	16,65	119	M
35 560	207,00	27,00	14,40	10,65	16 200	17,0	115	M
45 750	216,40	30,00	15,80	11,43	16 800	16,3	110	M
56 300	236,22	32,26	16,23	12,08	18 900	16,5	110	M
65 000	235,45	35,40	16,85	12,20	19 000	16,7	—	T
80 600	259,32	35,50	18,40	13,97	24 350	16,5	102	T
91 600	262,50	38,10	19,05	14,59	26 870	17,5	108,5	T
106 568	285,00	39,90	—	14,70	26 000	17,75	—	T
132 334	291,00	43,00	22,20	16,40	28 000	16,25	105	T

La consommation du pétrole a évolué comme l'indique le *tableau II*.

TABLEAU II. — Evolution de la consommation mondiale de pétrole.

Années	Millions de tonnes	Années	Millions de tonnes
1900	20	1956	828
1938	255	1957	862
1950	540	1958	913
1952	613	1959	980
1953	653	1960	1 059
1954	682	1961	1 122
1955	762	1962	1 216

En dix années, la consommation mondiale a doublé, alors que la population a augmenté de quelque 20 % seulement.

Ce développement spectaculaire de la consommation a exigé une importante flotte pétrolière, car les centres de production sont, pour la plupart, éloignés des centres d'utilisation.

Le *tableau III* donne l'évolution du port en lourd total de la flotte mondiale. Les tonnages se rapportent aux pétroliers de plus de 2 000 G.R.T. (soit environ 3 100 t.d.w.) et sont arrêtés à la date du 1^{er} janvier, sauf pour l'année 1939 dont le tonnage est donné au 1^{er} juillet.

TABLEAU III. — Evolution du port en lourd de la flotte pétrolière.

Années	Tonnes <i>deadweight</i>	Années	Tonnes <i>deadweight</i>
1939	16 078 000	1960	62 658 000
1956	41 623 000	1961	65 750 000
1957	45 704 000	1962	68 859 000
1958	50 425 000	1963	72 733 000
1959	56 641 000	1964	78 092 000

Mais en même temps que le port en lourd global augmentait, le tonnage unitaire des tankers a évolué vers le gigantisme. En 1950, on considérait un pétrolier de plus de 26 000 t.d.w. comme un supertanker; successivement, ce qualificatif a été réservé en 1955 aux bateaux de 45 000 t.d.w. et actuellement, à ceux de 65 000 t.d.w. On en vient même à parler de *mammoth tanker* lorsqu'il s'agit de pétroliers exceptionnels comme le *Nissho Maru*, par exemple, d'un port en lourd de 132 334 t.d.w. et mis en service au Japon en octobre 1962.

Cette tendance vers les tonnages élevés, dont nous reparlerons plus en détail, a pour raison la réduction du prix de revient du transport d'une tonne d'hydrocarbure et, dans une moindre mesure, du coût de construction de la tonne *deadweight* avec le tonnage croissant du navire.

Le diagramme, reproduit à la *fig. 1*, donne la variation relative de ces deux éléments, en choisissant comme unité de référence un tanker de 26 000 t.d.w.

Le coût de transport d'une tonne d'hydrocarbure par un navire de 100 000 t.d.w ne représente que 60 % de celui obtenu avec le tanker de 26 000 t.d.w., tandis qu'il vaut 150 % lorsqu'on utilise un navire de 16 600 t.d.w. filant 14,5 nœuds, cette unité étant le tanker T-2 construit pendant la dernière guerre

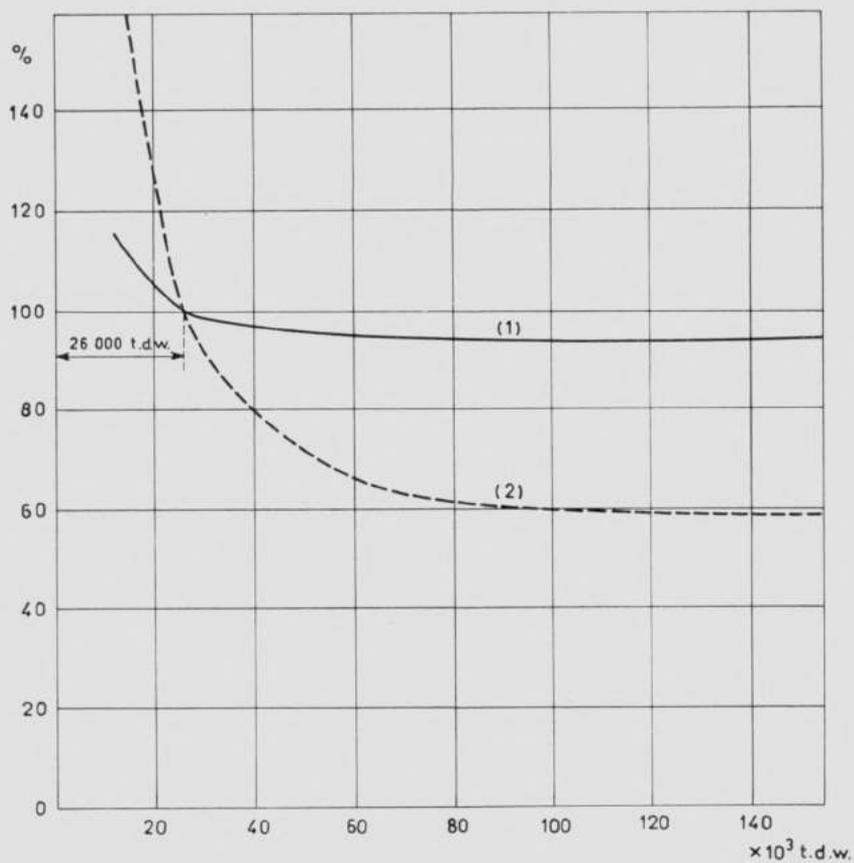


Fig. 1

et qui est souvent cité également comme base de comparaison dans les statistiques.

La vitesse moyenne des tankers en service est située entre 15 et 16 nœuds, davantage même pour les plus grands navires.

L'âge moyen de la flotte pétrolière est peu élevé; au 1^{er} janvier 1963, il était de 7 ans et 8 mois. Le *tableau IV* donne à la même date et au 1^{er} janvier 1964, la répartition de cette flotte par tranche d'ancienneté.

TABLEAU IV. — Age de la flotte de tankers de plus de 2 000 t.d.w.

