

ACADÉMIE ROYALE  
DES SCIENCES  
D'OUTRE-MER

Sous la Haute Protection du Roi

BULLETIN  
DES SÉANCES

Publication bimestrielle

KONINKLIJKE ACADEMIE  
VOOR OVERZEESSE  
WETENSCHAPPEN

Onder de Hoge Bescherming van de Koning

MEDEDELINGEN  
DER ZITTINGEN

Tweemaandelijksse publikatie

1964 - 3

180 F

#### AVIS AUX AUTEURS

L'ARSOM publie les études dont la valeur scientifique a été reconnue par la Classe intéressée sur rapport d'un ou plusieurs de ses membres (voir Règlement général dans l'Annuaire, fasc. 1 de chaque année du *Bulletin des Séances*).

Les travaux de moins de 32 pages sont publiés dans le *Bulletin*, tandis que les travaux plus importants prennent place dans la collection des *Mémoires*.

Les manuscrits doivent être adressés au Secrétariat, 80A, rue de Livourne, à Bruxelles 5. Ils seront conformes aux instructions consignées dans la « Notice de présentation des manuscrits » (voir *Bull.* 1958, 756; 1959, 340; 1960, 422 et 1961, 286), dont un tirage à part peut être obtenu au Secrétariat sur simple demande.

#### BERICHT AAN DE AUTEURS

De K.A.O.W. publiceert de studies waarvan de wetenschappelijke waarde door de betrokken Klasse erkend werd, op verslag van één of meerdere harer leden (zie het Algemeen Reglement in het Jaarboek, afl. 1 van elke jaargang van de *Mededelingen der Zittingen*).

De werken die minder dan 32 bladzijden beslaan worden in de *Mededelingen* gepubliceerd, terwijl omvangrijker werken in de verzameling der *Verhandelingen* opgenomen worden.

De handschriften dienen ingestuurd naar de Secretarie, 80A, Livornostraat, Brussel 5. Ze zullen rekening houden met de richtlijnen samengevat in de „Nota over de indiening van handschriften” (zie *Meded.* 1958, 757; 1959, 341; 1960, 423 en 1961, 287), waarvan een overdruk op eenvoudige aanvraag bij de Secretarie kan bekomen worden.

Abonnement 1964 (6 num.) : 840 F

80 A, rue de Livourne, BRUXELLES 5 (Belgique)

80 A, Livornostraat, BRUSSEL 5 (België)

**CLASSE DES SCIENCES MORALES  
ET POLITIQUES**

---

**KLASSE VOOR MORELE EN POLITIEKE  
WETENSCHAPPEN**

## Séance du 16 mars 1964

La séance est ouverte à 14 h 30 par M. *V. Devaux*, directeur.

Sont en outre présents: MM. A. Burssens, N. De Cleene, L. Guébels, J.-M. Jadot, N. Laude, A. Moeller de Laddersous, F. Van der Linden, le R.P. J. Van Wing, membres titulaires; MM. E. Coppieters, R.-J. Cornet, A. Durieux, J.-P. Harroy, P. Orban, G. Périer, P. Piron, le R.P. A. Roeykens, MM. J. Sohier, J. Stengers, le R.P. M. Storme, MM. J. Vanhove, M. Walraet, associés, ainsi que M. E.-J. Devroey, secrétaire perpétuel.

Absents et excusés: MM. P. Coppens, A. Doucy, M. Raë, le R.P. G. Van Bulck, M. E. Van der Straeten.

### Communications administratives

- a) Honorariat (M. *G. Passau*): Voir p. 348.
- b) Nominations: Voir p. 528.
- c) *Règlement général - Articles modifiés*: Voir p. 348.
- d) Publication des *Mémoires*: Voir p. 352.
- e) *En marge d'une Haute Protection royale*: Voir p. 352.

### L'Organisation gouvernementale et territoriale de la République du Congo (Léopoldville) au 1<sup>er</sup> janvier 1964

M. N. *Laude* présente une note de M. R. BOURGEOIS, intitulée comme ci-dessus, et dans laquelle l'auteur, sur la base d'informations fragmentaires, esquisse l'évolution de l'organisation administrative du Congo, depuis 1885.

Après un échange de vues auquel participent MM. *V. Devaux*, *J.-M. Jadot*, *A. Moeller de Laddersous*, le R.P. *J. Van Wing*, ainsi que MM. *J.-P. Harroy*, *E. Coppieters* et *N. Laude*, la Classe décide de déposer cette note, et la carte qui l'accompagne, dans les archives de l'ARSOM.

## Zitting van 16 maart 1964

De zitting wordt geopend te 14 h 30 door de H. V. Devaux, directeur.

Zijn bovendien aanwezig: De HH. A. Burssens, N. De Cleene, L. Guébels, J.-M. Jadot, N. Laude, A. Moeller de Laddersous, F. Van der Linden, E.P. J. Van Wing, titelvoerende leden; de HH. E. Coppieters, R.-J. Cornet, A. Durieux, J.-P. Harroy, P. Orban, G. Périer, P. Piron, E.P. A. Roeykens, de HH. J. Sohier, J. Stengers, E.P. M. Storme, de HH. J. Vanhove, M. Walraet, geassocieerden, alsook de H. E.-J. Devroey, vaste secretaris.

Afwezig en verontschuldigd: De HH. P. Coppens, A. Doucy, M. Raë, E.P. G. Van Bulck, de H. E. Van der Straeten.

### Administratieve mededelingen

- a) Erelidmaatschap (De H. G. Passau): Zie blz. 349.
- b) Benoemingen: Zie blz. 529.
- c) *Algemeen Reglement - Gewijzigde artikels*: Zie blz. 349.
- d) Publiceren van *verhandelingen*: Zie blz. 353.
- e) *Kanttekeningen bij een Hoge Koninklijke Bescherming*: Zie blz. 353.

### « L'Organisation gouvernementale et territoriale de la République du Congo (Léopoldville) au 1<sup>er</sup> janv. 1964 »

De H. N. Laude legt een nota voor van de H. R. BOURGEOIS, getiteld als hierboven en waarin de auteur, steunend op fragmentarische inlichtingen, de evolutie schetst der administratieve organisatie van Congo, sinds 1885.

Na een gedachtenwisseling waaraan deelnemen de HH. V. Devaux, J.-M. Jadot, A. Moeller de Laddersous, E.P. J. Van Wing, evenals de HH. J.-P. Harroy, E. Coppieters en N. Laude, beslist de Klasse deze nota en de bijgevoegde kaart, neer te leggen in de archieven der K.A.O.W.

### La Toussaint rwandaise et sa répression

Se ralliant aux conclusions des rapporteurs, MM. J.-P. Harroy et G. Malengreau, la Classe décide la publication, dans les *Mémoires in-8°* de la Classe, du manuscrit de M. J.-R. HUBERT, intitulé comme ci-dessus. Il sera toutefois demandé à l'auteur de retoucher son texte dans le sens indiqué par les rapporteurs.

L'ouvrage comporte les subdivisions suivantes:

- I. Introduction
- II. Le pays et le peuple
- III. Le système politique
- IV. La Toussaint rwandaise
- V. La réaction tutsi
- VI. L'arbitrage européen
- VII. Conclusion

Notes

- Annexes:*
- I. Résumé des jugements concernant les faits de novembre 1959
  - II. Résumé des faits survenus entre le 16.1.60 et le 31.5.63
  - III. Jurisprudence

M. J.-P. Harroy fournit des informations complémentaires à MM. A. Durieux, J. Stengers, P. Orban, J.-M. Jadot, J. Sohier, E. Coppieters et le R.P. J. Van Wing.

### Note sur l'étude des littératures néo-africaines

M. J.-M. Jadot présente une étude, intitulée comme ci-dessus, de M. A. GÉRARD, chercheur associé du F.N.R.S. et ancien professeur à l'Université officielle du Congo belge et du Ruanda-Urundi à Elisabethville.

L'auteur y évoque l'état actuel des littératures néo-africaines et définit la place qu'elles occupent ainsi que l'intérêt qu'elles présentent dans l'ensemble de la documentation sur le continent noir.

Cette note sera publiée dans le *Bulletin* (voir p. 452).

**« La Toussaint rwandaise et sa répression »**

Zich verenigend met de besluiten der verslaggevers, de HH. J.-P. Harroy en G. Malengreau, beslist de Klasse het handschrift van de H. J.-R. HUBERT, getiteld als hierboven, te publiceren in de *Verhandelingenreeks in-8°* der Klasse.

Er zal echter aan de auteur gevraagd worden zijn tekst te herwerken volgens de aanwijzingen der verslaggevers.

Het werk omvat volgende onderverdelingen:

- « I. Introduction
- » II. Le pays et le peuple
- » III. Le système politique
- » IV. La Toussaint rwandaise
- » V. La réaction tutsi
- » VI. L'arbitrage européen
- » VII. Conclusion
- » Notes

» *Annexes*: I. Résumé des jugements concernant les faits de novembre 1959

II. Résumé des faits survenus entre le 16.1.60 et le 31.5.63

III. Jurisprudence ».

De H. J.-P. Harroy verstrekt bijkomende inlichtingen aan de HH. A. Durieux, J. Stengers, P. Orban, J.-M. Jadot, J. Sobier, E. Coppieters en E.P. J. Van Wing.

**« Note sur l'étude des littératures néo-africaines »**

De H. J.-M. Jadot legt een studie voor, getiteld als hierboven, van de H. A. GÉRARD, geassocieerd vorser van het N.F.W.O. en gewezen hoogleraar aan de Officiële Universiteit van Belgisch-Congo en Ruanda-Urundi te Elisabethstad.

De auteur schetst er de huidige toestand in van de neo-Afrikaanse literaturen; hij bepaalt hun plaats en hun belangrijkheid in het geheel der documentatie over het zwarte werelddeel.

Deze nota zal gepubliceerd worden in de *Mededelingen*. (Zie blz. 452).

### Concours annuel 1966

La Classe décide de consacrer la première question du concours annuel 1966 à la coopération au développement et la seconde aux techniques de diffusion collective dans les pays d'outre-mer.

MM. *J. Vanbove* et *J.-P. Harroy* d'une part, ainsi que MM. *J. Stengers* et *E. Coppieters* d'autre part, sont désignés pour rédiger les textes desdites questions.

### Appel

Catégories de contributions de l'ARSOM: Voir p. 354.

La séance est levée à 16 h.

### **Jaarlijkse wedstrijd 1966**

De Klasse beslist de eerste vraag van de jaarlijkse wedstrijd te wijden aan de ontwikkelingssamenwerking en de tweede aan de technieken der massa-communicatiemiddelen in de Overzeese landen.

De HH. *J. Vanhove* en *J.-P. Harroy* enerzijds, evenals de HH. *J. Stengers* en *E. Coppieters* anderzijds, worden aangeduid om de tekst van deze vragen op te stellen.

### **Oproep**

Soorten bijdragen der K.A.O.W.: Zie blz. 355.

De zitting wordt gesloten te 16 h.

## Alb. Gérard. — Note sur l'étude des littératures néo-africaines

(Note présentée par M. J.-M. Jadot)

La valorisation esthétique de l'Afrique commença en Europe au début de ce siècle, à la faveur d'une réaction générale contre la civilisation euro-américaine, jugée trop intellectuelle, trop abstraite, trop mécanisée. La glorification de l'irrationnel — sous la forme de l'intuition par BERGSON et de l'inconscient par FREUD — apporta des justifications philosophiques à un néo-romantisme soucieux de retrouver les valeurs charnelles de l'instinct. Au moment où SPENGLER traçait les coordonnées historiques du déclin de l'Occident, l'art, la musique et la littérature cherchaient sous les tropiques des sources d'inspiration non contaminées par l'hyper-rationalité d'une civilisation qui paraissait déshumanisée. Le jazz, la sculpture nègre proposaient des formes nouvelles. Des romanciers comme E.M. FORSTER ou D.H. LAWRENCE en Angleterre, André MALRAUX et Paul MORAND en France, découvraient ailleurs — en Inde ou en Chine, au Mexique ou en Afrique — les modèles d'une culture qui leur paraissait plénière, tantôt plus tellurique, tantôt plus spirituelle, mais en tout cas mieux accordée aux puissances secrètes du monde, moins emprisonnée par les schèmes morts de la pensée abstraite.

Pour le monde blanc, ce retour au « primitif » n'était qu'une étape dans une longue évolution culturelle: au reste, à maintes reprises dans le passé, l'élite européenne avait clamé les vertus du Bon Sauvage. Mais aux Etats-Unis et dans les Antilles, les hommes de couleur y trouvèrent la reconnaissance explicite et inespérée d'une identité jusqu'alors bafouée. Ils se découvraient soudain valables aux yeux de ces mêmes Euro-Américains qui les avaient toujours méprisés au nom de leur supériorité scientifique et technologique. A Haïti, à Cuba, à la Martinique comme à New York et à Chicago, l'auto-affirmation littéraire du Nègre, renforcée par un puissant mouvement de révolte

sociale, acquit rapidement une vitalité et une ampleur extraordinaires. La poésie qui en jaillit — celle de Nicolas GUILLÉN à Cuba, de Jacques ROUMAIN à Haïti, d'Aimé CÉSAIRE à la Martinique, de Claude MACKAY à la Jamaïque, et de bien d'autres — n'est pas exempte, il est vrai, d'une frénésie parfois puérile. Non seulement on rejette l'homme blanc, sa civilisation mécanique, sa religion jugée hypocrite, mais on y exalte trop exclusivement les traits « primitifs » de l'âme noire, la magie, son mysticisme tellurique, sa prétendue carnalité exubérante, et on y proclame la nostalgie d'une patrie africaine qui s'est révélée, à l'expérience, parfaitement mythique [1]\*.

Ces excès étaient inévitables et s'avèrent féconds. Car le thème africain, né en Europe et développé outre-Atlantique, atteignit enfin l'Afrique en passant par Paris, où le contact entre étudiants antillais et étudiants sénégalais peu après 1930 allait donner naissance au mouvement de la négritude [2]. Mais ce mouvement essentiellement lyrique, dirigé, du côté africain, par Léopold Sédar SENGHOR, n'était en somme qu'une avant-garde. Le rapide éveil de la conscience africaine et la formation d'une élite intellectuelle sur le continent noir allaient donner lieu, dès le milieu du siècle, à un remarquable essor littéraire. Abandonnant leur exclusive prédilection pour la poésie, les écrivains allaient adopter d'autres modes d'expression: la nouvelle, le roman, le drame. Ainsi sont nées les littératures néo-africaines, qui comprennent l'ensemble des œuvres écrites par des Africains dans les langues européennes: français, anglais et portugais surtout, mais aussi italien, espagnol ou afrikaans. D'ores et déjà, il serait possible d'en tracer la géographie, les trois foyers principaux de cette activité littéraire étant la République sud-africaine, les pays de l'ancienne Afrique occidentale française et ceux de l'ancienne Afrique occidentale britannique [3].

Cette brusque accession de tout un continent à la littérature écrite n'est pas, on le conçoit, un phénomène négligeable. La formation d'un nouveau canton littéraire ajoute *ipso facto* une province nouvelle à la science de la littérature, ce qui soulève de délicats problèmes d'attribution. On pourrait estimer, par

---

\* Les chiffres entre [ ] renvoient aux notes *in fine*.

exemple, que l'œuvre de SENGHOR ou celle d'EKWENSI s'intègrent respectivement aux domaines français et anglais: MAETERLINCK et RAMUZ, après tout, sont considérés comme appartenant au patrimoine de la littérature française. En revanche, on constate que la littérature nord-américaine est aujourd'hui étudiée indépendamment de la littérature anglaise malgré la communauté du langage. On est ainsi amené à se demander de quelle discipline doit relever l'étude des littératures néo-africaines.

Il y a un peu plus d'un an, le professeur R. MERCIER de l'Université de Dakar proposait que cette nouvelle littérature soit intégrée aux études françaises:

Il est évident qu'une place doit lui être faite dans les programmes non seulement en Afrique mais dans toutes les Universités, ou l'inclusion des écrivains africains dans les programmes de littérature française, de même qu'y sont déjà entrés des auteurs qui n'étaient pas de nationalité française, mais écrivaient en français, comme Jean-Jacques ROUSSEAU dans le passé, et plus près de nous VERHAEREN, RAMUZ, sans que cela fit tort à leur personnalité propre ni à la reconnaissance de leurs particularités nationales [4].

Cette argumentation n'est évidemment pas dépourvue de pertinence, et il est assez naturel que, dans les universités d'Afrique, les départements de français et d'anglais soient amenés, par la force des choses, à s'intéresser aux littératures néo-africaines. Il n'en va pas de même dans les universités métropolitaines, où c'est par exception que des recherches sont conduites sur les œuvres actuellement produites par des écrivains noirs. D'une manière générale, il a été tacitement admis que cette littérature nouvelle constitue un ensemble qu'il ne faut pas segmenter suivant l'appartenance linguistique de ses éléments, mais qui doit être étudié comme un tout organique malgré l'hétérogénéité de ses moyens d'expression.

Dès l'année académique 1963-64, l'Université Columbia a inscrit un cours intitulé *The new literature of emerging African nations* au programme de son département de littérature comparée. En septembre 1964, l'Université du Wisconsin ouvrira un

département de langues et de littératures africaines où une large place sera faite aux littératures néo-africaines. En octobre 1964, une session de la conférence annuelle de l'African Studies Association, qui doit se tenir à Chicago, sera consacrée à l'utilisation de la littérature comme expression d'idéologies politiques. Au printemps de 1963 se sont tenus deux colloques scientifiques consacrés à cette jeune discipline: l'un à l'Université de Dakar, l'autre au Fourah Bay College de Freetown (Sierra Leone); chacun de ces colloques a abouti à la création d'un centre permanent d'études et de documentation, dont l'un siège à Freetown, et l'autre à Léopoldville (Lovanium) [5]. Ces premiers symptômes indiquent clairement quelle orientation les recherches futures sur les littératures néo-africaines sont appelées à prendre.

\* \* \*

Le fait que l'étude scientifique des nouvelles littératures africaines ait commencé dans les universités d'Afrique et dans les Centres d'études africaines des universités américaines, ne signifie nullement que leur intérêt soit limité aux Africains et aux africanistes. Au cours du premier congrès international des africanistes qui se tint à l'Université du Ghana en décembre 1962, l'écrivain sud-africain Ezekiel MPHAHLELE s'insurgea avec raison contre toute tendance qui mènerait à considérer ces jeunes littératures, quel que soit le langage qu'elles utilisent, comme une simple «mine d'or pour les sociologues» [6]. La naissance des littératures néo-africaines est avant tout un phénomène littéraire, qui soulève des problèmes d'ordre littéraire. Sous l'angle de la critique, il serait insultant de porter des jugements esthétiques sur les écrivains africains en se basant sur d'autres critères que ceux qui sont généralement utilisés pour les œuvres de la littérature universelle. Sous l'angle de la science littéraire, une série de questions se posent, qui n'ont rien de spécifiquement africain. L'Afrique se trouve aujourd'hui dans une situation d'acculturation que l'Europe n'a plus connue depuis le début du moyen âge, lorsque des Lombards comme FORTUNAT ou des Goths comme THÉODULPHE se servaient de la langue de prestige et de culture de l'époque, le latin, pour traduire leur sensibilité et leur expérience germaniques. Les littératures néo-africaines permettent d'étudier sur le vif les complexes processus d'interaction inhérents à une telle situa-

tion, et d'analyser la part respective qui revient au substrat autochtone et à l'influence des modèles étrangers. Il faudra définir les rapports qui existent entre les vieux récits folkloriques et les romans d'Amos TUTUOLA de la même manière que les médiévistes s'intéressent à l'influence des récits celtiques sur l'œuvre de Chrétien de TROYES [7].

Les poètes du *negrismo* à Cuba et de la négritude aux Antilles françaises et au Sénégal ont répondu certaines vues, aujourd'hui devenues des lieux communs, sur l'âme nègre et sur la prédominance de la sensation et de l'émotion dans l'imagination africaine. Ces conceptions devront être révisées et complétées à la lumière de l'intellectualisme, du sens éthique, du scepticisme ironique, de la sobriété esthétique qui caractérisent à des degrés divers les romans de Hamidou KANE, de Chinua ACHEBE ou de Ferdinand OYONO. L'existence séculaire d'une tradition orale a donné naissance à une technique narrative remarquable par sa simplicité et sa vivacité; cette technique se retrouve dans l'œuvre écrite d'écrivains vernaculaires modernes comme Thomas MOFOLO; il conviendra d'en étudier l'influence sur la stylistique du roman néo-africain.

Il existe depuis plus d'un quart de siècle une poésie sénégalaise d'expression française dont les attaches avec le surréalisme sont bien connues; il y a lieu maintenant de délimiter la place qu'occupe le roman néo-africain dans la constellation romanesque moderne: dans quelle mesure s'est-il inspiré du roman afro-américain et du roman antillais? Le mouvement occidental d'expérimentation stylistique et structurelle a-t-il influencé les jeunes romanciers de l'Afrique de la même manière que le surréalisme a libéré l'inspiration de ses poètes? Et une œuvre comme *Les bouts de bois de Dieu*, de Sembène OUSMANE, invite à se demander si le roman africain de protestation raciale a trouvé des modèles dans les romans de protestation sociale que le monde blanc, de l'Oural aux Montagnes rocheuses, a produit en si grand nombre au cours du vingtième siècle.

\* \* \*

Ces problèmes, dont notre énumération n'est nullement exhaustive, intéressent au premier chef le spécialiste de la science littéraire, qu'il soit africaniste ou non. Cela dûment admis, il faut

tout de même reconnaître qu'en de telles matières le mandarinisme n'est pas de mise. Au reste, c'est le propre de l'œuvre littéraire qu'elle n'est pas seulement construction esthétique, mais aussi expression d'une expérience et d'une sensibilité. Jamais la postérité n'a consacré une œuvre qui fût dépourvue de signification humaine. Et cet aspect de l'art littéraire revêt une importance toute particulière dans le cas qui nous occupe.

L'indépendance des jeunes nations africaines souleva, il y a quelques années, parmi les esprits éclairés du monde blanc, une sympathie et même un enthousiasme que les secousses dont le continent noir est actuellement affligé ont sérieusement refroidis. Il est clair cependant que ni l'utopisme de naguère — si généreux fût-il — ni le mépris cynique — si explicable soit-il — ne sont des attitudes utiles ou même valables. Le seul fait qui compte, dans une saine perspective historique, c'est qu'un vaste continent, dont les ressources naturelles et humaines sont encore intactes, est entré activement sur la scène de l'histoire. Ce phénomène, qu'on s'en félicite ou qu'on le déplore, est irréversible. Et son importance n'a pas échappé aux responsables politiques du reste du globe: comment s'expliquer, autrement, que les nations les plus puissantes et les plus riches se disputent le privilège d'aider ces jeunes états, souvent si faibles et si désordonnés? Oscillant entre la dictature et l'anarchie, divisées entre elles par des aspirations territoriales qui nous paraissent bien futiles, menacées à l'intérieur par de féroces querelles ethniques et par des conflits sociaux qui ne font que commencer, les nations africaines jouent cependant dès à présent un rôle important dans la vie internationale. Leurs orientations futures pèseront sur le cours de l'histoire; elles infléchiront sans aucun doute l'évolution de la civilisation universelle. Il n'est donc pas surprenant que l'Afrique soit l'enjeu d'une double partie politique où s'opposent d'une part l'Occident et les pays de l'Est et d'autre part le monde blanc et le monde asiatique, chaque adversaire s'évertuant à aider les pays africains dans l'espoir de s'acquérir leur amitié.

On ne saurait trop insister sur l'importance que revêtent, pour les pays occidentaux eux-mêmes, les efforts qu'ils consentent pour apporter à l'Afrique une aide qui facilite les processus de développement et qui l'incite à inscrire sa destinée dans la ligne générale

d'une civilisation à laquelle nous tenons. Et on ne peut constater sans inquiétude que, malgré l'ampleur des moyens mis en œuvre, l'assistance technique à ces pays sous-développés se soit montrée, jusqu'à présent, d'une efficacité réduite. Le type d'autocritique formulé par LEDERER et BURDICK dans *The Ugly American* [8], si pertinent soit-il, ne fait qu'effleurer la surface du phénomène. Comme l'a montré Everett E. HAGEN, professeur au Massachusetts Institute of Technology et conseiller du Gouvernement birman pendant plusieurs années, dans son traité intitulé *On the Theory of Social Change* [9], la source des principales erreurs commises en matière d'aide aux pays en voie de développement réside dans l'ethnocentrisme des nations occidentales, qui ne comprennent pas qu'elles ont affaire à des peuples différents, dotés d'une autre culture, d'autres idéaux, d'autres motivations que les leurs. Mais s'il est vrai, comme le démontre HAGEN, que les causes du sous-développement technologique ne sont pas d'ordre économique mais découlent de facteurs humains, psychologiques et culturels que la science économique est, par elle seule, incapable d'appréhender, il en résulte que l'efficacité de toute assistance sera fonction de son adéquation au milieu humain auquel elle s'adresse et, en fin de compte, que les buts poursuivis en Afrique par les nations occidentales n'auront quelque chance de se réaliser que sur la base d'une connaissance sérieuse de l'homme africain, principalement en ce qui le différencie de l'homme blanc.

Or, nous appartenons à une civilisation qui est ordonnée à l'autonomie de la personne, à la connaissance scientifique de l'univers, à la domination technologique des ressources de la nature et à un progrès économique indéfini. Nous avons tendance à croire que ces aspirations sont inhérentes à la nature humaine, alors qu'elles ne sont que des phénomènes de culture. Pour comprendre les attitudes et appréhender les motivations d'une culture où l'individu se sent peu différencié, où il n'a qu'une connaissance à la fois empirique et magique du monde, où il est complètement assujéti à des forces naturelles dont il ne comprend pas le fonctionnement, et qui est essentiellement traditionaliste, ayant pour but de se préserver et de se perpétuer sans changement, il faut consentir un effort extraordinaire d'imagination, de dépaysement et, pour ainsi dire, de déculturation.

C'est bien parce qu'une telle connaissance est chose complexe et difficile à acquérir que se sont constitués un peu partout — non seulement en Europe occidentale et aux Etats-Unis, mais aussi dans les pays de l'Est et même en Asie — des centres d'études africaines basés sur le principe de la collaboration interdisciplinaire, où anthropologistes, historiens, linguistes, sociologues, juristes et spécialistes de la science politique s'efforcent en commun de jeter les fondements d'une connaissance réelle de l'Afrique, seule fondation solide pour une assistance efficace.

Dans l'état actuel des choses, cependant, il est inévitable que ces diverses activités scientifiques soient principalement le fait de non-Africains. L'étude anthropologique de JOMO KENYATTA, *Facing Mount Kenya* [10], est une exception. L'élite intellectuelle africaine est trop peu nombreuse, les tâches pratiques qui l'appellent sont trop urgentes et trop écrasantes, pour qu'elle ait eu jusqu'à présent le loisir de s'adonner en toute liberté d'esprit à la recherche dite « désintéressée ». Et lorsque l'intellectuel africain étudie son continent sous l'angle de l'histoire, de la sociologie, du droit ou de l'anthropologie culturelle, il le fait trop souvent avec une arrière-pensée par ailleurs bien compréhensible: le dessein — en soi anti-scientifique — de réhabiliter une race, une culture, un mode de vie qui, par le passé, ont été victimes d'une ignorance ou d'un mépris tout aussi anti-scientifiques. ANTA DIOP prend de grandes peines pour démontrer l'africanité des antiques civilisations du Nil [11], et pour F.D. SISSOKO, il est très important qu'ESOPE ait été un Nègre [12]. Cette réaction excessive d'une sensibilité collective écorchée s'atténuera à mesure que l'Afrique s'habitue à son autonomie, fera son chemin vers un meilleur équilibre et acquerra le sens de ses responsabilités. Il n'en reste pas moins que ce phénomène de compensation bien excusable est de nature à jeter quelque doute sur la valeur scientifique des analyses théoriques auxquelles se livrent les intellectuels noirs.

\* \* \*

Ces considérations générales nous permettent maintenant de définir la place tout à fait spéciale qu'occupent les littératures néo-africaines dans l'ensemble toujours croissant de notre documentation sur le continent noir. Rédigées dans les grandes langues

internationales de culture, ces œuvres sont immédiatement accessibles à tous les lecteurs cultivés. Étudiées attentivement et mieux diffusées qu'elles ne le sont, elles sont capables d'éclairer l'opinion publique occidentale, actuellement perplexe et lasse devant les déroutants mystères du comportement africain.

On pourrait craindre, évidemment, que les jeunes poètes, romanciers et dramaturges nègres, écrivant dans une langue étrangère pour un public étranger, ne traduisent leur expérience qu'avec une sincérité mitigée. En fait, c'est rarement le cas et, dans les circonstances présentes, on ne peut qu'admirer la courageuse franchise avec laquelle des romanciers comme le Camerounais Ferdinand OYONO ou le Nigérien Chinua ACHEBE décrivent les qualités et les faiblesses de leurs propres peuples et définissent sans fard les problèmes qu'ils doivent affronter et les responsabilités qu'ils doivent endosser.

Ces poèmes, ces drames, ces romans, jaillissent spontanément de l'imagination et de l'expérience africaines elles-mêmes. Ils ne sont pas nés en réponse aux sollicitations d'un enquêteur étranger. Ils ne sont pas conçus *a priori* comme des documents, mais comme l'expression immédiate et précise de problèmes, d'inquiétudes et d'aspirations profondément humaines, préalablement à toute construction théorique. Ils nous dévoilent l'expérience et la sensibilité africaines par le dedans, telles que l'Africain lui-même les voit, et non pas déformées par le prisme d'une intelligence abstraite enracinée dans une autre culture. Enfin, ils nous transmettent de l'Afrique une image concrète, individualisée, vivante, comme c'est le propre de l'œuvre d'art, et non un schéma rationnel où la réalité humaine est aplatie sous le poids des statistiques et des théories.

Une analyse attentive de la thématique de la poésie, du théâtre, du roman néo-africains permet d'identifier les problèmes qui préoccupent cette partie de l'élite africaine qui est restée en contact avec le peuple, qui observe et partage ses aspirations et ses anxiétés. Les romans de Chinua ACHEBE et de Hamidou KANE présentent les dilemmes tragiques de l'acculturation avec une subtilité, une vigueur et une immédiateté auxquelles aucune étude anthropologique ne saurait prétendre. Les réactions de l'Africain entraîné dans le tourbillon des nouvelles communautés urbaines

ont été analysées par les sociologues, mais des récits comme *Ville cruelle* d'Eza BOTO ou *Mine Boy* de Peter ABRAHAMS les soustraient au dessèchement statique pour les présenter, vivantes et vécues, à notre imagination. Et le fait que le dramaturge nigérien John Pepper CLARK ait pu écrire une tragédie d'une sobriété toute eschylienne sur le thème de la stérilité, apporte une précieuse indication sur la hiérarchie des valeurs qui constitue le fondement des cultures africaines [13].

Les littératures néo-africaines n'apportent pas seulement une image authentique de l'homme noir. Elles traduisent aussi la représentation qu'il se fait de l'homme blanc et de sa civilisation. En cela, elles infligent souvent un traumatisme salutaire au lecteur européen. L'opinion publique du monde blanc s'est formée en général deux conceptions antithétiques de l'impact européen sur l'Afrique: pour les uns, il fut une œuvre civilisatrice qui apporta à des peuplades sauvages la paix, la santé, la science, le progrès social et le christianisme; pour d'autres, il se ramène à une exploitation égoïste et cruelle des ressources naturelles et humaines de populations innocentes. Mais ces catégories sont étrangères à la conscience africaine, ou du moins elles ne sont pas axées sur ce qui lui paraît essentiel. Le P. TEMPELS a établi que la philosophie bantoue est centrée sur la notion de force [14]: c'est en termes de puissance — non de supériorité morale ou intellectuelle — que l'Africain appréhende l'homme blanc et sa civilisation. Dans *Headman's Entreprise*, un romancier du Nyasaland, Samuel NTARA a montré — d'une manière d'autant plus convaincante que ce n'était nullement son intention — que la docile soumission du Noir pendant la plus grande partie de l'ère coloniale, loin d'être le fruit d'une indifférence apathique qui serait propre à la mentalité bantoue, avait une finalité précise encore qu'informulée et sans doute inconsciente: s'assurer la bienveillance de l'homme blanc afin de survivre, de participer à sa prospérité et, en fin de compte, d'acquérir sa puissance. Et dans *Le pauvre Christ de Bomba* du Camerounais Mongo BETI, de même que dans les romans satiriques de son compatriote Ferdinand OYONO, on peut voir que cette puissance de l'homme blanc n'implique, pour le Noir, aucune supériorité éthique ou spirituelle. La présence européenne n'y apparaît pas comme un élément civilisateur, mais

comme un élément perturbateur. Ce qui semble frapper l'Africain, c'est moins le processus d'exploitation économique auquel il a été soumis que la disruption de ses propres valeurs culturelles, méprisées par les nouveaux détenteurs du pouvoir et du prestige [15]. Nombreux sont les romans africains axés sur la rencontre tragique du Blanc et du Noir. L'Européen y apparaît constamment comme le destructeur d'un ordre traditionnel présenté comme éminemment valable, et souvent comme intrinsèquement supérieur à l'individualisme et au matérialisme de la civilisation euro-américaine. Sans doute l'image de l'homme blanc ainsi élaborée est-elle tronquée, mutilée, déformée. Mais la littérature nous montre qu'elle existe dans l'esprit des Africains et qu'elle conditionne pour une bonne part leur attitude à notre égard.

En même temps qu'elle révèle l'image que l'Afrique se fait d'elle-même et du monde blanc, cette littérature nous apporte une représentation authentiquement africaine de leur rencontre à la fois destructrice et fécondante et des problèmes dramatiques qui en résultent. Elle est véritablement obsédée par le thème de l'acculturation et du développement, non pas délibérément ni avec des préoccupations théoriques ou utilitaires, mais parce que ce thème est inscrit, de manière souvent douloureuse, dans l'expérience quotidienne des Africains. Mais la littérature, et tout particulièrement le roman, révèle que les Africains entendent donner aux processus évolutifs, dont leur continent est aujourd'hui le théâtre, une orientation qui n'a rien de commun avec les buts poursuivis par les économistes et les technocrates euro-américains. Dans *L'aventure ambiguë*, Cheikh Hamidou KANE — qui était à l'époque, il vaut la peine de le noter, haut-commissaire au Plan dans le Gouvernement de Dakar — fait bien entendre qu'il ne se soucie nullement de voir l'Afrique dépouiller le vieil homme noir pour adopter en bloc les croyances, les idéaux et les comportements de l'homme blanc. Si ses personnages aspirent à pénétrer les secrets intellectuels et technologiques du monde blanc, c'est pour sauver, protéger et mieux affirmer leur identité africaine et les valeurs positives de leur culture propre avec son sentiment de solidarité humaine, son respect pour la tradition, son étroit contact avec le monde naturel et son sens de la continuité ancestrale. Le livre de KANE est d'une belle élévation

de pensée, et on lui objectera que son messianisme n'a que des contacts ténus avec l'immédiat. D'autres romanciers, cependant, sont plus sensibles aux problèmes concrets de l'heure présente, et la jeune école nigérienne, qui déploie une si remarquable activité, se montre parfaitement consciente des dilemmes pathétiques avec lesquels l'Afrique en développement est confrontée du fait que la civilisation moderne qu'elle veut assimiler est construite sur un réseau de valeurs individualistes et matérialistes qui sont diamétralement opposées au spiritualisme, au traditionalisme et au sentiment communautaire qui constituent le meilleur de son identité.

La nouvelle littérature africaine projette le reflet des différents stades auxquels sont arrivés les peuples du continent noir dans leur *Auseinandersetzung* avec le monde moderne, et elle le fait d'une manière plus directe, plus persuasive, plus frappante que n'importe quel autre moyen d'analyse et d'expression. Si elle attire dès à présent une attention qui semble hors de toute proportion avec le volume de papier imprimé qu'elle représente, ce n'est pas seulement à cause des propriétés esthétiques des œuvres qu'elle a produites: c'est surtout parce qu'elle est véritablement, à l'heure présente, la voix de l'Afrique, c'est parce que dans ces poèmes, ces drames, ces romans, les meilleurs fils de l'Afrique offrent au monde la clé de leur âme angoissée.

Seraing, 11 mars 1964.

#### NOTES

- [ 1 ] Voir à ce sujet l'exposé admirablement documenté de G.R. COULTHARD, dans *Race and Colour in Caribbean Literature* (Oxford University Press, 1962).
- [ 2 ] Dans *Les écrivains noirs de langue française: Naissance d'une littérature* (Bruxelles, 1963), notre compatriote Lilyan KESTELOOT, professeur à l'Université fédérale du Cameroun, a donné une analyse approfondie des origines de ce mouvement. Son étude est essentiellement axée sur la poésie antillaise et africaine, le roman n'y jouant qu'un rôle accessoire.
- [ 3 ] Il va de soi que ces définitions n'épuisent pas le potentiel littéraire du continent. Toute l'Afrique a une longue tradition orale, dont

le relevé est loin d'être complet. En outre, certaines régions possèdent une littérature moderne écrite dans les langues vernaculaires: il s'agit notamment de l'Afrique australe (Rhodésies, Nyasaland et République sud-africaine) et des territoires de l'ancienne Afrique orientale britannique.

- [ 4 ] L'Université de Dakar et la littérature africaine d'expression française (*Revue de l'A.U.P.E.L.F.*, I, 1963, 2, p. 6-8).
- [ 5 ] Voir à ce propos: V.-P. BOL: CELRIA, Centre d'Etudes de la littérature africaine (*Revue de l'A.U.P.E.L.F.*, I, 1963, 2, p. 19-24).
- [ 6 ] First International Congress of Africanists (*African Studies Bulletin*, VI, 1963, I, p. 41).
- [ 7 ] Cette tâche sera grandement facilitée par la publication d'une nouvelle collection, l'Oxford Library of African Literature, dont les premiers volumes sortiront de presse prochainement (Oxford University Press).
- [ 8 ] New York, 1958.
- [ 9 ] Dorsey Press, Homewood, 1962.
- [ 10 ] Londres, 1938.
- [ 11 ] Nations nègres et culture (Paris, 1954) et L'Afrique noire pré-coloniale (Paris, 1960).
- [ 12 ] Les Noirs et la culture. Introduction au Problème de l'Evolution culturelle des Peuples africains (New York, s.d.).
- [ 13 ] Il est significatif qu'un chapitre de *The African Image* d'Ekeziel MPHAHLELE (New York, 1962) s'intitule: « The black man's literary image of himself ».
- [ 14 ] La philosophie bantoue (Paris, Présence africaine, 1949).
- [ 15 ] Ce point de vue a été parfaitement clarifié au Congrès des Ecrivains et Artistes noirs qui se tint à Paris en septembre 1956 et dont les débats ont été reproduits dans *Présence Africaine*. Il est particulièrement intéressant de lire l'analyse de ces débats qu'a donnée le romancier noir américain James BALDWIN dans *Encounter* et qui est reprise dans son recueil d'essais: *Nobody knows my name* (New York, 1961).

**Séance du 20 avril 1964**

---

**Zitting van 20 april 1964**

## Séance du 20 avril 1964

La séance est ouverte à 14 h 30 par M. V. Devaux, directeur.

Sont en outre présents: MM. le baron H. Carton de Tournai, N. De Cleene, J. Ghilain, L. Guébels, J.-M. Jadot, A. Moeller de Laddersous, F. Van der Linden, le R.P. J. Van Wing, M. E. Van der Straeten, membres titulaires; MM. E. Coppieters, R.-J. Cornet, A. Durieux, J.-P. Harroy, P. Orban, M. Rač, le R.P. A. Roeykens, MM. A. Sohier, J. Stengers, le R.P. M. Storme, M. M. Walraet, associés, ainsi que M. E.-J. Devroey, secrétaire perpétuel.

Absents et excusés: MM. A. Burssens, N. Laude, A. Maesen, G. Périer, P. Piron, le R.P. G. Van Bulck, M. J. Vanhove.

### **Le rôle préminent du Secrétaire général dans l'opération des Nations Unies au Congo**

M. J. Stengers présente un récent ouvrage de M. F. VAN LANGENHOVE, intitulé comme ci-dessus.

La Classe décide la publication de la note de présentation de M. J. Stengers dans le *Bulletin des Séances* (voir p. 470), après quoi M. J. Ghilain manifeste son approbation au sujet de la note de M. J. Stengers et du livre de M. l'ambassadeur F. VAN LANGENHOVE, de qui il évoque quelques souvenirs personnels.

### **Le roi-dieu au Bénin**

M. N. De Cleene présente le livre de Mlle Montserrat PALAU MARTI, intitulé comme ci-dessus.\*

Cet ouvrage, reçu en hommage à notre Compagnie, a pour sujet l'institution du roi-divin dans un ensemble de populations

---

(\*) Paris, Berger-Levrault, 1964, 259 p.

## Zitting van 20 april 1964

De zitting wordt geopend te 14 h 30 door de H. V. *Devaux*, directeur.

Zijn bovendien aanwezig: De HH. baron H. Carton de Tournai, N. De Cleene, J. Ghilain, L. Guébels, J.-M. Jadot, A. Moeller de Laddersous, F. Van der Linden, E.P. J. Van Wing, de H. E. Van der Straeten, titelvoerende leden; de HH. E. Coppieters, R.-J. Cornet, A. Durieux, J.-P. Harroy, P. Orban, M. Raë, E.P. A. Roeykens, de HH. J. Sohier, J. Stengers, E.P. M. Storme, de H. M. Walraet, geassocieerden, alsook de H. E.-J. Devroey, vaste secretaris.

Afwezig en verontschuldigd: De HH. A. Burssens, N. Laude, A. Maesen, G. Périer, P. Piron, E.P. G. Van Bulck, de H. J. Vanhove.

### « Le rôle prééminent du Secrétaire général dans l'opération des Nations Unies au Congo »

De H. J. *Stengers* legt een werk voor van de H. F. VAN LANGENHOVE, getiteld als hierboven.

De Klasse beslist de voorlegginsnota van de H. J. *Stengers* in de *Mededelingen der Zittingen* te publiceren (zie blz. 470). Daarna geeft de H. J. *Ghilain* uiting van zijn goedkeuring over de nota van de H. J. *Stengers* en over het boek van de H. ambassadeur F. VAN LANGENHOVE, over wie hij enkele persoonlijke herinneringen oproept.

### « Le roi-dieu au Bénin »

De H. N. *De Cleene* legt het boek voor van Mej. Montserrat PALAU MARTI, getiteld als hierboven.\*

Dit werk dat ons Genootschap werd aangeboden, behandelt de instelling van de god-koning bij een groep Yoruba-bevolkin-

---

(\*) Paris, Berger-Levrault, 1964, 259 blz.

yoruba et yorubaïsées de Nigeria occidental, du Dahomey et du Sud-Togo.

La Classe décide la publication de la note de M. N. De Cleene dans le *Bulletin des Séances* (voir p. 477).

### **Coopération et planification en Afrique. Le Congrès de Hambourg (janvier 1964)**

M. F. Van der Linden rend compte des travaux de la Conférence internationale qui s'est tenue à Hambourg du 21 au 25 janvier 1964 et à laquelle il a représenté la Classe des Sciences morales et politiques de l'ARSOM (voir p. 182).

Ledit Congrès, organisé par la Deutsche Stiftung für Entwicklungsländer de Berlin et l'Association Afrika-Verein de Hambourg, avec le concours du Centre international des Instituts d'Etudes africaines, avait pour thème l'étude du rôle et de l'influence des institutions de planification régionale et supra-régionale en Afrique.

La Classe décide la publication de l'exposé de M. F. Van der Linden dans le *Bulletin* (voir p. 479).

### **Textes des questions du concours annuel 1966**

Sur proposition de MM. J.-P. Harroy et J. Vanhove, d'une part, ainsi que de MM. E. Coppieters et J. Stengers, d'autre part, la Classe arrête comme suit les textes desdites questions:

1. *On demande une étude critique de la politique suivie par un pays développé pour assurer sa coopération au développement de pays du Tiers-Monde.*
2. *On demande une étude sur l'évolution des techniques de diffusion collective, ou sur leur état actuel dans un ou plusieurs pays du Tiers-Monde.*

La séance est levée à 15 h 40.

gen en geyorubaiseerden van West-Nigeria, van Dahomey en Zuid-Togo.

De Klasse beslist de nota van de H. N. *De Cleene* te publiceren in de *Mededelingen der Zittingen* (zie blz. 477).

### **Samenwerking en planificatie in Afrika. Het Congres te Hamburg (januari 1964)**

De H. F. *Van der Linden* brengt verslag uit over de werkzaamheden der internationale conferentie die gehouden werd te Hamburg van 21 tot 25 januari 1964 en waarop hij de Klasse voor Morele en Politieke Wetenschappen der K.A.O.W. vertegenwoordigde (zie blz. 183).

Dit Congres, ingericht door de Deutsche Stiftung für Entwicklungsländer van Berlijn en de Vereniging Afrika-Verein van Hamburg met de medewerking van het Centre international de Liaison des Instituts d'Etudes africaines, had als thema de studie van de rol en de invloed der instellingen voor regionale en supraregionale planificatie in Afrika.

De Klasse beslist de uiteenzetting van de H. F. *Van der Linden* in de *Mededelingen* (zie blz. 479) te publiceren.

### **Tekst der vragen van de jaarlijkse wedstrijd 1966**

Op voorstel van de HH. J.-P. *Harroy* en J. *Vanhove*, enerzijds, en van de HH. E. *Coppieters* en J. *Stengers*, anderzijds, stelt de Klasse als volgt de tekst dezer vragen vast:

1. *Men vraagt een kritische studie van de politiek die door een ontwikkeld land gevolgd wordt om zijn medewerking te verzekeren aan de ontwikkeling van landen van het Derde-Wereldblok.*
2. *Men vraagt een studie over de evolutie van de technieken der gemeenschappelijke informatie, of over hun huidige stand in één of meer landen van het Derde-Wereldblok.*

De zitting wordt gesloten te 15 h 40.

**J. Stengers. — Présentation de l'ouvrage  
de M.F. Van Langenhove:  
« Le rôle proéminent du Secrétaire général dans  
l'opération des Nations Unies au Congo »**

M. Fernand VAN LANGENHOVE, au cours de sa féconde carrière, est constamment resté fidèle à une double vocation: le haut fonctionnaire, le diplomate a défendu avec brio les intérêts de la Belgique; mais dans le même temps, le sociologue, disciple de WAXWEILER, poursuivait ses analyses et ses réflexions dans la sérénité de l'esprit scientifique, une sérénité qui ne le quittait pas même lorsque son analyse portait sur les événements qu'il vivait. A l'époque de la première guerre mondiale, lorsque le pays réclamait les efforts de tous, M. VAN LANGENHOVE était déjà sur la brèche; mais par-delà les préoccupations patriotiques, soucieux avant tout d'expliquer et de comprendre, il n'hésitait pas à aborder une question brûlante entre toutes — la question des francs-tireurs — et à lui consacrer un livre défini par ces simples termes: un livre, disait-il, « conforme à l'esprit de la science ».

Résolu à imposer le silence à nos sentiments personnels, écrivait-il, nous nous sommes volontairement abstrait de notre nationalité.

L'ouvrage, *Comment naît un cycle de légendes* (Lausanne-Paris, 1916), était un modèle d'explication sociologique, et il le demeure.

Plus tard, après la seconde guerre mondiale, siégeant aux Nations Unies comme représentant permanent de la Belgique, M. VAN LANGENHOVE a mis son talent comme son énergie au service de son pays, en soutenant notamment ce qui fut appelé la « thèse belge ». On se souvient d'ailleurs de l'excellent exposé qu'il en a fait dans un de nos mémoires (*La question des aborigènes aux Nations Unies. La thèse belge*, 1954). D'un regard parfaitement objectif, cependant, M. VAN LANGENHOVE suivait l'évolution de la grande institution internationale, et lorsqu'il

a pris la plume pour la décrire, il l'a fait une fois de plus avec la sérénité de l'homme de science.

Dans un premier ouvrage, paru en 1958, M. VAN LANGENHOVE a analysé *La crise du système de sécurité collective des Nations Unies, 1946-1957*. L'étude qu'il publie aujourd'hui sous le titre *Le rôle proéminent du Secrétaire général dans l'opération des Nations Unies au Congo* (1) en est la suite logique. Le thème fondamental, dans l'un et l'autre ouvrage, consiste à montrer combien les Nations Unies, dans leur fonctionnement, se sont progressivement éloignées du modèle qu'avaient prévu leurs fondateurs. Aux mécanismes agencés par la Charte, et qui n'ont pas fonctionné, s'en sont substitué d'autres, que la Charte ignorait, mais qui ont pris une importance capitale.

L'un de ces éléments neufs a été le rôle du Secrétaire général. L'évolution, à cet égard, s'était déjà dessinée bien avant les événements du Congo. M. VAN LANGENHOVE le souligne fort bien en évoquant notamment le déroulement de la crise de Suez. En 1956, lorsque les Nations Unies constituèrent après Suez une force internationale, M. Dag HAMMARSKJÖLD se vit confier des pouvoirs très étendus. Il fut « au centre de l'opération et en tint tous les fils ». En juillet 1960, au moment de la crise congolaise, le Secrétaire général allait demander et obtenir des pouvoirs plus considérables encore.

Ce que fut le mandat confié au Secrétaire général, comment il a été interprété, comment il a évolué, comment M. H. et son successeur au secrétariat général en ont conçu l'application: autant de questions rendues souvent confuses par l'ambiguïté volontaire des protagonistes et par les prises de position polémiques, et dans lesquelles M. VAN LANGENHOVE, pour sa part, introduit une remarquable clarté. Nous ne songeons pas évidemment à résumer son livre. Il importe cependant de souligner que l'auteur déborde à beaucoup d'égards de son analyse du rôle du Secrétaire général pour nous offrir des vues d'ensemble sur les Nations Unies face à la crise congolaise. Sa méthode n'est pas celle suivie par M. GORDON dans son ouvrage sur *The United*

---

(1) Bruxelles, Institut royal des Relations internationales (La Haye, Martinus Nijhoff, 1964; un vol. in-8° de 260 p.).

*Nations in the Congo* (2). M. VAN LANGENHOVE ne nous donne pas un récit, comme M. GORDON; il recherche, de manière systématique, les grands facteurs qui ont dominé la politique des Nations Unies et met en relation cette politique avec le fonctionnement de l'institution elle-même.

Sur les profondes transformations de la politique des Nations Unies, M. VAN LANGENHOVE fait des remarques décisives, d'une netteté impeccable. L'intervention des Nations Unies au Congo, montre-t-il, obéissait au départ à deux principes stricts, que le Secrétaire général lui-même avait énoncés: pas d'usage de la force, sauf en cas de légitime défense, pas de participation aux conflits intérieurs du Congo. Quelques mois à peine après que ces principes eussent été solennellement posés, on s'en écartait. En novembre 1961, le Conseil de Sécurité, tout à sa volonté — la volonté de la majorité de ses membres, tout au moins — de faire disparaître la sécession katangaise, avait pratiquement oublié les règles du début. Dans sa résolution du 24 novembre 1961, il en faisait virtuellement litière.

Il contrevenait ouvertement au principe de non-intervention en le sacrifiant à présent à la sauvegarde de l'intégrité territoriale. Il renforçait en même temps les dispositions antérieures en autorisant « le cas échéant, l'emploi de la force dans la mesure requise », et non plus seulement « en dernier ressort ». (p. 228).

Dans leurs dernières opérations militaires, celles de décembre 1962-janvier 1963, les Nations Unies en arriveront à agir, en fait, suivant les schémas traditionnels des anciennes puissances coloniales, et en invoquant les mêmes motifs qu'elles. L'observation est de M. VAN LANGENHOVE, et elle va loin:

Assurer la liberté de mouvement, rétablir l'ordre public, obtenir des assurances contre le renouvellement des actes d'agression, de tels objectifs (c'est-à-dire ceux que l'on mit en avant au Katanga au

---

(2) King GORDON. *The United Nations in the Congo. A Quest for Peace* (Washington, Carnegie Endowment for International Peace, 1962). Cet ouvrage, intelligent et de valeur, mérite d'être connu. M. VAN LANGENHOVE s'y réfère à plusieurs reprises d'une manière abrégée dans les notes de son livre (cf. p. 57, n. 1, p. 60, n. 2, etc.: voir d'ailleurs « GORDON » à l'index), mais par suite évidemment d'une erreur matérielle, le titre a été omis dans sa liste bibliographique. Il serait dommage que ceci nuise à l'audience à laquelle GORDON a droit.

début de 1963), *analogues à ceux par lesquels des expéditions coloniales avaient été naguère motivées*, permettaient de mesurer le chemin parcouru depuis la politique prudente de Dag HAMMARSKJÖLD au début de l'opération (p. 229).

L'auteur relève aussi très justement que l'adoption de textes ambigus, susceptibles d'interprétations divergentes, a été le moyen classique, et à vrai dire le seul moyen d'éviter l'impasse où l'ONU se serait trouvée à certains moments si ses membres avaient dû se compter sur des textes clairs. Les interprétations multiples, et les nombreuses distorsions de sens subies par les résolutions de l'ONU fournirent certainement la matière, pour les historiens de l'avenir, à des études difficiles, mais passionnantes. Ce devront être dans beaucoup de cas des études de psychologie individuelle. Un exemple frappant est celui de M. CONOR O'BRIEN. Lorsqu'il a déclenché en septembre 1961 l'opération *Morthor* qui était destinée à briser par la force la sécession du Katanga, M. O'BRIEN a déclaré qu'il agissait en vertu et en application du paragraphe 1<sup>er</sup> de la résolution du Conseil de Sécurité du 21 février 1961. Il s'en est depuis invariablement tenu à cette défense. Du point de vue du droit, c'est évidemment une position intenable. Aucun juriste sérieux, appliquant des règles d'interprétation saine, ne pourrait découvrir dans la résolution du 21 février 1961 la justification de *Morthor*. Mais au-delà du droit qui a été ainsi torturé, la psychologie individuelle de M. O'BRIEN pose un problème passionnant. S'est-il réellement imaginé, de bonne foi, que la résolution du 21 février, avait la signification qu'il lui prête? Ou le fait que certains, parmi les Afro-asiatiques, attribuaient ce sens à la résolution, lui a-t-il suffi, et en a-t-il conclu que le texte pouvait être interprété comme il souhaitait qu'il le fût? Ou encore n'a-t-il accordé aux textes qu'un hommage dépourvu de toute conviction, en considérant qu'ils devaient être mis au service de la politique qui, à ses yeux, s'imposait? C'est lorsqu'on essaie de sonder ainsi le cœur d'un homme que l'on se heurte à des énigmes d'autant plus irritantes que l'intéressé lui-même, peut-être, ne serait pas capable de les trancher avec certitude.

De M. O'BRIEN, on peut d'ailleurs — toujours à propos de la résolution du 21 février et de son interprétation — remonter

plus haut, c'est-à-dire à M. HAMMARSKJÖLD en personne. Dans le livre où il fait le récit de son expérience katangaise (3), M. O'BRIEN a soutenu que le Secrétaire général des Nations Unies, au moment où il lui confiait sa mission au Katanga, était lui-même entré dans les vues des puissances afro-asiatiques qui voulaient fonder sur la résolution du 21 février une répression par la force de la sécession katangaise, et qu'il y avait donc de sa part, d'avance, une adhésion implicite à une opération comme *Morthor*. Suivant M. O'BRIEN, ce sont les réactions provoquées par *Morthor* dans les milieux occidentaux qui auraient amené M. H. à faire marche arrière. D'aucuns ont accepté cette version (4), d'autres au contraire, et qui ont touché souvent de près à M. H., l'ont rejetée comme une déformation complète de la personnalité et de la pensée du défunt Secrétaire général (5). M. H. livrera peut-être encore plus difficilement ses secrets que le bouillant Irlandais que l'ONU avait envoyé à Elisabethville.

Ces points d'interrogation psychologiques nous ont un instant éloigné du bel ouvrage de M. VAN LANGENHOVE qui, quant à lui — et ceci n'est en rien une critique — voit les choses avant tout en sociologue: c'est la vie d'une institution, de ses rouages, des groupes qui l'animent et des intérêts qui se la partagent que M. VAN LANGENHOVE scrute et reconstitue avec la clarté d'esprit, la perspicacité qu'on lui connaît. L'auteur ne fait pas le portrait de M. H. Il analyse ses mobiles.

A propos des mobiles du Secrétaire général, précisément, au début de l'opération Congo, nous aimerions soulever une

---

(3) To Katanga and back (Londres, 1962).

(4) « While he could, HAMMARSKJÖLD was prepared to interpret the resolution of 21st February as the Afro-Asians did. After *Morthor* that interpretation aroused so much indignation in the West that it began to seem that the existence of the United Nations might be threatened... HAMMARSKJÖLD... therefore retreated » (D. MARQUAND, *Morthor*, dans le *New Statesman* du 16 novembre 1962, p. 706).

(5) Le critique anonyme du *Times Literary Supplement* — mais que l'on sait être un haut fonctionnaire des Nations Unies — la qualifie de « preposterous » (The Congo, dans le *Times Literary Supplement* du 16 novembre 1962). M. O'BRIEN, écrit-il, « displays a remarkable misunderstanding and ignorance of the late Secretary-General if he thinks he was the sort of man to back down from instructions given to subordinates in the field because of pressure from a government, and thus leave them in the lurch ». Une réfutation très forte aussi est celle de M. Joseph P. LASH, correspondant américain à l'ONU, et journaliste fort bien informé, qui insiste sur le fait que « *Morthor* was contrary to HAMMARSKJÖLD's line » (Tales out of Katanga, dans *The New Republic*, 6 avril 1963).

question, sous une forme d'ailleurs hypothétique. M. VAN LANGENHOVE s'accorde avec tous les observateurs de sang-froid pour considérer que l'objectif essentiel de M. H., en déclenchant l'opération Congo, était d'empêcher la rivalité Est-Ouest de s'étendre à l'Afrique centrale. Le Congo risquait de devenir soudain un nouvel enjeu de la guerre froide, il importait, dans l'intérêt de la paix, de l'en préserver. On peut se demander cependant si le danger incontestablement grave qui se dessinait — la guerre froide menaçant de gagner une nouvelle région du monde — est le seul élément qui a incité M. HAMMARSKJÖLD à une initiative aussi spectaculaire que celle du 13 juillet 1960, une initiative que M. VAN LANGENHOVE lui-même qualifie d'« extraordinaire » (p. 47). Ne pourrait-on pas voir là aussi, peut-être, la recherche d'un succès personnel — au sens noble du mot, bien sûr: l'homme cherchant, par son succès, à grandir l'institution qu'il sert?

Les difficultés de toute espèce et les mécomptes que l'ONU a rencontrés au Congo, les complications extrêmes qui en ont résulté pour le Secrétaire général, sa mort tragique enfin, tout ce tableau sombre et tourmenté que nous avons présent à l'esprit risque de nous masquer les couleurs sous lesquelles l'opération se présentait lorsqu'elle a démarré. Apparemment, l'ONU, au Congo, n'entrait pas du tout dans un guêpier — comme elle le fait par exemple aujourd'hui à Chypre, où il est manifeste qu'elle n'a que des coups à recevoir, et où M. THANT la mène par dévouement à son rôle pacificateur. En juillet 1960, au contraire, on pouvait s'imaginer que l'ONU mettrait une plume à son chapeau dans des conditions brillantes et expéditives. On était en face d'une crise, certes, mais rarement une crise de dimensions internationales s'était, si l'on me pardonne cette expression, mieux présentée. L'U.R.S.S. et les pays communistes ne manifestaient aucune volonté d'intervention, et n'objectaient pas non plus à l'intervention de l'ONU. Les Etats-Unis, de leur côté, étaient prêts à apporter à l'opération tout l'appui de leur puissance matérielle, en s'en tenant politiquement à l'écart. Le Tiers-Monde applaudissait avec enthousiasme. Le Gouvernement congolais, faible et affolé, était prêt à accueillir comme des libérateurs les soldats des Nations Unies qu'il avait lui-même

appelés. Le seul pays que l'on risquait de froisser était un petit — la Belgique — et encore s'arrangeait-on, en rédigeant le texte voté par le Conseil de Sécurité avec une certaine équivoque, pour ménager sa susceptibilité. Rien, à date du 13 juillet, ne permettait encore de deviner que la déclaration d'indépendance du Katanga allait poser un problème majeur, dans lequel les Nations Unies s'embourberaient; c'était, pouvait-on penser, une initiative de politiciens locaux rendue possible à la fois par le chaos congolais et par la présence des forces belges — chaos dans lequel les Nations Unies allaient remettre de l'ordre et forces qu'elles allaient éliminer. Les perspectives d'une opération ONU-Congo au départ, pouvaient donc paraître très favorables.

Ne sont-ce pas, dès lors — il est permis de se poser au moins la question — les atouts si remarquables qu'il avait en mains, les chances de réussite de l'opération, qui ont en quelque sorte tenté M. HAMMARSKJÖLD? Il avait l'occasion d'asseoir davantage l'autorité de l'ONU et la sienne propre, de grandir le prestige de l'institution auprès du Tiers-Monde: pour un homme croyant de toute sa force au rôle des Nations Unies dans le monde, n'était-ce pas là une occasion à saisir?

Nous nous aventurons ici, une fois de plus, sur le terrain des hypothèses psychologiques, où tout reste fragile. Mais M. VAN LANGENHOVE lui-même, à certains égards, nous y incite. Il ouvre à l'esprit, à travers le fouillis des événements, de grandes avenues lumineuses, où on le suit en toute confiance, car il est un guide remarquable. Sachant, grâce à un travail comme le sien, où sont les routes sûres, on peut se permettre une pointe plus aventureuse.

Le 20 avril 1964.

**N. De Cleene. — Présentation du travail  
de Mlle M. Palau Marti:  
« Le roi-dieu au Bénin » \***

Le travail de Mlle PALAU MARTI, attachée au Musée de l'Homme et chargée de recherches au C.N.R.S., a pour sujet l'institution du roi divin en Afrique, plus particulièrement dans un ensemble de populations yoruba et yorubaïsées habitant aujourd'hui la Nigéria occidentale, le Dahomey et le Sud-Togo.

L'ouvrage comprend deux parties.

La première partie, intitulée *Les rois historiques*, est essentiellement descriptive. Se basant sur des documents écrits et des traditions orales relativement abondants, complétés par des matériaux recueillis sur le terrain, l'auteur raconte en une série de chapitres ce qu'étaient jadis les royautes d'Ifé, d'Oyo et de Kétu, la royauté du Bénin, les royautes de Sado et d'Alada, ainsi que celles de Porto-Novo et d'Abomey. Dans cette étude analytique, seuls les aspects sacrés des royautes ont été considérés, tels que: les mythes concernant leur origine, les cérémonies d'initiation, le symbolisme dans le plan de la résidence royale, les pratiques de cour, les interdits royaux, les rituels de la mort et des funérailles.

Cette première partie fournit le matériel indispensable pour étudier ce que l'auteur appelle *le roi mythique*, et qui est l'intitulé de la deuxième partie. Elle constitue une synthèse interprétative des données exposées dans la première partie. En effet, si les diverses royautes qui y ont été décrites semblent s'inspirer d'un modèle — les traditions yoruba aussi bien centrales que périphériques, s'accordent pour citer Ifé comme leur centre originel — elles n'en sont pas moins des réalisations particulières et spécifiques. Après avoir examiné successivement en différents chapitres ce qu'elles ont de commun, l'auteur, en guise de conclusion, s'occupe du roi et se demande ce qu'il représente.

---

\* Paris, Berger-Levrault, 1964, 259 p.

Lorsqu'il n'y a plus de roi, le pays tombe dans l'anarchie: la sécurité publique n'est plus assurée, les gestes et les travaux des hommes cessent, il n'y a plus d'ordre ni de loi normale. Dès que le roi revient, ou que son retour est annoncé (par la proclamation du nom du successeur), la vie reprend son cours ordinaire. Le roi est donc l'ordre, la garantie et la sécurité; il est la clé de voûte du système sur lequel repose le monde. (p. 217)

En d'autres mots, le roi lui apparaît comme un dieu qui vit dans le mythe, et, en même temps comme un homme qui vit dans l'histoire. Mais il n'y a là, selon l'auteur, que dualité apparente; elle se résout dans l'unicité que symbolise le roi. Et elle conclut:

Le roi peut se définir comme un symbole, et la royauté comme un tissu de symboles. (p. 11)

Tel est dans un raccourci incomplet, le contenu de cet ouvrage original.

J'en ai dit assez, j'espère, pour que tous ceux qui sont familiarisés avec l'ethnographie et l'ethnologie africaines voient le haut intérêt de ce précieux volume. Mais en dehors des spécialistes des sciences de l'homme, il constitue aussi une riche matière à réflexion pour tous ceux qui, en quelque domaine que ce soit, ont travaillé en Afrique pendant la période coloniale. A la lecture de ce livre suggestif, ils se demanderont peut-être si la colonisation a été suffisamment attentive aux valeurs spirituelles profondes du patrimoine culturel africain. Et, en face des structures politiques de l'Afrique nouvelle, torturée par les dissensions, les coups d'état et les révolutions, d'aucuns penseront sans doute à la remarque si cruellement pertinente aujourd'hui d'Henri BERGSON, que l'homme agrandi par la technique a besoin d'un supplément d'âme (1).

Le 20 avril 1964.

---

(1) BERGSON, Henri: *Les deux sources de la morale et de la religion* (Paris, Felix Alcan, 1932, p. 335).

## F. Van der Linden. — Coopération et planification en Afrique

### La Conférence internationale de Hambourg (Janvier 1964)

Si nous nous laissons trop impressionner par les pénibles événements qui se sont produits au Congo et au Rwanda-Burundi depuis juin 1960, nous serions portés au pessimisme et au découragement. Il faut réagir. Même si l'on ne peut entrevoir à brève échéance une amélioration profonde de la situation présente. Nous devons surtout élargir notre horizon, voir comment on envisage ailleurs que chez nous l'aide au développement de l'Afrique, et surtout prendre contact avec des personnalités africaines pour savoir leur conception de leurs problèmes et des moyens de les résoudre.

C'est pourquoi durant ces dernières années, pour notre propre information et aussi, à l'occasion, pour défendre l'œuvre magnifique accomplie par nos compatriotes en Afrique centrale contre d'aveugles et injustes critiques, nous avons assisté à de nombreuses assemblées internationales à l'étranger. En dernier lieu à Hambourg à la Conférence internationale organisée sous les auspices du Centre international de liaison des Instituts d'Etudes africaines, par l'Afrika-Verein et par la Deutsche Stiftung für Entwicklungsländer.

Dans une précédente communication, nous avons signalé la constitution et les objectifs du Centre international de liaison des Instituts d'Etudes africaines (1).

L'Afrika-Verein a succédé à l'Afrika-Verein Hamburg-Bremen, fondée à Hambourg en 1934 qui, elle-même, avait fait suite au Syndikat für Westafrika (Syndicat économique pour l'Afrique occidentale), fondé en 1884 et à la Verein Westafrikanische

---

(1) Paris, les 29 et 30 novembre 1961 (*Bulletin des Séances de l'ARSON*, Nouvelle série, VIII, 1962, 2: La coopération technique internationale en Afrique).

Kaufleute (Association de commerçants allemands de l'Afrique occidentale), constituée en 1903. C'est l'assemblée générale du 6 mai 1960 qui donna au groupement sa nouvelle structure, son orientation élargie et son nouveau nom.

L'Afrika-Verein réunit des commerçants, industriels, financiers, armateurs, et autres représentants de la vie économique en Allemagne qui s'intéressent aux problèmes de l'Afrique. Le but principal est d'encourager les relations économiques dans les deux directions et l'amélioration des connaissances du continent africain. Cette association défend en Allemagne les intérêts et groupes du secteur privé engagés économiquement en Afrique. Elle a un service spécial qui se préoccupe de recherches en Afrique sur le plan des investissements privés.

L'Afrika-Verein est une institution nationale ayant des succursales et des représentants dans les grandes villes allemandes: Brême, Dusseldorf, Stuttgart, Bonn. Le siège social est à Hambourg 36, Schleusenbrücke I.

L'Afrika-Verein publie annuellement un rapport sur le développement économique, social et politique en Afrique. Elle est l'éditeur de la revue *Neues Afrika* (Afrique nouvelle) et le co-éditeur de la *Uebersee Rundschau* (Revue d'Outre-Mer). De plus, pour ses membres, elle distribue des informations spéciales et une revue de la presse africaine.

La Deutsche Stiftung für Entwicklungsländer (Fondation allemande pour les pays en voie de développement) ayant son siège à Bonn, Agrippinenstrasse, 10, a été constituée il y a quatre ans par des députés de toutes les fractions du Bundestag allemand et par les Ministères fédéraux intéressés à la politique du développement. Elle a pour tâches:

1. D'échanger les fruits des expériences acquises avec les dirigeants d'Afrique, d'Asie et d'Amérique latine;
2. De former la main-d'œuvre spécialisée originaire des pays en voie de développement et de préparer la main-d'œuvre allemande pour ces pays;
3. De participer à l'élaboration de programmes de politique de développement;

4. De collaborer à l'information du public allemand au sujet des problèmes mondiaux de l'aide au développement.

Un registre central rassemble sur un fichier les projets de développement examinés par toutes les institutions allemandes et de nombreuses institutions étrangères ayant les mêmes objectifs que les siens. La Fondation invite pour une période de quatre semaines environ des dirigeants de pays africains, asiatiques et latino-américains à participer à des réunions dans lesquelles sont étudiés des sujets spécialisés pour chaque pays. Elle donne à la main-d'œuvre allemande ayant déjà une formation technique, désireuse de partir pour ces pays, un bagage intellectuel suffisant sur leurs conditions particulières culturelles, politiques, sociologiques et géographiques. Des services centraux organisent des programmes spéciaux de formation pour les secteurs de l'Administration publique (Berlin) de la promotion professionnelle (Mannheim) et agricole (Munich).

Les programmes d'études sont organisés longtemps d'avance et en accord avec les principales institutions internationales telles que l'UNESCO, l'Organisation mondiale de la Santé (O.M.S.), l'Organisation de Coopération et de Développement économique (O.C.D.E.) et la Communauté Economique Européenne (C.E.E.). Ils sont adaptés aux nécessités pratiques de l'actualité.

La conférence internationale qui s'est tenue à Hambourg du 21 au 25 janvier 1964 avait à son ordre du jour: L'influence des institutions de planification régionale et supra-régionale en Afrique. Pratique et résultats scientifiques.

Elle réunit plus de cent cinquante participants parmi lesquels de nombreuses personnalités africaines qui présentèrent des rapports intéressants ou intervinrent judicieusement dans les débats.

Nous pourrions borner là notre communication, mais ce serait, pensons-nous, trahir la confiance que l'Académie nous a témoignée en nous déléguant à cette conférence internationale, si nous ne signalions pas les idées maîtresses qui furent exposées. Car c'est bien de cela qu'il s'agit si nous voulons extérioriser notre activité.

Professeur Dr KOLB (Institut de Géographie et de Géographie économique, Université de Hambourg): *La géographie économique, et ses applications dans la planification et le développement de l'Afrique.*

Le conférencier expose la configuration du milieu naturel et les problèmes qui se présentent pour y adapter les plans de développement. Les vastes zones marécageuses, le manque d'eau, l'immensité du territoire et le manque de main-d'œuvre constituent autant d'obstacles. Seules des études préparatoires, scientifiques et globales peuvent graduellement vaincre ces obstacles et ouvrir la voie à une planification réaliste, où toutes les ressources de la science géographique seront utilisées. Les disciplines les plus diverses y sont intéressées, et devront y concourir. La toute première condition serait l'établissement d'un matériel cartographique, à l'heure actuelle fort insuffisant.

Après cet exposé, la discussion roula sur les moyens d'augmenter le rendement, aussi bien pour la consommation locale que pour l'exportation: la mise en valeur du sol par des méthodes modernes, question d'éducation; l'emploi de machines agricoles, non seulement dans les grandes plantations, mais dans les entreprises familiales, grâce à la coopération, enfin les mesures à prendre contre la destruction des sols.

M. Paul MORAWETZ (Economic Commission for Africa, [E.C.A.] Addis Abeba): *Aide au développement et problèmes de collaboration régionale dans l'Afrique de l'Ouest et de l'Est.*

Selon le conférencier, deux principes absolus devraient présider aux investissements: ces derniers devraient répondre aux besoins d'une planification suprarégionale, et toutes les conditions politiques devraient être bannies; à cet égard, une neutralisation des fonds peut être obtenue en passant par le canal de l'E.C.A., avec l'aide des Nations Unies. Comme exemple de constructions politiques, mais économiquement non justifiées, on peut citer certains ports d'Afrique occidentale. La planification suprarégionale s'impose, parce qu'elle permet de développer aussi des pays moins favorisés; par la méthode inverse, on développerait trop rapidement les régions potentiellement plus riches et on créerait ainsi des sources de conflits sociaux futurs. Dans sa mission d'études, l'E.C.A. a établi dans l'Afrique de

l'Ouest, de l'Est et du Nord des zones de développement qui transcendent les frontières politiques, ethniques et monétaires. C'est à l'intérieur de ces zones que la planification subrégionale doit établir un équilibre entre régions plus ou moins favorisées. Par-dessus les frontières nationales, elle ne peut d'ailleurs que s'appliquer à des secteurs déterminés (*Sectorial approach*), tels que l'enseignement ou l'industrialisation, le maintien des souverainetés nationales restant un principe à respecter scrupuleusement.

La discussion évoque les meilleurs moyens d'associer à cette planification les initiatives privées d'entreprises étrangères; mais elle fait éclater des divergences de vues sur les « zones de développement » proposées par l'E.C.A., ainsi que sur les délais qu'exigerait une planification subrégionale.

M. Jacques ALIBERT (Banque de l'Afrique occidentale): *Politique économique régionale et suprarégionale dans les pays africains.*

Deux formes antagonistes se disputent l'Afrique: le micro-nationalisme des différents Etats et le macronationalisme panafricain. Et pourtant, une véritable indépendance peut-elle exister, alors qu'au point de vue économique, elle est toujours restreinte par des accords et des concessions mutuelles? Jusqu'à preuve du contraire, l'Afrique n'est capable que d'exporter des matières premières et des produits alimentaires, et elle doit importer produits industriels, capitaux et biens de consommation durable. D'où la nécessité d'assurer la balance commerciale, l'alimentation de la population en même temps que les exportations nécessaires. Les groupements régionaux apparaissent comme un remède à la fois contre l'émiettement et le totalitarisme.

Le conférencier expose alors les récents essais de rapprochement, sur le plan de l'union douanière et des zones monétaires, et sur celui plus élevé, par exemple, de l'Union afro-malgache. Cette dernière n'a pas été très loin, parce qu'elle s'est heurtée à d'autres groupements. On a constaté depuis qu'il était erroné de vouloir opposer une Afrique réformiste à une Afrique révolutionnaire.

M. ALIBERT développe ensuite l'idéologie panafricaine, telle qu'elle s'est manifestée à Addis-Abeba en mai 1963. Un conseil

économique s'est créé, qui collabore avec celui de l'ONU. Les buts ont été définis: une zone africaine de libre-échange, un fonds de stabilisation des prix, une monnaie africaine et une harmonisation des plans de développement. La création de la Banque africaine de Développement est une prise de position contre la création de nombreuses banques locales; elle entraîne une majoration par les pays plus grands et plus riches. Un marché commun serait prématuré, puisque les échanges interafricains ne représentent à l'heure actuelle que 10 % de l'ensemble du commerce extérieur. On devra donc moins se consacrer à la disparition des barrières douanières intérieures qu'à une planification réaliste, tenant compte des uns comme des autres. L'organisation de l'Unité africaine semble malheureusement tourner le dos au régionalisme. Pourtant, il ne pourra longtemps être question que d'une « Afrique des patries »; toujours, il faudra trouver un équilibre entre les besoins régionaux et les aspirations unitaires.

Au cours de la discussion qui suivit cet exposé, d'aucuns émirent l'opinion qu'il ne s'agissait pas seulement d'un problème de micronationalisme ou de macronationalisme à surmonter; le nationalisme ne resterait-il pas toujours un moteur maîtrisé, mais agissant? Les essais de groupements régionaux déjà réalisés peuvent-ils être considérés comme des jalons, ou plutôt comme des obstacles à une évolution ultérieure? Le conférencier considère qu'il s'agit de jalons. Comme exemple de micronationalismes, il cite ce qui se passe à la Banque de Développement africain: certains pays y tiennent à une pondération des votes dans laquelle éclate la divergence entre soucis politiques et économiques (et ce sont les mêmes pays qui refusent une pondération des votes à l'ONU!). Certains intervenants reviennent sur l'impossibilité d'un marché commun, font la comparaison avec l'Amérique du Sud et estiment qu'on va vers le danger d'une cristallisation de deux groupes: nombreux petits pays pauvres d'une part, un grand groupe de pays riches de l'autre. Enfin, à propos de la Conférence mondiale du commerce (2), on relève les difficultés de la collaboration entre nations industrialisées et pays en voie

---

(2) Qui se tient actuellement à Genève.

de développement, et surtout la difficulté de définir la non-intervention dans les affaires intérieures.

Professeur DHARAM GHAI (Makerere University College, Kampala, Uganda): *L'intégration en Afrique orientale. L'exemple de l'East African Common Services Organisation.*

Après avoir décrit les institutions communes qui existent dans cette organisation (Transports, P.T.T., contributions, enseignement), le conférencier montre les conséquences négatives du marché commun pour l'Afrique orientale: industrialisation au Kenya, recul au Tanganyika. Un fonds d'égalisation s'impose, les industries doivent être réparties équitablement, et sur des bases rentables, il faut harmoniser les mesures politico-économiques prises par les différents gouvernements: ainsi, les conventions bilatérales avec des tiers. Dans le secteur de la monnaie commune se pose le même problème d'une défavorisation de certaines régions: un organisme d'investissement devrait se garder des tentatives d'accaparement au profit de l'un ou de l'autre. Au crédit du marché commun est-africain, le conférencier porte l'absence totale des difficultés de paiement ou de manque de devises.

Le Dr BECKER, co-rapporteur, estime que les plans de développement des pays africains ne sont pas réalisables, à peu d'exceptions près, dans les ordres de grandeur prévus. En outre, aucun de ces plans ne tient compte des plans de la région voisine. Au surplus, les pays donneurs de capitaux préfèrent financer beaucoup de petits projets plutôt qu'un grand, parce que le résultat de prestige est meilleur, et le contrôle plus aisé.

La discussion qui suit relève des divergences dans la définition de la notion de marché commun. La coopération réalisée en Afrique orientale répond-elle à la définition européenne du Marché commun? Quoi qu'il en soit, il ne peut pas servir d'exemple pour d'autres pays africains, où les conditions sont très différentes. A l'encontre d'autres groupements, il s'est développé sur des bases historiques, avec des frontières politiques communes et avec des échanges intérieurs dont le taux d'accroissement dépasse celui des échanges extérieurs.

M. J.-A. RAZAFIMBAHINY (Secrétaire général de l'O.A.M.C.E., Yaoundé, Cameroun): *Buts et expériences de l'Organisation afro-malgache de Coopération économique.*

L'orateur compare le revenu national dans les pays de cette Union avec celui des pays industrialisés, et considère comme d'urgence primordiale la formation des élites et des cadres. Le traité de l'O.A.M.C.E. de 1961 a pour base la solidarité, depuis la Mauritanie jusqu'à Madagascar. L'O.A.M.C.E. n'a pas un caractère supranational; elle est ouverte aux tiers: elle a conclu des conventions, par exemple avec les pays du Maghreb. Elle cherche une voie humaniste entre le capitalisme et le totalitarisme. Outre la monnaie commune et des règlements douaniers communs, elle a un immense capital d'amitié dans la collaboration. Le Cameroun y a accédé après 1961. C'est un stade-pilote en vue de nouvelles intégrations futures. Malheureusement, l'union douanière ouest-africaine s'est arrêtée à mi-chemin. Le conférencier évoque ensuite le rapprochement qui s'amorce avec le Tanganyika, le Kenya et l'Uganda, ainsi que les problèmes qui résultent de l'association avec la Communauté européenne. Le facteur faible est la situation du commerce interafricain, avec les problèmes de matières premières et de produits alimentaires qu'elle implique. Les plans de développement sont arrivés à des stades divers, celui du Sénégal étant le plus avancé. Le conférencier s'élève contre certains projets d'industrialisation, qui sont des « cadeaux empoisonnés » et une forme de néo-colonialisme. Pour réaliser l'égalité entre zones côtières et hinterland, un impôt unique a été introduit en Afrique centrale. Mais il faut se garder d'une politique d'industrialisation qui serait de pur prestige, impliquerait une mise sous tutelle et détruirait l'équilibre social. Parmi les devoirs de l'O.A.M.C.E., le conférencier met au premier plan l'enseignement. La tâche a été divisée entre l'Institut de l'E.C.A., à Dakar, qui forme les cadres supérieurs, et les centres régionaux de l'O.A.M.C.E., qui forment des cadres moyens. Comme résultats pratiques, le conférencier évoque l'association avec l'Europe, l'accès au Fonds monétaire international, à la Banque mondiale et au G.A.T.T.