Au 1 ^{er} janvier 1963			Au 1 ^{er} janvier 1964		
Année de constr.	Deadweight	%	Année de constr.	Deadweight	%
Avant 1933	923 400	1,31	Avant 1940	1 503 215	1,9
1933/37	431 400	0,61	1940/45	6 359 846	8,1
1938/42	1 514 800	2,15	1946/50	4 600 600	5,9
1943/47	8 293 000	11,79	1951/55	16 692 464	21,4
1948/52	8 646 800	12,29	1956/60	29 687 331	38,0
1953/57	20 931 200	29,76	1961/63	19 249 027	24,7
1958/62	29 611 400	42,09			

A la date du 1^{er} janvier 1957, la flotte mondiale de pétroliers avait une capacité de 45 704 000 t.d.w.; au 1^{er} janvier 1964, elle atteignait 78 092 000 t.d.w. (1).

Cette augmentation de tonnage est impressionnante, mais celle du tonnage moyen des unités l'est encore bien d'avantage. Nous donnons les renseignements relatifs au tonnage moyen des unités mises en service pendant les quatre dernières années écoulées.

En trois ans, le tonnage moyen des pétroliers lancés dans le monde a augmenté de 20 000 t.d.w. environ.

Quelques autres chiffres illustrent cette augmentation du tonnage moyen des unités de la flotte pétrolière mondiale.

Le tonnage moyen des pétroliers lancés au cours du 2^e semestre de 1963, s'élève à 55 337 t.d.w., alors que celui des mêmes

(1) La répartition de ce tonnage par pavillon est donnée à l'Annexe 2.

unités en service est seulement de 24 821 t.d.w. à la date du 1^{er} janvier 1963.

TABLEAU V. — Evolution du tonnage moyen, par semestre, des pétroliers lancés depuis 1960.

Semestre	Tonnage moyen	Semestre	Tonnage moyen
1 ^{er} sem. 1960	34 200 t.d.w.	1 ^{er} sem. 1962	43 550 t.d.w.
2 ^e sem. 1960	35 600 t.d.w.	2 ^e sem. 1962	44 709 t.d.w.
1 ^{er} sem. 1961	35 675 t.d.w.	1 ^{er} sem. 1963	52 763 t.d.w.
2 ^e sem. 1961	38 470 t.d.w.	2 ^e sem. 1963	55 337 t.d.w.

Du 1^{er} janvier 1957 au 1^{er} janvier 1963, la flotte mondiale pétrolière a augmenté en nombre de navire de 10,3 % et en tonnage de 59 %.

A la fin de l'année 1957, la flotte mondiale pétrolière comportait 45 % de navires de moins de 17 000 t.d.w., alors qu'à la fin de 1962 ce type de navire ne représente plus que 20 % des mêmes unités.

A la fin de 1957, les tankers de 30 000 t.d.w. et plus représentaient 18,5 % du tonnage mondial des pétroliers, alors qu'à la fin de 1962, ils constituent 45,6 % de ce total.

On peut se demander si le tonnage unitaire moyen des tankers est en voie de se stabiliser. Pour cela, il est utile d'examiner les commandes au 1^{er} janvier 1964.

Alors qu'au cours de l'année 1963, on a livré 5 820 000 t.d.w. de flotte pétrolière d'un tonnage unitaire moyen de 54 000 t.d.w. environ, il y avait en commande au 1^{er} janvier 1964 un total de 330 tankers d'une capacité globale de 17 832 000 t.d.w., soit d'un tonnage moyen de 54 000 t.d.w. également. Ceci pourrait faire croire à une stabilisation du tonnage moyen commandé, mais avec comme conséquence une augmentation du tonnage moyen des unités en service pour les années à venir. En effet, le tonnage moyen des unités en commande est plus du double de celui des unités en service.

Les 330 tankers en commande au 1^{er} janvier 1964 se répartissent en 218 unités de plus de 50 000 t.d.w., 44 unités com-

prises entre 35 000 et 49 999 t.d.w., 30 comprises entre 20 000 et 34 999 t.d.w., 38 de moins de 20 000 t.d.w.

Il est intéressant de comparer par catégories de dimensions le nombre d'unités lancées et en service avec celles en construction et en commande.

Cette comparaison est donnée au *tableau VI*.

TABLEAU VI. — Répartition des pétroliers par tranches de tonnage unitaire au 1^{er} janvier 1964.

Tonnage unitaire t.d.w.	Nombre d'unités en service et lancées	Nombre d'unités en construction et en commande
7 000 à 9 999	85	3
10 000 à 11 999	95	13
11 000 à 13 999	199	1
14 000 à 15 999	143	2
16 000 à 17 999	478	1
18 000 à 19 999	509	18
20 000 à 24 999	279	26
25 000 à 29 999	229	3
30 000 à 34 999	300	1
35 000 à 39 999	143	10
40 000 à 49 999	278	34
50 000 à 74 999	144	169
75 000 et plus	38	49

Il est à remarquer qu'il y a plus de navires d'un tonnage supérieure à 50 000 t.d.w. en construction et en commande qu'il n'y en a de lancés et en service. D'ailleurs, les 2/3 du nombre des unités en construction ou en commande sont également de cette catégorie.

Dans les revues techniques, on fait remarquer également qu'il y a au 1^{er} janvier 1964 en commande, 7 tankers d'un tonnage supérieur à 100 000 t.d.w., alors que seules 4 unités de cette catégorie sont en service (2).

(2) Au 15 mai 1964, il y avait en construction et en commande 16 tankers d'un tonnage égal ou supérieur à 100 000 t.d.w.; la liste de ces unités est reprise à l'Annexe 1.

D'autre part, en six mois, du 1^{er} juillet 1963 au 1^{er} janvier 1964, le nombre de pétroliers en commande, dont le tonnage est compris entre 60 000 et 75 000 t.d.w., a passé de 54 à 84.

Un armement norvégien a commandé, à la fin janvier 1964, deux pétroliers à moteur de 132 000 t.d.w. et, au cours du mois de mai 1964, un armement japonais a passé la commande de deux tankers à turbine de 152 000 t.d.w. Ce seront les plus grands navires du monde. D'ailleurs, les chantiers nippons ne cessent de s'équiper pour navires de tonnage croissant. Le Japon compte à l'heure actuelle trois cales de construction pour navires de 160 000 t.d.w. et deux autres pour navires de 150 000 t.d.w.

Tout ceci prouve que la faveur dont jouissent les super-tankers n'est pas près de disparaître.

Ces grands pétroliers ne peuvent évidemment pas traverser le canal de Suez, dont le tirant d'eau autorisé sera porté à 38' en 1964, ouvrant ainsi cette voie aux unités de 45 000 t.d.w. à plein chargement. Mais avec un tanker de tonnage suffisant, il ne coûte pas plus cher de contourner le cap de Bonne Espérance que de franchir le canal de Suez avec un chargement partiel, car cette voie exige le respect du tirant d'eau autorisé et le paiement d'un droit de passage élevé.

Mais il est une autre modification survenue ces dernières années dans la conception des grands navires et en particulier des tankers. Elle se rapporte à l'appareil propulsif. Le moteur Diesel connaît, ces toutes dernières années, une faveur grandissante pour ce genre d'unité.

Le *tableau VII* donne la répartition en turbiniers et en motor-boats pour les pétroliers en commande et en construction à la date du 1^{er} janvier 1963 et au 1^{er} mai de la même année. Les pétroliers y sont répartis par tranches de tonnage *deadweight*.

Il y a 10 ans, on ne pouvait propulser un navire de 45 000 t.d.w. par un seul moteur Diesel; au 1^{er} mai 1963, il y a en commande 95 tankers à moteur d'un tonnage égal ou supérieur et 104 en service.

Les deux plus grands pétroliers à moteur en service sont le *Olympus* de 75 145 t.d.w. propulsé par un moteur de 25 200 ch e et un tanker italien de 87 400 t.d.w. et 25 200 ch e livré en 1963; ils seront dépassés en 1965 par deux tankers norvégiens

à moteur, d'une capacité de 100 000 t.d.w. et d'une puissance de 21 000 ch e. Ce même armement vient de commander en 1964, deux autres tankers à moteur de 130 000 t.d.w. à livrer en 1966.

TABLEAU VII. — Répartition des tankers en construction et en commande par tranches de tonnage d'après le type d'appareil propulsif.

Tranches de tonnage t.d.w.	Au 1 ^{er} janvier 1963			Au 1 ^{er} mai 1963		
	Diesel	Turbine	Total	Diesel	Turbine	Total
10 000 à 15 000	6	—	6	6	—	6
15 000 à 20 000	19	2	21	20	2	22
20 000 à 25 000	11	—	11	17	—	17
25 000 à 30 000	—	9	9	—	9	9
30 000 à 35 000	5	6	11	6	6	12
35 000 à 40 000	18	2	20	18	2	20
40 000 à 45 000	7	4	11	8	4	12
45 000 à 50 000	17	36	53	21	36	57
50 000 à 55 000	16	37	53	21	46	67
55 000 à 60 000	22	8	30	32	23	55
60 000 à 65 000	2	2	4	7	4	11
65 000 à 70 000	2	113	115	3	23	26
70 000 à 75 000	1	4	5	3	4	7
75 000 à 80 000	—	1	1	—	1	1
80 000 à 85 000	5	7	12	5	7	12
85 000 à 90 000	1	4	5	1	6	7
90 000 à 95 000	—	8	8	—	8	8
95 000 à 100 000	—	—	—	—	2	2
100 000	1	2	3	2	2	4
130 000	—	1	1	—	1	1
Total	133	146	279	170	186	356

Rappelons que le *Nissho Maru* est le plus grand tanker à turbine en service; sa capacité est de 132 334 t.d.w. et sa puissance en pointe de 28 000 ch et en service continu de 25 200 ch.

L'examen du *tableau VII* fait apparaître que pour les forts tonnages, la turbine à vapeur a connu longtemps une très grande vogue. C'est ainsi que le pourcentage du tonnage des tankers propulsé à vapeur n'a cessé de croître depuis 1953, en même temps que la taille moyenne de ces unités. Le *tableau VIII*

donne la répartition de la flotte pétrolière entre ces deux types d'appareil propulsif.

TABLEAU VIII. — Répartition des tankers à propulsion à vapeur et à moteur en pour-cent du tonnage.

Année	Propulsion à		Année	Propulsion à	
	Vapeur	Diesel		Vapeur	Diesel
1925	92,2	7,8	1953	50,4	49,6
1930	71,4	28,6	1958	54,7	45,3
1935	57,8	42,2	1960	58,1	41,9
1939	47,1	52,9	1961	59,1	40,9
1948	63,4	36,6			

Toutefois, les progrès réalisés en matière de construction de moteur Diesel, pourraient modifier la situation dans les années à venir. En effet, en 1963 le pourcentage du tonnage des pétroliers livrés avec propulsion à vapeur, s'élevait à 60,7 % contre 39,3 % pour ceux à moteur Diesel; cependant, la même année, le tonnage des pétroliers commandés dans les chantiers, se répartissait en 65 % pour les tankers à moteur Diesel et 35 % pour ceux à turbine à vapeur.

3. EVOLUTION DE LA FLOTTE DES MINÉRALIERS

Ci-après, le *tableau IX* rappelle les dimensions principales de quelques grands types de minéraliers.

TABLEAU IX. — Caractéristiques principales de quelques types de minéraliers.

Tonnes <i>deadweight</i>	Longueur hors tout	Largeur	Creux	Tirant d'eau	Puissance	Vitesse
t.d.w.	m	m	m	m	che	nœuds
8 500	122,00	17,00	10,05	7,65	3 000	12,0
19 350	152,40	21,49	13,20	9,65	7 200	14,0
24 250	177,70	23,77	14,30	10,43	9 900	16,0
30 000	189,00	24,96	15,10	10,36	10 350	15,3
43 560	230,00	30,00	16,20	11,10	12 600	15,8
59 200	215,50	35,40	—	11,40	17 000	14,0
66 810	259,00	32,20	20,50	13,41	24 000	17,1

La flotte minéralière a connu un développement encore plus spectaculaire que celle des tankers; inexistante à la fin de la guerre, embryonnaire en 1954, elle frise les 20 millions de tonnes au début de 1964. Le *tableau X* donne les étapes de son développement.

TABLEAU X. — Evolution du tonnage de la flotte minéralière.

Dates	Tonnage <i>deadweight</i>	Nombre d'unités	t.d.w. moyen
1 ^{er} janvier 1954	607 000	42	14 400
1 ^{er} janvier 1955	1 113 000	66	16 850
1 ^{er} janvier 1961	8 711 000		
1 ^{er} janvier 1963	15 014 000	756	19 900
1 ^{er} juillet 1963	17 062 000	840	20 300
1 ^{er} janvier 1964	19 514 000	920	21 200

Ainsi, en trois ans, le tonnage de la flotte minéralière a augmenté de 125 %. Et encore, à ces tonnages, il faudrait ajouter les anciens pétroliers désaffectés et transformés en minéraliers; en 1963, les unités de cette catégorie totalisaient 2 398 000 t.d.w.

Il existe différents types de navires classés dans la catégorie des minéraliers. Les minéraliers proprement dits, appelés *ore-carrier*, conçus pour le transport de minerais de forte densité et les bateaux destinés à des transports en vrac, tels que charbon, grain, etc. appelés *bulk-carrier*. Les deux types peuvent être construits pour des transports mixtes: vrac ou hydrocarbure. Ces bateaux mixtes connaissent une vogue croissante. Le *tableau XI* donne la répartition de la flotte minéralière entre ces différents types de transporteurs.