Le Dr H. Voss, co-rapporteur, souligne particulièrement les résultats de l'O.A.M.C.E. dans le domaine de l'union douanière

centre-africaine. Sans doute, l'impôt unique n'a pas encore réalisé; l'égalisation entre régions plus ou moins favorisées, et la mobilité de la main-d'œuvre sont encore fort limitées. Mais la convention sur les investissements est importante. Le sentiment de solidarité n'est pas encore ce qu'il devrait être, néanmoins les résultats sont déjà positifs: ainsi, l'association du Cameroun et la construction du chemin de fer transcamerounais.

Dr L. JOY (London School of Economics and political Science): *Estimation des projets dans le cadre de la planification en Afrique.*

Le conférencier divise son rapport en trois parties:

1. La politique à suivre dans l'estimation des projets;
2. Les critères de cette estimation;
3. L'importance des valeurs sociales dans un développement dynamique de l'économie. Les données, selon lui, ne sont pas tellement diversifiées dans les autres pays en voie de développement. Les points de vue politiques ne doivent pas seuls intervenir dans l'estimation, mais tous les autres critères doivent être mis dans la balance: il faut pour cela une collaboration étroite entre économistes, hommes politiques et techniciens. En outre, l'estimation d'un projet ne doit pas être faite une fois pour toutes, mais elle doit être constamment replacée et rejugée dans le cadre de son évolution; des alternatives doivent être possible en cours de route. Pour juger les critères, il faut se borner à des données de base, réduites en nombre, et les mettre en valeur par les méthodes appropriées. Contrairement à une opinion très répandue, le rapporteur estime que les données et les critères, indispensables pour l'estimation d'un projet, peuvent être réunis en un temps assez court. Mais les critères objectifs (les prix, par exemple) ne suffisent pas si on n'y ajoute pas les valeurs sociales (*social values*). Pour l'estimation, tous les facteurs doivent être examinés; un seul ne suffit pas. Les méthodes économétriques, elles aussi, sont parfaitement applicables à l'estimation des projets. Sans doute, les projets doivent être choisis par ceux qui ont pour mission de les estimer; en cours d'exécution, les données de base doivent rester constamment consultables pour que cette méthode donne ses pleins effets.

Au cours de la discussion, le Dr KLAUSEN (Institute for Social Research, Oslo) souligne lui aussi l'importance des facteurs sociologiques et anthroposociologiques. La collaboration doit se faire à la base, c'est-à-dire en lieu et place, et la planification ne doit pas émaner des seuls centres politiques et régionaux. Un conseiller social doit être associé à chaque projet. M. l'ingénieur HAUSER relève la nécessité de la présence d'un conseiller neutre dans le cas de projets émanant de l'industrie privée. Quant au professeur LEDUC (délégué de l'Académie des Sciences d'Outre-Mer de Paris), il estime que la politique économique et la structure sociale des différents pays relèvent des gouvernements et des parlements. Il faut rejeter les liens de cartel dans des projets de source privée. Un conseiller neutre et compétent évitera les erreurs d'investissements, particulièrement regrettables si l'on considère l'exiguïté des marchés africains.

Le professeur ZIMMERMANN (Institute of Social Studies, La Haye), co-rapporteur, estime qu'un marché commun en Afrique n'est pas réalisable à l'heure actuelle. En effet, les économies des Etats africains ne sont pas complémentaires et les populations sont trop clairsemées. Les possibilités d'écoulement sur le plan local étant trop réduites, on aboutirait très vite, dans le cas d'industrialisations inconsidérées, à des entreprises travaillant au-dessus de leurs possibilités d'écoulement, et il en résulterait des mesures douanières protectionnistes. Bref, il est utopique d'imaginer avant longtemps une harmonisation des investissements sur base suprarégionale.

Au cours de la discussion, on conteste l'affirmation de M. ZIMMERMANN selon laquelle les Etats africains ne seraient pas complémentaires; on cite l'exemple des Etats ouest et centrafricains, où l'intérieur pratique l'élevage, tandis que les zones côtières possèdent des plantations: il en résulte déjà des échanges mutuels. Il existe aussi des exemples de planification suprarégionale, et les théories de M. ZIMMERMANN ne s'appliquent qu'aux très petits Etats; la création de l'O.A.M.C.E. a justement démontré que la planification ne peut pas se limiter à ces petits Etats.

Dans un bref exposé sur le plan de sept ans du Ghana, M. SMITH (Université de Munster) montre que ce plan vise à

réaliser un ordre socialiste et un contrôle serré de l'Etat sur l'économie. Dans ce plan-ci, contrairement aux deux plans précédents, une importance plus grande a été attribuée à l'agriculture et aux industries dérivées. Quant au plan soudanais, sur lequel M. ABU BAKR fait rapport, il met l'accent sur la diversification de la production agricole pour libérer le pays du monopole du coton.

M. Georges RIOND, président du Comité central français pour l'Outre-Mer, constate tout d'abord que «le crédit de l'homme blanc» a été incontestablement détérioré au cours du dernier quart de siècle. La décolonisation, qui répondait à certaines opportunités, s'est souvent accompagnée de manifestations odieuses ou insensées.

Si l'Occident veut reconstituer son prestige auprès des peuples en voie de développement, il ne doit pas se leurrer sur les données exactes de son crédit, surtout vis-à-vis des subversions qui s'exercent dans les conditions que l'on sait.

M. Georges RIOND estime que les anciens territoires français d'Afrique tropicale se sont, en dépit de différents incidents de parcours, mis sur la voie d'une correcte appréciation de leurs capacités et de leurs responsabilités. Il convient de les aider à ne pas vouloir leur imposer systématiquement des principes et des règles de style européen. L'Afrique cherche à juste titre des institutions adaptées à ses traditions et aux conditions particulières de son développement. L'Occident et l'Europe tout spécialement doivent l'aider dans cette recherche et permettre l'éclosion dans les pays en voie de développement de l'humanisme et du civisme.

Le professeur P.T. BAUER (London School of Economics):  
*Idéologie du développement économique en Afrique.*

Montrant l'exemple du Ghana et du Nigeria, le conférencier réfute l'assertion habituelle, selon laquelle l'Afrique se trouverait enfermée dans un cercle vicieux de misère et de stagnation. Citant des chiffres, il souligne les progrès réalisés depuis l'indépendance de ces pays; ces progrès sont incontestables, quoique insuffisants et partis d'un niveau très bas. De même, il réfute l'opinion bien connue de M. MYRDAL, selon laquelle un taux plus rapide de développement ne pourrait être acquis que par des mesures prises

par un Etat indépendant; l'exemple du Libéria et de l'Ethiopie, indépendants depuis très longtemps, prouve le contraire. Il est également faux de prétendre que l'Africain ne serait pas apte à diriger et gérer une entreprise: il y a de nombreuses plantations florissantes, dirigées par des Africains, en Afrique occidentale. Le Ghana et le Nigéria sont les plus grands producteurs de cacao du monde, et il s'agit là d'entreprises privées, dirigées par des Africains. Les tendances à l'autarcie, que l'on relève, ça et là, sont des obstacles au développement; au contraire, les contacts étroits avec les pays industrialisés sont des aiguillons irremplaçables. Mieux: les pays africains ont une chance que les pays aujourd'hui industrialisés n'ont pas eue, à l'époque où ils se développaient: celle de pouvoir profiter immédiatement de techniques évoluées et des dernières acquisitions de la recherche scientifique. Enfin, il est faux de dire, selon le conférencier, que seule la concentration de tous les moyens aux mains de l'Etat puisse garantir un développement rapide. Les techniciens de l'industrie privée sont irremplaçables et trop de dirigisme finit par agir comme un frein.

La discussion finale souligne les points suivants:

1. Des organismes supranationaux de développement (E.C.A., O.A.M.C.E.) existent déjà; ils se sont créés organiquement, disposent de pouvoirs réels qui cependant laissent intactes les souverainetés nationales;
2. La planification exige une collaboration de toutes les disciplines scientifiques, si l'on veut éviter les erreurs, les gaspillages, et si l'on veut poser les jalons qui permettront de passer du stade national au stade supranational;
3. L'homme ne doit pas être négligé dans ces planifications. Il doit rester au centre de tous les soucis. L'initiative privée doit pouvoir continuer à jouer.

Le 20 avril 1964.

**CLASSE DES SCIENCES NATURELLES  
ET MEDICALES**

---

**KLASSE VOOR NATUUR- EN  
GENEESKUNDIGE WETENSCHAPPEN**

## Séance du 17 mars 1964

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

Sont en outre présents: MM. G. de Witte, A. Dubois, P. Fourmarier, L. Hauman, R. Mouchet, W. Robyns, P. Staner, M. Van den Abeele, Ch. Van Goidsenhoven, membres titulaires; MM. B. Aderca, C. Donis, J. Jadin, F. Jurion, J. Lebrun, J.-E. Opsomer, M. Poll, J. Thoreau, O. Tulippe, R. Vanbreuseghem, J. Van Riel, associés; MM. F. Corin, R. Devignat, F. Evens, R. Germain, correspondants, ainsi que MM. E.-J. Devroey, secrétaire perpétuel et M. Walraet, secrétaire des séances.

Absents et excusés: MM. L. Cahen, M. De Smet, A. Fain, P. Gourou, F. Hendrickx, P. Janssens, J. Lepersonne, G. Neujean, G. Sladden.

### Décès de M. Victor Van Straelen

Devant l'assemblée debout, M. P. Brien, directeur, rend un émouvant hommage à la mémoire de notre regretté et éminent confrère, M. Victor Van Straelen, décédé à Ixelles le 29 février 1964 (voir p. 496).

La Classe prie M. P. Fourmarier de rédiger la notice nécrologique pour l'*Annuaire* 1965.

### Communication administrative

Nominations: Voir p. 528.

### Observations sur l'hétérostylie chez la Jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes* Solms)

M. J. Lebrun présente une étude de M. J. FRANÇOIS, intitulée comme ci-dessus et dans laquelle l'auteur établit, chez *Eichhornia*

## Zitting van 17 maart 1964

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

Zijn bovendien aanwezig: De HH. G. de Witte, A. Dubois, P. Fourmarier, L. Hauman, R. Mouchet, W. Robyns, P. Staner, M. Van den Abeele, Ch. Van Goidsenhoven, titelvoerende leden; de HH. B. Aderca, C. Donis, J. Jadin, F. Jurion, J. Lebrun, J.-E. Opsomer, M. Poll, J. Thoreau, O. Tulippe, R. Vanbreuseghem, J. Van Riel, geassocieerden; de HH. F. Corin, R. Devignat, F. Evens, R. Germain, correspondenten, alsook de HH. E.-J. Devroey, vaste secretaris en M. Walraet, secretaris der zittingen.

Afwezig en verontschuldigd: De HH. L. Cahen, M. De Smet, A. Fain, P. Gourou, F. Hendrickx, P. Janssens, J. Lepersonne, G. Neujean, G. Sladden.

### Overlijden van de H. Victor Van Straelen

Voor de rechtstaande vergadering, brengt de directeur, de H. P. Brien, een ontroerde hulde aan onze betreurde en eminente confrater de H. *Victor Van Straelen*, overleden te Elsene op 29 februari 1964 (zie blz. 496).

De Klasse verzoekt de H. P. Fourmarier de necrologische nota bestemd voor het *Jaarboek 1965* op te stellen.

### Administratieve mededeling

Benoemingen: Zie blz. 529.

### « Observations sur l'hétérostylie chez la Jacinthe d'eau (*Eichhornia crassipes* Solms) »

De H. J. Lebrun legt een studie voor van de H. J. FRANÇOIS, getiteld als hierboven en waarin de auteur voor *Eichhornia cras-*

*crassipes*, la dominance du type mésostylé et la récessivité de la forme longistylée.

Cette communication donne lieu à un échange de vues auquel participent MM. *P. Staner*, *W. Robyns*, *M. Poll*, *P. Brien* et *J. Lebrun*.

La Classe décide de publier cette note dans le *Bulletin* (voir p. 501).

### L'épidémiologie des lévuroses

*M. R. Vanbreuseghem* présente une communication accompagnée de projections lumineuses et intitulée comme ci-dessus.

La Classe décide qu'un résumé en sera publié dans le *Bulletin* (voir p. 520).

*M. R. Vanbreuseghem* répond ensuite à des questions que lui posent MM. *P. Staner* et *R. Devignat*.

### Concours annuel 1966

La Classe décide de consacrer la troisième question à la biologie végétale et la quatrième à la biologie animale.

MM. *P. Staner* et *J. Lebrun*, d'une part, ainsi que MM. *M. Poll* et *P. Brien*, d'autre part, sont chargés de rédiger les textes desdites questions.

La séance est levée à 16 h 25.

*sipes* het overwegen van het type met middelmatige stengel en het teruggaan van het langstijlige aanwijst.

Deze mededeling geeft aanleiding tot een gedachtenwisseling, waaraan deelnemen de HH. *P. Staner*, *W. Robyns*, *M. Poll*, *P. Brien* en *J. Lebrun*.

De Klasse beslist deze nota in de *Mededelingen* te publiceren (zie blz. 501).

### « L'épidémiologie des lévuroses »

De H. R. *Vanbreuseghem* legt een mededeling voor, met lichtbeelden en getiteld als hierboven.

De Klasse beslist er een samenvatting van te publiceren in de *Mededelingen* (Zie blz. 520).

De H. R. *Vanbreuseghem* antwoordt vervolgens op de vragen die hem gesteld worden door de HH. *P. Staner*, en *R. Devignat*.

### Jaarlijkse wedstrijd 1966

De Klasse beslist de derde vraag te wijden aan de plantenbiologie en de vierde aan de dierlijke biologie.

De HH. *P. Staner* en *J. Lebrun*, enerzijds, en de HH. *M. Poll* en *P. Brien*, anderzijds, worden belast met het opstellen van de tekst dezer vragen.

De zitting wordt gesloten te 16 h 25.

**P. Brien. — Hommage à Victor Van Straelen  
(Anvers, 14 juin 1889 - Ixelles, 29 février 1964)**

**Membre de l'Académie royale des Sciences d'Outre-mer**

Notre éminent collègue Victor VAN STRAELEN est décédé inopinément le samedi 29 février 1964. Sa mort nous consterne. Elle laisse un grand vide parmi nous.

Victor VAN STRAELEN occupait une place prépondérante dans la vie scientifique de la Belgique. Très attaché à l'Académie des Sciences d'Outre-Mer, il lui réservait son intérêt et son dévouement afin qu'elle assumât son importante mission.

Elève de Maurice LERICHE, il était un de nos maîtres en géologie et en paléontologie. Sa science cependant débordait les limites de sa spécialisation. Il était averti de tout ce qui touche les sciences naturelles. A vrai dire, il cherchait moins à pénétrer au cœur des problèmes scientifiques qu'à les définir afin de les porter à la conscience de chacun et de trouver les moyens d'en promouvoir les solutions les meilleures. A la joie singulière de la découverte dans un domaine défini, il préférerait envisager les questions d'un intérêt général et collectif, se préoccuper des besoins du pays afin d'y assurer le développement de la science qui lui paraissait primordiale pour sa prospérité et sa dignité. Victor VAN STRAELEN était plus qu'homme de science; il avait l'envergure d'un homme d'Etat; ces deux qualités se confondaient en lui et inspirèrent toutes ses activités.

Il fut un promoteur clairvoyant et courageux, un administrateur exigeant et autoritaire, mais toujours avisé et aux larges conceptions. Il avait le sens de la grandeur. Sa personnalité puissante n'était pas sans provoquer des oppositions et des controverses. Cependant, les idées s'affrontaient sans que l'on en ressentît ni dépit, ni amertume, tant on sentait en lui, jusque dans ses passions, une intégrité totale et exemplaire, des impératifs élevés et généreux qu'il plaçait lui-même au-dessus de tout, au-dessus de

ses propres amitiés. On a écrit avec raison que Victor VAN STRAELEN était « une des consciences » du pays. Tant de désintéressement, d'intégrité, de savoir, de volonté, d'indépendance n'étaient pas sans exercer un véritable charme sur ceux qui l'écoutaient; ses adversaires mêmes y étaient sensibles.

Docteur en sciences géologiques, il était professeur honoraire de l'Université libre de Bruxelles, professeur émérite de l'Université de l'Etat à Gand. Ses élèves, ses disciples, ses collègues, ne cessaient d'admirer sa vaste érudition autant que l'ouverture de sa pensée. Il semblait connaître tout et être averti de tout. Il formulait ses opinions avec l'indépendance d'esprit que soutient une profonde conviction. Aucune considération, aucune compromission, aucune concession ne purent émousser ni affaiblir la liberté de ses jugements et de ses propos. Si ses conceptions paraissaient parfois très personnelles, toujours elles restaient dignes d'être écoutées avec la plus grande attention, car elles apportaient, même dans leur forme excessive, des avertissements précieux et contenaient les germes de possibilités fécondes.

Pendant près de 30 années, de 1925 à 1954, il fut un directeur remarquable du Musée royal d'Histoire naturelle de Belgique à Bruxelles. Il y insuffla un esprit nouveau, multiplia les services; accrut le nombre de collaborateurs et de conservateurs. Il sut convaincre les pouvoirs publics de la nécessité d'agrandir les bâtiments afin d'y aménager des laboratoires plus nombreux et mieux adaptés aux besoins de la recherche, des salles d'exposition et de collections mieux appropriées à l'information et à la conservation. Il suscita et dirigea une activité scientifique féconde dont témoignent aujourd'hui les imposantes publications des *Bulletins* et des *Mémoires*. Sous sa direction, le Musée d'Histoire naturelle devint un centre éducatif bien organisé et une institution nationale d'études actives dans les domaines de la géologie, de la paléontologie, de l'anthropologie, de la zoologie. Pour mieux affirmer le rôle et la signification qu'il voulait imposer au Musée, il obtint d'en changer la dénomination; ce fut désormais l'*Institut royal des Sciences naturelles de Belgique*.

Ses charges de professeur et de directeur eussent pu suffire à assurer la renommée de Victor VAN STRAELEN. Elles ne pouvaient satisfaire ni ses aspirations ni ses besoins d'entreprise.

Son talent, son savoir, son expérience des choses et des hommes, son charme personnel lui avaient gagné l'amitié du roi ALBERT I<sup>er</sup>. Le Souverain associa Victor VAN STRAELEN à ses pensées, à ses intentions d'intensifier au Congo belge, en dehors des entreprises coloniales cependant importantes et prospères, une action civilisatrice culturelle qui tout en étant plus désintéressée, pût être utile à l'émancipation de la Colonie et pût faire honneur à notre pays qui en avait accepté la gestion des mains mêmes de LÉOPOLD II.

C'est alors que Victor VAN STRAELEN fut appelé à la direction du Parc national Albert qui venait d'être créé aux confins du Kivu quelques années auparavant. Aussitôt et sous son impulsion personnelle, la conception même de Parc national prit une importance considérable, une signification scientifique véritable. L'*Institut des Parcs nationaux* fut créé dès 1933. Il eut une renommée internationale. Pendant plus de trente ans, Victor VAN STRAELEN assura sans interruption la présidence de la commission et du Conseil d'Administration. Il les incarna, il s'y identifia. Outre le Parc Albert, le premier délimité, il parvint à faire réserver en d'autres endroits non moins importants et non moins intéressants du Congo, les Parcs de la Kagera, de la Garamba, de l'Upemba. Il en fut l'âme agissante. Il y veillait avec une attention toujours vigilante, une autorité passionnée, jalouse parfois, mais toujours inspirée par les meilleures intentions. Il en fit les « lieux sacrés » vers où convergent les pèlerins de la science chargés d'observer la Nature dans le déploiement de sa splendeur et de ses violences, de l'étudier dans les relations et les équilibres toujours délicats et complexes qui s'établissent spontanément entre le sol, le climat, les flores et les faunes. Ces magnifiques réserves naturelles étaient à ses yeux autant de monuments de recueillement, de poésie et de méditation où se réveille en nous, au spectacle de la Nature inviolée, la conscience de notre propre existence, celle de notre destinée; où nos inquiétudes s'apaisent devant la sérénité des lois éternelles de la vie. L'organisation de ces Parcs fut si parfaite qu'elle fut souvent citée en exemple dans le monde. Elle inspira tant de respect que les Parcs édifiés par l'Administration belge furent épargnés au cours des événements récents qui ont meurtri le Congo et provoqué la dégradation de tant d'entreprises

autrefois si solides et si prospères. Aujourd'hui, la jeune République du Congo voit avec fierté ces Parcs nationaux comme l'un de ses patrimoines les plus prestigieux. Elle le doit à Victor VAN STRAELEN.

En même temps qu'il assumait l'administration des Parcs nationaux au Congo, Victor VAN STRAELEN participa activement à un autre organisme non moins important et auquel nos Souverains ont attaché le plus grand intérêt: l'institution à la Colonie d'un grand centre de recherches scientifiques et agronomiques qui pût aider à promouvoir, à conseiller, à diriger le développement de l'agriculture au Congo et apporter le bien-être aux autochtones. Tel fut l'INEAC dont Victor VAN STRAELEN fut un des initiateurs, un des fondateurs et longtemps le vice-président. L'œuvre de l'INEAC, conçue de cette façon et pour un pareil objet, réalisée et administrée par la collaboration de personnalités scientifiques les plus éminentes et de très haute conscience, suffirait seule à témoigner, devant l'opinion mondiale, du rôle civilisateur de l'Administration belge au Congo. L'importance des travaux qui y furent poursuivis pendant vingt ans, sur tout le territoire du Congo et d'un intérêt crucial pour tout pays en voie de développement, suffit à réfuter les calomnies dont la Belgique fut l'objet lors de l'accession du Congo à son indépendance.

Il serait trop long de rappeler les Fondations créées par Victor VAN STRAELEN, soit pour l'exploration scientifique des grands lacs africains, celle des côtes océaniques africaines, soit pour les études paléontologiques, géologiques, pédologiques dans notre propre pays. La notice biographique que l'un d'entre nous aura à cœur de consacrer à Victor VAN STRAELEN et qui sera publiée dans nos Annales relatara ses activités qui étonnent par leur ampleur, leur diversité et leur multiplicité.

Ce grand animateur, cet éveilleur de conscience avait nécessairement acquis une renommée qui s'étendait bien au-delà des frontières de notre pays dont les limites étroites ne paraissaient pas à sa mesure. Docteur honoris causa de l'Université de Caen, membre titulaire de l'ARSOM depuis 1955, membre titulaire de l'Académie royale de Belgique, Victor VAN STRAELEN était aussi: Foreign Correspondent de la Geological Society of London, membre étranger de la Société hollandaise des Sciences, membre honoraire de la Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genoot-

schap, Foreign Member de la Zoological Society of London, membre correspondant de Treub-Stichting (Buitenzorg - Java), membre correspondant de l'Academia Colombiana de Ciencias exactas, Fisico - Quimicas y Naturales (Bogota), associé étranger de la Société géologique de France. Il reçut les plus hautes distinctions.

Victor VAN STRAELEN jouissait d'un très grand prestige et d'une grande audience à l'étranger. Parlant également bien les grandes langues internationales, il était appelé à participer à de nombreuses réunions aux objectifs mondiaux. Sa présence y était attendue et toujours très influente. Il fut l'un des grands pionniers de l'Association internationale pour la Protection de la Nature, dont les Nations aujourd'hui paraissent enfin comprendre l'importance pour l'étude de certains problèmes fondamentaux que pose l'avenir économique de l'Humanité. Faut-il s'étonner dès lors que Victor VAN STRAELEN ait été appelé à la présidence de la Fondation Charles DARWIN aux Iles Galapagos? La Belgique a-t-elle pris réellement conscience de la considération qui était ainsi témoignée à notre éminent compatriote par les Naturalistes anglo-saxons?

Les Iles Galapagos! Charles DARWIN les a rendues célèbres. Le génial naturaliste anglais y pressentit l'un des principes de l'évolution des êtres vivants qu'il eut la gloire d'imposer à la science et à la philosophie il y a plus d'un siècle.

Président de la Fondation Charles DARWIN, Victor VAN STRAELEN prit son mandat fort à cœur. Il s'était rendu, au cours de cet hiver, à l'archipel des Galapagos. Il voulait préparer, sur place et lui-même, les bases de nouvelles missions scientifiques. Hélas, elles s'effectuèrent désormais sans lui. Quelques jours après sa rentrée de ce long et fatigant voyage, la mort le terrassa d'un coup, en pleine force et dans toute la vigueur de son esprit créateur, tenace, infatigable et toujours insatisfait.

Ses œuvres impérissables assureront sa permanence parmi nous. Elles prolongeront longtemps ses intentions clairvoyantes et généreuses. Au sein de l'Académie des Sciences d'Outre-Mer, notre admiration et notre reconnaissance en garderont le vivant souvenir.

Bruxelles, 17 mars 1964.

**J. François. — Observations sur l'hétérostylie chez  
*Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms\***

(Note présentée par M. J. Lebrun)

§ 1. ÉTAT DE LA QUESTION

L'inflorescence de la jacinthe d'eau est un épi entouré à la base d'une spathe de deux bractées et portant sur son axe, selon une disposition spiralée, de nombreuses fleurs (2 à 35). Celles-ci comprennent un périgone gamophylle, le plus souvent violacé à bleu, dont la portion libre est bilabiée. Le lobe médian de la lèvre supérieure, particulièrement développé, porte une tache jaune bordée de violet. L'androcée est formé de 3 étamines à filets longs et 3 autres à filets courts. Le style, d'après la littérature, pourrait connaître trois types de développement, selon la position de son extrémité stigmatique vis-à-vis des anthères:

1. Stigmate en dessous des anthères: fleur brachystylée;
2. Stigmate entre les deux groupes d'anthères (étamines longues et courtes): fleur mésostylée;
3. Stigmate en dessus des anthères: fleur longistylée.

ROBYNS [14]\*\*, notamment, mentionne la trihétérostylie florale de l'espèce. On trouve, en effet, de nombreuses références à cet égard: « Trimorphic flowers » [1], « Hétérostylie à 3 formes de fleurs » [16], « Hétérotristylie chez les *Eichhornia* et *Pontederia* » [2], « Hétérotristylie dans les pays d'origine » [17].

Bien que les auteurs se montrent discrets à ce propos, on peut imaginer que toutes les fleurs d'une même hampe soient du même type; pourtant, WILD [18] écrit: « styles sometimes of three different lengths in the same plant » (le frontispice de son ouvrage figure un *Eichhornia crassipes* à fleurs longistylées).

---

\* Travail réalisé avec l'appui du Ministère de l'Éducation nationale et de la Culture.

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

La traduction française, actuellement sous presse, revue par le professeur R. GERMAIN corrige cette proposition.

PENFOUND & EARLE [13] ont observé uniquement les formes méso- et longistylées, le type brachystylé leur étant inconnu et considéré comme fort hypothétique. D'autres auteurs [3, 7] ne mentionnent que les fleurs à style moyen et long.

Touchant les fréquences relatives des divers types floraux, la majorité des références est en faveur d'une prépondérance du type mésostylé. PENFOUND & EARLE [13], notamment, ont observé 99 % d'inflorescences de ce type et n'ont connaissance que de deux stations isolées de plantes à fleurs longistylées, l'une en Louisiane, l'autre en Floride. A Ceylan toutefois, le type à long style était le plus commun en 1936 [7].

Il faut cependant remarquer que la description comme l'illustration princeps de l'espèce, dues à VON MARTIUS [10], se réfèrent au type longistylé. Par contre, MÜLLER [12] n'a observé pendant plus de 20 ans à Blumenau, sur une descendance végétative, que des fleurs mésostylées. Par fécondation « illégitime » de ces dernières, il obtint le type longistylé. C'est à cette source que puise SOLMS-LAUBACH [15] quand il écrit :

...in omnibus speciminibus ex herbariis et hortis mihi suppetentibus semper mediae styli longitudinis; macrostyli nuperrime a cel. F. MÜLLER ad Blumenau Brasiliae meridionalis detecti et mecum communicati.

Il ajoute d'ailleurs, toujours d'après MÜLLER, d'utiles renseignements sur l'hétérostylie dans la famille des *Pontederiaceae*: Les fleurs de *Pontederia* et de *Reussia* manifestent une trimorphie caractérisée; le genre *Eichhornia* comprend des espèces trimorphe (*E. azurea* (Sw.) KUNTH), monomorphe (*E. natans* (P. BEAUV.) SOLMS = *E. diversifolia* (VAHL) URB.), ou intermédiaire: *E. crassipes* (MART.) SOLMS.

Le tube du périgone porte, chez les espèces trimorphes, des fentes longitudinales au niveau des anthères des étamines courtes chez les fleurs à moyen et long style ou bien, au niveau des stigmates chez les fleurs brachystylées. Ces fentes manquent chez l'*E. crassipes* où les étamines courtes elles-mêmes dépassent la gorge du périgone. Il ajoutait encore que, dans le type le plus

connu, les anthères se situent à peu près au même niveau que le stigmate, ce qui rend impossible la distinction nette entre les fleurs brachy- et mésostylées. En définitive, il admet la trimorphie *in statu nascenti* (*stamina subtrimorpha*) et reconnaît que *brachystyli adhuc ignoti*.

Il semble donc que deux types seulement soient bien connus; quant au troisième (brachystylé), s'il a bien été signalé [8, 12], il n'a jamais fait l'objet d'une description précise.

Les deux formes étudiées se reconnaissent aussi par des caractères de coloration [7, 15]. D'après PENFOUND & EARLE [13] notamment, les fleurs mésostylées portent des étamines courtes, de  $\pm 8$  mm, et des longues, de  $\pm 22$  mm, à filet blanc à la base mais pourpre au sommet; leur style, de longueur intermédiaire, est de couleur blanche à bleu lavande. Par contre, les fleurs longistylées montrent des filets « petits » et « moyens » mais un style « long » de couleur pourpre. Les plantes observées par DUBOIS [5] étaient à style moyen atteignant les 2/3 de la longueur des 3 étamines les plus longues. Enfin, LÉONARD [9] a montré, par l'étude d'une population de plants mésostylés, croisant à Yaekama-Yangambi, que les niveaux des étamines longues et courtes étaient peu variables par rapport à la hauteur du stigmate. Celui-ci se situe entre 3 et 6 mm ( $\pm 5$  en moyenne) au-dessus des étamines courtes et entre 10 et 13 mm ( $\pm 11$  en moyenne) au-dessous des étamines longues. La forme longistylée ne peut donc correspondre à un cas extrême de cette variabilité.

Enfin, il ressort de la littérature qu'en un même biotope, la jacinthe d'eau se présente quasi toujours sous une seule de ses formes florales. On ne perdra point de vue, à ce propos, que le mode principal de reproduction chez cette espèce est végétatif (stolons) alors que la pollinisation naturelle, la fructification et la germination des graines paraissent souvent très aléatoires. Il a été admis longtemps, et cette opinion est encore avancée dans des travaux récents, que le défaut de reproduction générative découlait de la non-concomitance des divers types floraux ce qui sous-entend la nécessité d'une pollinisation croisée hétéromorphe. D'où découle aussi la recommandation de veiller à ne pas introduire l'autre partenaire là où un seul est connu, en vue d'éviter la réinfestation par semis [17]. Cet argument dérive donc

de l'interprétation darwinienne de l'hétérostylie, souvent défendue encore. Au-delà des différences morphologiques affectant la position relative du style et des anthères, cette hétéromorphie des fleurs se caractériserait également par ses aspects physiologiques dans la reproduction sexuée: aucun type floral n'étant complètement fertile s'il n'est croisé avec l'autre. Chez *Primula veris* L., espèce dimorphe (un seul niveau d'étamines), les pollinisations hétéromorphes, dites « légitimes », entraîneraient deux fois plus de fruits et trois fois plus de graines (en poids) que les fécondations isomorphes. *Lythrum salicaria* L., espèce trimorphe (2 niveaux d'étamines), présente 18 possibilités de pollinisation dont 2 « légitimes » et 4 « illégitimes » pour chacun des trois types; les premières sont fertiles, les autres le sont peu ou tout à fait stériles. Dans les cas d'hétérostylie, MCLEAN & IVIMEY-COOK [11] admettent cependant que l'autogamie peut se réaliser chez l'un des types floraux, soit la forme à style court pour les fleurs dressées, soit la forme à style long chez les fleurs penchées; la pollinisation est assurée dans ces deux derniers cas par la chute du pollen provenant soit des étamines supérieures, soit des inférieures.

Chez *Eichhornia crassipes*, l'autofertilité de la forme mésostylée est néanmoins reconnue depuis longtemps. MÜLLER [12] écrivait déjà:

Trotzdem die Pflanze..., heterostyl trimorph ist, ist sie mit eigenem Blütenstaub nicht unfruchtbar.

D'autres auteurs trouvèrent dans l'autofertilité de la forme mésostylée un moyen aisé de se procurer des graines en vue d'essais germinatifs.

Touchant l'efficacité de la pollinisation, MÜLLER [12] avait remarqué, chez le type longistylé, une meilleure fertilité quand le pollen employé provenait des anthères supérieures, le recours au pollen des étamines inférieures donnait des capsules vides de graines sur  $1/3$  à  $1/6$  de la longueur du placenta. De leur côté, AGHARKAR & BANERJI [1], étudiant la formation du fruit chez les fleurs mésostylées après pollinisation artificielle, obtiennent les résultats suivants selon que le pollen était prélevé sur les

étamines longues ou courtes de la même fleur ou d'une autre fleur:

Source de pollen	Pourcentage de fruits développés
Anthères supérieures de la même fleur	71,3 %
Anthères inférieures de la même fleur	55,9 %
Anthères supérieures d'une autre fleur	52,4 %
Anthères inférieures d'une autre fleur	25,0 %

\* \* \*

En résumé, si l'état d'hétérostylie florale chez *Eichhornia crassipes* paraît bien établi, divers aspects importants restent encore incertains, à commencer par l'existence même de la forme supposée brachystylée. Pour autant que de besoin, il demeure à démontrer aussi l'uniformité, au point de vue de la conformation florale, de toutes les fleurs d'une même inflorescence, comme d'un même plant, voire d'une même descendance végétative. Les divers aspects de la pollinisation et de son efficacité entre fleurs isomorphes ou hétéromorphes sont à peine ébauchés; l'hérédité même du caractère est pratiquement inconnue.

Le but de la présente communication est d'apporter quelques éléments de réponse aux problèmes qui demeurent en suspens.

## § 2. OBSERVATIONS PRÉLIMINAIRES

1. Les plants d'*Eichhornia* qui furent à l'origine des cultures réalisées, présentaient tous le type floral mésostylé (1). Une fois cependant, en 1961, nous avons remarqué une seule fleur anormale qui portait 4 étamines courtes et 2 longues, sur une hampe florale par ailleurs tout à fait régulière.

En mai 1962, nous observions pour la première fois une inflorescence dont les 5 fleurs étaient du type longistylé et présentaient les colorations caractéristiques décrites par

---

(1) Les premiers plants nous ont été aimablement remis en avril 1959 par le professeur W. ROBYNS, directeur du Jardin botanique de l'État; ils étaient cultivés à Meise et provenaient eux-mêmes du Jardin botanique d'Amsterdam (1920). D'autres jacinthes nous furent envoyées de Léopoldville peu après (mai 1959), par les services du Gouvernement provincial.

Que les personnes qui nous les procurèrent veuillent trouver ici l'expression de toute notre reconnaissance.

PENFOUND & EARLE [13]. Le plant, cultivé isolément, s'est multiplié abondamment; toutes les inflorescences produites et formées ultérieurement par sa descendance végétative ont montré des fleurs longistylées. D'autres touffes encore, au sein de la collection, ont également manifesté le même caractère. Or, en février 1962, nous y avons introduit quelques pieds issus de semis obtenus sur place. L'occurrence du type longistylé suivant de près l'introduction de semis, suggérait à cet égard l'influence de la reproduction sexuée.

Il convient de dire ici que la faible fructification naturelle, observée par maint auteur et confirmée par notre propre expérience, dans des conditions de culture artificielle en serre il est vrai, résulte très probablement de l'insuffisance de la pollinisation. Lorsque l'autopollinisation du type mésostylé est réalisée manuellement, la récolte est très abondante. Quatre des cinq toutes premières fleurs longistylées furent donc fécondées artificiellement: deux d'entre elles avec leur pollen propre prélevé dans les anthères supérieures et les deux autres avec du pollen récolté sur des partenaires mésostylés; la cinquième fleur ne fut pas traitée. Simultanément, des fleurs mésostylées furent autopollinisées ou fécondées par du pollen prélevé sur des fleurs du type longistylé. Fructification et formation de graines apparemment normales furent obtenues dans chaque cas, sauf pour la fleur longistylée abandonnée à la pollinisation libre.

L'apparition ultérieure d'autres fleurs longistylées nous fournit finalement un matériel suffisant à entreprendre quelques essais systématiques sur les combinaisons iso- ou hétéromorphes, sur la pollinisation et l'obtention de graines dans chaque cas, ainsi que sur l'efficacité germinative des graines issues des diverses fécondations. En outre, on a pu suivre la répartition des types floraux, tant au sein de descendances génératives ( $F_1$ ) que végétatives.

2. Quelques mensurations préciseront la structure des formes florales méso- ou longistylées (*Fig. 1*). Par rapport au niveau moyen des anthères de l'étage staminal inférieur, atteignant la gorge du périgone, les anthères de l'étage supérieur se situent à quelque 20 mm plus haut dans la forme mésostylée, mais à quelque 10 mm seulement chez le type longistylé. La position du

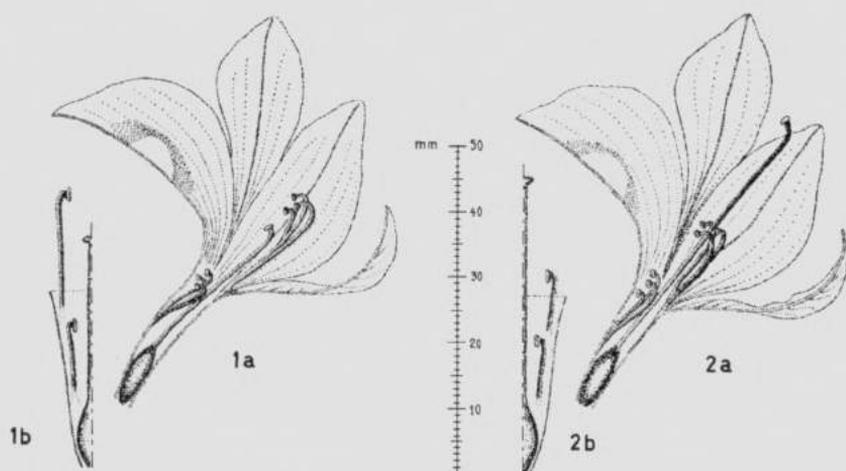


FIG. 1. — Formes florales chez *Eichhornia crassipes* (MART.) SOLMS.

1. Fleur mésostylée: a) section longitudinale; b) niveaux des étamines.  
2. Fleur longistylée: a) et b) *idem*.

stigmate, par contre, dépasse respectivement de 13 et 25 mm le niveau de référence.

Les longueurs suivantes correspondent aux valeurs moyennes calculées depuis l'insertion du tube du périgone:

	<i>Fleurs mésostylées</i>	<i>Fleurs longistylées</i>
Anthères de l'étage inférieur	22 mm	20 mm
Anthères de l'étage supérieur	42 mm	30 mm
Hauteur du stigmate	35 mm	45 mm

### § 3. RECHERCHES EXPÉRIMENTALES

#### 1. *Production des graines*

Profitant de ce que les 5 et 6 juin 1962, sur 207 inflorescences épanouies dans les collections, six d'entre elles portaient entière-

ment des fleurs longistylées, on a procédé aux divers croisements qui s'imposaient à l'esprit (en désignant par « M », les fleurs mésostylées et par « L », les longistylées):

	<i>Combinaisons</i> ♀ × ♂	<i>Nombre d'in- florescences traitées</i>
a) Autopollinisation de fleurs mésostylées	M × M	4
b) Autopollinisation de fleurs longistylées	L × L	4
c) Pollinisation hétéromorphe de fleurs mésostylées	M × L	4
d) Pollinisation hétéromorphe de fleurs longistylées	L × M	2

Les pollinisations artificielles furent réalisées peu après l'anthèse en frottant sur le stigmate, des anthères débutant leur déhiscence.