Il est également intéressant de connaître la répartition de la flotte minéralière par tranche de tonnage. Elle est donnée au *tableau XII* à la date du 1^{er} juillet 1963 et au 1^{er} janvier 1964, afin d'en mieux suivre l'évolution.

Au 1^{er} janvier 1964, la dernière tranche de tonnage comprend 21 unités de plus de 50 000 t.d.w. et d'une capacité globale de 1 194 000 t.d.w., représentant 6,1 % du tonnage total de la flotte minéralière.

TABLEAU XI. — Répartition de la flotte minéralière par type de transporteurs.

Type de transporteurs	Nombre d'unités	Tonnage <i>deadweight</i>	Tonnage moyen
<i>Bulk-carrier</i> complet	490	9 587 000	19 550
<i>Bulk-carrier</i> citerne mixte	123	2 450 000	19 900
Total <i>bulk-carrier</i>	613	12 037 000	19 650
<i>Ore-carrier</i> complet	233	5 227 000	22 500
<i>Ore-carrier</i> -citerne mixte	74	2 250 000	30 400
Total <i>Ore-carrier</i>	307	7 477 000	24 400
Total flotte minéralière	920	19 514 000	21 200

TABLEAU XII. — Répartition des minéraliers en service par tranches de tonnage.

Tranche de tonnage t.d.w.	Au 1 ^{er} juillet 1963			Au 1 ^{er} janvier 1964		
	Nombre de navires	Tonnage <i>deadweight</i>	% du tonnage	Nombre de navires	Tonnage <i>deadweight</i>	% du tonnage
10 000 à 13 999	135	1 541 000	9,0	126	1 443 000	7,4
14 000 à 17 999	280	4 347 000	26,0	288	4 566 000	23,4
18 000 à 24 999	284	6 021 000	35,3	325	6 923 000	35,5
25 000 à 29 999	49	1 323 000	7,8	61	1 650 000	8,5
30 000 à 39 999	55	1 881 000	11,0	70	2 389 000	12,2
40 000 et plus	37	1 859 000	10,9	50	2 543 000	13,0
Total	840	17 062 000	100,0	920	19 514 000	100,0

Au début de 1955, il n'y avait que trois minéraliers de plus de 30 000 t.d.w. en service; actuellement, il y en a 120.

En six mois, la tranche des unités de plus de 30 000 t.d.w. passe de 21,9 % à 25,2 % du tonnage total de la flotte minéralière. Par contre, le nombre de bateaux du plus faible tonnage a diminué de neuf unités.

L'ensemble des minéraliers chargeant au maximum 24 999 t.d.w. qui représentaient 70,3 % du tonnage au 1^{er} juillet 1963, n'en représentent plus que 66,3 % au 1^{er} janvier 1964.

Cette flotte est très jeune et la répartition par tranche d'ancienneté à la date du 1^{er} janvier 1964, est reprise au *tableau XIII*.

TABLEAU XIII. — Age de la flotte mini rali re.

Année de construction	Nombre de bateaux	Tonnage <i>deadweight</i>	Pour-cent de la flotte
Avant 1940	26	364 000	1,9
1940-45	117	2 107 000	10,8
1946-50	36	632 000	3,2
1951-55	65	1 347 000	6,9
1956-60	318	6 365 000	32,6
1961	100	2 117 000	10,8
1962	120	2 860 000	14,7
1963	138	3 722 000	19,1
Total	920	19 514 000	100,0

On constate que 44,6 % de la flotte mini rali re n'a pas encore trois années d'âge et que plus des trois quarts du tonnage a été construit ces huit dernières années.

Afin d'étudier la tendance pour les prochaines années, le *tableau XIV* ci-après donne la répartition par tranches de tonnage des mini raliers en commande au 1^{er} juillet 1963 et au 1^{er} janvier 1964.

En six mois, le tonnage des mini raliers inscrit dans les carnets de commande passe de 4 145 000 t.d.w.   5 857 000 t.d.w. et, au 1^{er} janvier 1964, les commandes représentent 30 % de la flotte mini rali re en service, ce qui est énorme.

Au 1^{er} janvier 1964, le tiers du tonnage en commande est constitué par des unités de moins de 30 000 t.d.w., un autre tiers comprend des unités de 30 000 t.d.w.   40 000 t.d.w. et le troisième tiers ne comporte que des unités de plus de 40 000 t.d.w.

Alors qu'au 1^{er} janvier 1962, 45 % du tonnage en commande est constitué par des unités de moins de 25 000 t.d.w., au début de 1964, ce même type ne représente plus qu'une tranche de 22,7 %, soit d'une importance réduite de moitié.

TABEAU XIV. — Répartition des minéraliers en commande par tranches de tonnage.

Tranche de tonnage t.d.w.	1 ^{er} juillet 1963			1 ^{er} janvier 1964		
	Nombre de navires	Tonnage <i>deadweight</i>	% du tonnage	Nombre de navires	Tonnage <i>deadweight</i>	% du tonnage
10 000 à 13 999		45 000	1,1	2	25 000	0,4
14 000 à 17 999		94 000	2,3	8	125 000	2,1
18 000 à 24 999		933 000	22,5	55	1 182 000	20,2
25 000 à 29 999		331 000	8,0	20	553 000	9,5
30 000 à 39 999		1 000 000	24,1	59	1 963 000	33,5
40 000 et plus		1 742 000	42,1	37	2 009 000	34,3
Total	127	4 145 000	100,0	181	5 857 000	100,0

Le tonnage moyen des unités en service au 1^{er} janvier 1964, est de 21 200 t.d.w., mais celui des unités en commande atteint 32 300 t.d.w. contre 32 700 t.d.w. à la date du 1^{er} juillet 1963.

Le tonnage moyen des unités en commande semble donc se stabiliser actuellement vers les 32 500 t.d.w., mais comme il est de 50 % supérieur à celui des unités en service, le tonnage moyen des minéraliers augmentera encore sensiblement ces prochaines années.

D'ailleurs, le tonnage moyen des unités mises en service a fortement augmenté ces dernières années; il était de 21 500 t.d.w. en 1961, de 24 000 t.d.w. en 1962, de 27 100 t.d.w. en 1963 et il dépassera largement les 30 000 t.d.w. en 1964.

Toutefois, le rythme d'accroissement de la flotte minéralière semble devoir perdre son caractère explosif et se stabiliser; en effet, au 1^{er} janvier 1962, le tonnage *deadweight* des unités en commande s'élevait à 7 018 000 t.d.w.; il n'était plus que de 5 694 000 t.d.w. (194 unités) au 1^{er} janvier 1963, pour revenir toutefois à 5 857 000 t.d.w. le 1^{er} janvier 1964.

La vitesse des minéraliers est comprise normalement entre 13 et 17 nœuds, avec un moyenne de 14,1 nœuds pour l'ensemble de cette flotte.

Dans le courant de l'année 1963, on a mis en service de nombreux minéraliers d'une vitesse de 16 nœuds.

Le moteur Diesel connaît également une faveur grandissante dans cette flotte. En 1962, 65 % du tonnage était propulsé par moteur Diesel, contre 66 % en 1963 et 67 % en 1964.

Trois pays utilisent généralement les turbines; ce sont les Etats-Unis, la Grèce et le Liberia. Tous les autres ont une préférence très marquée pour le moteur Diesel.

La flotte minéralière, comme celle des tankers, connaît un développement prodigieux et le tonnage moyen, donc le tirant d'eau, est plus élevé chaque année. Le tirant d'eau moyen de cette flotte qui était de 9,30 m au 1^{er} janvier 1963, s'élevait à 9,40 m un an après. Mais les deux tiers du tonnage qui sera mis en ligne dans les toutes prochaines années calera 10,50 m et d'avantage.

4. EVOLUTION DU MODE DE PROPULSION

Depuis qu'on construit de grands navires, l'appareil de propulsion a subi une évolution profonde, conséquence des progrès de la technique.

Entre les deux guerres, il était courant, par souci de sécurité, de construire les grands navires de mer à deux lignes d'arbre, même lorsqu'ils étaient équipés de machines alternatives à vapeur.

Dès la fin de la deuxième guerre mondiale, les navires sont normalement propulsés par une turbine ou par un moteur Diesel unique accouplé à une hélice, sauf lorsque la puissance est si élevée qu'elle ne peut plus être absorbée par un seul propulseur.

La solution de l'hélice unique est très avantageuse. Les frais d'installation, d'entretien et d'équipage sont moins élevés et, de plus, le propulseur travaille dans de meilleures conditions, se trouvant derrière la carène dans la zone du plus grand sillage, ce qui n'est pas le cas lorsqu'il y a deux hélices. On estime généralement qu'on a un gain de puissance de 4 % avec l'hélice unique.

Une amélioration des formes arrières a d'ailleurs été apportée pour tirer le meilleur parti possible du sillage. Autrefois, par les essais sur modèle, on recherchait les formes qui donnaient le minimum de résistance à l'avancement; on était conduit à adopter pour l'avant des couples en U et pour l'arrière des couples en V. Actuellement, on recherche les formes qui exigent le minimum de puissance de propulsion pour la vitesse de service. On y arrive par l'augmentation du sillage, au moyen de lignes arrières plus pleines vers le bas, en adoptant des couples modérément en U, au lieu de ceux en V; mais ceci est une question de mesure, car il faut éviter d'augmenter la résistance à l'avancement de façon abusive.

En Europe, et aux Etats-Unis surtout, il était de pratique courante avant-guerre d'utiliser la turbine à vapeur pour les puissances supérieures à 5 000 ch e; pour les puissances inférieures, la machine à vapeur et le moteur Diesel se partageaient le marché, ce dernier connaissant une faveur toujours grandissante auprès des armateurs.

A l'origine, la turbine de Parsons qui équipait les grands navires, conduisait à un rendement de propulsion médiocre. En effet, elle était accouplée directement à l'arbre de couche, si bien qu'il fallait s'arrêter à un compromis pour la vitesse de rotation; celle-ci était trop élevée pour tirer un bon rendement de l'hélice et trop basse pour la turbine, dont les dimensions étaient fort grandes.

Dans un stade intermédiaire, un réducteur de vitesse à simple réduction était intercalé entre la turbine et l'arbre de couche, ce qui constituait déjà un notable progrès. Mais un pas en avant a été accompli avec le réducteur à double réduction qui, actuellement, est toujours utilisé sur les turbiniers; l'hélice tourne au régime de 110 tr/min environ et les rotors de la turbine vers 5 000 tr/min; ainsi l'un et l'autre fonctionnent dans des conditions favorables.

Les turbines utilisées actuellement sur les navires de commerce sont à deux corps, un H P et un B P. Dans le corps H P, les étages à réaction sont précédés d'une roue Curtiss à deux ou trois étages de vitesse; ainsi, on évite de multiplier de façon excessive le nombre d'étages à réaction et la longueur de la

turbine reste modérée. Le corps B.P. est disposé directement sur l'ouïe du condenseur de façon à obtenir un vide très poussé.

Les chaudières sont le plus souvent du type Babcock-Wilcox ou, aux Etats-Unis, du type Foster-Wheeler. Actuellement, on utilise toujours le combustible liquide dans les grandes installations. En 1935, la vapeur à l'admission de la turbine avait une pression de 28,5 kg/cm² et 360° C de température de surchauffe; actuellement, les caractéristiques de la vapeur sont, pour les installations de moyenne puissance, 45 kg/cm² et 450° C et, pour celle de grande puissance, 64 kg/cm² et 480° C. Certains grands paquebots et navires de guerre sont équipés d'installations dont les caractéristiques de la vapeur sont encore plus élevées.

La consommation de combustible liquide d'une bonne installation moderne est inférieure à 250 g/ch.h ce qui conduit à un rendement supérieur à 25 %.

Le *tableau XV* donne les caractéristiques des turbines marines de 25 000 ch des années 1935 et 1960.

TABLEAU XV. — Installation d'une turbine de 25 000 ch e en 1935 et en 1960

		1935	1960
Poids de la turbine, du réducteur, du condenseur	t	420	200
Poids de la chaudière et son équipement	t	660	280
Capacité des soutes à combustible	t	2 870	2 440
Pression de la vapeur	kg/cm ²	28,5	53
Température de la vapeur surchauffée	°C	360	510
Consommation du combustible	g/ch. h	280	242
Rendement	%	22,5	26,2
Longueur de la salle de machine	m	40	30,5

Ce tableau relatif aux turbines de construction anglaise donne une idée du progrès réalisé en 25 années. Le gain de poids, y compris le combustible, est de 1 030 tonnes et la salle de machines a pu être réduite en longueur de 9,50 m, soit de près de 25 %. La consommation spécifique de combustible a diminué de 13,6 %.

Mais le moteur Diesel se pose en concurrent redoutable; depuis la guerre, il a éliminé du marché la machine alternative

à vapeur et il empiète maintenant sur le domaine de la turbine marine.

Les progrès techniques ont accru la sécurité de marche et on ne craint plus de faire voguer sur les océans un navire équipé d'un seul moteur.