L'autopollinisation du type mésostylé est aisée à obtenir par simple courbure des anthères supérieures sur le stigmate. Celle du type longistylé requiert l'arrachement des filets staminaux qui sont plus courts que le style. Il en va de même pour les pollinisations hétéromorphes, opération un peu plus délicate chez le type mésostylé particulièrement, où les anthères du niveau le plus élevé surmontent le style. C'est pourquoi il est fait choix, dans ce cas, de plants florifères situés en position centrale et plus ou moins isolés dans les vasques, ce qui évite des heurts provoquant des pollinisations inopinées. Si cette précaution est prise, le manque d'agents vecteurs rend pratiquement nul le risque de pollinisation naturelle.

Enfin, les croisements ne furent réalisés qu'avec du pollen prélevé sur les étamines de l'étage supérieur, puisque, semble-t-il, il est le plus efficace.

La fructification s'effectua normalement, infrutescences immergées; les graines, formées en abondance dans chacune des capsules développées par les fleurs traitées, furent récoltées à maturité entre les 3 et 5 juillet 1962.

Les graines issues des diverses combinaisons, récoltées en lots séparés, ne montraient aucune différence externe de conformation. Leur dénombrement par capsule ne fut pas entrepris. On sait, en effet, que sur la même inflorescence, la richesse séminale

des fruits tend à diminuer de bas en haut. De même, la quantité de pollen déposée sur le stigmate influence aussi le nombre de graines finalement mûries dans la capsule. Il ne se justifiait pas davantage de compter les semences produites par inflorescence, car la densité florale est assez variable d'un épi à l'autre. Celle-ci dépend beaucoup de l'époque de floraison et de la vigueur des plants. Signalons néanmoins, à titre d'exemple, que la première inflorescence longistylée apparue — correspondant selon toute vraisemblance à la première floraison d'un plant de semis — portait 5 fleurs. On dénombra 383 graines dans les deux capsules inférieures après autofécondation ( $L \times L$ ) et 466 dans les deux capsules supérieures après fécondation hétéromorphe ( $L \times M$ ); la capsule médiane non pollinisée était complètement stérile. Ces résultats supportent bien la comparaison avec la moyenne de 235 (extrêmes 138 et 390), obtenue dans un autre cas où l'autopollinisation  $M \times M$  de 124 fleurs (11 inflorescences) avait été pratiquée manuellement et suivie chaque fois de la fructification. Les fruits basilaires contenaient en moyenne 297, ceux du sommet 155 graines. Les infrutescences étaient portées par des plants adultes obtenus par voie végétative.

Il ne paraît donc point que le mode de pollinisation isomorphe ou hétéromorphe ait une influence appréciable sur le nombre de fruits mûris par inflorescence. L'efficacité de la production de graines dans chaque capsule ne semble pas non plus influencée, au moins dans l'autopollinisation des fleurs mésostylées. Tout au plus, un certain déchet peut-il être conjecturé dans l'autopollinisation des fleurs longistylées.

## 2. *Pouvoir germinatif des graines*

Les graines récoltées à l'issue de ces divers croisements ont été conservées en lots distincts, sous eau, à 40° C et à l'obscurité pendant 2 mois en vue de hâter la levée de dormance. Après quoi, elles ont été placées en conditions favorables à une longue conservation du pouvoir germinatif, c'est-à-dire immergées à l'obscurité et à la température de 15° C. Des semis échelonnés furent réalisés sous un dispositif assurant les conditions photothermiques propices à la germination, à savoir: durée quotidienne

d'éclairement de 12 heures, obtenue par une lampe à incandescence dont les effets thermiques provoquent dans les bains germinatifs de fortes alternances de température (20° la « nuit », 40° C le « jour ») (2).

Deux semis expérimentaux furent couronnés d'un plein succès:

	<i>Germination globale (%) après 7 jours</i>			
	M×M	L×L	M×L	L×M
Semis n° 3 du 14.1.1963 (2 × 100 graines)	99,5	96,5	100	99,5
Semis n° 4 du 29.3.1963 (lots de 300 à 400 graines non exactement dénombrées)	Pratiquement 100 % dans chaque lot			

Les résultats finals indiquent un pouvoir germinatif pratiquement égal à 100 % quelle que soit l'origine des graines. L'énergie germinative, c'est-à-dire la vitesse de germination, est semblable dans chaque cas. On doit donc conclure à une équivalence totale et à une qualité identique des semences produites par pollinisation croisée entre fleurs hétéromorphes, comme par l'autopollinisation elle-même.

### 3. Croissance et floraison des plants de semis

Les plantules issues de ces germinations sont conservées quelque temps dans les conditions assurant leur meilleure croissance juvénile; elles sont ensuite repiquées et placées en serre, dans de petites terrines d'abord, en pots individuels par après. Un plan d'eau libre de 1 cm au début, porté plus tard à 2-3 cm, est maintenu en permanence au-dessus du substrat.

Au cours de leur développement ultérieur, les stolons formés sont régulièrement enlevés afin d'uniformiser les conditions d'observation des rosettes initiales. Après les aléas des repiquages et de la croissance juvénile, le matériel expérimental était constitué comme suit:

(2) Les recherches relatives à la germination des graines chez *Eichhornia crassipes* feront l'objet d'un mémoire actuellement en préparation.

	<i>Nombre de rosettes initiales</i>				Total
	M×M	L×L	M×L	L×M	
Semis n° 3	60	36	75	33	204
Semis n° 4	100	100	100	100	400
Total	160	136	175	133	604

Ces plants ont été régulièrement observés et leurs floraisons successives ont été enregistrées.

Aucune différence en rapport avec l'origine des graines ne fut décelée tant en ce qui concerne la vitesse de la croissance, que la reproduction générative (rapidité et importance de la floraison). En effet, à la fin de la saison florale (début novembre 1963), les 204 plants issus du semis n° 3 avaient épanoui une inflorescence, et parmi les 400 rosettes provenant du semis n° 4, observées jusqu'à l'obtention d'une deuxième hampe florale, on avait dénombré à ce moment 373 plants florifères dont 216 avaient déjà fleuri (3). Ils se répartissent comme suit selon les divers croisements:

	M×M	L×L	M×L	L×M	Total
Premières inflorescences	94	96	91	92	373
Secondes inflorescences	47	64	54	51	216
Total (semis n° 4)	141	160	145	143	589

Ici encore, autofécondation comme croisements hétéromorphes ont donc engendrés des plants dont l'activité végétative ou générative s'est révélée tout à fait équivalente.

(3) Les statistiques ultérieures seront établies soit sur le total des inflorescences analysées (793), soit sur le total des plants florifères observés (577), selon que l'un ou l'autre de ces nombres seront à considérer.

#### 4. *Constance du type floral sur chaque inflorescence et chaque plant*

Sur une même inflorescence, toutes les fleurs se sont constamment révélées comme appartenant au même type floral à une exception près. Une seule fois, en effet, on a observé un épi qui portait 3 fleurs longistylées et une quatrième à style plus court que de coutume et dont le stigmate s'étalait au niveau des anthères des étamines inférieures. Cette anomalie n'est nullement de nature à infirmer la loi générale; la preuve en est fournie par le fait que ce style insuffisamment allongé portait néanmoins la pigmentation caractéristique du type longistylé. La longueur elle-même des filets staminaux de cette fleur anormale était comparable à celle des autres fleurs longistylées.

Enfin, sur un même plant, les inflorescences successives ont toujours porté des fleurs du même type; il en fut de même dans sa descendance végétative.

#### 5. *Nombre de fleurs par inflorescence*

Nonobstant une grande similitude dans le nombre d'inflorescences formées, on pouvait cependant s'attendre à des différences dans la densité florifère des épis. En effet, nous avons l'impression que la forme longistylée était défavorisée à cet égard au moins dans nos populations clonales. Pour vérifier cette hypothèse, le nombre de fleurs par inflorescence épanouie a été régulièrement compté.

Ce nombre est habituellement assez variable (3 à 10 fleurs) aussi bien sur les inflorescences mésostylées que longistylées et ce dans chaque descendance. Les hampes florales sont pauciflores (3 à 5 fleurs) au début de la saison (juin et juillet) alors que les plants sont encore relativement jeunes (4 à 5 mois); elles sont mieux fournies en septembre où un optimum de 8 fleurs en moyenne est atteint; ultérieurement, la dégradation progressive des conditions saisonnières se marque par une diminution du nombre de fleurs par axe (7 à 6).

En moyenne, les inflorescences des deux types ne portent pas un nombre de fleurs significativement différent. La statistique suivante est établie sur les 793 inflorescences observées (204 provenant du semis n° 3, 589 du semis n° 4):

Nombre d'inflorescences		Nombre moyen de fleurs par épi et déviation standard (s)
Mésostylées	358	6,33 ± 1,67
Longistylées	435	5,97 ± 1,86
Total	793	Moyenne 6,16 ± 1,79

Le test « t » pour la différence de moyennes ne peut s'appliquer à ces valeurs, car une source importante de variabilité concerne les effets climatiques. L'analyse de la densité florale effectuée pour des périodes plus restreintes, où la distribution des floraisons est comparable dans les 4 lots de plants au sein d'un même semis, fournit les résultats suivants:

Semis	Période de floraison	Type mésostylé			Type longistylé			Comparaison	
		n	$\bar{X}$	s	n	$\bar{X}$	s	$s_a$	t
n° 3	Septembre-octobre	51	7,90 ± 1,14	60	7,62 ± 1,40		0,257	1,09	
n° 4	— Octobre — Premières inflorescences	116	6,77 ± 1,21	114	6,75 ± 1,34		0,168	0,12	
	— Secondes inflorescences	73	6,90 ± 1,24	98	6,78 ± 1,28		0,195	0,61	

(n = nombre d'inflorescences;  $\bar{X}$  = nombre moyen de fleurs par épi; s = déviation standard;  $s_a$  = déviation standard estimée de la différence)

On voit donc que les inflorescences à fleurs longistylées ne sont pas significativement pauciflores vis-à-vis des autres. Ces résultats sont également influencés par les effets relevant de l'âge et de la production plus ou moins rapide d'une deuxième inflorescence sur le même pied. A cet égard, les rosettes les plus âgées (semis n° 3) portaient en moyenne 6,63 fleurs par hampe. Dans le semis n° 4, les inflorescences les plus précoces développèrent une moyenne de 5,58, les suivantes de 6,61 fleurs.

Quant aux diverses combinaisons réalisées par pollinisation artificielle, aucune différence significative n'apparaît dans la densité florifère des épis:

*Nombre moyen de fleurs par épi selon le type de pollinisation*

Inflorescences	M×M	L×L	M×L	L×M
Mésostylées	6,24	—	6,43	6,37
Longistylées	5,97	5,89	5,86	6,34
Moyenne	6,19	5,89	6,12	6,36
Déviati on standard (s) ±	1,69	1,95	1,68	1,81
Nombre de cas observés	201	196	220	176

*6. Répartition du type floral dans les descendance s génératives (F<sub>1</sub>)*

Les 577 premières inflorescences épanouies et analysées au point de vue de leur conformation florale fournissent la répartition suivante:

Nombre d'inflorescences	Autopollinisation des types		Pollinisation croisée hétéromorphe des types		Total
	mésostylé M×M	longistylé L×L	mésostylé M×L	longistylé L×M	
Semis n° 3	60	36	75	33	204
Semis n° 4	94	96	91	92	373
Total	154	132	166	125	577

	Se- mis	Nom- bre	%	Nom- bre	%	Nom- bre	%	Nom- bre	%
Mésostylées	3	46	76,6	0	0	42	56,0	17	51,5
	4	77	81,9	0	0	37	40,6	50	54,3
Total		123	79,9	0	0	79	47,6	67	53,6
Longistylées	3	14	23,4	36	100	33	44,0	16	48,5
	4	17	18,1	96	100	54	59,4	42	45,7
Total		31	20,1	132	100	87	52,4	58	46,4

L'autofécondation du type mésostylé a donc entraîné l'apparition du phénotype longistylé dans la proportion de 20 % en moyenne. Par contre, l'autopollinisation de la forme longistylée extériorise exclusivement le type longistylé. Notre matériel parental mésostylé correspond principalement, dès lors, à un génotype de formule ML dont l'autofécondation pouvait assurer en F<sub>1</sub>, 25 % de chacune des 4 recombinaisons MM, ML, LM et LL. La dominance du type mésostylé et la récessivité de la forme longistylée sont évidentes. La première descendance de l'autofécondation des fleurs mésostylées fournit un pourcentage de phénotypes dominants qui n'est pas significativement plus élevé que 75 % ( $\chi^2 = 1,95$ ).

Il reste possible néanmoins, qu'une des inflorescences mésostylées autofécondées provenait d'un semis introduit dans les collections et dont le génome aurait pu être de formule MM.

Inversément, l'autopollinisation du type longistylé assure dans la descendance 100 % de longistylie, correspondant à un génotype LL.

De même, les pollinisations croisées hétéromorphes donnent à peu près 50 % de méso- ou de longistylie, conformément à la recombinaison des génomes ML×LL. En effet, les pourcentages observés ne sont pas significativement différents de 50 %;  $\chi^2 = 0,38$  en M×L et 0,65 en L×M.

Ces résultats indiquent, dans la reproduction générative, une répartition du type floral selon un modèle mendélien, quels que soient, par ailleurs, le nombre de facteurs en cause et le mécanisme plus ou moins complexe de l'appariement génomique. Ils montrent encore la récessivité du caractère longistylé. Cette conclusion est tout à fait conforme à ce qui a été classiquement établi depuis DARWIN pour des espèces dimorphes comme *Primula veris* L. et *Primula obconica* HANCE [4] ou trimorphe comme *Lythrum salicaria* L. Chez une autre espèce trimorphe, *Oxalis valdiviensis* BARN., FYFE [6] a démontré le même comportement.

Selon la littérature, *Eichhornia crassipes* ne se présenterait le plus souvent, dans les contrées où il s'est répandu hors de son aire primitive, que sous une seule de ses formes florales, l'une

ou l'autre d'ailleurs. Ce fait nous semble relever de la prépondérance de la reproduction végétative qui perpétue indéfiniment le type de style représenté. Il est clair cependant, que là où seul le type longistylé a proliféré, toutes les descendances tant végétatives que génératives reproduisent exclusivement la même forme. Il en irait de même pour une population mésostylée de formule génomique MM. Par contre, la reproduction générative consécutive à l'autopollinisation ou à la fécondation isomorphe de la forme mésostylée hétérozygote, doit faire apparaître un mélange où l'avantage du nombre, cela va de soi, demeure au type mésostylé dominant.

Par conséquent, et au vu des résultats qui précèdent, nous estimons que la médiocrité de la fructification ou de la germination naturelles ne dépend pas de l'uniformité éventuelle des populations au point de vue des formes florales. Celle-ci, au contraire, reflète le plus souvent un taux de reproduction générative assez faible.

Le danger de réinfestation par semis ne peut cependant être minimisé.

#### § 4. CONCLUSIONS

1. On a reconnu chez *Eichhornia crassipes* (MART.) SOLMS les deux formes florales décrites par la littérature: l'une à style long, de couleur foncée, dépassant les anthères des étamines supérieures, l'autre à style moyen, de couleur claire, compris entre les deux niveaux d'anthères. Le stigmate de la forme longistylée (ou mésostylée) atteint sensiblement le niveau des anthères des étamines supérieures de la forme mésostylée (ou longistylée).

2. La forme brachystylée n'a pas été observée. Son existence nous paraît même douteuse d'autant plus que les fentes longitudinales qui ornent le tube du périgone chez d'autres espèces trihétérostylées du genre *Eichhornia*, manquent chez *E. crassipes*.

3. Les croisements hétéromorphes ou « légitimes »  $M \times L$  et  $L \times M$  et les autopollinisations isomorphes ou « illégitimes »  $M \times M$  ou  $L \times L$  ont été réalisés par pollinisation artificielle à partir de pollen prélevé dans les anthères des étamines supé-

rieures. Chaque fois, on a obtenu des capsules fructifères contenant un grand nombre de semences. L'autopollinisation « illégitime » du type mésostylé est peut-être, à cet égard, plus prolifère que l'autofécondation, également « illégitime » de la forme longistylée. De fait, en ce dernier cas seulement, de nombreux ovules non ou insuffisamment développés se retrouvent dans les capsules mûries. On soulignera néanmoins que parmi les modalités de pollinisation dites « illégitimes », seule l'autopollinisation de fleurs longistylées soit affectée de ce soupçon de moindre fertilité. On a confirmé en même temps, l'autofertilité des types floraux, aussi bien mésostylés que longistylés.

4. Dans les conditions artificielles des essais, la présence simultanée des deux types floraux n'a pas semblé favoriser la pollinisation naturelle. Son défaut, comme le montre la pleine réussite de l'intervention artificielle, serait bien plus attribuable à l'absence d'agents vecteurs efficaces et de heurts provoqués par les courants ou le vent par exemple qu'à une incompatibilité relevant de l'hétérostylie. Dans les contrées où la jacinthe d'eau s'est propagée hors de son aire primitive, la médiocrité de la pollinisation, de la fructification ou de la germination est souvent rapportée. Malgré cela, l'occurrence de la germination à la faveur de circonstances favorables, mais somme toute peu courantes, prouve la possibilité réelle de la reproduction générative sans croisement hétéromorphe.

5. L'énergie et le pouvoir germinatif ne sont pas différemment influencés par la nature de la pollinisation effectuée pour l'obtention des graines, qu'il s'agisse de fécondations isomorphes ou hétéromorphes.

6. Il en va de même pour la croissance des plantules, la reproduction végétative, la rapidité et le taux de floraison des plants adultes.

7. La constance du type floral, sur une même hampe comme sur les divers épis formés par un même plant ou par sa descendance végétative, a été vérifiée.

8. La densité florifère des premiers épis formés dans une population de semis, est indépendante de la forme florale des pieds-mères ou de l'origine des semences issues des diverses combinaisons pollinisatrices.

9. La répartition des formes florales dans la descendance générative  $F_1$  montre la dominance du caractère mésostylé et la récessivité du phénotype longistylé. Il est vraisemblable de supposer que, globalement au moins, l'hérédité des caractères mésostylés ou longistylés suit un modèle mendélien classique.

Laboratoire d'Ecologie végétale  
de l'Université de Louvain  
10 mars 1964.

#### BIBLIOGRAPHIE

- [ 1 ] AGHARKAR, S.P. and BANERJI, I.: Studies in the pollination and seed formation of water-hyacinth (*Eichhornia speciosa*, KUNTH) (*Agric. J. of India*, XXV, 1930, 286-296).
- [ 2 ] CHADEFAUD, M. et EMBERGER, L.: Traité de Botanique (Systématique). Tome II (Masson et Cie, Paris, 1960, 1114-1116).
- [ 3 ] DE WIT, H.-C.-D.: Aquariumplanten I (*Belmontia*, III, Wageningen, 1958, 48-49).
- [ 4 ] DOWRICK, V.P.J.: Heterostyly and homostyly in *Primula obconica* (*Heredity*, 10, 1956, 219-236).
- [ 5 ] DUBOIS, L.: La Jacinthe d'eau au Congo belge (*Bull. agric. Congo belge*, XLVI, 1955, 893-900).
- [ 6 ] FYFE, V.C.: The genetics of tristily in *Oxalis valdiviensis* (*Heredity*, 4, 1950, 365-371).
- [ 7 ] HAIGH, J.C.: Notes on the water hyacinth (*E. crassipes* SOLMS) in Ceylon (*Ceylon J. Sci. Sect. A, Bot.*, XII, 1936, 97-107).
- [ 8 ] HAZEN, T.E.: The trimorphism and insect visitors of *Pontederia* (*Memoirs T.B.C.*, XVII, 1918, 459-484).
- [ 9 ] LÉONARD, A.: Premier rapport sur l'écologie de la germination des graines d'*Eichhornia crassipes* (Rapport inédit, INEAC, Bruxelles, 1958).
- [ 10 ] MARTIUS VON, H.: Nova genera et species plantarum, quas in itinere per Brasiliam, I (Lindauer et Wolff, Munich, 1824, 9).
- [ 11 ] McLEAN, R.C. and IVIMEY-COOK, W.R.: Textbook of theoretical botany, II (Longmans, London, 1956, 1275-1280).

- [12] \* MÜLLER, F.: Einige Eigentümligkeiten der *Eichhornia crassipes* (*Kosmos*, VII, 1883, 297-300) (résumé par LUDWIG, F. in *Botanisches Centralblatt*, XVI, 1883, 299).
- [13] PENFOUND, W.T. and EARLE, T.T.: The biology of water hyacinth (*Ecol. Monogr.*, XVIII, 1948, 447-472).
- [14] ROBYNS, W.: Le genre *Eichhornia*, spécialement *E. crassipes* (Jacinthe d'eau) au Congo belge (*Bull. A.R.S.C., Nlle Série*, I, 1955, 1116-1137).
- [15] SOLMS-LAUBACH, H.: in DE CANDOLLE, A. et C.: *Monographiae Phanerogamarum*, IV (G. Masson, Paris, 1883, 501-528).
- [16] TÄCKHOLM, V. and DRAR, M.: *Flora of Egypt*, II (Fouad I University Press, Cairo, 1950, 441-449).
- [17] \* VAAS, K.F.: Notes on the water hyacinth in Indonesia and its eradication by spraying with 2,4-D (*Contr. Gen. Agric. Res. Sta. Bogor, Indonesia*, CXX, 1951, 59 p.) (résumé par DE KIMPE, P., 1957).
- [18] WILD, H.: *Harmful aquatic plants in Africa and Madagascar* (Publ. n° 73, C.S.A./C.C.T.A., 1961, 68 p., et traduction française par GERMAIN, R., 1964, sous presse).

---

\* Les références précédées d'un \* concernent des ouvrages connus de seconde main.

## R. Vanbreuseghem. — Epidémiologie des lévuroses

On peut, comme nous l'avons fait dès 1952, nommer lévuroses les mycoses causées par des levures. Notre attitude était dictée sans doute par un souci d'être clair mais aussi par une réaction contre l'usage abusif qui était fait du mot blastomycose, abus que nous avons signalé il y a dix ans dans un mémoire de cette Académie (*Le Congo belge et la mycologie médicale*). Dès lors, les moniliases causées par les *Candida*, la cryptococcose (ou torulose) due à *Cryptococcus neoformans*, la pityrosporese, la torulopsidose et la trichosporose causées respectivement par *Pityrosporum ovale*, *Torulopsis glabrata* et *Trichosporon beigelii* (?) sont des lévuroses et nous préférons réserver le nom de blastomycose aux blastomycoses nord- et sud-américaine qui, il est important de le noter, ne sont pas causées par des levures. Ignorant volontairement la pityrosporese, la torulopsidose et la trichosporose, nous voudrions comparer et même opposer les conditions qui règlent la genèse d'une cryptococcose ou d'une moniliasse ou, si l'on veut, leur épidémiologie. Ces conditions nous paraissent, en effet, absolument différentes.

D'une part, nous nous trouvons confronté avec un champignon, une levure non filamenteuse, qui vit habituellement non pas en parasite comme on a pu l'imaginer jadis, mais bien en saprophyte dans la nature. Par opposition, que nous préciserons tantôt, aux levures du genre *Candida*, il est utile de définir davantage ce saprophytisme en disant que *Cryptococcus neoformans*, l'agent de la cryptococcose, est un exo-saprophyte. Cet exo-saprophyte vit dans la nature, nous l'avons dit, mais il ne vit pas n'importe où. Certaines particularités de son métabolisme, que l'on a pu préciser, font qu'il vit et survit dans les fientes d'oiseaux parmi lesquels les pigeons et les canaris. La responsabilité des premiers a pu être si vivement ressentie, qu'on a parlé de la nécessité de les exterminer (cfr. l'hebdomadaire américain *Time* du 18 octobre 1963: *Kill those pigeons?* et la réponse que J. D. SCHNEIDAU Jr

y fit dans le numéro du 7 février 1964 de la revue *Science* sous le titre: *Pigeons and Cryptococcosis*). Pour apprécier justement ces opinions opposées et exprimées avec vivacité, il faut savoir que si le pigeon fournit au *C. neoformans* un milieu de culture de choix sous forme des fientes qu'il dépose partout, il n'apporte pas avec lui la levure et son intestin, notamment, en est complètement vide. Malgré les nombreuses questions que l'on peut encore se poser, il apparaît que c'est en inhalant de l'air dans lequel se trouve *Cr. neoformans* que l'homme ouvre la porte à cet exo-saprophyte et lui permet ainsi de se transformer en parasite responsable dans des cas rares, fort heureusement, de la redoutable cryptococcose cérébrale.

D'autre part, dans la moniliase — ou dans les moniliasés si l'on préfère — nous avons à considérer comme responsable principal de la maladie une levure filamenteuse dont l'habitat principal, s'il n'est exclusif, est le tube digestif de l'homme et de certains animaux. Dans cet habitat qu'il semble adopter presque dès la naissance de l'homme le *Candida albicans* — autrement dit, le plus fréquent des *Candida* pathogènes — vit sans faire le moindre mal. Nous ignorons s'il contribue, comme on peut l'affirmer d'*Escherichia coli*, à la vie de l'homme: il nous apparaît simplement jusqu'ici comme un saprophyte, vivant des déchets de l'alimentation, des sucs digestifs, des débris cellulaires. Pour l'opposer nettement à *Cr. neoformans*, nous dirons qu'il est endo-saprophyte. Dès lors, la question se pose: comment cet endo-saprophyte inoffensif devient-il parasite et dès lors capable de causer des moniliasés cutanées, respiratoires, digestives voire généralisées? Il semble bien que les facteurs qui effectuent ce virage du saprophytisme au parasitisme soient notamment ceux qui modifient le « terrain » de l'hôte, si c'est bien de ce nom qu'il faut nommer cette « niche » que constitue pour *C. albicans* le tube digestif de l'homme. Et en effet, on note comme facteurs de moniliasés des états physiologiques — la grossesse —, des états pathologiques — le diabète —, les professions qui mettent en contact avec des sucres fermentescibles — confituriers, cueilleurs de fruits, boulangers et pâtisseries, mais aussi et plus simplement le travail banal dans la cuisine —, les médicaments

modernes que sont les antibiotiques à large spectre d'action et les corticostéroïdes.

Si telle est bien la genèse de la moniliase, on comprend que le problème de la contagion soit assez vain puisque chacun porterait en soit la source de son mal. Malgré certaines objections que l'on peut tirer d'une part de l'observation de cas rares de contagion — qui se réduisent d'autant plus qu'on les analyse davantage — d'autre part du fait qu'il est impossible jusqu'ici de cultiver *C. albicans* de tous les tubes digestifs — mais les pourcentages de porteurs de *candida* augmentent avec la qualité des techniques d'isolement et avec la répétition des essais — il semble bien que les moniliases dépendent en fin de compte davantage du terrain que des *Candida*.

Telle nous apparaît actuellement l'épidémiologie des deux lévuroses les plus importantes qui sont loin de nous avoir livré tous leurs secrets.

Le 17 mars 1964.

**Séance du 28 avril 1964**



**Zitting van 28 april 1964**

## Séance du 28 avril 1964

La séance est ouverte à 14 h 30 par M. *Ch. Van Goidsenhoven*, vice-directeur.

Sont en outre présents: MM. R. Bouillenne, G. de Witte, A. Duren, L. Hauman, R. Mouchet, W. Robyns, M. Van den Abeele, membres titulaires; MM. M. Homès, J. Jadin, F. Jurion, J. Kufferath, J. Opsomer, M. Poll, G. Sladden, L. Soyer, O. Tulippe, J. Van Riel, associés; MM. F. Corin, M. De Smet, R. Devignat, F. Evens, R. Germain, F. Hendrickx, P. Raucq, correspondants, ainsi que MM. E.-J. Devroey, secrétaire perpétuel et M. Walraet, secrétaire des séances.

Absents et excusés: MM. P. Brien, L. Cahen, C. Donis, A. Fain, P. Fourmarier, P. Gourou, P.-G. Janssens, J. Lebrun, J. Leperonne, G. Neujean, P. Staner, J. Thoreau, R. Vanbreuseghem.

### L'eau en milieu rural centre-africain

Le Dr *J. Van Riel* présente, avec projections lumineuses, un travail intitulé comme ci-dessus.

Après avoir rappelé les répercussions de l'angoissante disette d'eau qui menace le monde et, en particulier, les pays tropicaux, il résume les études et réalisations entreprises depuis 1948 dans les régions rurales du Congo, du Rwanda et du Burundi.

Cet exposé fait l'objet de quelques compléments d'information ou de demandes de précisions de la part de MM. *F. Corin*, *M. Van den Abeele*, *W. Robyns*, *A. Duren* et *J. Kufferath*.

La Classe décide la publication de ce travail dans la collection des *Mémoires in-8°*.

## Zitting van 28 april 1964

De zitting wordt geopend te 14 h 30 door de H. *Cb. Van Goidsenhoven*, vice-directeur.

Zijn bovendien aanwezig: De HH. R. Bouillenne, G. de Witte, A. Dubois, A. Duren, L. Hauman, R. Mouchet, W. Robyns, M. Van den Abeele, titelvoerende leden; de HH. M. Homès, J. Jadin, F. Jurion, J. Kufferath, J. Opsomer, M. Poll, G. Sladden, L. Soyer, O. Tulippe, J. Van Riel, geassocieerden; de HH. F. Corin, M. De Smet, R. Devignat, F. Evens, R. Germain, F. Hendrickx, P. Raucq, correspondenten, alsook de HH. E.-J. Devroey, vaste secretaris en M. Walraet, secretaris der zittingen.

Afwezig en verontschuldigd: De HH. P. Brien, L. Cahen, C. Donis, A. Fain, P. Fourmarier, P. Gourou, P.-G. Janssens, J. Lebrun, J. Lepersonne, G. Neujean, P. Staner, J. Thoreau, R. Vanbreuseghem.

### « L'eau en milieu rural centre-africain »

Dr *J. Van Riel* stelt, met lichtbeelden, een werk voor getiteld als hierboven.

Na herinnerd te hebben aan de weerslag van het beangstigend watergebrek dat de wereld, en meer in 't bijzonder de tropische landen, bedreigt, vat hij studiën en verwezenlijkingen samen die sinds 1948 ondernomen werden in de landbouwstreken van Congo, Rwanda en Burundi.

Na deze uiteenzetting worden bijkomende inlichtingen verstrekt of vragen gesteld door de HH. *F. Corin*, *M. Van den Abeele*, *W. Robyns*, *A. Duren* en *J. Kufferath*.

De Klasse beslist dit werk te publiceren in de *Verhandelingenreeks in-8°*.

**Les biotopes alluvionnaires herbeux  
et les savanes intercalaires du Congo équatorial**

M. R. *Germain* résume le travail qu'il a rédigé à ce sujet et dans lequel il s'attache à exposer l'importance des phénomènes d'alluvionnement dans le centre de la Cuvette congolaise, la sédimentation différentielle des hydrophytes graminéens en fonction de leur type biologique, l'action du feu sur l'évolution des prairies marécageuses et l'origine anthropique des plaines herbeuses de terre ferme; enfin, il souligne l'intérêt des terres basses dans l'optique d'une intensification de l'agriculture vivrière.

L'auteur répond ensuite à des questions de MM. P. *Raucq* et R. *Bouillenme*.

La Classe décide de publier cette étude dans la collection des *Mémoires in-8°*.

**Texte des questions du concours annuel 1966**

Sur la proposition de MM. J. *Lebrun* et P. *Staner*, d'une part, et de MM. P. *Brien* et M. *Poll*, d'autre part, la Classe arrête comme suit les textes desdites questions:

1. *On demande des recherches en biologie végétale portant sur des plantes des pays tropicaux.*
2. *On demande une étude de la systématique des Mormyridae, basée sur leur anatomie comparée.*

**16<sup>e</sup> Symposium international de Phytopharmacie  
et de Phytatrie**

Le *Secrétaire perpétuel* informe la Classe que l'ARSOM a été invitée à participer audit Symposium, qui se tiendra le 5 mai 1964 à l'Institut supérieur agronomique de l'Etat à Gand.

La Classe invite M. P. *Staner* à l'y représenter.

La séance est levée à 16 h 30.

**« Les biotopes alluvionnaires herbeux  
et les savanes intercalaires du Congo équatorial »**

De H. R. *Germain* vat het werk samen dat hij over dit onderwerp opstelde en waarin hij de belangrijkheid wil aantonen van de aanslibbingsverschijnselen in het centrum van de Congolese Kom, de in functie van hun biologisch type gedifferentieerde bezinking der grasachtige hydrofieten, de werking van het vuur op de evolutie der moerasweiden en de menselijke oorsprong van de grasvelden op het vasteland; tenslotte onderlijnt hij het belang der laaggelegen gronden met het oog op het intensiveren van de levensmiddelenteelt.

De auteur beantwoordt vervolgens vragen van de HH. *P. Raucq* en *R. Bouillenne*.

De Klasse beslist deze studie te publiceren in de *Verhandelingenreeks in-8°*.

**Tekst der vragen voor de jaarlijkse wedstrijd 1966**

Op voorstel van de HH. *J. Lebrun* en *P. Staner*, enerzijds, en van de HH. *P. Brien* en *M. Poll*, anderzijds, stelt de Klasse als volgt de tekst dezer vragen vast:

1. *Men vraagt navorsingen betreffende tropische plantenbiologie.*
2. *Men vraagt een studie van de systematiek der Mormyridae gesteund op hun vergelijkende anatomie.*

**16° Internationaal Symposium  
over Fytofarmacie en Fytiatrie**

De *Vaste Secretaris* deelt de Klasse mede dat de K.A.O.W. uitgenodigd werd deel te nemen aan dit symposium, dat zal gehouden worden op 5 mei 1964 in de Rijkslandbouwhogeschool te Gent.

De Klasse nodigt de H. *P. Staner* uit om er haar te vertegenwoordigen.

De zitting wordt gesloten te 16 h 30.

## CLASSE DES SCIENCES TECHNIQUES

Séance du 13 mars 1964

La séance est ouverte à 14 h 30 par M. P. Evrard, vice-directeur.

Sont en outre présents: MM. C. Camus, E. De Backer, I. de Magnée, E.-J. Devroey, P. Geulette, E. Mertens de Wilmars, L. Tison, J. Van der Straeten, membres titulaires; MM. P. Bourgeois, F. Bultot, M.-E. Denaeyer, F. Kaisin, A. Lederer, E. Roger, A. Rollet, J. Verdeyen, R. Van Ganse, associés; M. J. Charlier, correspondant, ainsi que M. M. Walraet, secrétaire des séances.

Absents et excusés: MM. L. Calembert, F. Campus, L. Jones, J. Lamoën, J. Quets, R. Sproncq, R. Vanderlinden.

### Communication administrative

Le Secrétaire perpétuel informe la Classe que, par arrêté ministériel du 18 février 1964, ont été nommés

a) *Comme associés:*

CLASSE DES SCIENCES MORALES ET POLITIQUES:

M. A. Maesen, conservateur au Musée royal de l'Afrique centrale, à Tervuren;

CLASSE DES SCIENCES NATURELLES ET MÉDICALES:

M. N. Vander Elst, anciennement correspondant;

CLASSE DES SCIENCES TECHNIQUES:

M. R. Van Ganse, anciennement correspondant.

## KLASSE VOOR TECHNISCHE WETENSCHAPPEN

Zitting van 13 maart 1964

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

Zijn bovendien aanwezig: de HH. C. Camus, E. De Backer, I. de Magnée, E.-J. Devroey, P. Geulette, E. Mertens de Wilmars, L. Tison, J. Van der Straeten, titelvoerende leden, de HH. P. Bourgeois, F. Bultot, M.-E. Denaeyer, F. Kaisin, A. Lederer, E. Roger, A. Rollet, J. Verdeyen, R. Van Ganse, geassocieerden; de H. J. Charlier, correspondent, alsook de H. M. Walraet, secretaris der zittingen.

Afwezig en verontschuldigd: De HH. L. Calembert, F. Campus, L. Jones, J. Lamoen, J. Quets, R. Sproncq, R. Vanderlinden.

### Administratieve mededeling

De *Vaste Secretaris* deelt de Klasse mede dat door ministerieel besluit van 18 februari 1964, benoemd werden

a) *Als geassocieerde:*

KLASSE VOOR MORELE EN POLITIEKE WETENSCHAPPEN:

De H. A. *Maesen*, conservator bij het Koninklijk Museum voor Midden-Afrika, te Tervuren;

KLASSE VOOR NATUUR- EN GENEESKUNDIGE WETENSCHAPPEN:

De H. N. *Vander Elst*, vroeger correspondent;

KLASSE VOOR TECHNISCHE WETENSCHAPPEN:

De H. R. *Van Ganse*, vroeger correspondent;

b) *Comme correspondants:*

CLASSE DES SCIENCES NATURELLES ET MÉDICALES:

M. J.-J. *Symoens*, professeur à l'Université d'Elisabethville;

CLASSE DES SCIENCES TECHNIQUES:

M. R. *L'Hermite*, professeur agrégé de l'Université de Paris.

### **La pratique du compactage des sols**

M. J. *Verdeyen* résume la communication qu'il a rédigée à ce sujet en collaboration avec M. J. NUYENS.

Les auteurs y étudient le compactage sur chantier ainsi que le rendement et le choix des engins.

M. J. *Verdeyen* répond ensuite à des questions que lui posent MM. I. de *Magnée*, F.-J. *Kaisin*, P. *Geulette* et P. *Evrard*.

Cette étude est appelée à rendre de grands services aux constructeurs de routes dans les pays d'Outre-Mer et la Classe décide de la publier dans le *Bulletin* (voir p. 534).

### **Stabilisation d'une paroi de carrière par boulonnage des roches (*Rock bolting*)**

M. F.-J. *Kaisin* présente une étude du prince V. OBOLENSKY, intitulée comme ci-dessus. L'auteur y expose qu'en vue d'empêcher un éboulement de carrière qui s'annonçait par des crevasses et de permettre l'exploitation d'un niveau inférieur, il a fait procéder avec succès, à la consolidation de la paroi par des boulons de haute résistance, ancrés dans la roche saine.

M. F. *Kaisin* répond ensuite à des questions que lui posent MM. J. *Verdeyen* et I. de *Magnée*.

La Classe décide la publication de ce travail dans le *Bulletin* (p. 558).

b) *Als correspondent:*

KLASSE VOOR NATUUR- EN GENEESKUNDIGE WETENSCHAPPEN:

De H. J.-J. *Symoens*, hoogleraar aan de Universiteit te Elisabethstad;

KLASSE VOOR TECHNISCHE WETENSCHAPPEN:

De H. R. *L'Hermite*, geagregeerd hoogleraar aan de Universiteit te Parijs.

**« La pratique du compactage des sols »**

De H. J. *Verdeyen* vat de mededeling samen die hij, in samenwerking met de H. J. NUYENS, over dit onderwerp opstelde.

De auteurs bestuderen er het vastdrukken op de werf in, evenals het rendement en de keuze der werktuigen.

De H. J. *Verdeyen* beantwoordt vervolgens vragen die hem gesteld worden door de HH. I. *de Magnée*, F.-J. *Kaisin*, P. *Geulette* en P. *Evrard*.

Deze studie kan grote diensten bewijzen bij het aanleggen van wegen in de Overzeese landen, en de Klasse beslist haar te publiceren in de *Mededelingen* (zie blz. 534).

**« Stabilisation d'une paroi de carrière par boulonnage des roches (Rock bolting) »**

De H. F.-J. *Kaisin* legt een studie voor van prins V. BOBOLSKY getiteld als hierboven. De auteur zet er in uiteen dat hij, om een instorting in een steengroeve, die zich door kloven aankondigde, te vermijden en om de uitbating van een lager niveau toe te laten, met welslagen deed overgaan tot het verstevigen van de wand door het hechten van bouten met hoge weerstand in de niet beschadigde rots.

De H. F.-J. *Kaisin* beantwoordt vervolgens de vragen die hem gesteld worden door de HH. J. *Verdeyen* en I. *de Magnée*.

De Klasse beslist dit werk te publiceren in de *Mededelingen* (zie blz. 558).

### Concours annuel 1966

La Classe décide de consacrer la cinquième question du concours annuel 1966 à la corrosion et la sixième à la déminéralisation des eaux.

MM. *I. de Magnée* et *J. Verdeyen*, d'une part, ainsi que MM. *E. Mertens de Wilmars* et *L. Tison*, d'autre part, sont désignés pour rédiger les textes desdites questions.

La séance est levée à 15 h 40.

### Jaarlijkse wedstrijd 1966

De Klasse beslist de vijfde vraag van de jaarlijkse wedstrijd 1966 te wijden aan de corrosie en de zesde aan het demineraliseren van water.

De HH. *I. de Magnée* en *J. Verdeyen*, enerzijds, evenals de HH. *E. Mertens de Wilmars* en *L. Tison*, anderzijds, worden aangeduid om de tekst dezer vragen op te stellen.

De zitting wordt gesloten te 15 h 40.