Sa consommation de combustible est faible et la suralimentation permet d'augmenter la puissance unitaire. Actuellement, un moteur deux temps suralimenté ne consomme que 155 g/ch/h, ce qui correspond à un rendement de 40 %. Il y a une quinzaine d'années, des essais ont été entrepris pour brûler du combustible lourd. Ils ont été couronnés de succès si bien qu'à l'heure actuelle, le moteur Diesel à grande puissance s'accommode de combustible économique d'où une sensible économie d'exploitation.

Avant 1955, on considérait 10 000 ch e comme la limite au-delà de laquelle il fallait recourir à la turbine pour la propulsion des navires.

Mais depuis, les constructeurs mettent chaque année sur le marché des moteurs plus puissants, plus sûrs et plus économiques.

La consultation de divers catalogues des années 1957, 1959, 1963 et 1964, se rapportant aux moteurs marins de propulsion, conduit au *tableau XVI* ci-après, résumant les caractéristiques du moteur le plus puissant offert en vente.

TABLEAU XVI. — Caractéristiques des grands moteurs marins de propulsion.

Année	Puis. max che	tr/min	Alésage mm	Course mm	Cylindrée l	Vit. moyenne m/s	p.m.e. kg/cm ²	N. de cyl.
1957	15 600	119	760	1 550	8 500	6,15	6,95	12
1959	22 020	119	900	1 550	11 800	6,15	7,10	12
1963	30 000	112	930	1 700	13 800	6,4	8,7	12
1964	36 000	118	850	1 700	11 580	6,75	11,8	12

Avant 1955, on ne pouvait propulser par un moteur Diesel unique un tanker de plus de 20 000 t.d.w.; ce qui est actuellement possible pour un tanker de 100 000 t.d.w., et même plus.

Deux tankers de 130 000 t.d.w. viennent d'ailleurs être commandés au Japon avec propulsion par moteur Diesel.

Ajoutons encore qu'on se dirige progressivement vers l'automatisation et qu'à bord des navires modernes, la commande des machines et leur contrôle sont centralisés dans une chambre climatisée.

L'équipage d'un pétrolier de 30 000 t.d.w. a pu être ramené ainsi de 42 à 34 hommes et on espère pouvoir bientôt réduire les équipages de 40 % environ.

Mais ce qui vient d'être dit au sujet de la concurrence entre le moteur Diesel et la turbine à vapeur pourrait encore subir dans les années à venir une nouvelle évolution, lorsque les études entreprises pour la propulsion nucléaire des navires seront suivies de réalisations. En effet, les bateaux à réacteur nucléaire utilisent une turbine à vapeur pour transmettre la puissance développée à l'hélice. Le temps n'est peut-être plus si éloigné, où les premiers tankers à propulsion nucléaire entreront en exploitation et l'on sait la part importante de la Belgique dans ce domaine, avec le projet du réacteur Vulcain.

5. CONCLUSIONS

L'accroissement du tonnage unitaire des navires ne manque pas d'impressionner, et il semble que l'avis de ceux qui, après les incidents de Suez en 1956, conseillaient la prudence, n'a pas été écouté.

Le développement extraordinaire de la flotte pétrolière ne s'est pas arrêté, alors que le transit par les voies traditionnelles a été rétabli; la flotte minière connaît également un essor considérable.

La puissance unitaire des moteurs Diesel s'est accrue, et les progrès importants en qualité, en sécurité et dans le domaine de l'automatisation, ont eu pour conséquence une réduction du nombre d'hommes d'équipage.

Les armateurs commandent des navires de taille sans cesse plus grande et les chantiers prévoient de nombreuses cales de construction pour navires géants. Grâce à l'expérience acquise, le prix de construction des grands tankers a diminué et n'est

plus actuellement que de 106 dollars la tonne *deadweight* de capacité, alors qu'il était le double il y a quelques années à peine.

Ces facteurs ont conduit à un abaissement du prix de revient des transports massiques, stimulant ainsi la modification géographique des centres de production. Il s'agit d'une évolution bénéfique pour les pays d'outre-mer en voie de développement.

Les transports, qui constituent le lien économique entre les centres de production, les centres industriels et les centres de consommation, contribuent à activer les échanges commerciaux entre les diverses régions du monde, et cela d'autant plus qu'ils sont bon marché.

Ainsi, de nouveaux courants d'échange naissent, favorisés par l'augmentation de la population mondiale et l'expansion industrielle, mais d'autres sont appelés à disparaître.

Ajoutons encore à ces causes la compétition entre l'Est et l'Ouest, l'indépendance accordée aux anciens territoires coloniaux et, en octobre 1956, les événements qui eurent pour théâtre le canal de Suez.

Grâce aux perfectionnements de l'outillage de production et de transport, et à la compétition entre centres industriels et armateurs, les produits supportent la charge de transport sur des distances toujours plus longues.

Ceux qui ne s'adaptent pas aux conditions nouvelles les plus avantageuses, risquent d'être éliminés de la compétition.

Parmi les conditions nouvelles, il y a l'augmentation du tirant d'eau et ceci nécessite l'adaptation du mouillage dans les ports et dans les chenaux d'accès, afin d'y recevoir les grands navires.

La solution de ce problème invite à un examen très sérieux de la part des dirigeants responsables de l'économie des différents pays, qu'ils soient en voie de développement ou qu'ils aient déjà atteint un niveau industriel élevé.

Pour les pétroliers, on peut créer des appontements au large des côtes, dans les zones où les tempêtes sont peu fréquentes. Ces appontements sont reliés par *sea-line* aux installations terrestres. Mais il n'en va pas de même pour les minéraliers qui doivent absolument décharger à quai, à proximité des aires de

stockage. Ces quais et leurs accès doivent être adaptés au tirant d'eau des grands navires.

On estimait, il y a huit ans, qu'il n'y avait pas lieu de tenir compte de navires de 45 000 t.d.w. ou plus, car ces unités étaient, pensait-on, affectées à des lignes déterminées pour des transports spécialisés. Ce concept est dépassé et les pays qui n'auront pas adapté le mouillage des ports aux tirants d'eau des grands navires modernes, risquent de voir leurs richesses inexploitées ou leurs industries périlcliter, parce qu'obligées d'emprunter des voies de transport moins économiques que celles des voisins.

Faute d'être suffisamment attentifs à ce problème, certains pays pourraient voir leur échapper des courants commerciaux importants et être privés de ressources intéressantes en devises étrangères. Pour éviter des immobilisations exagérées, il y aura lieu de faire un choix judicieux des ports dont le mouillage doit être adapté.

Le 30 mai 1964

BIBLIOGRAPHIE

- British Diesel Engine Catalogue (4th edition, Londres, 1957).
Diesel Engine Catalog (vol. XXIV, édition 1959, Los Angeles).
Machines motrices - Programme de fabrication des constructeurs (Fabri-
metal, 2^e édition, Bruxelles, 1963).
Anonyme: 130 000 t.d.w. Tanker in Bau (*Hansa Heft* 1962, n° 4,
p. 399, Hamburg).
Anonyme: Die Bulkcarrier-Flotte Mitte 1963 (*Hansa Heft* 1963, n° 19,
p. 1 887, Hamburg).
Anonyme: Stork scheepsdieselmotor ontwikkelt 3 000 pk per cilinder
(*Schip en werf*, 1964, n° 3, p. 373, Rotterdam).
Anonyme: Der Weltschiffe im Jahre 1963 (*Hansa Heft* 1964, n° 5,
p. 423 et suiv., Hamburg).
Anonyme: Die Welttankerflotte Anfang 1964 (*Hansa Heft* 1964,
n° 7, p. 607, Hamburg).
Anonyme: Bulkcarrier flotte fast 20 Mill. t.d.w. (*Hansa Heft* 1964,
n° 7, p. 608, Hamburg).

- Anonyme: And now 152 000 ton tankers (*The Motorship*, 1964, Vol. 45, 525, p. 2, London).
- BES, J.: Tanker Shipping (Hilversum, 1963).
- CALLET, P.: Les ports pétroliers (XIX^e congrès international de navigation, SII, QII, Londres, 1957).
- CANGARDEL, M.: Les transports de minerai modernes. Nouveautés techniques et maritimes, 1957 (*Le Journal de la marine marchande*, Paris, 1957).
- LEDERER, A.: Dimensions des navires susceptibles de desservir le Bas-Congo (Mémoires de l'ARSOM, Cl. des Sc. techn., T. VIII, fasc. 3, Bruxelles, 1958).
- O.B.C.E.: Les transports maritimes et le commerce international (*Revue Neptunus*, 1964, n° 2, p. 13 à 19, Ostende).
- ONOZUKA, I.: The trends of Japanese Shipbuilding (*The Motorship*, 1964, Vol. 44, n° 22, p. 452-458, London).
- PERRACHON, J.: Considérations on motor tankers (*Transactions of the Royal Institution of Naval Architects*, vol. 101, p. 63 et suiv., Londres, 1959).
- TURNER, R.V., HARPER, M. et MOOR, D.I.: Some Aspects of passenger liner design (*Transactions of the Institution of Naval Architects*, vol. 105, p. 379 et suiv., Londres, 1963).
- VAN BOECKEL, M.: Zeetransport van petroleum produkten en de ont-lading van tankschepen (Anvers, 1956).
- VERMEY, C.: Analyse der Wereld tankvloot (*Schip en werf*, n° 21, p. 623 et suiv., Rotterdam, 1963).
- : De Wereld tankvloot (*Schip en werf*, n° 7, p. 177-178, Rotterdam, 1964).
- WITTMAN, E.: Haute conjoncture et tensions sur les divers marchés (*Revue Mars et Mercure*, 1964, n° 3, p. 11 à 17, Bruxelles).

En outre, la Belgian Shell nous a remis une importante documentation et nous l'en remercions bien sincèrement.

ANNEXE I

Pétroliers de 100 000 tonnes et plus en commande au 15 mai 1964.

Armateurs	Tonnage port en lourd	Constructeurs	Livraison
Tokyo Tanker Co.			
Caltex	125 000	Ishikawajima-Harima	mai 1964
Kawasaki K.K.	100 800	Hitachi	déc. 1964
B.P. Tanker Co. Ltd.	100 000	Vickers-Armstrong	avril 1965
B.P. Tanker Co. Ltd.	100 000	Swan Hunter	janv. 1966
Sig. Bergesen d.y. & Co.	130 000	Hitachi	déc. 1965
Pacific Petroleum			
Carriers Inc.	108 000	Mitsubishi	déc. 1965
S. Salen	113 700	Kockums	avril 1966
S. Salen	113 700	Kockums	oct. 1966
Sig. Bergesen d.y. & Co.	130 000	Hitachi	déc. 1966
Sig. Bergesen d.y. & Co.	120 000	Hitachi	fin 1966
Yamashita-Shinnihon & Nissho Kisen	100 000	Hitachi	1966
Nippon Yusen Kaisha	100 000	Mitsubischi	1966
Osaka Shosen Kaisha	100 000	Mitsubischi	1966
O.S.K. & Daiichi-Chuo Kisen	100 000	n.p.	1966
Sanko Kisen K.K.	152 000	Ishikawajima-Harima	1966
Sanko Kisen K.K.	152 000	Ishikawajima-Harima	1967

ANNEXE II

Flotte pétrolière mondiale en service (2 000 BRT et plus) à la fin 1963 - Répartie d'après les différentes nationalités.

Pavillons	Nombre de navires	Milliers de TDW
Libérien	378	12 371
Britannique	504	11 821
Norvégien	464	10 781
Américain	456	8 949
Japonais	155	4 113
Panaméen	138	3 332
Français	142	3 307
Italien	136	2 906
Grec	104	2 642
Hollandais	99	2 538
Suédois	85	2 163
Russe	163	2 035
Danois	51	1 287
Allemand	45	1 159
Espagnol	60	809
Argentin	67	736
Brésilien	27	536
Finlandais	28	421
Belge	13	303
Vénézuélien	17	301
Mexicain	23	266
Canadien	48	257
Portugais	12	242
Turc	10	167
Est allemand	10	143
Polonais	9	130
Chilien	7	123
Nat. Chinois	8	120
Indien	5	119
Egyptien	8	112
Autres	72	784

Il y avait donc fin 1963: 3 344 pétroliers en service, représentant un tonnage total de 75 000 000 de tonnes (d.w.t.).