## J. Verdeyen. — La pratique du compactage des sols (En collaboration avec J. Nuyens)

### I. DÉFINITION

Le compactage est, d'une manière générale, l'ensemble des mesures prises afin d'augmenter le poids spécifique apparent sec du sol traité, c'est-à-dire en vue de réduire son volume apparent.

La compaction est l'opération qui consiste à réduire ce volume apparent, c'est-à-dire à empiler les grains de manière plus serrée, par des moyens mécaniques appropriés.

La compacité  $C$ , est le pourcentage de volume du sol occupé par les grains. Elle est liée à la porosité  $n$  par la relation:

$$C = 100 - n$$

Le degré de compactage est le rapport du poids spécifique apparent sec atteint après compactage sur chantier au poids spécifique apparent sec maximum réalisé en laboratoire par un essai normalisé.

### II. BUTS DU COMPACTAGE

L'amélioration des qualités d'un sol routier a pour objet:

- Pour un remblai, d'éviter des tassements et des possibilités de glissement;
- Pour une couche de fondation de chaussée, d'améliorer la force portante et la rigidité;
- Lors de la réalisation d'une piste ou d'une route en terre d'adapter les qualités du sol en place ou de la couche d'amélioration;
- Dans tous les cas, de réduire la perméabilité et la susceptibilité à l'absorption d'eau.

Le but du compactage est de satisfaire à ces conditions. L'augmentation de compacité de sol va de pair avec une augmentation de l'angle de frottement interne et de la cohésion et, par consé-

quent, de la résistance aux contraintes tangentielles, ainsi qu'avec une diminution de la compressibilité et de la perméabilité.

### III. LE COMPACTAGE SUR CHANTIER

#### 1. PRESCRIPTIONS - CAHIER DES CHARGES

Les essais de compactage en laboratoire permettent de se rendre compte de l'aptitude du sol à être compacté. La *fig. 1* représente les courbes de compactage Proctor obtenues en laboratoire et correspondant à plusieurs énergies de compactage. Les courbes

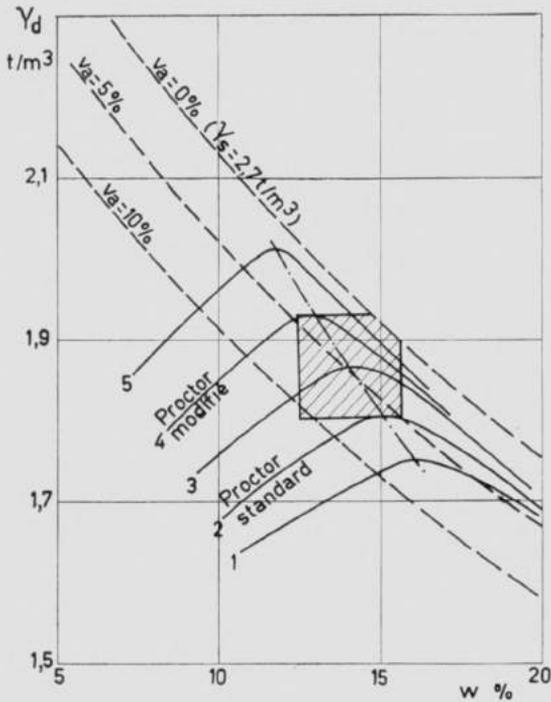


FIG. 1. — Courbes de compactage en laboratoire d'une argile limoneuse.

N°	Energie de compactage (kg/cm <sup>3</sup> )	
1	3,65	
2	6	(Proctor Standard)
3	13	
4	27,5	(Proctor Modifié)
5	50	

habituellement déterminées sont celles qui portent les n<sup>os</sup> 2 et 4. Elles sont relatives aux essais Proctor standard et modifié. On constate: d'une part (*fig. 1*) que la teneur en eau optimum de compactage diminue lorsque l'énergie augmente: d'autre part (*fig. 2*) que le poids spécifique apparent sec maximal varie à peu près linéairement avec le logarithme de l'énergie de compactage. Cette propriété permet, lorsqu'on connaît la valeur maximale de  $\gamma_d$  pour deux énergies de compactage, de prévoir de  $\gamma_{d \max}$  correspondant à toute autre énergie de compactage.

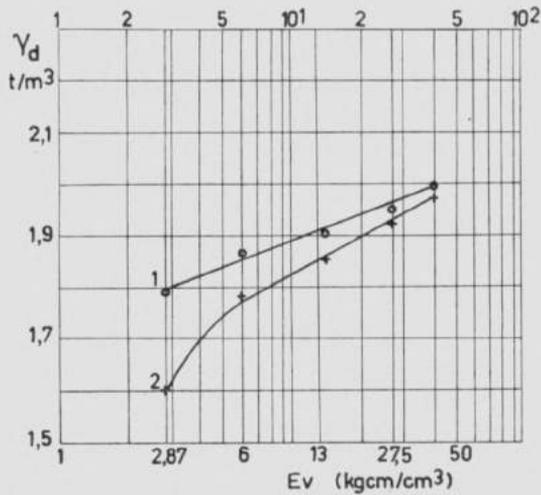


FIG. 2. — Relation entre le poids spécifique optimum apparent sec et le logarithme de l'énergie de compactage.

Dans les cahiers des charges, on impose de réaliser lors du compactage en chantier certains degrés de compactage. Ceux-ci peuvent, par exemple, être définis par l'imposition d'un  $\gamma_d$  qui est le pourcentage d'un maximum Proctor. Pour un remblai, on peut, dans certains cas, exiger 95 % à 100 % du  $\gamma_{d \max}$  de l'essai Proctor standard. Si l'on recherche une force portante élevée, comme c'est le cas des fondations de chaussées, on peut de même exiger 95 % ou 100 % du  $\gamma_{d \max}$  de l'essai Proctor modifié. Cette dernière condition n'est cependant pas toujours réalisable dans la pratique. En effet, en période de climat sec, il est en général possible d'arroser un sol et d'augmenter sa teneur en eau, avec précision et dans des conditions économiques; au contraire, il n'est presque

jamais possible d'aérer et de dessécher un sol trop humide. Une bonne solution consiste à n'ouvrir le chantier que pendant la saison sèche.

On peut aussi se servir des courbes de compactage correspondant aux essais Proctor standard ou modifié pour fixer une zone (*fig. 1*) dans laquelle doit se trouver le sol compacté.

Une autre manière d'imposer des prescriptions et qui ne fait pas intervenir les essais de compactage en laboratoire est celle de la *Road Note 29* [7] \*.

Cette norme britannique prévoit des prescriptions limitant le pourcentage de volume d'air dans le sol compacté et fixant la teneur en eau de compactage égale à la teneur en eau « naturelle » du sol en place. La teneur en eau « naturelle » ou teneur en eau « d'équilibre » est celle qui existe dans un sol lorsque d'équilibre des mouvements d'eau s'est établi. Elle peut être déterminée en laboratoire par des essais de succion ou *in situ* par des mesures à l'aide d'une sonde radio-active à une profondeur de 30 à 60 cm en sols sableux et 1 m en sols plastiques [8]. La norme impose le compactage à une teneur en eau égale à la teneur en eau naturelle à  $\pm 2\%$  près. Le compactage doit être poursuivi:

- Jusqu'à un pourcentage maximum de volume d'air de 10 % pour le corps d'un remblai;
- Jusqu'à un pourcentage maximum de volume d'air de 5 % pour les 60 cm supérieurs du remblai ainsi que pour les fondations et les sous-fondations;
- Jusqu'à un pourcentage maximum de volume d'air de 5 % pour les 15 cm supérieurs du remblai ainsi que pour les fondations et sous-fondations dans le cas d'un déblai.

On a également représenté à la *figure 1* la courbe de saturation ( $v_a = 0\%$ ), ainsi que les courbes correspondant respectivement à 5 et 10 % d'air ( $v_a = 5\%$  et  $v_a = 10\%$ ). Ces courbes permettraient également de définir des zones dans lesquelles le sol compacté doit être situé.

---

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

## 2. LES ENGINES DE COMPACTAGE

### a. Classification

Les engins de compactage sont habituellement partagés en trois groupes d'après leur principe d'action:

#### 1. Engins agissant par compression et pétrissage:

- Rouleaux lisses
- Rouleaux à pneus
- Rouleaux à pieds
- Rouleaux à grilles
- Rouleaux à segments ou à plaques

#### 2. Engins agissant par chocs:

- Dames
- Vibropilonneuses
- Chute de masses

#### 3. Engins agissant par vibrations:

- Plaques vibrantes
- Rouleaux vibrants

### b. Généralités sur les engins de compactage

#### 1. Courbe de compactage-engin

Si, pour un sol et un engin donnés, on relève les poids spécifiques apparents secs correspondant à différentes teneurs en eau et différents nombres de passes  $N$ , on peut tracer les courbes de compactage de l'engin considéré sur le sol choisi. Ces courbes s'emboîtent les unes dans les autres d'une manière analogue à celles des courbes Proctor de la *figure 1*. Généralement, à partir d'un certain nombre de passes, la courbe de compactage atteint un maximum qui ne se déplace pratiquement plus, quel que soit le nombre de passes supplémentaires, ce qui correspond au compactage à refus. A la *figure 3*, on a tracé les courbes de compactage à refus d'une argile sableuse pour différents engins de compactage ainsi que les courbes Proctor standard et Proctor modifié. On constate quelles valeurs de  $\gamma_d \text{ max}$  sont différentes pour chaque engin et que, de plus, les valeurs correspondant à l'essai Proctor soit standard, soit modifié, représentent respective-

ment à peu près le minimum et le maximum que l'on peut obtenir avec une gamme d'engins relativement différents.

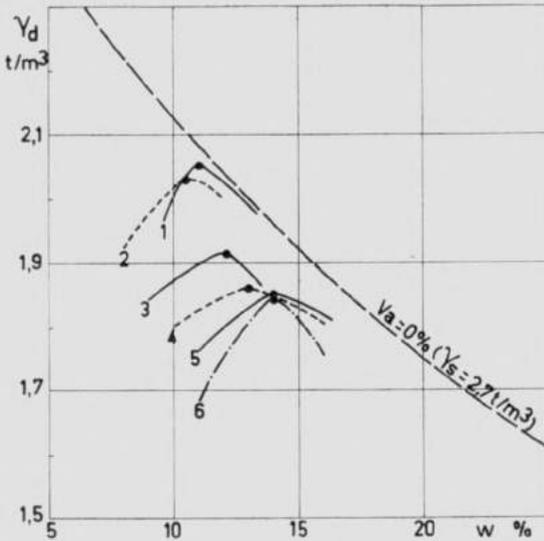


FIG. 3. — Courbes de compactage à refus en couche de 23 cm et courbes Proctor d'une argile sableuse.

1. Proctor modifié
2. Rouleau à pneus 12 t
3. Rouleau à pieds de mouton 5 t
4. Grenouille 600 kg
5. Rouleau lisse 8 t
6. Proctor standard

Les essais de laboratoire peuvent donc donner des indications sur la « compactibilité » d'un matériau, mais ne permettent pas de choisir l'engin de compactage le plus adéquat.

Si l'on désire fixer avec précision l'efficacité d'un type de compacteur, il est nécessaire d'établir une aire d'essai sur laquelle on peut déterminer la courbe de compactage de l'engin sur un sol donné. On peut aussi y étudier l'influence des conditions de mise en œuvre telles que le nombre de passes, poids de l'engin, épaisseur de la couche, vitesse, etc.

## 2. Influence du matériau

De nombreuses caractéristiques du sol influencent la teneur en eau optimum de compactage et le poids spécifique apparent maximum du sol. Les principales sont:

- La dimension moyenne des grains  $d_{50}$ , c'est-à-dire le diamètre correspondant à un passant de 50 % dans la courbe granulométrique; les limites supérieures de  $\gamma_{d \max}$  sont d'environ 2,0 t/m<sup>3</sup> pour une argile, 2,2 t/m<sup>3</sup> pour un sable de granulométrie étendue et contenant des fines, 2,5 t/m<sup>3</sup> pour un mélange de gravier, de sable et d'argile;
- L'étendue granulométrique; plus un sol a une granulométrie uniforme, plus la porosité est élevée et moins elle est sensible à une variation de la teneur en eau; il en résulte une courbe de compaction aplatie avec un maximum peu accentué; au contraire, une granulométrie étalée correspond à un matériau dont les grains ont des dimensions très différentes pouvant s'imbriquer les uns dans les autres et donnant une courbe de compaction plus pointue;
- Le pourcentage de particules inférieures à 74 $\mu$  accentue les variations de compacité en fonction de la teneur en eau;
- Les limites d'Atterberg interviennent également; à titre indicatif, on a représenté aux figures 4 et 5 des abaques empiriques donnant approximativement la teneur en eau optimum de compactage et le poids spécifique apparent maximum de l'essai Proctor standard en fonction des caractéristiques physiques des sols; ces abaques correspondent à une statistique effectuée par l'«Office of Research and Development. Bureau of Public Roads» sur plus de 00 échantillons [6].

## 3. Influence de l'engin et de l'énergie de compactage

### a) Introduction

L'énergie de compactage d'un engin est fonction:

- Du nombre de passes qu'effectue l'engin et du poids total de l'engin;
- Des pressions transmises par l'engin au sol;
- De l'épaisseur de la couche meuble à compacter;

- De la surface de contact engin-sol;
- De la vitesse de progression de l'engin;
- Des fréquences et forces de vibration des engins vibrants.

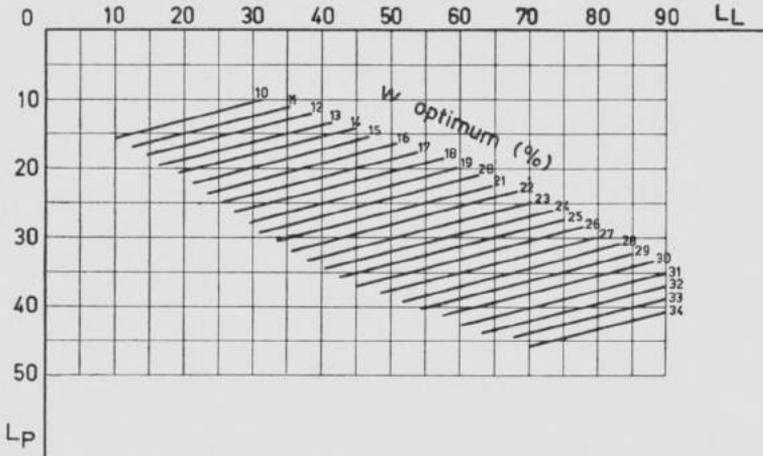


FIG. 4. — Abaque donnant une valeur approchée de la teneur en eau optimum Proctor standard en fonction des limites d'Atterberg.

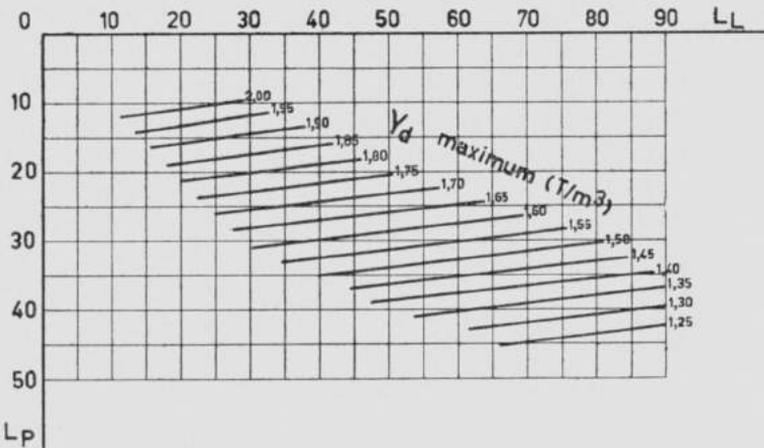


FIG. 5. — Abaque donnant une valeur approchée du poids spécifique apparent sec de l'optimum Proctor standard en fonction des limites d'Atterberg.

Il y a donc lieu d'étudier séparément l'influence sur la compacité de chacune de ces caractéristiques de mise en œuvre.

b) Nombre de passes [10]

A la figure 6, on a représenté en ordonnées (échelle arithmétique) le poids spécifique apparent sec  $\gamma_d$  obtenu en fonction du nombre de passes en abscisses (échelle logarithmique) de deux rouleaux lisses de poids déterminé, à la teneur en eau optimum-engin. Ce diagramme montre qu'il existe au début du compactage une relation linéaire jusqu'à un certain nombre de passes au-delà de laquelle il est inutile de continuer à compacter. Si l'on désire obtenir une valeur plus élevée de  $\gamma_d$  il faut recourir à un engin plus puissant.

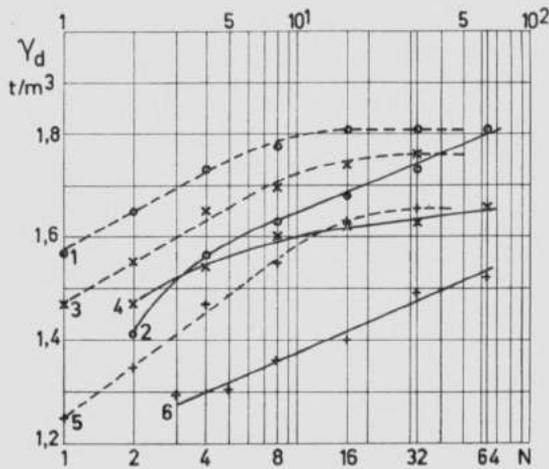


FIG. 6. — Relation entre le poids spécifique apparent sec et le nombre de passes (N) :

	Rouleau lisse 2,8 t	8,7 t
Argile sableuse	2	1
Argile limoneuse	4	5
Argile lourde	6	5

Il est important de faire remarquer qu'il n'est pas possible de prédéterminer la pente de la droite et le nombre minimum de

passes pour atteindre le palier. En effet, ces deux caractéristiques dépendent à la fois de l'engin et du sol.

Il est utile de remarquer aussi que pour certains engins tels que les rouleaux à pieds par exemple, il est utile de considérer également le degré de recouvrement.

Le degré de recouvrement  $r$  (exprimé souvent en %) est le pourcentage de la surface comprise entre les deux extrémités latérales de la base de l'engin qui reçoit une application de charge lors d'une « passe » (c'est-à-dire d'un voyage aller-ou-retour) de l'engin: autrement dit, c'est l'inverse du nombre de passes théoriques pour avoir un recouvrement complet (le mot théorique signifiant que l'on suppose que l'application de pression se fait chaque fois à un endroit *différent* jusqu'à ce que toute la surface soit couverte une fois).

Ce degré de recouvrement est introduit pour tenir compte de la différence de signification du mot « passe » selon l'engin que l'on considère. En effet, si certains engins ont un degré de recouvrement de 100 %, les engins dameurs, eux, progressent par bonds inférieurs à leur longueur et le degré de recouvrement vaut ainsi plusieurs centaines de %.

Parler de dix passes sans spécifier le degré de recouvrement ne se conçoit donc pas et ne permet pas de comparer le comportement de deux engins: pour un cylindre lisse tricycle, dix passes signifient aussi dix applications de la charge, tandis que pour un rouleau à pieds pour lequel  $r = 10\%$ , dix passes ne correspondent qu'à une seule application.

### c) Pression de contact [4]

On définit la pression de contact  $p_s$  comme le quotient du poids total de l'engin par l'ensemble des aires de contact avec le sol.

Pour les engins tels que les rouleaux lisses, on définit une charge linéaire qui est la charge par cm de largeur de jante.

Il existe une relation quasi linéaire propre entre le poids spécifique apparent sec maximum à la teneur en eau optimum correspondant à  $p_s$  et le logarithme de  $p_s$ . A la *figure 7*, cette relation est vérifiée pour différents nombres de passes sur deux

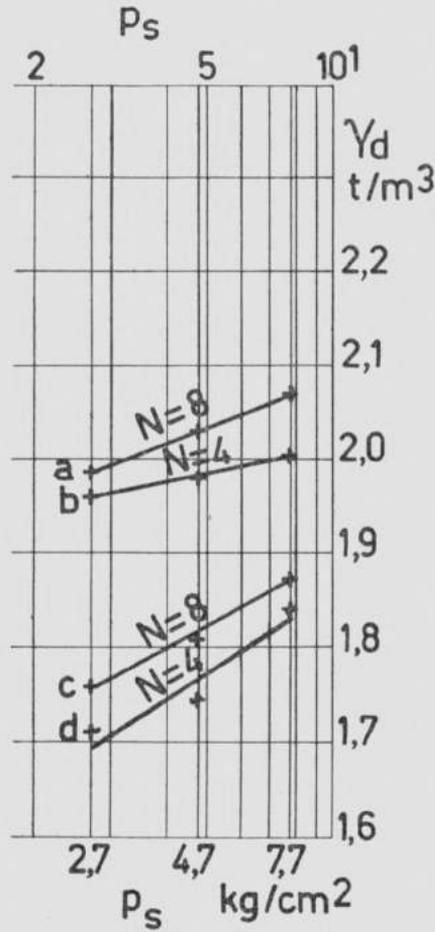


FIG. 7. — Relation entre le poids spécifique apparent sec et la pression de contact  $p_s$  pour un sable argileux (a-b) et une argile limoneuse (c-d) compactés par des rouleaux à pneus à la teneur en eau optimum-engin.

Courbe	N
a	8
b	4
c	8
d	4

sols compactés par un rouleau à pneus. Sur certains sols, l'influence de la pression de contact est plus importante que l'influence du nombre de passes.

Il y a donc lieu de choisir dans chaque cas particulier la pression ou la charge linéaire qui convient.

#### d) Gradient de compacité [2]

On définit le gradient de compacité comme la variation  $d\gamma_a$  du poids spécifique apparent sec rapportée à la variation  $dz$  de la profondeur.

Le poids spécifique apparent sec décroît de haut en bas d'une couche compactée suivant une loi qui dépend de la teneur en eau, de l'épaisseur compactée, de la pression de contact, de l'aire de contact, etc.

Ce phénomène se vérifie à la *figure 8a* qui représente les courbes de compactage à différentes profondeurs, 1, 2, 3, 4, d'une argile limoneuse placée en couche meuble de 85 cm et compactée par un rouleau à pneus de 45 t pour différentes teneurs en eau. On constate d'après cette figure que pour des teneurs en eau déterminées, la relation compacité profondeur est telle que:

- Pour une teneur en eau inférieure à l'optimum,  $\gamma_a$  décroît à peu près linéairement avec la profondeur;
- Aux teneurs en eau élevées (19 %), les courbes de compactage sont pratiquement confondues et le gradient de compacité devient nul.

La *figure 8b* montre la diminution de  $\gamma_a$  avec la profondeur.

#### e) Vitesse [5]

La *figure 9* montre l'influence de la vitesse pour trois valeurs de celle-ci numérotées 1, 2 et 3 sur la relation entre le poids spécifique apparent sec et le nombre de passes. Elle met en évidence que quelle que soit la vitesse, la compacité finale est à peu près constante, bien que le nombre de passes nécessaire pour atteindre un certain poids spécifique apparent sec augmente lorsque la vitesse croît. Il faut cependant remarquer que l'accroissement du nombre de passes n'est pas proportionnel à l'augmen-

tation de vitesse, surtout si la vitesse est faible. Il y a donc lieu de choisir, dans chaque cas particulier, la vitesse qui convient.

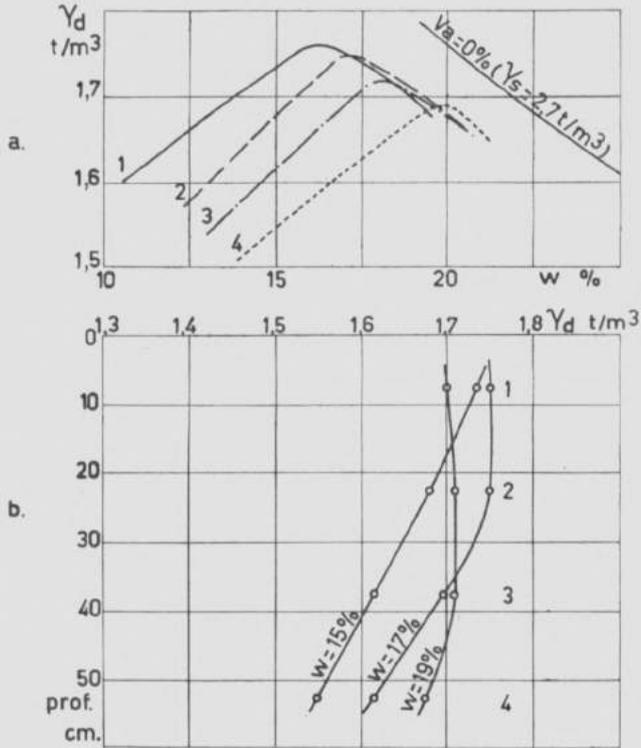


FIG. 8. — a) Courbes de compactage à différentes profondeurs d'une argile limoneuse compactée par un rouleau à pneus — b) Gradient de compacité en profondeur.

#### f) Autres facteurs

D'autres facteurs particuliers à certains engins tels que fréquence de vibration ou hauteur de chute doivent également être pris en considération. On devra en tenir compte dans chaque cas particulier.

#### IV. RENDEMENT ET CHOIX DES ENGIN DE COMPACTAGE

Les renseignements donnés ci-après sont un résumé de deux études menées séparément, l'une par la Direction des Routes à Cologne [9] et l'autre par le Centre de Recherches routières

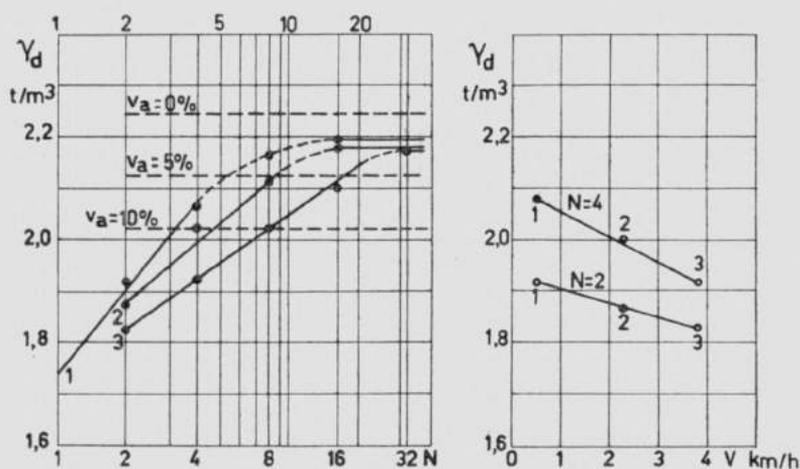


FIG. 9. — Influence de la vitesse  $V$  d'un rouleau vibrant de 3,75 t sur la relation entre le poids spécifique apparent sec et le nombre de passes. Le sol est un sable à granulométrie étendue à une teneur en eau de 7,6 %.

de Belgique [3]. Ils permettent en principe de déterminer les éléments suivants:

- Rendement moyen des différents types d'engins de compactage;
- Ordre de grandeur des degrés de compactage réalisables compte tenu du matériau et de l'énergie appliquée par l'engin;
- Opportunité d'emploi de chaque type d'engin sur un chantier donné;
- Type et nombre d'engins à mettre en œuvre;
- Comparaisons d'engins du même type.

L'ensemble de ces renseignements est présenté sous la forme du *tableau I*.

## V. PRINCIPES DE LA DÉTERMINATION DU RENDEMENT DES ENGINES

### 1. CHOIX DE L'ENGIN EN FONCTION DE LA GRANULOMÉTRIE DU SOL

Les sols à forte proportion de gros éléments sont bien compactés par des engins aptes à provoquer de fortes contraintes

tangentielles. C'est le cas des dames-grues à chute libre ou des rouleaux vibrants tractés de poids élevés.

Si la fraction rocheuse est arrondie ou érodée, on peut se contenter d'engins produisant des contraintes tangentielles un peu moins élevés. Dans ce cas, on utilisera des dames-grues, des pilonneuses à explosion lourde et des rouleaux à grilles.

Si la fraction rocheuse est moins importante et si le sol est légèrement cohérent, on peut utiliser, en plus des engins cités ci-dessus, des rouleaux à pneus.

Si le sol est cohérent et exempt de pierrailles, le compactage se fait le mieux avec des rouleaux à pneus, à pied-de-mouton et à plaques, ainsi qu'avec des dames.

Si le sol est pulvérulent, les plaques et rouleaux vibrants conviennent le mieux.

Si le sol est composé de pierrailles ou de graviers dont les vides sont remplis de sable, on utilise des plaques et des cylindres vibrants lourds ainsi que des rouleaux à pneus lourds tractés.

## 2. CHOIX DE L'ENGIN EN FONCTION DE L'ÉTAT INITIAL DU SOL

Si le sol à compacter est un sable ou un sol à granulométrie uniforme, très peu compact initialement, les plaques vibrantes ont tendance à s'enliser lors des premières passes et les rouleaux vibrants ont tendance à créer des surfaces ondulées.

Dans les sols cohérents destinés à être compactés à moins de 10 à 12% de vides, la teneur en eau étant relativement faible, l'engin doit être apte à réaliser une dépense d'énergie suffisamment importante pour réduire les gros blocs en une masse homogène. Si, au contraire, la teneur en eau est élevée, la terre plastique adhère aux engins. Il y a perte de rendement pour les rouleaux à pieds et risque d'enlèvement pour les dames à explosion.

On doit éviter de compacter une couche de sol facilement compactable sur une sous-couche plastique ou à faible compacité. En effet, celle-ci absorbera une partie de l'énergie et empêchera d'atteindre le résultat souhaité.

TABLEAU 1. — Tableau récapitulatif des engins de compactage.

Aptitude de l'engin			Fréquence des réparations	Importance du chantier	Observations	Dénomination des engins	Caractéristiques principales	Poids t	Nombre de passes	Epaisseur du remblai compacté en	Surface compactée passe m <sup>2</sup> /h	Sol compacté en m <sup>3</sup> /h							
bonne	moyenne	mauvaise										limite supérieure	limite inférieure						
						Rouleaux lisses	Charge linéaire		8 à 15	20 à 25									
Sols cohérents à une teneur en eau intermédiaire entre les teneurs en eau Proctor standard et modifié. Sols pulvérulents à granulométrie étalée.	Graviers et sables à granulométrie discontinue. Sols cohérents aux teneurs en eau optimum Proctor. Matériaux pierreux.	Sols rocheux	moyenne	moyenne	A utiliser pour une plate-forme régulière. Avantages; compactage très homogène.	Rouleaux à pneus a) automoteur	Pression statique	9 à 12	8 à 12	15 à 20	5.200	97	65						
			faible	grande à très grande		b) tracté		45	8 à 12	30 à 35	6.000	202	135						
Sols argileux exempts de pierres à la teneur en eau optimum Proctor modifié.	Sables et graviers cohérents.	Sols rocailleux et non cohérents. Sols cohérents à une teneur en eau élevée.	faible	grande à très grande	A mettre en œuvre sur plate-forme inégale; finition par cylindre à jantes lisses.	Rouleau à pieds	Pression statique nominale	6	8 à 12	18 à 20	4.800	96	64						
Sols faiblement rocheux et graves.	Sables peu cohérents.	Sols argileux.	faible	grande à très grande	Convient surtout pour le compactage des roches tendres.	Rouleau à grille		14	8 à 12	20 à 30	4.300	110	74						
Graviers et sables pas ou peu cohérents.	Sols peu cohérents à grains fins	Sols plastiques (argiles)	moyenne	petite à moyenne	A employer sur plates-formes régulières, maintenir le sol humide.	Plaque vibrante	Pressions statique et dynamique	0,5 à 0,7	3 à 4	40 à 50	250	31	24						
	Sols pierreux peu cohérents.		grande	moyenne à grande	Travailler à fréquence élevée, conducteur vigoureux, ne pas travailler jusqu'au ras du talus.	b) lourde								> 1,7	3 à 4	50 à 70	320	53	40
Graviers et sables pas ou peu cohérents.	Sols peu cohérents à grains fins.	Sols plastiques	moyenne	moyenne	A employer sur plate-forme régulière, maintenir l'humidité du sol. Première mise en place sans vibration à recommander. Finition couche supérieure par compression statique.	Rouleau vibrant automoteur	Charges statique et dynamique	1,2 à 2,3	4 à 6	30	860	54	36						
	Sols rocailleux.		moyenne	moyenne à grande		a) léger								3 à 6	4 à 5	40 à 50	1.200	112	90
	Sols rocheux peu cohérents.		faible à moyenne	grande à		b) lourd								2 à 3,5	4 à 5	40 à 50	1.350	125	100
			faible à moyenne	très grande		c) tracté lourd								4 à 8	4 à 5	50 à 60	1.700	195	156
Sol rocheux ou cohérent ou pierreux.	Graviers Sables.		moyenne	moyenne	A ne pas employer sur remblais inégaux, talus de digues ou trop près des bâtiments.	Dame grue	Pression statique et hauteur de chute	2 à 3	3 à 4	50 à 70	190	31	23						
						a) grue usée								2 à 3	3 à 4	50 à 70	370	61	46
Sols cohérents à teneur en eau optim. Proctor modifié - sols pulvérul. à granulométrie étal.	Sols pierreux et sols cohérents à teneur en eau intermédiaire.	Sols rocheux et pulvérulents à granulométrie discontinue.	moyenne (engins neufs)	moyenne	Nettoyer fréquemment. 1 <sup>re</sup> mise en place des matériaux par rouleau à jantes lisses souhaitable. A utiliser pour les arêtes de talus et aires réduites ou difficilement accessibles.	Dame à explosion	0,5	3 à 4	30 à 40	200	19	14							
			grande (engins usés)										1	3 à 4	40 à 50	260	32	25	

### 3. INFLUENCE DES CONDITIONS ATMOSPHÉRIQUES

Bien que cette influence soit généralement indépendante du choix des engins, il est intéressant de rappeler quelques principes qui, s'ils sont suivis, peuvent améliorer le rendement.

Les sables et graviers à granulométrie discontinue sont généralement très sensibles à l'action du soleil et doivent être arrosés avant le compactage.

Les sols argileux, peu sensibles à l'action du soleil, sont sensibles aux précipitations et doivent être compactés immédiatement après leur mise en œuvre. S'il pleut, même légèrement, il y a formation d'une pellicule superficielle plastique qui ralentit les engins et diminue la portance. Si le travail est poursuivi dans ces conditions, cette pellicule est mélangée aux couches plus profondes et détériore le sol en profondeur. Il est alors préférable d'arrêter les chantiers en attendant l'assèchement de la pellicule.

### 4. INFLUENCE DES CHANGEMENTS DE DIRECTION ET DE L'ARRÊT DES ENGINS

Même dans un chantier bien organisé, les changements de direction et les arrêts des engins conduisent à une diminution de rendement d'au moins 20 %.

### 5. INFLUENCE DE LA DISPOSITION ET DES DIMENSIONS DU CHANTIER

La circulation aisée des engins suivant les vitesses prévues n'est possible que quand les dimensions du chantier le permettent. L'engin approprié à un chantier doit permettre un compactage régulier de l'ensemble du chantier avec le minimum de manœuvres.

Les engins tractés ne sont rentables que sur de grandes longueurs. Les pilonneuses automotrices et les plaques vibrantes ne sont rentables que sur des chantiers peu accidentés.

## VI. RENDEMENT DES ENGINS SUR LE CHANTIER

### 1. CAPACITÉ DE COMPACTAGE

La capacité horaire moyenne d'un engin est donnée par la formule:

$$C = 0,8 \frac{V \cdot L \cdot e}{N_{\min}}$$

où  $C$  est la capacité horaire de compactage en  $m^3/h$ ;

$V$  est la vitesse de l'engin en  $m/h$ ;

$L$  est la largeur compactée en  $m$ ;

$e$  est l'épaisseur maximale compactée, c'est-à-dire l'épaisseur maximale pour laquelle le poids spécifique apparent sec est supérieur ou égal au poids spécifique apparent sec désiré;

$N_{\min}$  est le nombre minimal de passes nécessaires à la vitesse considérée pour atteindre l'état de compaction désiré, qui tient implicitement compte du degré de recouvrement.

Pour obtenir la valeur maximale de la capacité horaire  $C$ , il y a lieu de chercher à rendre maximum le rapport:

$$\frac{V}{N_{\min}} = \frac{\text{vitesse}}{\text{nombre de passes minimum}}$$

La capacité horaire exprime, par unité de temps, des mètres cubes de terre compactée et non pas de terre en place avant mise en œuvre. En effet, le compactage de certains sols entraîne des diminutions de volume de 10 à 15 %. Il s'ensuit que de nombreux cahiers des charges se basent sur le volume des terres compactées.

L'application de la formule ci-dessus et les chiffres du *tableau I* expriment le rendement moyen qui peut être obtenu par un entrepreneur expérimenté et organisé. La capacité horaire pourra être réduite de 50 % et même plus si celui-ci ne s'est pas mis dans les meilleures conditions à tous les points de vue ou si l'engin choisi n'est pas adapté.

## 2. COÛT DU MÈTRE CUBE COMPACTÉ

Le coût du mètre cube compacté s'obtient en divisant le coût horaire, c'est-à-dire:

- Le coût de location ou d'amortissement de la machine;
- Les frais d'entretien et pannes;
- Le prix du combustible;

- Les gages de l'opérateur;
- La quote-part des frais généraux;

par la capacité horaire de compactation. Ce chiffre peut être affecté par divers facteurs et varie d'après les engins.

## VII. EXAMEN DÉTAILLÉ DES DIVERS ENGINS DE COMPACTAGE

### 1. VÉHICULES DE TRANSPORT DE TERRE

Bien qu'il ne s'agisse pas à proprement parler d'engins de compactage, les véhicules de transport de terre ont leur place dans cette étude. En effet, l'idée suivant laquelle le compactage produit par des engins de transport de terre est suffisant, est relativement répandue.

Il y a lieu à ce propos, de distinguer les véhicules à chenilles et à pneus. Les véhicules à chenilles, généralement conçus pour produire de faibles pressions sur le sol, ne compactent que légèrement les remblais graveleux et sont inefficaces sur les sols cohérents. Les véhicules à pneus produisent un compactage analogue aux rouleaux à pneus, mais avec des différences en ce qui concerne la surface de contact. Les roues de camions ne compactent que sur une faible épaisseur alors que les roues de scrapers et de véhicules lourds compactent normalement jusqu'à 30 cm de profondeur. Pour que ce compactage soit uniforme, il faut donner comme instruction aux chauffeurs de ne pas suivre les traces des véhicules qui les ont précédés.

### 2. ROULEAUX LISSES

Les rouleaux à jantes lisses ou rouleaux lisses transmettent au sol une charge quasi statique élevée par l'intermédiaire de cylindres lisses en acier. La plupart sont automoteurs.

La caractéristique principale de ces engins est la charge par cm de largeur de jante ou charge linéaire ( $P$  en kg/cm) que l'on obtient en divisant la partie du poids total du rouleau reportée sur un cylindre par la largeur de celui-ci. Elle varie habituellement entre 15 et 100 kg/cm.

Les rouleaux lisses conviennent pour la compactation des sols à granulométrie étalée moyennement cohérents, tels que les

sables argileux et les graviers-sables-argiles sur lesquels on obtient souvent des compacités de l'ordre du Proctor modifié. Ils conviennent également aux matériaux rocheux pas trop tendres pour lesquels un certain concassage est nécessaire. Ils sont peu efficaces sur les sols plastiques.

Si les charges linéaires sont élevées, le refus peut être obtenu après 8 à 15 passes. L'épaisseur des couches compactées ne peut dépasser 20 à 25 cm.

Le prix de revient du compactage par rouleaux lisses est relativement bas.

### 3. ROULEAUX À PNEUS

Les rouleaux à pneus transmettent une charge au sol par l'intermédiaire d'une ou de plusieurs rangées de pneus. Ils sont automoteurs ou tractés. La charge va de 1 à 20 t par pneu.

La caractéristique principale de ces engins est la pression de contact qu'il faut distinguer de la pression de gonflage.

Les rouleaux à pneus conviennent particulièrement au compactage des sols cohérents et non cohérents à grains fins. Sur les sables à granulométrie discontinue et sur les sols compressibles traités en couches épaisses, on peut rencontrer des difficultés de compactage. Celles-ci peuvent être surmontées en accroissant progressivement la pression depuis une pression très faible jusqu'à la pression normale. L'avantage des rouleaux à pneus est la grande uniformité du compactage. On les utilise également avec succès pour la mise en place de matériaux pierreux, sans risque d'écrasement des éléments aigus.

Dans la plupart des cas, le refus peut être obtenu après 10 à 15 passes et l'épaisseur courante des couches traitées est de 15 à 30 cm, exceptionnellement 45 cm.