TABLE DES MATIERES — INHOUDSTAFEL

Séances des Classes	Zittingen der Klassen
Sciences morales et politiques — <i>Morele en Politieke Wetenschappen</i>	
	25.05.1964 626; 627
	15.06.1964 734; 735
	13.07.1964 764; 765
Sciences naturelles et médicales — <i>Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen</i>	
	26.05.1964 878; 879
	23.06.1964 898; 899
	14.07.1964 920; 921
Sciences techniques — <i>Technische Wetenschappen</i>	
	29.05.1964 974; 975
	26.06.1964 1 026; 1 027
	17.07.1964 1 076; 1 077
Afglijden der vastelanden	923
Bienvenue (A. Maesen)	626
Commissie voor Geschiedenis	631; 769
Commission d'Histoire	630; 768
Communications et notes	
BRIEN, P.: Hommage à H. Buttgenbach	878; 879; 882- 884
CAMPUS, F.: A propos des murs de quai maritimes	976; 977; 988-1 006
COPPENS, P.: Réflexions sur le code civil éthiopien	628; 629; 632- 651
CORIN, F.: Présentation de cartes géologiques du Congo	924; 925; 970- 972
CORNET, R.-J.: Quelques lettres de Léopold II au général Nicaise	630; 631; 690- 693
DE CLEENE, N.: Présentation de l'ouvrage: « L'Afrique des Africains. - Inventaire de la négritude » par Cl. Wauthier	766; 767; 792- 793
DE ROSENBAUM, G.: Transport d'énergie électrique à grande distance dans les pays en voie de développement	976; 977; 1 007-1 022

- DEVIGNAT, R.: Réflexions sur la conservation du virus de la peste à travers les âges 920; 921; 938- 952
- DEVROEY, E.-J.: Hommage à Victor Van Straelen
902; 903; 918- 919
- : Présentation du rapport: « Mission Communauté économique européenne-Congo » 976; 977; 1 023-1 024
- DONIS, C.: La position actuelle de l'agriculture en République populaire de Chine 922; 923; 953- 969
- ENGELBORGHIS-BERTELS, M.: Articles publiés par les pays à régime communiste. — Bibliographie 630; 631; 694- 705
- GHILAIN, J.: A propos du Recueil bibliographique du Tiers-Monde 734; 735; 738- 741
- GOOCH, B.D.: Belgian interest in Danish possessions during the reign of Leopold I 768; 769; 837- 853
- GROSEMANS, P.: Le bilan de 14 années de prospection dans le Bas-Congo 1 028; 1 029; 1 066-1 074
- HERRINCK, P.: Possibilités d'utilisation de l'énergie thermique libérée par des explosions nucléaires 1 028; 1 029; 1 064-1 065
- HIERNAUX, J.: Le projet D (adaptabilité humaine) du programme biologique international ... 898; 899; 913- 917
- JONES, J.: Utilisations des nivellements dans l'étude des mouvements du sol 1 026; 1 027; 1 046-1 063
- LAMOEN, J.: Note concernant la courbe limnimétrique des débits du fleuve Congo à Léopoldville 974; 975; 980- 987
- LEBRUN, J.: A propos des « formes biologiques » des végétaux en régions tropicales 920; 921; 926- 937
- LEDERER, A.: Réflexions sur l'évolution des dimensions des bateaux 1 076; 1 077; 1 080-1 103
- MAURICE, A.: Sénégal, terre d'humanisme 628; 629; 652- 689
- MERTENS DE WILMARS, E.: Le développement de l'énergie dans le monde 1 026; 1 027; 1 030-1 045
- MONOD, Th.: A propos d'un document concernant la conquête du Soudan par le Pacha Djouder ... 764; 765; 770- 791
- PIRENNE, J.-H.: L'influence de la politique européenne sur l'accession de l'Amérique latine à l'indépendance
... .. 734; 735; 742- 763
- ROBYNS, W.: La conservation de la nature dans la République d'Afrique du Sud 878; 879; 885- 897
- VANDEWOUDE, E.: Brieven van de Hertog van Brabant aan Conway in verband met Egypte ... 768; 769; 854- 876
- VAN NUFFEL, R.: Giovanni Arrivabene et les premières tentatives de colonisation 630; 631; 706- 733

VANSINA, J.: Noms personnels et structure sociale chez les Tyo (Teke) 766; 767; 794-	804
VARLAMOFF, N.: Présence d'un minéral du groupe Goyazite-Gorcixite dans les concentrés des alluvions de certains affluents de la rivière Lowa, Maniema 904-	912
WILLEQUET, J.: Un facteur d'expansion commerciale: le système consulaire de Léopold I ... 768; 769; 805-	836
Concours annuel 1964 628; 768; 880; 978; 1 078	
Confraternité académique (<i>G. Gillon</i>) 974	
Confraterniteit (Academische) (<i>G. Gillon</i>) 975	
Décès (<i>H. Buttgenbach</i>) 878; 882-	884
Dérive des continents 922	
Elections	
CHARLIER, J. 1 078; 1 079	
VANDER ELST, N. 924; 925	
VAN LANGENHOVE, F. 768; 769	
VAN RIEL, J. 924; 925	
WALRAET, M. 768; 769	
Erelidmaatschap	
BURSENS, A. 630; 631	
DU TRIEU DE TERDONCK, R. 978; 979	
HAUMAN, L. 880; 881	
Hommage à V. Van Straelen 902; 918-	919
Honorariat: Cfr: Erelidmaatschap	
Hulde aan V. Van Straelen 903; 918-	919
Mededelingen en nota's: Cfr: Communications et notes	
Mémoires (Présentation de)	
CAMUS, C.: L'utilisation des traverses en bois pour chemins de fer en pays tropicaux 1 076; 1 077	
HIERNAUX, J.: La croissance des écoliers rwandais ... 900; 901	
LAURENT, R.-F.: Contribution à l'histoire de l'herpétologie congolaise et bibliographie générale .. 900; 901; 922; 923	
MONSEUR, G.: Contribution à l'étude sédimentologique et génétique du gisement plombo-zincifère de Reocin (Espagne) 978; 979; 1 078; 1 079	
NORTON, W.B.: A Belgian Socialist critic of colonialism: Louis Bertrand 766; 767	

ROEYKENS, A.: La politique religieuse de l'Etat Indépendant du Congo. — Léopold II et le Saint-Siège ...	626;	627
VAN BULCK, G.: Ce que l'on connaît de l'Afrique au moment de la découverte de l'embouchure du fleuve Congo	764;	765
NGOMA, Ferd.: L'initiation ba-Kongo et sa signification	628; 629; 768;	769
Overlijden (<i>H. Buttgenbach</i>)	879;	882- 884
Prijs Admiraal Gago Coutinho		881
Prix Amiral Gago Coutinho		880
Représentation de l'ARSOM à la 7e Assemblée du Comité européen permanent des recherches pour la protection des populations contre les risques d'intoxication à long terme (<i>R. Vanbreuseghem</i>)		880
Verhandelingen (Voorlegging van): Cfr: Mémoires		
Verkiezingen: Cfr: Elections		
Vertegenwoordiging der K.A.O.W.: Cfr: Représentation de l'ARSOM		
Wauthier, Cl.: L'Afrique des Africains. — Inventaire de la négritude	766; 767; 792-	793
Wedstrijd (Jaarlijkse) 1964 ...	629; 769; 881;	979; 1 079
Welkomstgroet (<i>A. Maesen</i>)		627