Les capacités horaires des rouleaux à pneus sont élevées, mais les coûts d'exploitation le sont également, ce qui en diminue l'avantage.

### 5. ROULEAUX À PIEDS

Un rouleau à pieds se compose principalement d'un tambour cylindrique de diamètre compris entre 1,2 et 1,5 m portant une

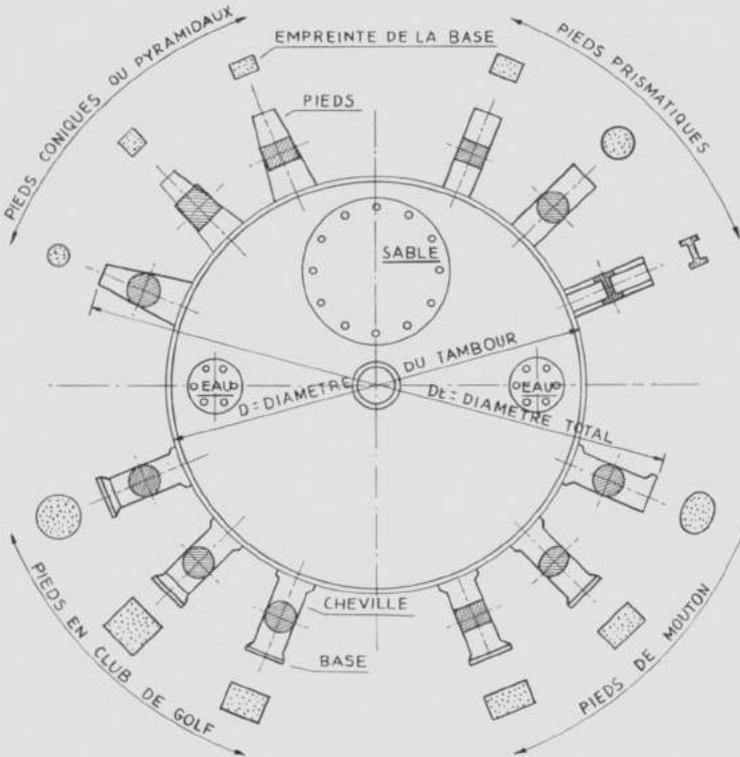


FIG. 10. — Différentes sortes de pieds utilisés pour les rouleaux à pieds.

centaine de « pieds » dont la forme peut être telle qu'on les désigne sous le nom de:

- Pieds coniques;
- Pieds prismatiques;
- Pieds de mouton;
- Pieds en club (*club-feet*);

et dont la surface de contact varie de 30 à 80 cm<sup>2</sup>. L'influence de la forme est beaucoup moins importante que celle de la surface de contact.

Le rouleau à pieds est caractérisé par deux éléments importants: la pression statique « nominale » égale au quotient du poids total du rouleau par la surface de contact d'une rangée

de pieds, et le degré de recouvrement, c'est-à-dire le pourcentage de la surface comprise entre les extrémités latérales du rouleau qui reçoit une application de charge lors d'une passe de l'engin. La pression statique nominale est de l'ordre de 20 à 35 kg/cm<sup>2</sup>, tandis que le degré de recouvrement varie de 3 à 11 %.

Les rouleaux à pieds conviennent pour le compactage des sols argileux particulièrement aux environs de l'optimum Proctor modifié. Ils conviennent donc dans les pays qui ont une saison sèche bien marquée.

Les couches à mettre en œuvre ont une épaisseur maximum de 15 à 20 cm.

Le rendement des rouleaux à pieds n'est pas très élevé. Le coût du mètre cube compacté semble plus élevé que celui des autres rouleaux.

#### 6. ROULEAUX À GRILLE

Le rouleau à grille type Hyster est un rouleau jumelé tracté de 1,70 m de diamètre et dont la jante se compose d'un maillage de barres d'acier.

Le rouleau à grille provoque des pressions de contact élevées et conviennent à ce titre aux sols rocheux. Par contre, sur de l'argile, sa pénétration et son adhérence en interdisent l'emploi. D'après certains auteurs, des vitesses d'opération élevées (4 à 6 km/h ou plus) sont intéressantes pour le compactage de sols limoneux et sableux.

#### 7. ENGINES DE DAMAGE PAR CHOCS

On distingue parmi les engins de damage par chocs:

- Les dames légères à explosion ou à air comprimé d'un poids voisin de 100 kg;
- Les dames lourdes ou sauterelles allant jusqu'à 1 200 kg;
- Les vibro-pilonneuses;
- Les dames-grues à chute libre.

Les caractéristiques des engins de damage par chocs sont au nombre de trois: la pression statique définie comme précédemment, la hauteur de chute  $h$  et la fréquence des chocs. La pression statique a une valeur moyenne de 0,15 à 0,20 kg/cm<sup>2</sup> pour les

dames et 0,05 à 0,10 kg/cm<sup>2</sup> pour les vibro-pilonneuses. Les vibro-pilonneuses compensent ces plus faibles pressions par une fréquence de 5 à 6 coups par minute pour une dame usagée et de 9 à 15 coups pour une dame neuve. Celles-ci s'emploient surtout pour le compactage de remblais ou de tranchées profondes.

On se sert des dames par chocs pour compacter les sols plastiques ainsi que les sols grenus. Toutefois, c'est à ces derniers que ce mode de compactage convient le mieux. Au contraire, l'effet des masses pilonneuses semble être supérieur sur les sols cohérents relativement secs. Les dames-grues provoquent une pression de contact très élevée, convenant particulièrement pour le compactage des sols rocheux par écrasement et réduction des vides dans un remblai.

Les dames par chocs permettent le compactage par couches épaisses de l'ordre de 50 à 70 cm pour les dames-grues et de 30 à 50 cm pour les dames à explosion.

La compacité horaire des engins de damage par chocs se limite, même pour les dames lourdes, à quelques dizaines de m<sup>3</sup>/h, ce qui entraîne des prix au mètre cube plus élevés que pour les rouleaux. Ces engins ne s'utilisent en général que lorsqu'on dispose de peu d'espace, par exemple remblayage près des piles de ponts ou derrière des culées, damage de tranchées, etc.

## 8. PLAQUES VIBRANTES

Les plaques vibrantes se composent en général d'une plaque de dimensions très variables à laquelle un mécanisme vibrant communique un mouvement sinusoïdal vertical par l'effet de balourds tournant en sens inverse. Leur poids varie de 30 à 2 500 kg.

La pression statique de contact de ces engins est faible et de l'ordre de 0,15 à 0,25 kg/cm<sup>2</sup>. La pression dynamique peut être notablement plus élevée, la force dynamique valant souvent de 3 à 5 fois le poids mort. La fréquence de vibration est de l'ordre de 1 000 à 4 000 cycles/min et c'est généralement son réglage qui permet de faire varier la pression dynamique. L'amplitude de la vibration est généralement inférieure à 1 cm.

Les plaques vibrantes sont utilisées pour le compactage des sols pulvérulents à des faibles teneurs en eau. Elles conviennent

également au compactage des matériaux pierreux et autres matériaux non cohésifs tels que le laitier. Il est alors indiqué de travailler à des teneurs en eau relativement élevées.

Les plaques vibrantes moyennes et lourdes réalisent le compactage de couches relativement épaisses mais le sol n'est compacté qu'à partir de 10 à 15 cm sous la surface. La couche superficielle est disloquée par les vibrations parce que la pression statique est trop faible.

#### 9. ROULEAUX VIBRANTS

Les cylindres ou rouleaux vibrants sont dotés d'un mécanisme analogue à celui des plaques vibrantes, mais ont un poids propre relativement important qui le maintient toujours en contact avec le sol. On les divise en monoroues légers de 0,2 à 1,5 t et en monoroues ou tendeurs automoteurs légers.

Leurs caractéristiques sont la charge linéaire qui varie entre 10 et 25 kg/cm, la force dynamique, la fréquence de vibration comprise entre 1 200 et 3 600 cycles par minute et l'amplitude.

Les rouleaux vibrants sont surtout intéressants pour le compactage des sols pulvérulents à teneur en eau peu élevée à l'exception des sables à granulométrie discontinue, où le sol ne se compacte pas en surface. Ils sont également très utiles pour le compactage de pierrailles et de sols rocailloux même légèrement cohérents. Seuls les rouleaux vibrants très lourds conviennent aux sols argileux.

La compacité atteinte par les rouleaux vibrants est supérieure à celle atteinte par des cylindres lisses de même charge linéaire, mais le nombre de passes nécessaire pour arriver au refus reste du même ordre de grandeur.

A poids égal, l'effet des rouleaux vibrants est moins profond que celui des plaques vibrantes. Il y a intérêt à employer des rouleaux lourds.

Le coût du mètre cube compacté est élevé, surtout pour les rouleaux vibrants légers. Il diminue considérablement si l'on emploie des rouleaux lourds, car ceux-ci permettent de compacter des couches épaisses.

Bruxelles, 10 mars 1964.

BIBLIOGRAPHIE

- [ 1 ] BONNENFANT, J.-L. & PELTIER, R.: Rapport sur une mission en Afrique noire (Bureau central d'Etudes pour les Equipements d'Outre-Mer, 1950).
- [ 2 ] CORPS OF ENGINEERING (U.S. ARMY): Waterways Experiment Station. Effect of lift thickness and tire pressure (Report n° 8, Soil compaction investigation, Technical Memorandum 3/271, Vicksburg, octobre, 1957).
- [ 3 ] DE WANDELEER, J.: Le compactage des sols en construction routière (*La Technique routière*, Vol. VI, n° 4, décembre, 1961).
- [ 4 ] LEWIS: Investigation of the performance of pneumatic tyred rollers in the compaction of soil (Road Research Technical Paper n° 45, Road Research Laboratory, HMSO, London, 1959).
- [ 5 ] —: Communication personnelle au Centre de Recherches routières de Belgique (RN/3308, Road Research Laboratory, septembre, 1958).
- [ 6 ] RING, G.W., SALLBERG, J.R. & COLLINS, W.H.: Correlation of compaction and classification test data of soils (*Public Roads*, Vol. 32, n° 4, 1963).
- [ 7 ] ROAD NOTE 29: A guide to the structural design of flexible and rigid pavements for new roads (HMSO, London, 1960).
- [ 8 ] VERDEYEN, J. & ROISIN, V.: Stabilité des terres (Eyrolles, Paris, 1955).
- [ 9 ] VOSS, R.: Le rendement des appareils de compactage des sols dans la construction routière (*Strasse und Autobahn*, novembre, 1960).
- [ 10 ] WILLIAMS & MARLEAN: The compaction of soil - A study of the performance of plant (Road Research Technical Paper n° 17, Road Research Laboratory, HMSO, London, 1950).

## V. Obolensky. — Stabilisation d'une paroi de carrière par *rockbolting*

(Note présentée par M. F. Kaisin)

En souterrain, les *roofbolts* sont d'application courante. Des publications nombreuses traitent ce sujet.

La théorie a été établie par THERZAGHI et développée par beaucoup d'autres auteurs [2]\*. Par contre, les exemples d'application du boulonnage des roches à ciel ouvert sont rarissimes. On peut citer la stabilisation d'une dalle rocheuse de 4 600 m<sup>3</sup> au barrage Hoover en Arizona - Nevada, ainsi que les publications de A.W. SIMONDS relatives à des travaux de moindre importance [4].

Nous décrirons ici une opération de stabilisation présentant un intérêt à cause des faits suivants:

1. La grande ampleur du phénomène: le massif détaché avait un volume de l'ordre de 105 000 m<sup>3</sup>;
2. Le mouvement du massif était déjà amorcé: 1 à 2 cm par jour;
3. La largeur exceptionnelle des lèvres de la cassure: plus de 2 m;
4. Les matériaux inhabituels utilisés pour la stabilisation: Câbles mis sous tension et noyés dans du béton.

### 1. LES LIEUX

Le gisement de Kambove-Ouest est exploité par l'Union minière du Haut-Katanga avec des moyens modernes puissants. La carrière est ouverte dans une écaille de la Série des Mines, fortement plissée et faillée [3].

---

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



PHOTO 1. — Vue d'ensemble de la paroi de carrière en mouvement.

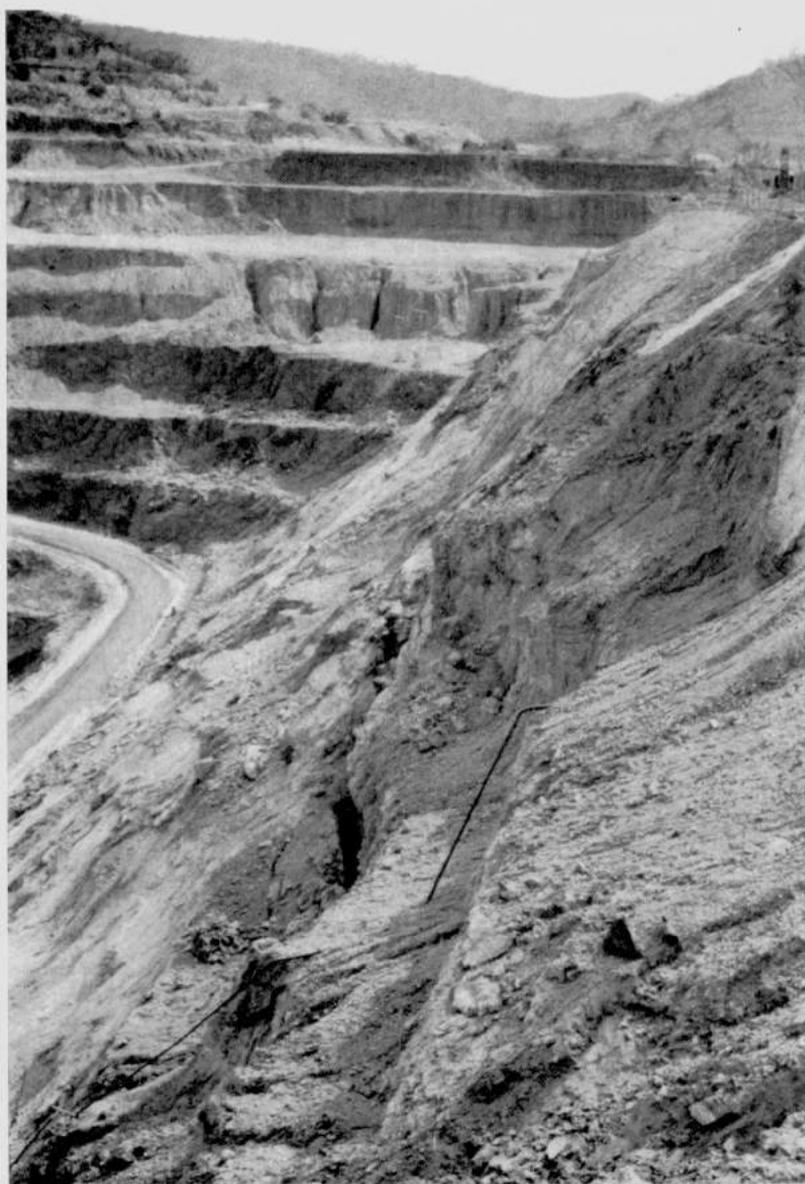


PHOTO 2. — Détail de la fissure.

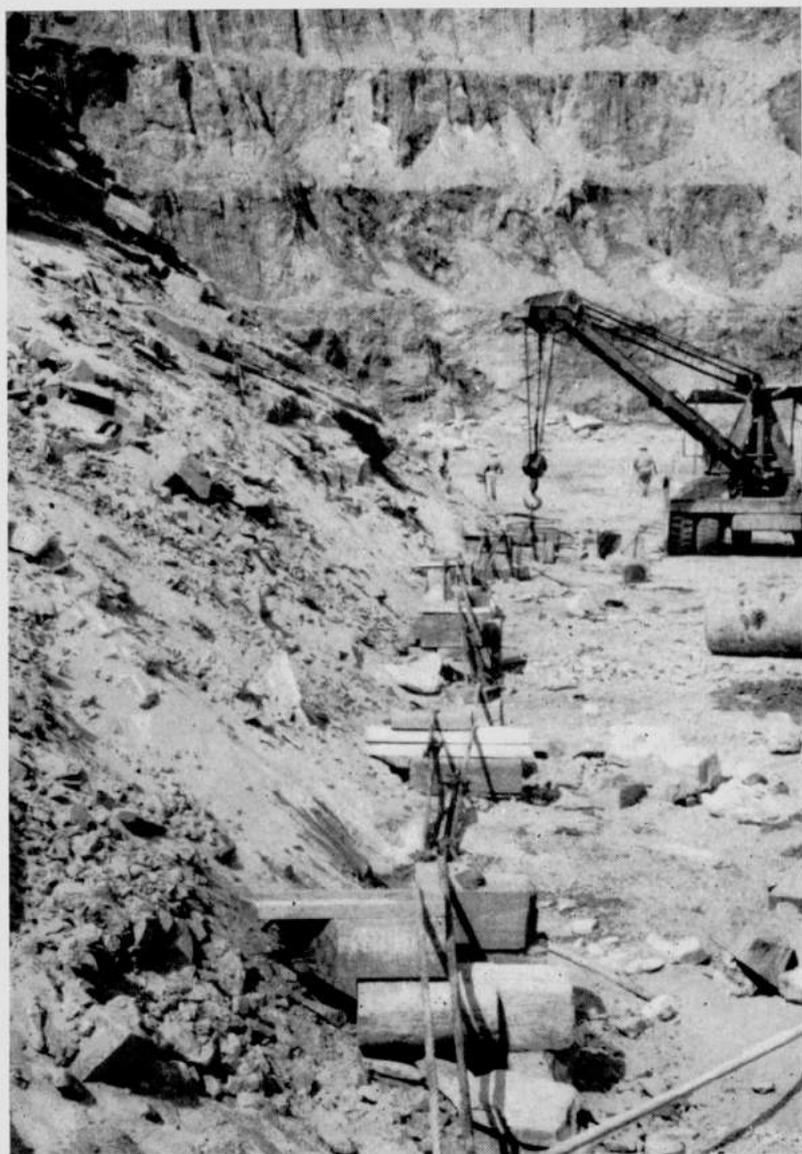


PHOTO 3. — Le 19 octobre: câbles reliés longitudinalement.

La paroi Sud de la carrière, à flanc de colline, atteint par endroit 200 m de hauteur, tandis que la paroi Nord n'a que 110 m.

La série schisto-dolomitique renversée, de direction E-W plonge au Sud. Elle est recouverte par un épais manteau de morts-terrains.

L'exploitation en carrière devait être poursuivie jusqu'à la fin de la saison sèche 1962, le restant du gisement devant être exploité en souterrain. En effet, la paroi Sud présentant certains signes de faiblesse et, il était essentiel de terminer les travaux avant les pluies.

## 2. LA CASSURE

Cependant, c'est la paroi Nord qui céda. Formée de schistes dolomitiques à pendage moyen de 45°, elle n'avait donné auparavant aucun symptôme alarmant.

Le 26 juillet 1962 à 14 h, quelques gros blocs se détachèrent de la paroi. A 15 h, on a miné 3 t d'explosifs répartis dans des trous de 6 pouces, de 11 m de profondeur. Ce genre de minage était exécuté journellement. L'inspection des buttes, après explosion, a révélé l'apparition d'une cassure d'environ 10 cm de largeur s'étendant sur environ 60 m en direction, à mi-hauteur de la paroi, au niveau 1 350.

Suite à ce fait, l'exploitation a été arrêtée et la carrière évacuée. Le lendemain matin, la route des bennes était jonchée d'une centaine de blocs allant jusqu'à 1 m<sup>3</sup>. Ces blocs sont tombés des environs des lèvres de la cassure. Celle-ci s'était notablement élargie atteignant, par endroits, plus de 2 m d'ouverture. A l'Est et à l'Ouest, elle était limitée par deux fractures suivant le pendage. Celles-ci recoupaient l'incliné des bennes en deux endroits distants de 115 m. La route était affaissée d'une trentaine de cm. (*Photo 1*)

Le 28 juillet, on a essayé de faire ébouler la paroi en l'ébranlant par un minage à son pied, en roches siliceuses cellulaires excessivement dures. Le minage de 20 trous chargés à 900 g au m<sup>3</sup>, soit de 2 tonnes d'explosifs, n'a pas eu d'influence sur les cassures.

Le 30 juillet, vu l'absence de nouveaux phénomènes inquiétants, l'exploitation a été reprise à 3 équipes. Il a été établi un poste

de guet. Les vigies avaient à leur disposition des signaux lumineux et une sirène d'alarme. On a foré et scellé dans la paroi 16 fleurets. Ils ont été levés à partir d'une base perpendiculaire à la paroi disloquée. On a pu ainsi suivre, grâce aux levés topographiques, le mouvement du massif détaché.

### 3. LIMITES DU MASSIF EN MOUVEMENT

Les schistes dolomitiques de direction E-W formant la paroi Nord de la carrière, comprennent plusieurs passes de schistes charbonneux noirs, friables, formant des surfaces prédestinées au glissement. La cassure verticale, sur une dizaine de mètres (*Photo 2*), se raccorde à l'une de ces couches. Un faisceau de failles verticales de direction N 20 W découpe le massif en plusieurs tronçons. Ces failles sont observables dans les travaux souterrains, dans les recoupes au niveau 1 277 où on voit des miroirs de glissement avec striation, de plusieurs m<sup>2</sup>. Les fractures à l'est et à l'ouest de la cassure font partie de ce faisceau.

Enfin, la base du massif se présente, vers le niveau 1 300, sous forme de dolomies stratifiées fortement fracturées et disloquées, présentant les caractéristiques de *block flow* [1] (Voir *fig. 1 in fine*).

### 4. LE MOUVEMENT

Les 16 points matérialisés par les fleurets (Voir *fig. 1*) furent levés deux fois par semaine. L'affaissement du massif (Voir la courbe des mouvements horizontal et vertical en fonction du temps), important les premiers jours, s'est ralenti et devint uniforme jusqu'au 18 septembre. A ce moment, le mouvement s'est accéléré passant de 1 cm/jour à plus de 2 cm. Il est à noter que les minages avec charges de l'ordre de 3 t d'explosifs étaient exécutés journellement et que, depuis l'apparition de la cassure, un nouveau niveau avait été exploité et le niveau suivant (1 280) avait été défoncé. Ces travaux déforçaient évidemment la paroi. Devant la menace d'un éboulement en masse, il fallait soit arrêter l'exploitation en abandonnant du minerai déjà découvert, soit stabiliser la butte.

## 5. STABILISATION

Vu la faible vitesse de glissement, on pouvait raisonnablement admettre que le massif était presque en équilibre sous l'action des forces en présence: la pesanteur ainsi que les vibrations dues au minage et au passage des engins lourds et d'autre part les forces résistantes: la cohésion et le frottement.

Afin de faire pencher la balance du côté des forces résistantes, on a décidé de relier les bancs glissant sur les schistes carbonneux, aux dolomies sous-jacentes.

Pour réaliser cette liaison, on a foré perpendiculairement à la stratification 28 trous de 6 pouces de 12 m de profondeur. Les trous étaient espacés de 4 m, quatre câbles d'extraction (de récupération) de 1 pouce de diam. furent ancrés dans le fond de chaque trou, mis sous tension d'environ 2 t et bétonnés. La résistance au cisaillement de chaque colonne était de 175 t environ.

Après bétonnage, tous les câbles sortant des trous furent reliés à 2 câbles longitudinaux, également tendus, afin d'éviter les glissements différentiels.

Les résultats de ce travail furent satisfaisants. Les déplacements du massif sont devenus rapidement imperceptibles.

On a pu exploiter, comme prévu, encore 2 tranches de 10 m et monter un plancher qui servira de toit pour l'exploitation souterraine.

Les excavations en carrière ont été terminées le 24 octobre, bien avant les pluies. Le *back filling* de la carrière a été entrepris immédiatement, avec des terres en provenance des chantiers voisins.

## CONCLUSION

Grâce à des observations géologiques précises et l'application de techniques adaptées aux circonstances, on a pu retarder un éboulement de l'ordre de 100 000 m<sup>3</sup>.

Ceci a permis d'achever l'extraction de plus d'un million de tonnes de minerai, qui était déjà découvert, mais menacé d'ensevelissement.

Nous tenons à exprimer ici nos vifs remerciements à Monsieur le professeur F. KAISIN qui a bien voulu présenter ces notes. Nous ne voudrions pas passer sous silence le travail important de Monsieur F. REMIOT qui a effectué de nombreux levés permettant de suivre le mouvement du massif.

#### BIBLIOGRAPHIE

- [1] COATES, D.F. and BROWN, A.: Stability of Rock Slopes at Mines (*The Canadian Mining and Metallurgical Bulletin*, July, 1961).
- [2] HUGON, André et COSTES, André: Le boulonnage des roches en souterrain (Editions EYROLLES, Paris, 1959).
- [3] SCHUILING, Henry: The structure of the Kambove Mine (Compte rendu du 15e Congrès Géologique international, Pretoria, 1929, Vol. II, 446-454).
- [4] SIMONDS, A.W.: Emploi des boulons d'ancrage pour stabiliser les pentes rocheuses (*Journal d'étude de la mécanique des roches*, Paris, 1952).

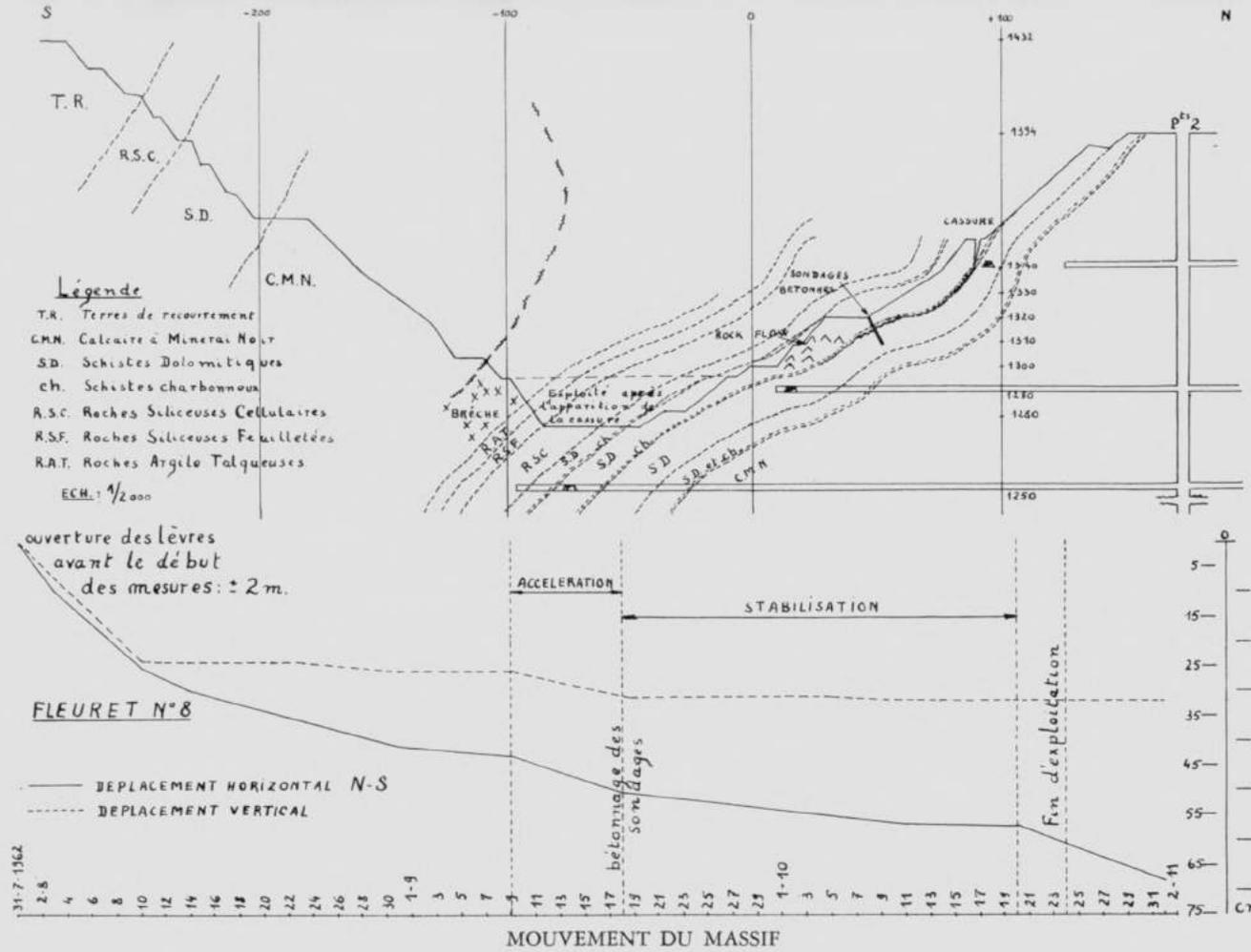


FIG. 1. — Coupe.

## Séance du 24 avril 1964

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

Sont en outre présents: MM. C. Campus, S. De Backer, E.-J. Devroey, R. du Trieu de Terdonck, P. Evrard, P. Geulette, E. Mertens de Wilmars, L. Tison, R. Vanderlinden, J. Van der Straeten, membres titulaires; MM. P. Bourgeois, F. Bultot, M.-E. Denaeyer, L. Jones, A. Lederer, L. Pauwen, F. Pietermaat, E. Roger, A. Rollet, R. Van Ganse, associés; MM. J. Charlier, S. Irmay, correspondants, ainsi que M. M. Walraet, secrétaire des séances.

Absents et excusés: MM. L. Brison, L. Calembert, I. de Magnée, M. De Roover, E. Frenay, J. Lamoën, J. Quets, R. Spronck, M. van de Putte, J. Verdeyen.

### Bienvenue

Le *Président* souhaite la bienvenue à M. le professeur S. Irmay, de l'Institut de Technologie de Haïfa (Israël), correspondant de l'ARSOM, qui assiste pour la première fois à nos réunions et nous fait l'honneur de présenter une communication.

### Contribution à l'étude du bilan du rayonnement total en région équatoriale africaine

M. F. Bultot résume le travail de M. G.-L. DUPRIEZ, intitulé comme ci-dessus et dans lequel l'auteur présente les données du bilan du rayonnement total et de ses principales composantes,

## Zitting van 24 april 1964

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

Zijn bovendien aanwezig: De HH. C. Camus, S. De Backer, E.-J. Devroey, R. du Trieu de Terdonck, P. Evrard, P. Geulette, E. Mertens de Wilmars, L. Tison, R. Vanderlinden, J. Van der Straeten, titelvoerende leden; de HH. P. Bourgeois, F. Bultot, M.-E. Denaeyer, L. Jones, A. Lederer, L. Pauwen, F. Pietermaat, E. Roger, A. Rollet, R. Van Ganse, geassocieerden; de HH. J. Charlier, S. Irmay, correspondenten, alsook de H. M. Walraet, secretaris der zittingen.

Afwezig en verontschuldigd: De HH. L. Brison, L. Calembert, I. de Magnée, M. De Roover, E. Frenay, J. Lamoen, J. Quets, R. Spronck, M. van de Putte, J. Verdeyen.

### Welkomstgroet

De *Voorzitter* begroet de H. Professor S. *Irmay* van het Technisch Instituut te Haïfa (Israël), correspondent der K.A.O.W., die voor het eerst aan onze vergaderingen deelneemt en ons vereert met het voorleggen van een mededeling.

### « Contribution à l'étude du bilan du rayonnement total en région équatoriale africaine »

De H. F. *Bultot* vat het werk samen van de H. G.-L. DUPRIEZ, getiteld als hierboven en waarin de auteur de gegevens voorlegt van de balans der totale uitstraling en van haar belangrijkste

telles qu'elles résultent d'observations poursuivies à Yangambi de juillet 1957 à décembre 1959.

M. S. *Irmay* apporte un complément d'information sur le rayonnement total à diverses latitudes.

La Classe décide de publier l'étude de M. G.-L. DUPRIEZ dans le *Bulletin* (p. 571).

### **L'éducation technologique dans les pays en voie de développement. L'exemple d'Israël**

M. le professeur S. *Irmay*, de l'Institut de Technologie de l'Etat d'Israël, correspondant de l'ARSOM, présente une communication intitulée comme ci-dessus.

Il répond ensuite à des questions que lui posent MM. R. *Vanderlinden* et F. *Bultot*.

La Classe décide de publier l'exposé de M. S. *Irmay* dans le *Bulletin* (p. 620).

### **Textes des questions du concours annuel 1966**

Sur proposition de MM. I. de *Magnée* et J. *Verdeyen*, d'une part, et de l'écuyer E. *Mertens de Wilmars* et M. L. *Tison*, d'autre part, la Classe arrête comme suit les textes desdites questions:

1. *On demande un exposé critique des problèmes de la corrosion spéciaux aux climats tropicaux et des moyens à employer pour la combattre.*
2. *On demande une étude scientifique, technique et économique de la question de la déminéralisation des eaux.*

La séance est levée à 15 h 40.

componenten, zoals zij voortvloeien uit de waarnemingen gedaan te Yangambi van juli 1957 tot december 1959.

De H. S. *Irmay* verstrekt bijkomende inlichtingen over de totale uitstraling op verscheidene breedten.

De Klasse beslist de studie van de H. G.-L. DUPRIEZ te publiceren in de *Mededelingen* (blz. 571).

### « L'éducation technologique dans les pays en voie de développement. L'exemple d'Israël »

De H. professor S. *Irmay* van het Technisch Instituut van Israël, correspondent der K.A.O.W., legt een mededeling voor getiteld als hierboven.

Hij beantwoordt vervolgens de vragen die hem gesteld worden door de HH. R. *Vanderlinden* en F. *Bultot*.

De Klasse beslist de uiteenzetting van de H. S. *Irmay* te publiceren in de *Mededelingen* (blz. 620).

### Tekst der vragen voor de jaarlijkse wedstrijd 1966

Op voorstel van de HH. I. *de Magnée* en J. *Verdeyen*, enerzijds, en jonkheer E. *Mertens de Wilmars* en de H. L. *Tison*, anderzijds, stelt de Klasse als volgt de tekst van deze vragen vast:

1. Men vraagt een kritische uiteenzetting over de vraagstukken der corrosie zoals zij zich stellen in de tropische landen en over de middelen om haar te bestrijden.
2. Men vraagt een wetenschappelijke, technische en economische studie over het vraagstuk der demineralisatie van het water.

De zitting wordt gesloten te 15 h 40.

**G.-L. Dupriez. — Contribution à l'étude du bilan  
du rayonnement total et de ses composantes en région  
équatoriale africaine**

(Note présentée par M. F. Bultot)

RÉSUMÉ

Après un examen critique des méthodes de mesure utilisées, on présente les données du bilan du rayonnement total et de ses principales composantes telles qu'elles résultent d'observations poursuivies à Yangambi (00°04' N, 24°29' E, 485 m) au cours de la période s'étendant de juillet 1957 à décembre 1959. La variabilité des sommes journalières, les variations saisonnières et diurnes de ces grandeurs sont successivement analysées.

Sur la base de ces données, on recherche ensuite la valeur des constantes à introduire dans les équations de BRUNT et d'ANGSTRÖM pour permettre l'estimation du bilan du rayonnement terrestre à partir des caractéristiques climatiques courantes. L'expression (16) rend compte des résultats trouvés. Il semble toutefois qu'elle ne soit applicable, en toute rigueur, qu'à l'intérieur de la Cuvette congolaise.

INTRODUCTION

Cette communication vise à présenter et analyser les observations du bilan du rayonnement total réalisées à la station I.N.E.A.C. de Yangambi (République du Congo, 00°04' N, 24°29' E, 485 m) à l'occasion de l'Année géophysique internationale. On sait toute l'importance que revêt actuellement la connaissance des échanges radiatifs dans l'étude de nombreux problèmes d'écologie, d'hydrologie ou de météorologie. Les données d'observation directe sont encore extrêmement rares et la complexité de l'appareillage de mesure exclut la possibilité d'une généralisation des observations dans un grand nombre de stations.

Aussi convient-il de faire connaître et d'interpréter sans tarder les valeurs de bilan radiatif recueillies jusqu'à présent, malgré les imperfections dont elles sont entachées. On vérifiera en outre, dans quelle mesure cette grandeur climatologique fondamentale peut être estimée à partir de paramètres plus facilement observables.

L'équation du bilan du rayonnement total pour une surface terrestre exprime l'égalité entre les termes d'apport et de perte d'énergies rayonnantes au niveau de cette surface. En considérant séparément les rayonnements de courtes et de grandes longueurs d'onde, on peut l'écrire sous la forme:

$$B = (1 - \alpha) G - N \quad (1)$$

où  $G$  représente le flux du rayonnement solaire global;

$\alpha$ , l'albédo de la surface pour ce rayonnement;

$N$ , le bilan du rayonnement terrestre dans le sens où ce concept est défini par DOGNIAUX et PERRIN DE BRICHAMBAUT. [11]\*

Le bilan du rayonnement terrestre n'est autre que le flux résultant des rayonnements de grandes longueurs d'onde. A proximité de la surface du sol, il comporte d'une part, le rayonnement  $N_s$  émis par la surface dont on considère la température radiative  $T_s$  et le pouvoir émissif  $\epsilon_s$  et d'autre part, la différence entre les rayonnements atmosphériques descendant et réfléchi:

$$N = \epsilon_s \sigma T_s^4 - (1 - \alpha_N) N_A \quad (2)$$

Si l'on admet, d'après les observations de HOUGHTON [15], que les propriétés absorbantes des couvertures végétales sont comparables à celles du corps noir, l'albédo  $\alpha_N$  pour le rayonnement de grandes longueurs d'onde vaut à très peu près  $1 - \epsilon_s$ . L'expression du bilan du rayonnement terrestre au niveau de la surface peut donc également s'écrire:

$$N = \epsilon_s (\sigma T_s^4 - N_A) \quad (3)$$

---

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

## MÉTHODES D'OBSERVATION

Les données de rayonnement présentées dans cette note ont été recueillies dans les installations du Laboratoire de Climatologie de l'I.N.E.A.C. grâce notamment à la collaboration dévouée de M. FRERE et du personnel de cette division. Des mesures continues du bilan du rayonnement total furent réalisées sans interruptions notables au cours de la période s'étendant de juillet 1957 à décembre 1959. La surface de référence était constituée d'une pelouse de *Paspalum notatum* maintenue pratiquement en conditions d'évapotranspiration potentielle.

Un bilanmètre pour le rayonnement total de fabrication américaine suivant le principe de GIER et DUNKLE [14] fut utilisé pour ces observations. Cependant, avant l'expérience, le système de soufflerie fut modifié de façon à améliorer les conditions géométriques de réception du rayonnement et à assurer une meilleure ventilation. Il s'est avéré nécessaire de nettoyer périodiquement le récepteur à l'eau distillée et même de procéder à un nouveau noircissement par pulvérisation de *Parsons optical black lacquer*.

Un potentiomètre électronique enregistrait les données. Le dépouillement fut réalisé en planimétrant les surfaces horaires, compte tenu des variations de température du bilanmètre. Par temps de pluie, ou en cas d'incidents techniques, le bilan radiatif fut toujours interpolé de façon à ce que ces valeurs interviennent également lors de l'établissement des moyennes. Pour les pluies de courte durée (jusqu'à 30 minutes) ou les pluies nocturnes, le bilan du rayonnement total fut estimé sur l'enregistrement même, par interpolation des mesures effectuées immédiatement avant et après la pluie. Le caractère d'averse de la plupart des précipitations rend assez aisée l'application de cette technique. Lors d'interruption de plus longue durée se produisant durant le jour, on utilise une relation statistique entre le bilan radiatif et le rayonnement solaire global, le bilan tendant d'ailleurs vers la valeur  $(1-\alpha)G$  par temps très couvert ou pluvieux. Les totaux horaires comportant une interpolation représentent, suivant le mois, de 5 à 17 p.c. de l'ensemble des observations.

La station était par ailleurs équipée de pyranographes thermo-électriques associés à des potentiomètres enregistreurs avec intégrateurs pour la mesure des composantes du rayonnement solaire. Les autres éléments climatiques habituels sont observés sur la pelouse, à proximité immédiate des installations de rayonnement.

Des observations occasionnelles ont également permis de déterminer l'albédo du gazon pour le rayonnement court. La valeur moyenne de 0,23 a été utilisée uniformément pour toute la période de mesure.

Il est difficile d'indiquer avec certitude le degré de précision de ces mesures, les données d'étalonnage et les résultats de nombreux tests qui furent effectués n'étant plus disponibles. Nous signalerons toutefois quelques-unes des dispositions prises pour assurer à ces observations le maximum de précision.

En principe, tous les appareils de mesure du rayonnement étaient vérifiés *sub sole* chaque fois que des conditions favorables se présentaient et au minimum tous les deux mois. L'actinomètre de LINKE-FEUSSNER utilisé comme instrument de référence fut calibré à plusieurs reprises par rapport au pyrhéliomètre sous-étalon de Léopoldville. Les potentiomètres enregistreurs étaient contrôlés chaque semaine, tandis qu'un système automatique permettait le calcul journalier de la dérive du zéro des intégrateurs.

En ce qui concerne le rayonnement solaire, la vérification horaire de l'égalité:

$$G = D + S = D + S_n \cdot \sin h \quad (4)$$

éliminait toute erreur grossière ou décelait la défaillance d'un des circuits de mesure. Dans cette expression,  $D$  représente le rayonnement solaire diffus,  $S$ , le rayonnement solaire direct,  $S_n$ , ce même rayonnement reçu sur une surface normale et  $h$ , la hauteur angulaire du Soleil. La dépression du zéro, erreur importante dans le cas des pyranomètres de MOLL-GORCZINSKI, était notée toutes les deux heures. Cependant, étant donné les conditions locales, aucune correction n'était établie pour tenir compte de la variation de la sensibilité en fonction de la température ou de la hauteur du Soleil.

La vérification du facteur d'étalonnage du bilanmètre fut également effectuée régulièrement, en interceptant le rayonne-

ment solaire direct par ciel serein et en se référant aux indications du pyréliomètre. La reproductibilité de ce test n'est cependant pas aussi bonne que dans le cas des pyranographes thermo-électriques et l'on doit admettre une imprécision de  $\pm 2$  p.c. sur la valeur moyenne du facteur utilisé.

Le dépouillement par planimétrie offrait certaines difficultés par suite de nombreuses fluctuations des flux enregistrés. Bien que l'opération fut répétée à deux reprises, il est probable que l'erreur commise reste appréciable pour les valeurs individuelles. On peut cependant la considérer en grande partie comme aléatoire et supposer qu'elle est minimisée lors de l'établissement des moyennes mensuelles ou annuelles.

Il convient également de signaler que l'acquisition d'un second bilanmètre du même type au cours de la deuxième année d'observation a permis d'effectuer plusieurs séries de mesures comparatives. Cette brève expérimentation n'a mis en évidence aucune erreur systématique importante sur les sommes journalières.

Malgré tous les soins apportés lors de l'installation et du contrôle de l'équipement, il subsiste de nombreuses sources d'erreur inhérentes au type même des instruments de mesure. En particulier, l'utilisation du bilanmètre pour le rayonnement total fait encore l'objet de nombreuses controverses et les spécialistes s'accordent à ne reconnaître qu'une médiocre précision aux données recueillies à l'aide des instruments actuels.

Dans une présentation des mesures des rayonnements solaire et terrestre réalisées au cours de l'A.G.I./C.G.I., ROBINSON [22] propose comme base d'appréciation de la précision des données du bilan du rayonnement total, les résultats d'une étude de Mac DOWALL reproduits au *tableau 1*.

Les erreurs citées se rapportent à des valeurs obtenues dans l'Antarctique, à partir d'un bilanmètre du Meteorological Office britannique utilisé au cours d'une longue période sans l'aide de sous-étalon.

La plus grande partie de l'erreur totale provient manifestement d'un manque de constance du facteur d'étalonnage au cours de la période d'utilisation. Il convient de remarquer que dans le cas

TABLEAU I. — Précision des valeurs du bilan du rayonnement total  
(Mac DOWALL)

Source d'erreurs	Type d'erreurs	Erreurs dans les sommes			
		horaires	journalières	mensuelles	annuelles
Dépouillement		5%	1 %	0	0
Etalonnage	Systématique	10 %	10 %	10 %	10 %
Position du Soleil	Systématique	4 cal cm <sup>-2</sup>	10 cal cm <sup>-2</sup>	100 cal cm <sup>-2</sup>	200 cal cm <sup>-2</sup>
Température	Systématique	2 %	2 %	2 %	2 %
Ventilation	Systématique	2 %	2 %	2 %	2 %
Total		19 % + 4 cal cm <sup>-2</sup>	15 % + 10 cal cm <sup>-2</sup>	14 % + 100 cal cm <sup>-2</sup>	14 % + 200 cal cm <sup>-2</sup>

des observations réalisées à Yangambi, cette source d'erreur est réduite, la vérification de l'étalonnage ayant été effectuée régulièrement avec une précision de  $\pm 2\%$ .

Quant au bilan du rayonnement terrestre, il n'est pas observé directement, mais calculé par différence, suivant l'équation (1), en admettant pour la pelouse un albédo de 0,23 pour le rayonnement solaire. Cette façon de procéder conduit à accumuler sur le bilan du rayonnement terrestre l'ensemble des erreurs commises lors de la détermination des divers flux de rayonnement. Le terme principal de l'erreur résultante ( $dN$ ) peut être obtenu en différentiant l'équation (1):

$$dN = (1 - \alpha) dG - G \cdot d\alpha - dB \quad (5)$$

Pour les valeurs moyennes  $\alpha = 0,23$ ,  $G = 411 \text{ cal cm}^{-2} \text{ jour}^{-1}$ ,  $B = 214 \text{ cal cm}^{-2} \text{ jour}^{-1}$  et des erreurs relatives de  $\pm 5\%$  sur  $\alpha$ ,  $\pm 2\%$  sur  $G$  et  $\pm 10\%$  sur  $B$ , l'erreur sur le bilan absolu du rayonnement terrestre peut atteindre  $\pm 22 \text{ cal cm}^{-2} \text{ jour}^{-1}$ , soit  $\pm 21\%$  en valeur relative.

Les erreurs qui affectent l'observation des diverses composantes du bilan du rayonnement total sont relativement importantes, elles sont particulièrement préjudiciables à la détermination correcte des flux radiatifs de grandes longueurs d'onde. Malgré cette imprécision des méthodes de mesure qui limite les possibilités d'interprétation, l'analyse critique des données recueillies

à Yangambi est susceptible de fournir une première indication sur les caractéristiques principales du bilan du rayonnement total et ses rapports avec le rayonnement solaire en région équatoriale africaine. Les difficultés à surmonter au cours d'études ultérieures plus détaillées sont en outre mieux mises en évidence.

#### ETUDE DU BILAN DU RAYONNEMENT TOTAL ET DE SES COMPOSANTES

Les valeurs originales des mesures du rayonnement analysées ici ont été communiquées au Centre des données météorologiques de l'A.G.I./C.G.I. établi au Secrétariat de l'Organisation météorologique mondiale. Elles y sont actuellement disponibles sous forme de micro-fiches où figurent les sommes journalières et horaires (formulaires R.1 et R.3).

Toutefois, nous avons adopté une autre subdivision du jour, en conformité avec les méthodes climatologiques en vigueur dans les réseaux d'observation du Congo. La journée débute en principe au lever du Soleil, soit, en pratique, à 6 h, temps solaire vrai, pour les observations de rayonnement et à 6 h, temps local moyen, pour les autres données climatiques. Comme la période de jour est à peu près égale à 12 heures durant toute l'année, il est commun de considérer les sommes ou moyennes de 6 à 18 h comme représentatives des valeurs diurnes, tandis que les valeurs de nuit sont établies sur l'intervalle de 18 à 6 h.

Il est bon également de remarquer que les valeurs utilisées pour le rayonnement de courtes longueurs d'onde ou les éléments climatiques courants sont également limitées à la période s'étendant de juillet 1957 à décembre 1959 afin de pouvoir être rapprochées des observations du bilan du rayonnement total. Il convient de n'utiliser ces valeurs qu'avec prudence pour caractériser le climat de la station, l'examen des moyennes tirées de plus longues séries montre en effet que la période étudiée présente certaines particularités.

##### 1. *Sommes annuelles et variations saisonnières.*

Au cours de la période sous revue, le bilan annuel du rayonnement total se solde par un gain d'énergie pour la surface

étudiée s'élevant à  $78\,100\text{ cal cm}^{-2}$  (soit, en moyenne,  $214\text{ cal cm}^{-2}\text{jour}^{-1}$ ). Cette quantité représente 52 p.c. du rayonnement solaire global; 61 p.c. de cette énergie étant acquis au cours de la période diurne tandis que 9 p.c. sont perdus durant la nuit.

Le *tableau II* donne la répartition détaillée des différentes composantes du bilan du rayonnement total. On y voit notamment que le flux ascendant comporte à peu près également du rayonnement de courtes longueurs d'onde ( $94\text{ cal cm}^{-2}\text{jour}^{-1}$ ) et du rayonnement de grandes longueurs d'onde ( $103\text{ cal cm}^{-2}\text{jour}^{-1}$ ). Il importe cependant de rappeler la grande imprécision qui entache la détermination du bilan du rayonnement terrestre et qui limite la portée de cette dernière constatation. Par ailleurs, les techniques de mesure utilisées à Yangambi ne permettent pas

TABLEAU II. — Répartition des composantes du bilan du rayonnement total à Yangambi.

(Sommes journalières moyennes pour la période de juillet 1957 à décembre 1959)

Flux descendant			Flux ascendant			Bilan	
	cal	% de G		cal	% de G	cal	% de G
<i>Rayonnement de courtes longueurs d'onde:</i>							
diffus (D)	225	55 %					
direct (S)	186	45 %					
global (G)	411	100 %	réfléchi ( $\alpha G$ )	- 94	23 %		
Bilan du rayonnement solaire $(1 - \alpha)G$ :						+ 317	77 %
<i>Rayonnement de grandes longueurs d'onde:</i>							
			de jour	- 65	16 %		
			de nuit	- 38	9 %		
Bilan du rayonnement terrestre (N):						- 103	25 %
<i>Rayonnement total:</i>							
de jour	252	61 %	de nuit	- 38	9 %		
Bilan du rayonnement total (B):						+ 214	52 %

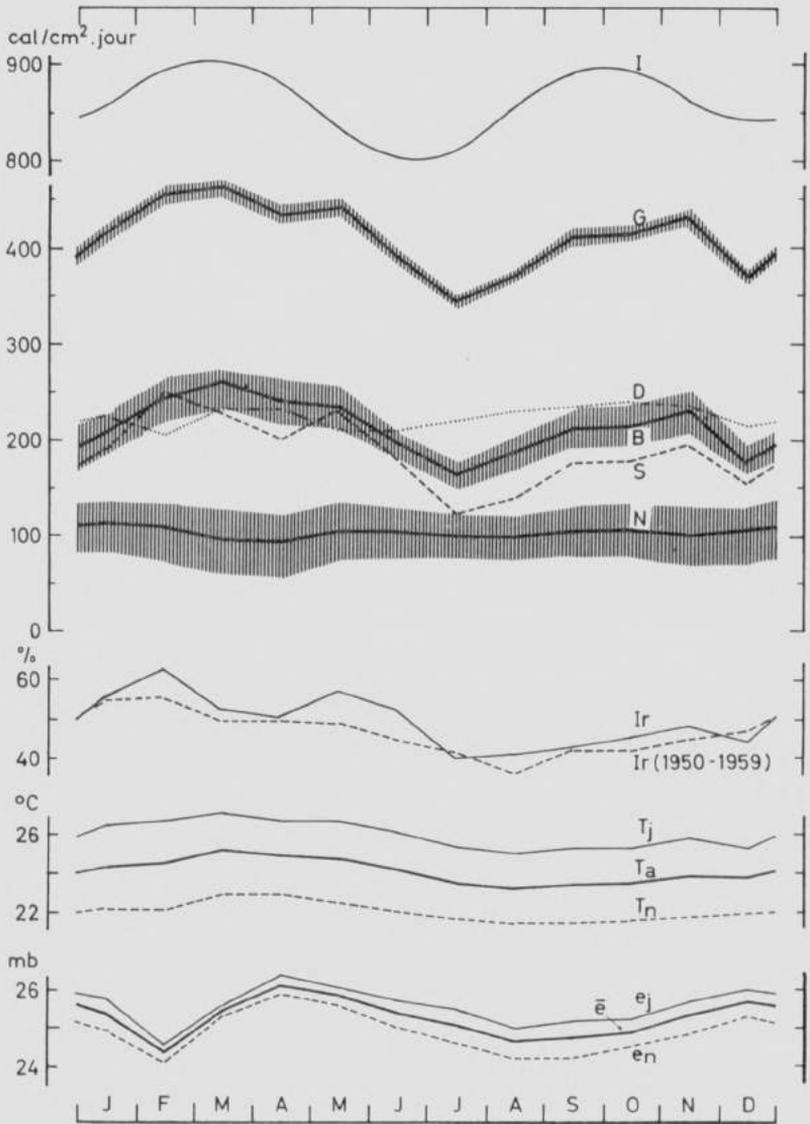


FIG. 1. — Régimes annuels des composantes du bilan du rayonnement total et de quelques éléments climatologiques à Yangambi (juillet 1957-décembre 1959). L'influence possible des erreurs instrumentales sur les valeurs observées est représentée par des plages en grisé.

d'indiquer la contribution respective de l'atmosphère et de la surface du sol dans les échanges radiatifs de grandes longueurs d'onde.

On remarquera cependant que les pertes par rayonnement terrestre sont relativement faibles. En réalité, les couches inférieures de l'atmosphère équatoriale, grâce à leur haute teneur en vapeur d'eau, l'abondance de la nébulosité et la température assez élevée de la base des nuages, constituent un milieu particulier où les flux ascendant et descendant des rayonnements de grandes longueurs d'onde ont tendance à s'équilibrer.

Les variations saisonnières des composantes du rayonnement total sont indiquées au *tableau III* et illustrées à la *figure 1*. Sur ce graphique, des plages en grisé délimitent le domaine de confiance des valeurs moyennes de G, B et N en fonction de la précision des méthodes d'observation.

L'allure des variations mensuelles des sommes journalières du rayonnement solaire global est fortement influencée par le régime de l'insolation à la limite de l'atmosphère (1). On y reconnaît

TABLEAU III. — Régimes annuels comparés des composantes du bilan du rayonnement total et de quelques éléments climatiques à Yangambi. Moyennes établies sur la période de juillet 1957 à décembre 1959.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
S	190	249	228	201	231	182	122	138	176	174	195	156	186
D	225	206	233	232	210	209	220	230	236	240	235	213	225
G	415	455	461	433	441	391	342	368	412	414	430	369	411
B <sub>0-6h</sub>	208	243	259	241	236	198	164	185	213	214	231	179	214
B <sub>6-18h</sub>	247	285	297	275	273	236	200	223	251	251	268	215	25
B <sub>18-6h</sub>	-39	-42	-38	-34	-37	-38	-36	-38	-38	-37	-37	-36	-38
N <sub>0-6h</sub>	112	107	96	92	104	103	99	98	104	106	100	105	103
N <sub>6-18h</sub>	73	65	58	58	67	65	63	60	66	59	63	69	65
SS	209	213	200	184	217	192	150	155	155	168	174	166	2183
Ir	56	63	53	51	57	53	40	41	43	45	48	43	49
$\bar{t}_a$	23,4	24,4	25,1	24,8	24,7	24,1	23,5	23,2	23,4	23,5	23,8	23,7	24,0
$\bar{e}$	25,5	24,3	25,5	26,3	25,9	25,4	25,1	24,6	24,8	24,9	25,3	25,7	25,3

S, D, G, B et N, en cal cm<sup>-2</sup> jour<sup>-1</sup>; SS, en heures; Ir en p.c.;  $\bar{t}_a$ , en °C et  $\bar{e}$ , en mb.

aisément la double oscillation annuelle caractéristique des régions équatoriales, marquée par les deux maxima d'équinoxe et les minima correspondant aux époques de solstice. Cependant, les variations de la nébulosité, assez importantes au cours de la période d'observation, modifient quelque peu la courbe théorique.

Les six premiers mois de l'année furent, en moyenne, les plus ensoleillés et de ce fait, la différence entre les deux valeurs d'équinoxe est renforcée. Le maximum principal du rayonnement solaire global, correspondant à l'équinoxe de printemps se produit en mars ( $461 \text{ cal cm}^{-2}\text{jour}^{-1}$ ), mais les mois de février et mai jouissent également d'un apport important de rayonnement solaire (respectivement  $455$  et  $441 \text{ cal cm}^{-2}\text{jour}^{-1}$ ). La nébulosité étant très élevée en juillet et août, le minimum du solstice d'été est très accusé et reporté en juillet ( $342 \text{ cal cm}^{-2}\text{jour}^{-1}$ ). A l'équinoxe d'automne, la persistance des nuages réduit le rayonnement solaire global, le second maximum ne se produit qu'en novembre ( $430 \text{ cal cm}^{-2}\text{jour}^{-1}$ ). C'est par ailleurs en décembre que se manifeste le minimum correspondant au solstice d'hiver ( $369 \text{ cal cm}^{-2}\text{jour}^{-1}$ ).

On notera que le régime du rayonnement global est principalement influencé par les variations du rayonnement solaire direct. En effet, celui-ci est en relation assez étroite avec les facteurs astronomiques et la nébulosité alors que le rayonnement diffusé par le ciel et les nuages reste plus constant au cours de l'année.

Les variations saisonnières du trouble atmosphérique agissent également, pour une certaine part, sur le rayonnement solaire reçu au sol. Une étude inédite de M. FRERE cite les valeurs moyennes suivantes pour le facteur de trouble de LINKE: mars à mai: 4,34, juin à août: 6,66, septembre à novembre: 5,16 et décembre à février: 6,44. Ces variations ne sont pas en relation avec les pressions partielles de vapeur d'eau mesurées dans l'abri, elles semblent plutôt témoigner de pollutions atmosphériques plus générales liées à l'existence de saisons sèches se produisant dans les régions avoisinantes. Elles ont comme effet de réduire plus fortement le rayonnement solaire direct au cours des périodes qui suivent les solstices.

Lorsqu'on examine la courbe des variations annuelles des sommes journalières du bilan du rayonnement total, on est immédiate-

ment frappé par le parallélisme qui la relie à celle du rayonnement solaire global. L'allure des deux régimes est exactement comparable. On constate également, pour le bilan radiatif, l'existence de deux maxima, l'un en mars ( $259 \text{ cal cm}^{-2}\text{jour}^{-1}$ ), l'autre en novembre ( $231 \text{ cal cm}^{-2}\text{jour}^{-1}$ ), et de deux minima: en juillet ( $164 \text{ cal cm}^{-2}\text{jour}^{-1}$ ) et en décembre ( $179 \text{ cal cm}^{-2}\text{jour}^{-1}$ ).

Par contre, les sommes nocturnes du bilan du rayonnement total sont relativement constantes au cours de l'année. Elles présentent cependant un léger minimum en février ( $-42 \text{ cal cm}^{-2}\text{jour}^{-1}$ ) ainsi qu'un maximum en avril ( $-34 \text{ cal cm}^{-2}\text{jour}^{-1}$ ) en conformité avec les variations de la tension actuelle de vapeur d'eau. C'est donc des échanges radiatifs se produisant durant la période diurne que dépendent essentiellement les variations annuelles du bilan du rayonnement total.

Une autre constatation importante, qui n'est d'ailleurs qu'un corollaire de la précédente, est la constance remarquable, au cours de l'année, des sommes journalières moyennes du bilan du rayonnement terrestre. L'explication doit en être recherchée dans les faibles variations que présentent les régimes annuels de la nébulosité, de la température et de l'humidité de l'air.

Dans ces conditions, une simplification pourrait être introduite dans les études générales exigeant la connaissance du bilan du rayonnement total. En effet, les phénomènes physiques ou biologiques liés aux échanges d'éclairement énergétique montreront une corrélation étroite avec les variations du rayonnement solaire, le rayonnement de grandes longueurs d'onde n'intervenant finalement que dans une proportion assez faible et constante. De même, dans la pratique, une relation empirique entre le rayonnement solaire absorbé par une surface et le bilan du rayonnement total à ce niveau pourra conduire à une bonne estimation de cette dernière grandeur.

## 2. Variabilité des sommes journalières.

Le graphique de la *figure 2* illustre la dispersion des sommes journalières du bilan du rayonnement total. Comme pour les valeurs du rayonnement solaire global, il s'agit d'une distribution dissymétrique dont la médiane et la moyenne sont déportées vers les faibles valeurs.

En séparant les bilans de jour et de nuit, on s'aperçoit que la variabilité provient en majeure partie des échanges radiatifs se produisant au cours de la période de jour, c.-à-d., des quantités d'énergie amenées par le rayonnement solaire.

Ce type de distribution se retrouve pour chacun des douze mois de l'année. Comme les caractéristiques de distribution gaussienne ne peuvent être appliquées directement à ces données, l'évolution de la variabilité au cours de l'année a été représentée en traçant les enveloppes des principaux centiles (*fig. 3*). C'est au cours des périodes d'équinoxe, que les écarts les plus importants peuvent être constatés entre les sommes journalières. Ces différences énormes doivent également être mises en relation avec la variabilité du rayonnement solaire global journalier.

TABLEAU IV. — Variations annuelles des sommes journalières du bilan du rayonnement total à Yangambi.  
(cal cm<sup>-2</sup> jour<sup>-1</sup>)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
<i>Moyennes mensuelles</i>													
1957	—	—	—	—	—	—	188	196	225	214	243	200	—
1958	226	263	289	250	239	204	142	181	201	217	225	156*	216
1959	191	224	229	231	233	191	164	178	212	212	224	182	206
Moyennes													
1957-59	208	243	259	241	236	198	164	185	213	214	231	179	214
<i>Variabilité des sommes journalières</i>													
<i>Centiles</i>													
95	303	336	403	365	342	297	249	299	343	350	353	285	339
90	296	320	380	356	328	268	235	281	320	329	334	262	315
75	251	304	325	309	289	246	212	251	275	289	290	240	271
25	179	205	200	178	191	160	131	127	146	137	167	118	154
10	115	120	123	103	127	110	66	67	82	80	134	55	91
5	44	59	96	74	63	97	51	43	56	63	80	15	59

\* donnée douteuse.

Il est bon de noter que ces fluctuations se manifestent en général de façon désordonnée. Il est peu fréquent en effet, de

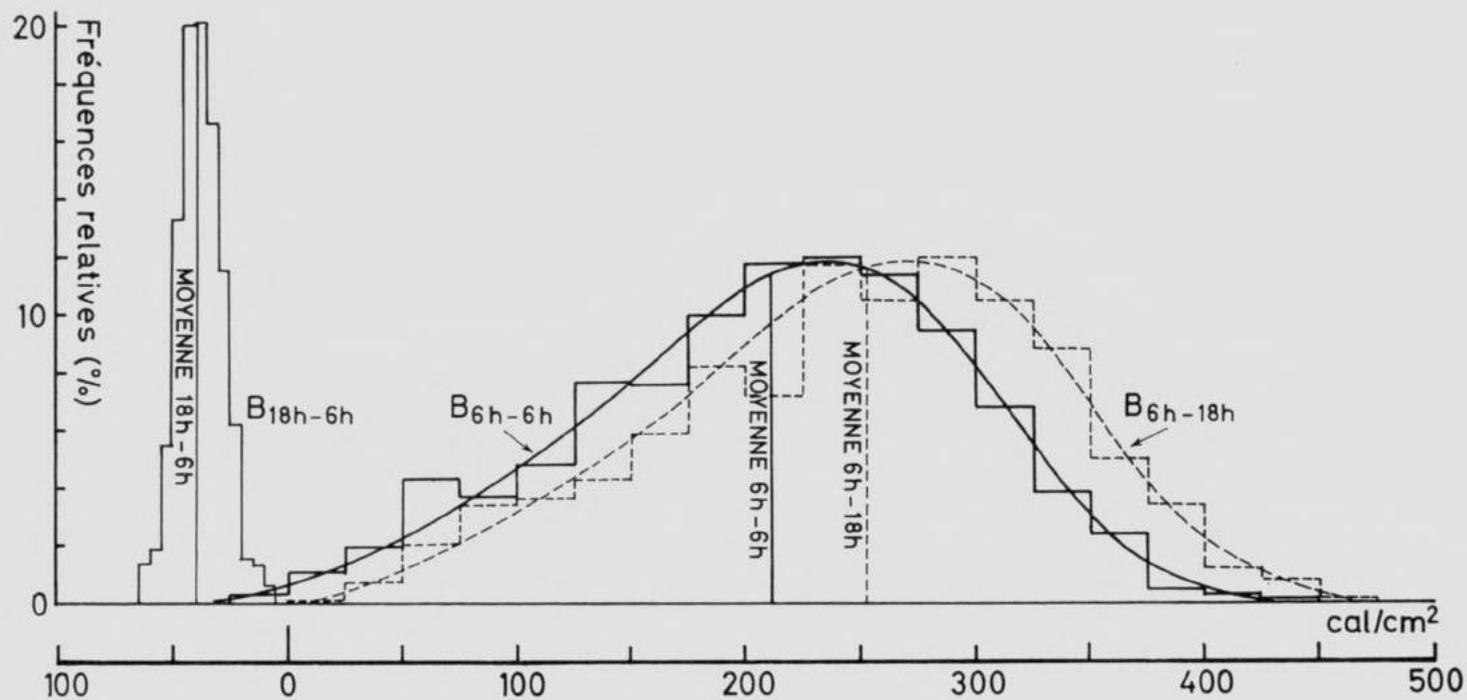


FIG. 2. — Distribution des fréquences relatives des sommes journalières et semi-journalières du bilan du rayonnement total à Yangambi (juillet 1957-décembre 1959).

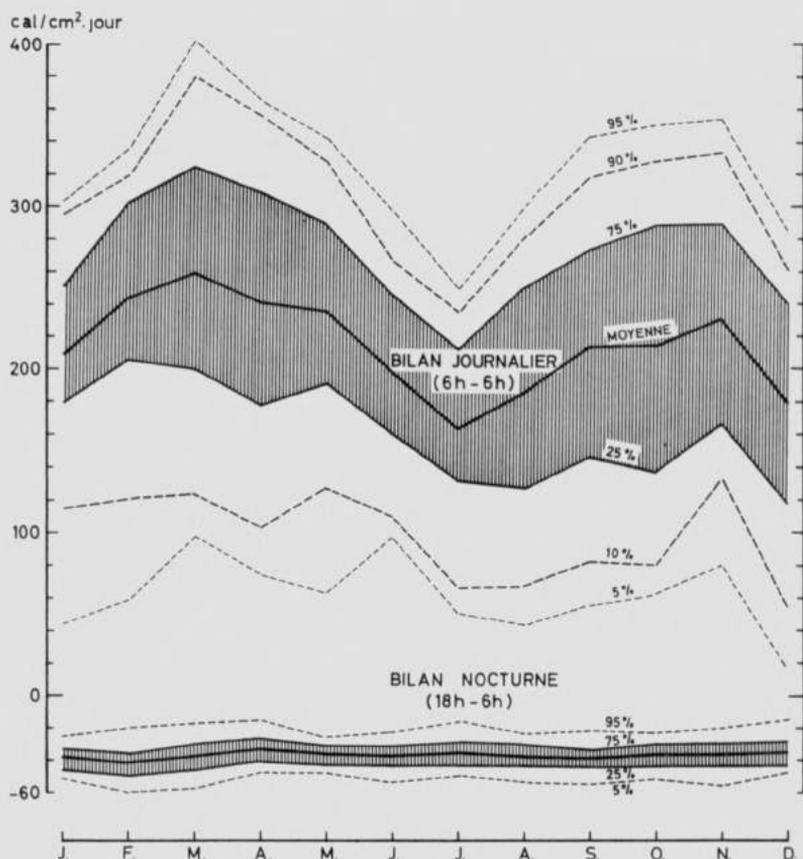


FIG. 3. — Dispersion mensuelle des sommes journalières du bilan du rayonnement total à Yangambi (juillet 1957-décembre 1959).

pouvoir déceler dans la succession des valeurs journalières des périodes où le bilan du rayonnement total conserve des valeurs stables durant quelques jours.

### 3. Variations journalières.

Le détail des valeurs horaires moyennes des composantes du bilan du rayonnement total est fourni au *tableau V* pour chacun des douze mois et pour l'ensemble de l'année. Les variations moyennes annuelles sont illustrées à la *figure 4*. Les zones en

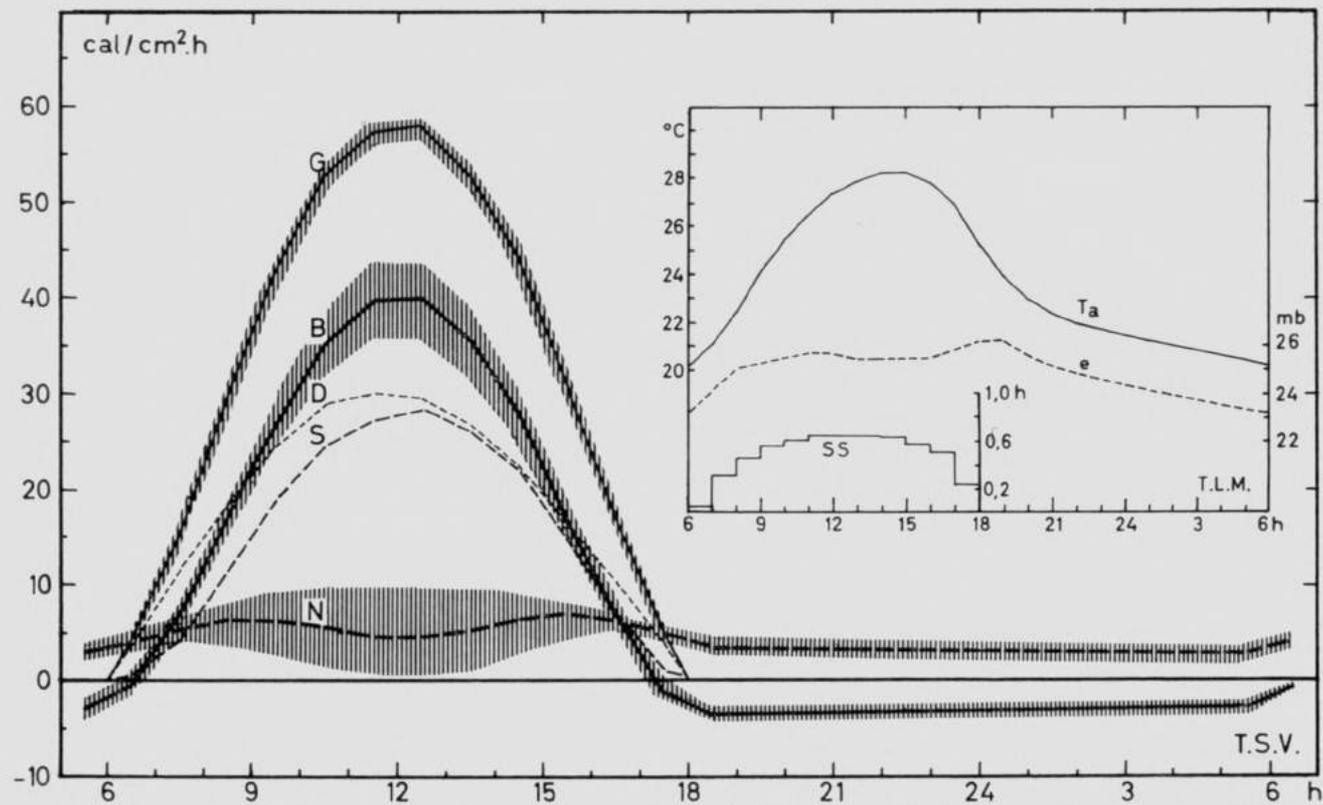


FIG. 4 — Variations journalières moyennes annuelles des composantes du bilan du rayonnement total et de quelques éléments climatiques à Yangambi (juillet 1957-décembre 1959).

TABLEAU V. — Variations horaires des composantes du bilan  
du rayonnement total à Yangambi

juillet 1957 - décembre 1957

		Heures se terminant à: (T.S.V.)												
		07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	6-18
Janvier														
S		0	36	120	213	278	309	291	258	207	125	49	8	1902
D		35	112	181	242	275	297	284	268	234	175	111	33	2247
G		43	148	301	455	553	606	575	526	441	300	160	41	4149
SS		7	34	53	70	76	77	78	75	72	54	50	12	658
N		44	59	69	71	65	54	46	57	65	74	69	49	722
B		-11	55	163	279	361	413	397	348	274	157	54	-17	2473
Février														
S		4	54	146	252	355	387	394	352	285	179	79	9	2496
D		36	112	179	227	252	255	257	234	209	158	102	38	2059
G		40	166	325	479	607	642	651	586	494	337	181	47	4555
SS		12	49	61	71	79	80	80	83	81	76	67	23	762
N		38	61	72	63	55	31	36	38	66	75	72	49	656
B		-7	67	178	306	413	463	465	413	314	185	67	-13	2851
Mars														
S		5	56	157	260	294	339	338	337	243	161	82	9	2281
D		40	119	192	245	299	312	317	273	232	165	101	38	2333
G		45	175	349	505	593	651	655	610	475	326	183	47	4614
SS		8	39	55	64	67	67	69	71	67	58	59	25	645
N		38	57	66	64	47	29	23	30	55	66	62	47	584
B		-3	78	202	325	409	472	481	440	311	185	79	-11	2969
Avril														
S		7	33	104	178	241	273	305	303	270	192	100	11	2017
D		37	112	193	254	297	319	296	264	223	169	108	48	2320
G		44	145	297	432	538	592	601	567	493	361	208	59	4337
SS		3	23	41	53	57	60	64	71	68	71	66	31	608
N		37	43	58	55	42	35	29	41	60	67	69	54	590
B		-3	69	171	278	372	421	434	395	319	211	91	-9	2749

TABLEAU V. (suite)

19	20	21	22	23	24	01	02	03	04	05	06	18-6	6-6h
													1902
													2247
													4149
33	33	32	32	33	34	34	33	31	31	31	30	587	1109
-33	-33	-32	-32	-33	-34	-34	-33	-31	-31	1	30	-387	2086
													2496
													2059
													4555
35	35	35	34	35	35	35	35	35	35	35	34	418	1074
-35	-35	-35	-34	-35	-35	-35	-35	-35	-35	-35	-34	-418	2433
													2281
													2333
													4614
34	35	33	32	32	32	32	31	30	29	29	28	377	961
-34	-35	-33	-32	-32	-32	-32	-31	-30	-29	-29	-28	-377	2592
													2017
													2320
													4337
35	33	33	32	31	31	27	27	25	24	23	23	344	934
-35	-33	-33	-32	-31	-31	-27	-27	-25	-24	-23	-23	-344	2405

TABLEAU V. (suite)

	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	6-18
<b>Mai</b>													
S	8	64	155	243	291	339	336	304	271	182	95	14	2302
D	41	111	178	227	255	267	271	257	199	151	105	41	2103
G	49	175	333	470	546	606	607	561	470	333	200	55	4405
SS	19	43	55	65	65	69	73	73	73	67	63	36	701
N	41	54	67	63	57	37	43	43	64	68	69	55	661
B	—3	81	189	299	364	430	424	389	298	188	85	—13	2731
<b>Juin</b>													
S	6	49	117	179	220	275	276	269	220	133	62	8	1814
D	38	115	181	240	295	292	275	228	189	135	77	28	2093
G	44	164	298	419	515	567	551	497	409	268	139	36	3907
SS	15	41	53	57	63	72	73	71	68	55	47	26	641
N	43	57	72	54	59	50	44	50	58	59	59	47	652
B	—9	69	157	269	337	387	380	333	257	147	48	—19	2356
<b>Juillet</b>													
S	5	29	74	113	157	182	204	187	137	88	40	3	1219
D	30	102	174	246	288	299	296	262	217	157	98	29	2198
G	35	131	248	359	445	481	500	449	354	245	138	32	3417
SS	6	28	38	44	52	56	59	56	51	43	37	13	483
N	33	47	56	61	61	45	51	62	61	56	54	41	628
B	—6	54	135	215	282	325	334	284	211	133	52	—16	2003
<b>Août</b>													
S	4	38	88	149	207	209	199	163	155	110	52	6	1380
D	36	108	187	245	290	318	318	276	229	159	97	37	2300
G	40	146	275	394	497	527	517	439	384	269	149	43	3680
SS	10	31	31	46	54	57	54	50	50	45	39	22	489
N	33	48	55	56	56	49	46	51	58	55	57	43	607
B	—2	64	157	247	327	357	352	287	238	152	58	—10	2237
<b>Septembre</b>													
S	6	47	117	196	244	235	268	248	198	124	69	8	1760
D	39	120	199	268	297	309	311	274	231	168	105	40	2361
G	45	167	316	464	541	544	579	522	429	292	174	48	4121
SS	6	30	46	53	55	54	58	56	51	41	46	19	519
N	34	49	61	63	61	51	49	57	65	63	60	48	661
B	1	80	182	294	355	368	397	345	265	162	74	—11	2512

TABLEAU V. (suite)

19	20	21	22	23	24	01	02	03	04	05	06	18-6	6-6h
													2302
													2103
													4405
35	33	33	33	32	31	30	29	29	29	27	27	368	1029
-35	-33	-33	-33	-32	-31	-30	-29	-29	-29	-27	-27	-368	2363
													1814
													2093
													3907
33	33	32	33	32	31	32	30	31	30	30	30	377	1029
-33	-33	-32	-33	-32	-31	-32	-30	-31	-30	-30	-30	-377	1979
													1219
													2198
													3417
31	31	30	30	31	31	31	31	29	29	28	27	359	987
-31	-31	-30	-30	-31	-31	-31	-31	-29	-29	-28	-27	-359	1644
													1380
													2300
													3680
34	33	33	33	33	32	32	31	30	29	29	28	377	984
-34	-33	-33	-33	-33	-32	-32	-31	-30	-29	-29	-28	-377	1850
													1760
													2361
													4121
33	35	34	34	33	33	32	32	30	31	30	29	386	1047
-33	-35	-34	-34	-33	-33	-32	-32	-30	-31	-30	-29	-386	2126

TABLEAU V. (suite)

	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	6-18
Octobre													
S	1	41	100	166	207	226	238	196	209	166	97	15	1662
D	40	115	200	264	311	324	322	325	252	173	111	45	2482
G	41	156	300	430	518	550	560	521	461	339	208	60	4144
SS	5	27	40	48	50	52	56	54	59	59	59	34	543
N	32	46	62	59	58	53	54	56	63	74	71	51	679
B	0	74	169	272	341	371	377	345	292	187	89	—5	2512
Novembre													
S	4	41	114	181	236	264	300	296	256	162	81	12	1947
D	37	117	200	259	309	322	312	265	221	168	102	37	2349
G	41	158	314	440	545	586	612	561	477	330	183	49	4296
SS	9	29	42	50	56	60	64	65	68	58	50	29	580
N	31	46	56	58	57	49	47	49	66	69	57	45	630
B	0	76	186	281	363	402	424	383	301	185	84	—7	2678
Décembre													
S	2	23	71	147	206	245	252	228	193	131	55	6	1559
D	32	102	172	221	261	282	283	262	220	158	102	36	2131
G	34	125	243	368	467	527	535	490	413	289	157	42	3690
SS	4	23	35	48	55	62	56	64	62	56	48	16	529
N	30	44	55	64	65	61	65	65	74	70	58	43	694
B	—4	52	132	219	295	345	347	312	244	153	63	—11	2147
Moyennes pour la période juillet 1957-décembre 1959.													
S	5	43	114	190	244	273	284	259	218	146	71	9	1856
D	37	112	186	245	286	300	295	268	224	161	102	38	2254
G	42	155	300	435	530	573	579	527	442	307	173	47	4110
SS	8	33	46	56	61	64	65	66	64	57	52	24	596
B	36	52	63	61	56	44	45	50	63	67	63	48	648
N	—4	68	168	274	352	397	401	356	277	170	70	—12	2517

S, D, G, N et B, en dixièmes de cal cm<sup>-2</sup>.

SS, en dixièmes d'heure.

TABLEAU V. (*suite*)

19	20	21	22	23	24	01	02	03	04	05	06	18-6	6-6h
													1662
													2482
													4144
36	35	35	33	32	32	29	29	27	27	26	25	368	1047
-36	-35	-35	-33	-32	-32	-29	-29	-27	-27	-26	-25	-368	2144
													1947
													2349
													4296
-35	34	34	34	33	32	30	30	28	28	26	25	369	999
-35	-34	-34	-34	-33	-32	-30	-30	-28	-28	-26	-25	-369	2309
													1559
													2131
													3690
33	33	33	31	31	30	30	29	28	27	26	25	356	1050
-33	-33	-33	-31	-31	-30	-30	-29	-28	-27	-26	-25	-356	1791
													1856
													2254
													4110
34	34	33	33	32	32	31	31	29	29	28	28	374	1022
-34	-34	-33	-33	-32	-32	-31	-31	-29	-29	-28	-28	-374	2143

grisé qui entourent les courbes G, B et N représentent les limites des erreurs imputables aux méthodes instrumentales utilisées. Le cas particulier des erreurs pouvant être commises lors de la détermination des sommes horaires du bilan du rayonnement terrestre sera examiné ultérieurement.

Mise à part l'amplitude des variations journalières, les différences constatées entre les diverses époques de l'année ne sont guère accusées. On peut s'en rendre compte en comparant les courbes tracées aux *figures 5* et *6* pour les deux mois extrêmes (février et juillet).

La distribution moyenne annuelle des sommes horaires du rayonnement solaire global au cours de la journée n'apparaît que très légèrement dissymétrique, le rayonnement reçu l'après-midi ( $207 \text{ cal cm}^{-2}$ ) n'étant que très peu supérieur à celui d'avant-midi ( $203 \text{ cal cm}^{-2}$ ). Cette règle n'a cependant aucun caractère absolu. L'examen de la répartition des sommes horaires au cours des différents mois révèle en effet quelques cas de courbes plus asymétriques, le maximum se produisant soit l'avant-midi (janvier, juin), soit l'après-midi (mai, novembre, décembre).

On peut également constater que, pour l'ensemble de l'année, le rayonnement reçu directement du Soleil reste constamment inférieur au rayonnement diffusé par le ciel et les nuages, l'écart étant surtout sensible l'avant-midi. Néanmoins, cette distribution moyenne ne représente qu'imparfaitement les diverses situations pouvant se présenter au cours de l'année. Les exemples des *figures 5* et *6* montrent d'ailleurs deux cas très différents, l'un relatif à des périodes bien ensoleillées (février), l'autre à des périodes plus couvertes (juillet).

Le bilan du rayonnement total au niveau du gazon s'annule environ 30 minutes après le lever du Soleil et 45 minutes avant son coucher. Le minimum se situe au début de la nuit, entre 18 et 19 heures. Sur la courbe moyenne, les pertes par rayonnement de grandes longueurs d'onde paraissent s'affaiblir très lentement au cours de la nuit. Dans la réalité des observations quotidiennes, le bilan radiatif nocturne subit une série de fluctuations en rapport avec l'évolution de la nébulosité. Ces variations disparaissent lorsqu'on établit des moyennes mensuelles.

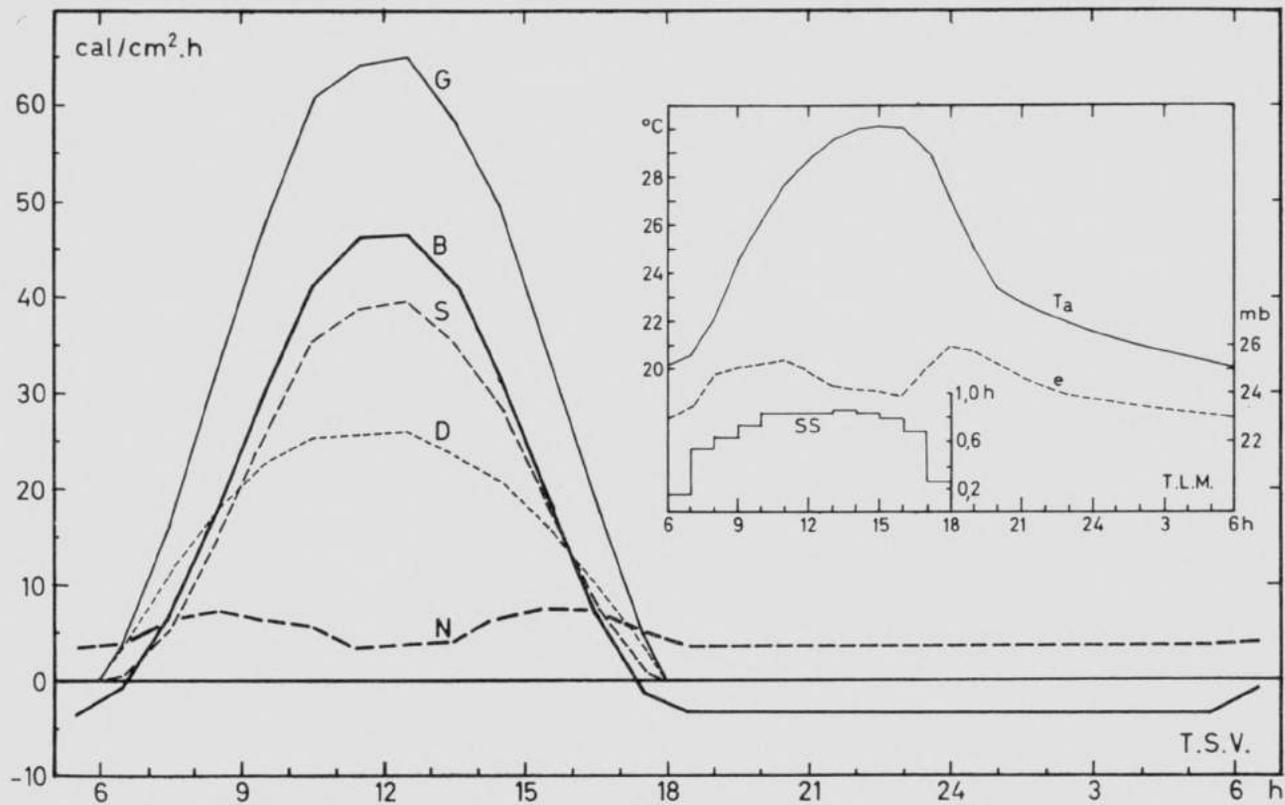


FIG. 5. — Variations journalières moyennes des composantes du bilan du rayonnement total et de quelques éléments climatiques à Yangambi. Mois de février 1958 et 1959.

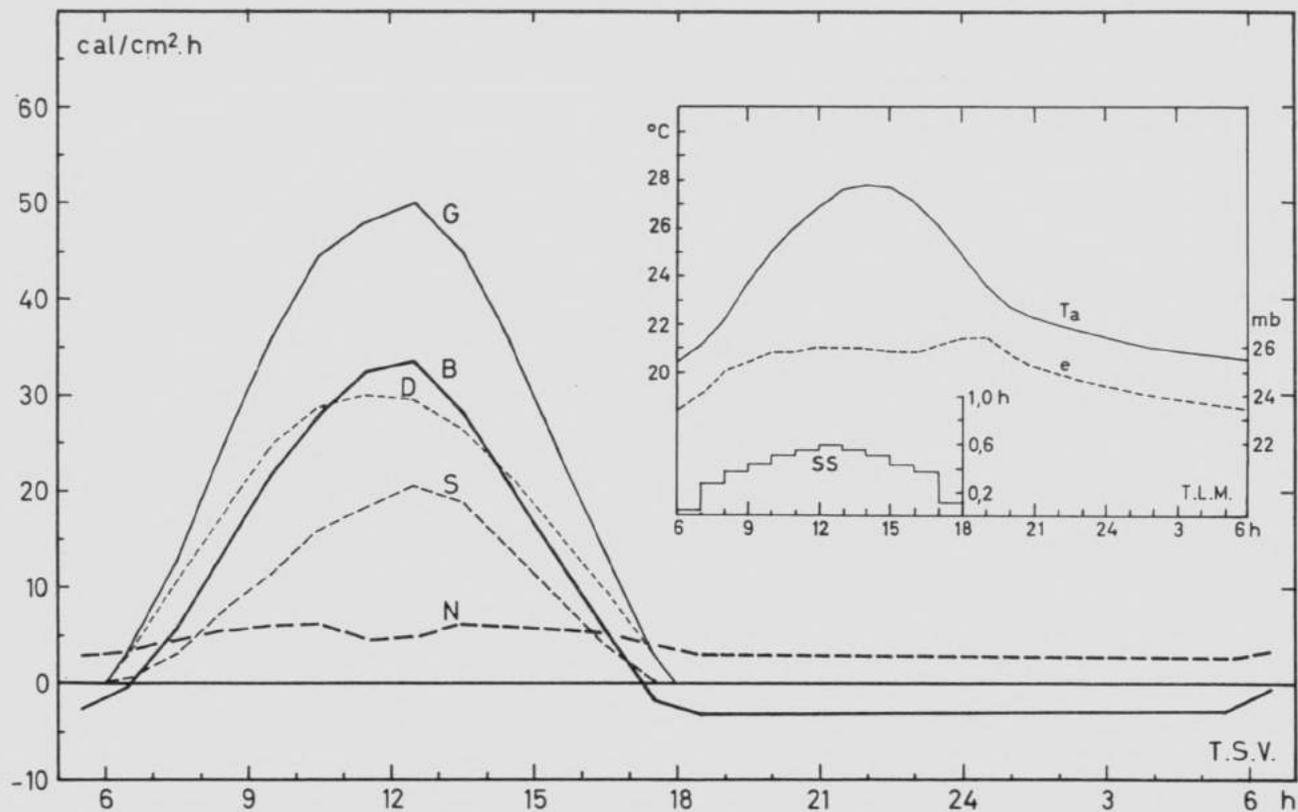


FIG. 6. — Variations journalières moyennes des composantes du rayonnement total et de quelques éléments climatologiques à Yangambi. Mois de juillet 1957 à 1959.

Au cours de la période diurne, le bilan du rayonnement total suit une courbe de variation dont l'allure est très semblable à celle du rayonnement solaire global. La proportion de l'énergie solaire qui se retrouve dans le bilan du rayonnement total n'est toutefois pas constante au cours de la journée. Elle n'atteint que 40 p.c. au début de la matinée et en fin d'après-midi mais s'élève à 70 p.c. durant les heures méridiennes.

Les variations journalières trouvées pour le bilan du rayonnement terrestre présentent quelques singularités: les sommes horaires passent en effet par deux maxima en début de matinée et au cours de l'après-midi alors qu'elles diminuent régulièrement entre 10 et 14 heures.

La réduction de ce rayonnement au milieu du jour paraît anormale, puisqu'à ce moment, la température de la surface du sol est en augmentation et que la pression partielle de vapeur d'eau dans les couches basses décroît légèrement. Cette diminution ne peut être attribuée à une variation des caractéristiques de l'écran nuageux car elle est surtout marquée au cours des journées à ciel serein et disparaît pratiquement par temps couvert.

Ces faits d'observation sont en opposition avec les résultats présentés pour la zone tempérée où, pour les journées claires, la courbe de variation diurne du bilan du rayonnement terrestre présente un maximum bien accusé en relation avec le maximum de la température de surface. A Rothamsted notamment, MONTEITH et SZEICZ [20] ont montré que les pertes par rayonnement de grandes longueurs d'onde sont étroitement liées aux variations du rayonnement du sol, ce qui implique un rayonnement atmosphérique descendant relativement constant au cours de la journée.

Par contre, lorsqu'on examine les données de rayonnement publiées par le Secrétariat de l'O.M.M. pour la station de Léopoldville (04°22' S; 15°15' E, 450 m), on constate également une diminution du bilan du rayonnement terrestre au cours des heures proches de midi mais uniquement au cours des mois pluvieux d'octobre à janvier et d'avril. Ce phénomène disparaît complètement durant les mois de saison sèche.

Avant de rechercher une explication physique aux variations particulières du bilan du rayonnement terrestre rencontrées dans

les stations africaines il y a lieu de vérifier si les distorsions apparaissant dans la répartition des sommes horaires ne peuvent être attribuées aux défauts des méthodes d'observation utilisées. En effet, certaines sources d'erreur, surtout celles qui sont liées à la hauteur angulaire du Soleil, acquièrent une importance relative beaucoup plus grande lorsqu'elles se rapportent à des intervalles horaires distincts.

Ainsi, en admettant un albédo moyen et invariable de 0,23 pour le rayonnement solaire, on ne commet qu'une erreur négligeable sur la détermination des sommes journalières moyennes du rayonnement solaire réfléchi. Cependant, cet albédo n'est pas constant au cours de la journée. Pour le gazon, MONTEITH et SZEICZ ont en effet observé qu'il augmentait légèrement, par ciel serein, lorsque l'angle d'incidence des rayons solaires diminue. L'existence de gouttelettes de rosée durant les premières heures de la matinée amplifierait encore l'augmentation matinale de l'albédo. Des constatations du même ordre peuvent être tirées des observations régulières poursuivies par le Service du Rayonnement de l'Institut royal météorologique de Belgique. Les valeurs horaires du rayonnement solaire réfléchi au cours des périodes sans nuages peuvent donc être sensiblement modifiées par ces variations de l'albédo.

De même, lors des mesures du rayonnement solaire global, aucune correction n'a été appliquée pour tenir compte de la diminution de la sensibilité de la thermo-pile pour les faibles valeurs de la hauteur angulaire du Soleil, ce défaut instrumental n'exerçant qu'une influence très réduite sur les sommes journalières. Cependant, l'erreur relative commise lors de la détermination des sommes horaires pour les intervalles se terminant à 7, 8, 17 et 18 h, peut devenir importante pour les journées à ciel serein.

En outre, le manque de précision dans la mesure du bilan du rayonnement total permet de supposer que les valeurs absolues de cette grandeur oscillent à l'intérieur de limites très larges.

En combinant ces diverses erreurs suivant l'équation (5), on peut calculer une série de courbes représentant les variations journalières « corrigées » du bilan du rayonnement terrestre. Les

trois exemples de la *figure 7* ont été tracés en admettant les erreurs ci-après:

Pour l'albédo ( $d\alpha$ ): moyenne journalière de 0,23 avec un intervalle de variation compris entre 0,30 le matin et 0,21 à midi (d'après les valeurs observées à Rothamsted au cours de journées claires avec rosée).

Pour le rayonnement solaire global ( $dG$ ): erreur relative de  
+10 p.c. entre 6 et 7 h et entre 17 et 18 h,  
de + 5 p.c. entre 7 et 8 h et entre 16 et 17 h,  
de  $\pm 2$  p.c. pour les autres intervalles horaires.

Pour le bilan du rayonnement total ( $dB$ ): erreur relative de  $\pm 10$  p.c. sur toutes les valeurs horaires.

En ce qui concerne les moyennes annuelles et mensuelles, les courbes 2 et 3, qui tiennent compte des erreurs sur l'albédo et le rayonnement solaire ainsi que d'une erreur systématiquement négative sur le bilan du rayonnement total, présentent une allure plus conforme avec les variations diurnes généralement trouvées en régions tempérées pour le bilan du rayonnement terrestre. L'imprécision des mesures semble donc telle qu'elle permettrait de mettre en doute la signification physique des particularités rencontrées à Yangambi, celles-ci pouvant résulter en grande partie du jeu des erreurs instrumentales.

Cependant, cette explication ne peut suffire pour le mois de février qui comporte de nombreuses heures à ciel serein. Pour ce mois en effet, les courbes « corrigées » conservent une légère inflexion au voisinage de midi. De même pour les journées à ciel complètement dégagé (exemple du 17 février 1958), on constate une diminution méridienne bien marquée du bilan du rayonnement terrestre malgré les corrections importantes apportées aux valeurs observées.

Le problème reste donc posé car il semble qu'il s'agisse d'un phénomène propre aux régions équatoriales et particulièrement accusé durant les périodes à ciel serein. Cette diminution du rayonnement terrestre aux heures proches de midi suppose que le rayonnement atmosphérique descendant augmente plus rapidement que le rayonnement de la surface. On devrait donc admettre, au cours de la journée non seulement une augmentation

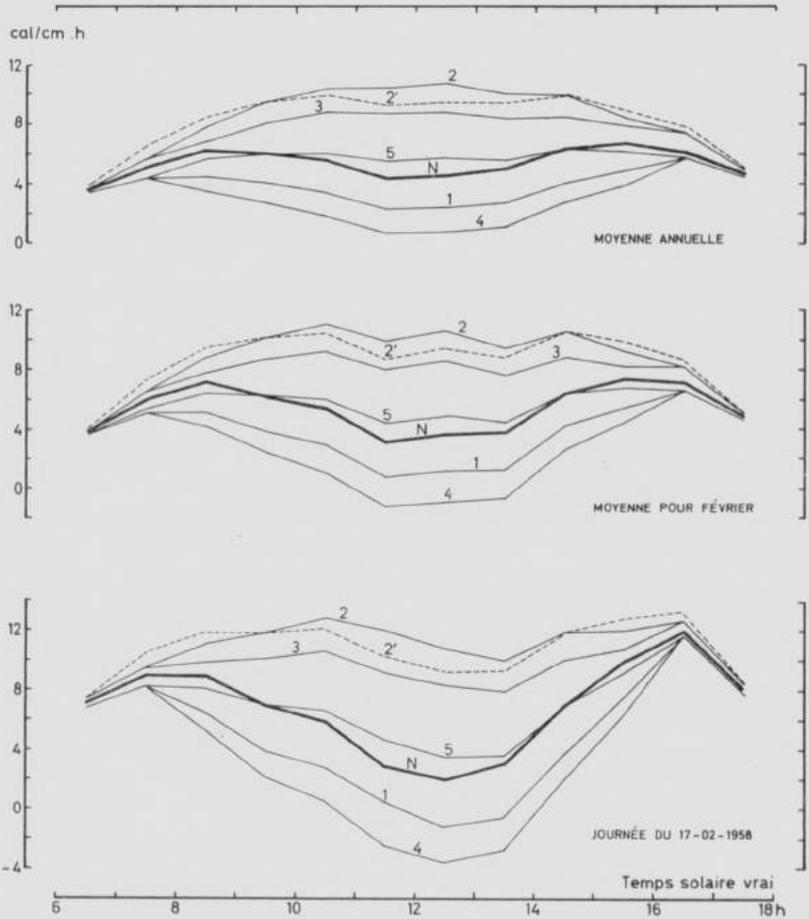


FIG. 7. — Influence des erreurs instrumentales sur les sommes horaires du bilan du rayonnement terrestre (N).  
Signification des courbes

Courbes	1	2	2'	3	4	5
Corrections appliquées pour l'erreur sur l'albédo* :	oui	oui	non	oui	oui	oui
pour l'erreur sur G, entre 8 et 16 h :	+ 2 %	+ 2 %	+ 2 %	- 2 %	- 2 %	0
pour l'erreur sur B, entre 6 et 18 h :		- 10 %	- 10 %	- 10 %	+ 10 %	0

\* Pour les valeurs de  $\alpha$ , voir texte p. 598.

appréciable de la température des couches inférieures de l'atmosphère mais surtout un accroissement du pouvoir émissif de celles-ci par suite, probablement, de modifications du contenu en vapeur d'eau.

L'examen de l'évolution du facteur de trouble au cours de journées sereines semble confirmer cette interprétation. En effet, on constate généralement, après disparition de la brume matinale, une augmentation progressive du trouble atmosphérique avec un maximum vers midi, suivi d'une diminution assez régulière jusqu'au coucher du Soleil. De telles variations résultent certainement de variations parallèles du contenu en vapeur d'eau. En admettant que le pouvoir émissif de l'atmosphère suive une courbe de variation journalière identique, on trouverait une explication plausible à l'évolution diurne particulière du bilan du rayonnement terrestre.

Ces constatations, déduites uniquement de mesures d'énergie radiative, permettent d'entrevoir l'existence de variations journalières des conditions d'humidité et de température dans les couches inférieures de l'atmosphère dont l'amplitude est plus importante que ne le laissent supposer les observations thermométriques et hygrométriques de surface. Il conviendrait de pouvoir vérifier ces conclusions provisoires sur la base d'une étude expérimentale élargie qui tiendrait compte notamment de l'évolution diurne des processus de convection turbulente.

#### ESTIMATION DU BILAN DU RAYONNEMENT TOTAL EN RÉGION ÉQUATORIALE AFRICAINE

L'orientation actuelle des travaux d'écoclimatologie et d'hydrologie exige très souvent comme point de départ la connaissance des données du bilan du rayonnement total. Celles-ci n'étant généralement pas disponibles, on doit se contenter de valeurs approchées, calculées à partir de grandeurs physiques plus facilement observables.

Dans la zone équatoriale africaine, le rayonnement solaire global est actuellement déterminé avec une bonne approximation soit à l'aide de pyranomètres thermo-électriques (Léopoldville,

Bangui, Yangambi, Stanleyville, Lwiro, Bunia), soit par l'emploi généralisé du pyranomètre sphérique de Bellani [6, 13, 23]. L'équation fondamentale du bilan du rayonnement total (1) montre que dans ces conditions, il suffit de procéder à une estimation du bilan du rayonnement terrestre. Or, comme on l'a vu, celui-ci ne représente, en moyenne, que le tiers du rayonnement solaire absorbé par la surface. En outre, dans les conditions atmosphériques de la Cuvette congolaise, il varie relativement peu au cours de l'année. De ce fait, et pour autant qu'elles ne soient pas systématiques, les erreurs d'estimation n'auront en définitive qu'une influence assez faible sur les valeurs moyennes du bilan du rayonnement total.

### 1. *Méthode d'estimation du bilan du rayonnement terrestre*

Les méthodes physiques pour la détermination du bilan du rayonnement terrestre, basées sur les spectres d'émission des gaz atmosphériques, exigent des observations régulières de la structure verticale de l'atmosphère, particulièrement en ce qui concerne la répartition de la température et de l'humidité en altitude. Elles ne sont donc applicables qu'en un nombre très limité de stations de la zone équatoriale africaine. En outre, les données corrélatives de rayonnement de grandes longueurs d'onde et de sondage aérologique dont on dispose sont encore trop peu nombreuses pour qu'une analyse systématique de ces relations soit envisagée. Un premier essai tenté par DE COSTER et SCHUEPP [10] a montré qu'à Léopoldville, la méthode d'ELSASSER appliquée à des journées claires durant la saison sèche, conduisait à une sur-estimation du bilan du rayonnement terrestre de l'ordre de 15 p.c.

Les expressions empiriques du flux résultant des rayonnements de grandes longueurs d'onde sont basées sur de relations statistiques entre les valeurs mesurées de ces rayonnements et des paramètres climatiques plus communs, tels la température et l'humidité de l'air mesurées dans l'abri. D'après LÖNNQVIST [17], les méthodes semi-empiriques de BRUNT [7] ou d'ÅNGSTRÖM [1] conduiraient cependant à des estimations au moins aussi précises que celles tirées des abaques de rayonnement d'ELSASSER ou de MÖLLER. Elles ne sont toutefois valables que pour les régions où

elles ont été établies et il serait vain d'étendre leur application à d'autres zones climatiques sans vérification préalable.

Le raisonnement suivant sert généralement de base à la méthode empirique d'estimation du bilan du rayonnement de grandes longueurs d'onde:

Les températures radiatives de l'atmosphère et de la surface du sol sont assimilées à la température de l'air mesurée dans l'abri ( $T_a$ ). L'estimation du bilan du rayonnement terrestre par ciel serein ( $N'_o$ ) est dès lors exprimée par une expression de la forme:

$$N'_o = \sigma T_a^4 - \Lambda \quad (6)$$

Le rayonnement atmosphérique descendant ( $N_\Lambda$ ) peut également être représenté de façon empirique par l'expression

$$N_\Lambda = \epsilon_a \sigma T_a^4 \quad (7)$$

qui tient compte de la température de l'air dans l'abri et d'une variable ( $\epsilon_a$ ) désignée par analogie « pouvoir émissif effectif » de l'atmosphère.

BRUNT [7] a proposé d'exprimer le pouvoir émissif effectif de l'atmosphère en fonction de la pression partielle de vapeur d'eau mesurée dans l'abri ( $e_a$ ):

$$\epsilon_a = a + b\sqrt{e_a} \quad (8)$$

En reportant les valeurs de (7) et (8) dans (6), on obtient une estimation du bilan du rayonnement terrestre par ciel serein basée uniquement sur des paramètres climatiques d'observation courante:

$$N'_o = \sigma T_a^4 (1 - a - b\sqrt{e_a}) \quad (9)$$

La présence de nuages provoque l'émission vers le bas d'un flux radiatif dont l'importance dépend de la portion du ciel occupée par le système nuageux et de la température de la base des nuages. L'effet du plafond nuageux sur le bilan du rayonnement terrestre est souvent représenté par l'équation d'ÅNGSTRÖM [1]:

$$N' = N'_o (1 - c.n) \quad (10)$$

où  $n$  représente la nébulosité en dixièmes et  $c$  un coefficient variant suivant la nature des nuages. Une expression plus élaborée

tient compte de la répartition de la nébulosité dans les couches basses, moyennes ou élevées de l'atmosphère. Cependant, comme on ne dispose pas à Yangambi d'observations régulières de la nébulosité, on utilisera une relation basée sur la durée d'insolation relative ( $I_r$ ). En admettant que  $n=1-I_r$ , on tire de l'équation précédente:

$$N' = N'_o(1-c+c.I_r) \quad (11)$$

Le bilan du rayonnement terrestre, pour des conditions quelconques de nébulosité, peut dès lors s'estimer par l'expression:

$$N' = \sigma T_a^4(1-a-b\sqrt{e_a})(1-c+c.I_r) \quad (12)$$

## 2. Détermination des constantes de l'équation empirique dans les conditions de Yangambi

Le travail a été réalisé à partir des sommes journalières des composantes du bilan du rayonnement total analysées dans les pages précédentes. Pour la détermination des coefficients  $a$  et  $b$ , on a choisi les journées les plus claires, c.-à-d., sans formation nuageuse sauf éventuellement au voisinage immédiat de l'horizon. De ce fait, et par suite de l'existence assez fréquente d'une couche de brume matinale, les heures proches du lever et coucher du Soleil n'ont pas toujours reçu le maximum d'insolation. Durant la nuit, on ne dispose pas d'observation de l'état du ciel mais, l'examen des enregistrements du bilan du rayonnement total permet de déceler assez aisément l'absence de nuages.

Trente-trois valeurs journalières ont été retenues pour rechercher la relation liant le bilan du rayonnement terrestre ( $\text{cal cm}^{-2}\text{jour}^{-1}$ ), la température de l'air ( $^{\circ}\text{K}$ ) et la racine carrée de la tension actuelle de vapeur d'eau (mb) suivant l'équation (9).

Le coefficient de corrélation entre les valeurs de  $N'_o/\sigma T_a^4$  et  $\sqrt{e_a}$  s'élève à  $+0,78$ . L'équation de régression cherchée a comme expression:

$$N'_o - \sigma T_a^4(0,466 - 0,059\sqrt{e_a}) \quad (13)$$

avec un écart-type d'estimation de  $\pm 0,018$ .

En réalité, au cours des journées choisies, la durée d'insolation relative moyenne n'était que de 90 p.c. Un facteur de correction on a donc été appliqué suivant l'équation (11) en adoptant pour  $c$  la valeur de 0,8 généralement citée. Après cette correction, l'équation (13) devient:

$$N'_0 - \sigma T_a^4 (0,50 - 0,066 \sqrt{e_a}) \quad (14)$$

ce qui donne comme valeur des coefficients  $a$  et  $b$ :

$$a = 0,50 \qquad b = 0,066$$

L'influence de la nébulosité a été déterminée en désignant parmi les données disponibles un échantillon de 50 journées uniformément réparties. Pour chacune de ces journées, on calcule le bilan du rayonnement terrestre par ciel serein suivant l'équation (14) et on établit le rapport avec la valeur du bilan déduite des observations. On recherche alors la régression linéaire liant ce rapport à la durée d'insolation relative. L'équation trouvée a comme expression:

$$N/N'_0 = 0,492 + 0,506 I_r \quad (15)$$

avec un écart-type d'estimation de  $\pm 0,103$ . Le coefficient  $c$  des équations (10) et (11) est donc égal à 0,51 dans les conditions étudiées.

Finalement, les sommes journalières du bilan du rayonnement terrestre au niveau de la surface peuvent être estimées par la relation:

$$N' = \sigma T_a^4 (0,50 - 0,066 \sqrt{e_a}) (0,49 + 0,51 I_r) \quad (16)$$

La vérification de la validité de cette expression, déjà proposée précédemment [16], fournit des résultats très satisfaisants (*tableau VI*). Ainsi, lors du calcul des moyennes mensuelles du bilan du rayonnement total, aucune estimation ne s'écarte de plus de 10 p.c. des valeurs observées, plus de la moitié des erreurs restent d'ailleurs inférieures à 2,5 p.c. La dispersion des écarts est évidemment plus importante lorsqu'on détermine des valeurs pentadaires ou des sommes journalières mais, même dans ce dernier cas, plus de 75 p.c. des estimations présentent une erreur relative inférieure à 10 p.c.

L'équation (16) a, par ailleurs, été utilisée pour la détermination de l'évapotranspiration réelle dans le Bassin congolais suivant la méthode énergétique [9]. La bonne concordance entre les valeurs calculées et les grandeurs déduites par la méthode hydrologique conduit à admettre que cette expression permet le calcul du flux radiatif disponible avec une approximation suffisante pour ce type de problèmes.

TABLEAU VI. — Fréquence des écarts relatifs entre les valeurs estimées et observées du bilan du rayonnement total à Yangambi.

	Nombre d'estimations	Ecart moyen	Ecart relatifs égaux ou supérieurs à				
			2,5 p.c.	5 p.c.	10 p.c.	15 p.c.	20 p.c.
Moyennes mensuelles	29	+0,2%	12 (41 %)	5 (17 %)	0	0	0
Moyennes pentadaires	59	+0,4%	36 (61 %)	19 (32 %)	2 (3 %)	0	0
Sommes journalières	50	+1,6%	32 (64 %)	25 (50 %)	11 (22 %)	4(2%)	0

### 3. Conditions d'application et d'extension de la méthode.

#### a) Egalité des températures $T_s$ et $T_a$

En comparant l'estimation (6) du bilan du rayonnement terrestre à son expression rigoureuse (3), on voit que l'équation empirique n'est acceptable que dans le cas où la surface possède un pouvoir émissif élevé dans le domaine des grandes longueurs d'onde et pour autant que sa température radiative ( $T_s$ ) ne diffère pas essentiellement de la température de l'air ( $T_a$ ). Lorsque cette dernière condition n'est pas remplie, il convient d'ajouter à l'estimation du bilan du rayonnement terrestre une correction ( $\Delta N$ ) qui tient compte de l'écart thermique [8].

$$\Delta N = \epsilon_s \sigma (T_a^4 - T_s^4) \quad (17)$$

Pour le calcul de cette correction, on se contente souvent de l'approximation fournie par la dérivée:

$$\Delta N = 4\varepsilon_s \sigma T_a^3 (T_s - T_a) \quad (18)$$

Cependant, pour les conditions équatoriales africaines, on peut utiliser l'abaque de la *figure 8* donnant les valeurs journalières exactes de  $\Delta N$  pour  $\varepsilon_s = 1$ .

Dans quelle mesure cette correction doit-elle être appliquée aux estimations du bilan du rayonnement terrestre?

La théorie des oscillations thermiques au voisinage du sol [3] montre, qu'en absence d'advection, la moyenne journalière de la température radiative des surfaces naturelles homogènes doit être égale ou très légèrement supérieure à la température moyenne de l'air mesurée dans l'abri. Une différence notable entre ces deux températures implique l'existence d'échanges latéraux de chaleur sensible soit que la couverture étudiée n'est pas représentative de la couverture normale de la région, soit que des courants d'advection généralisés influencent la station. Il en résulte que la correction  $\Delta N$  devra être appliquée chaque fois que le bilan du rayonnement terrestre est calculé pour une surface restreinte nettement différente de son entourage ou que la région est fortement influencée par des masses d'air extérieur.

Quelques données d'observation, recueillies dans le Bassin congolais, permettront de mieux préciser le domaine d'application de cette correction.

On sait, d'après ROBINSON [21], qu'un thermomètre à alcool incolore, placé immédiatement au-dessus d'une strate végétale, indiquerait une température voisine de sa température radiative. De telles observations ont été effectuées, heure par heure, de 6 à 18 heures, au cours de trois années consécutives, au-dessus du gazon, dans toutes les stations du réseau d'écoclimatologie de l'I.N.E.A.C. Le *tableau VII* présente les écarts moyens annuels entre la température observée au niveau du gazon ( $t_g$ ) et la température de l'air mesurée dans l'abri ( $t_a$ ).

L'écart moyen annuel entre ces deux températures reste faible pour toutes les stations étudiées. Il est le plus souvent compris entre 0,1 et 0,5°C et ne dépasse que rarement 1° C. En fait, il

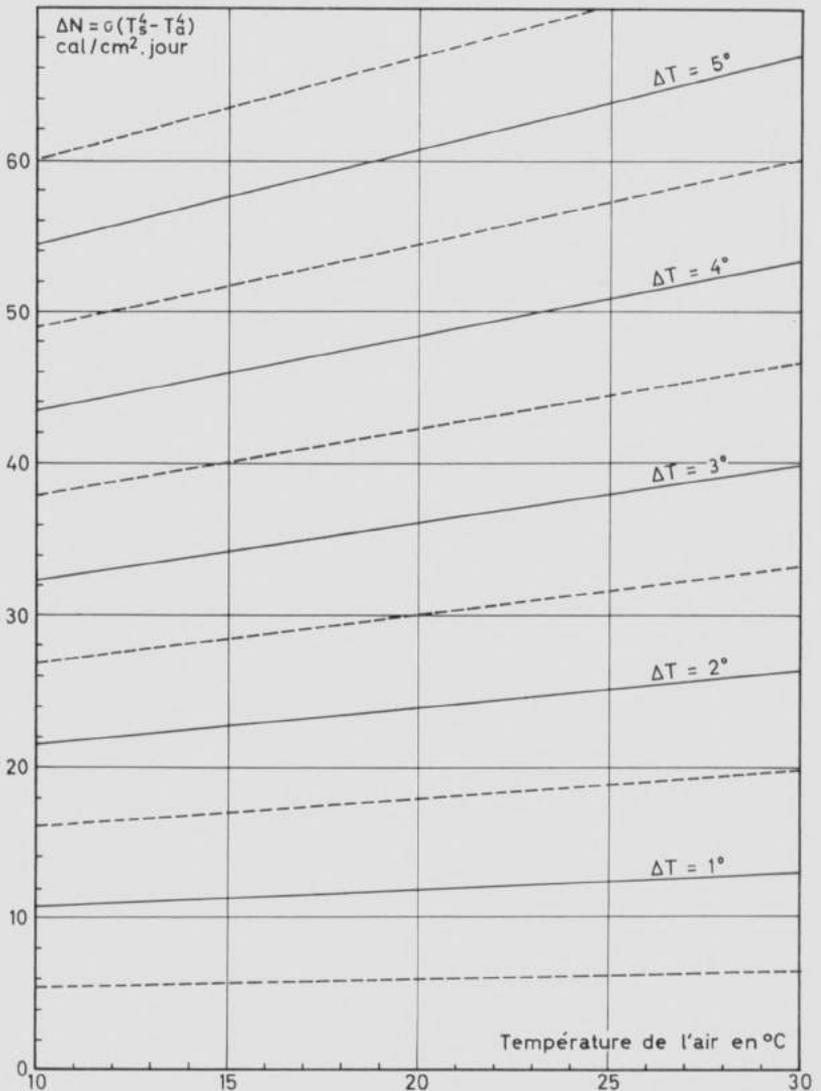


FIG. 8. — Erreur d'estimation du bilan du rayonnement terrestre due à l'écart thermique entre la surface et l'air ( $\Delta T = T_s - T_a$ ).

TABLEAU VII. — Moyennes mensuelles de la température mesurée au niveau du gazon ( $t_g$ ) et de la température de l'air ( $t_a$ ) pour les stations du réseau d'écoclimatologie de l'I.N.E.A.C. Période 1956-1958.

Stations	Coordonnées			$t_g$	$t_a$	$t_g - t_a$
Kutubongo	N 04° 01'	E 19° 09'	550 m	24,4	24,3	0,1
Tukpwo	N 04° 27'	E 25° 55'	704	24,0	23,6	0,4
Nagero	N 03° 46'	E 29° 32'	740	23,5	23,2	0,3
Mt Hawa	N 02° 49'	E 30° 45'	1350	20,9	21,0	—0,1
Bambesa	N 03° 27'	E 25° 43'	621	23,7	23,3	0,4
Boketa	N 03° 11'	E 19° 46'	476	25,0	23,8	1,2
Bongabo	N 03° 06'	E 20° 32'	450	25,0	24,1	0,9
Binga	N 02° 18'	E 20° 30'	400	24,4	24,4	0,0
Yalingimba	N 02° 17'	E 22° 51'	435	25,1	24,2	0,9
Gazi	N 01° 05'	E 24° 27'	456	23,7	23,1	0,6
Yangambi	N 00° 49'	E 24° 29'	487	24,1	23,8	0,3
Eala	N 00° 03'	E 18° 18'	350	25,3	24,6	0,7
Bokonji	S 00° 43'	E 21° 26'	365	24,5	23,6	0,9
Mukumari	S 02° 50'	E 23° 11'	535	24,1	23,4	0,7
Gimbi	S 05° 31'	E 13° 22'	480	23,2	22,1	1,1
Kondo	S 05° 34'	E 12° 58'	230	24,0	23,5	0,5
Luki	S 05° 37'	E 13° 06'	350	23,9	22,8	1,1
Mvuazi	S 05° 27'	E 14° 54'	505	23,4	22,9	0,5
Kiyaka	S 05° 16'	E 18° 57'	735	24,2	23,5	0,7
Kibangula	S 04° 52'	E 27° 04'	685	23,9	23,0	0,9
Gandajika	S 06° 45'	E 23° 57'	780	23,1	23,2	—0,1
Kaniama	S 07° 25'	E 24° 09'	949	22,5	22,3	0,2
Lusinga	S 08° 56'	E 27° 13'	1785	18,1	17,5	0,6
Kipopo	S 11° 34'	E 27° 24'	1300	18,9	18,7	0,2
Keyberg	S 11° 44'	E 27° 25'	1187	20,1	19,3	0,8
Lekwa	N 02° 07'	E 30° 38'	1677	17,4	17,1	0,3
Mutsora	N 00° 19'	E 29° 44'	1330	20,6	20,5	0,1
Ndihira	S 00° 16'	E 29° 10'	2190	14,1	14,4	—0,3
Rwindi	S 00° 47'	E 29° 17'	1040	23,1	22,8	0,3
Rumangabo	S 01° 21'	E 29° 22'	1620	18,3	18,4	—0,1
Mole	S 02° 18'	E 28° 47'	1731	18,6	18,4	0,2
Tshibinda	S 02° 19'	E 28° 45'	2055	15,5	15,6	—0,1
Lubarika	S 02° 50'	E 28° 57'	980	23,1	22,6	0,5
Rubona	S 02° 29'	E 29° 46'	1706	18,8	18,4	0,4
Kisozi	S 03° 33'	E 29° 41'	2155	15,7	15,5	0,2
Musasa	S 04° 00'	E 30° 05'	1266	21,0	20,6	0,4
Luvironza	S 03° 43'	E 30° 00'	1850	15,8	16,6	—0,8

est à peine supérieur aux erreurs commises lors de l'estimation des moyennes journalières.

Les variations saisonnières de la température dans l'air et au niveau du gazon sont représentées graphiquement à la *figure 9* pour quelques-unes des ces stations. Dans la zone équatoriale, l'écart reste constant au cours de l'année sans atteindre des valeurs très élevées. Ailleurs, plusieurs actions particulières peuvent être mises en évidence notamment: l'influence des masses d'air maritime dans les stations du Mayumbe, l'effet d'advection d'air chaud se manifestant en saison sèche dans le nord du pays et dans le Kasai, le léger retard de phase apparaissant dans les régions à régime thermique contrasté. Les modifications saisonnières de l'aspect du couvert végétal et des conditions atmosphériques ne semblent pas susceptibles de provoquer des écarts importants entre les moyennes mensuelles des températures. En se reportant aux valeurs de la *figure 8*, on constate que l'erreur sur l'estimation du bilan du rayonnement terrestre qui résulterait de tels écarts ne justifie pas habituellement l'application du terme correctif.

Il n'en va pas de même lorsqu'on veut établir le bilan du rayonnement total de surface d'eau d'étendue restreinte comme celles, des cuves d'évaporation. En effet, comme l'ont montré BERNARD et FRERE [4], dans les conditions de la Cuvette centrale, la moyenne journalière de la température superficielle de ces nappes d'eau ( $t_w$ ) peut être reliée à la température mesurée dans l'abri par la relation:

$$t_w - 7,2 + 0,86 t_a \quad (19)$$

On en déduit l'existence d'un écart thermique moyen journalier d'environ 4°C entre les deux niveaux.

Des constatations du même ordre ont été trouvées dans le Bas-Congo [12], où la relation moyenne

$$t_w - 6,0 + 0,84 t_a \quad (20)$$

a été établie pour les conditions de fin de saison sèche. Pour la station de Mvuazi par exemple, où la température moyenne dans l'abri s'abaisse à 21°C au cours de cette période, l'écart thermique représente encore 2,6°C.

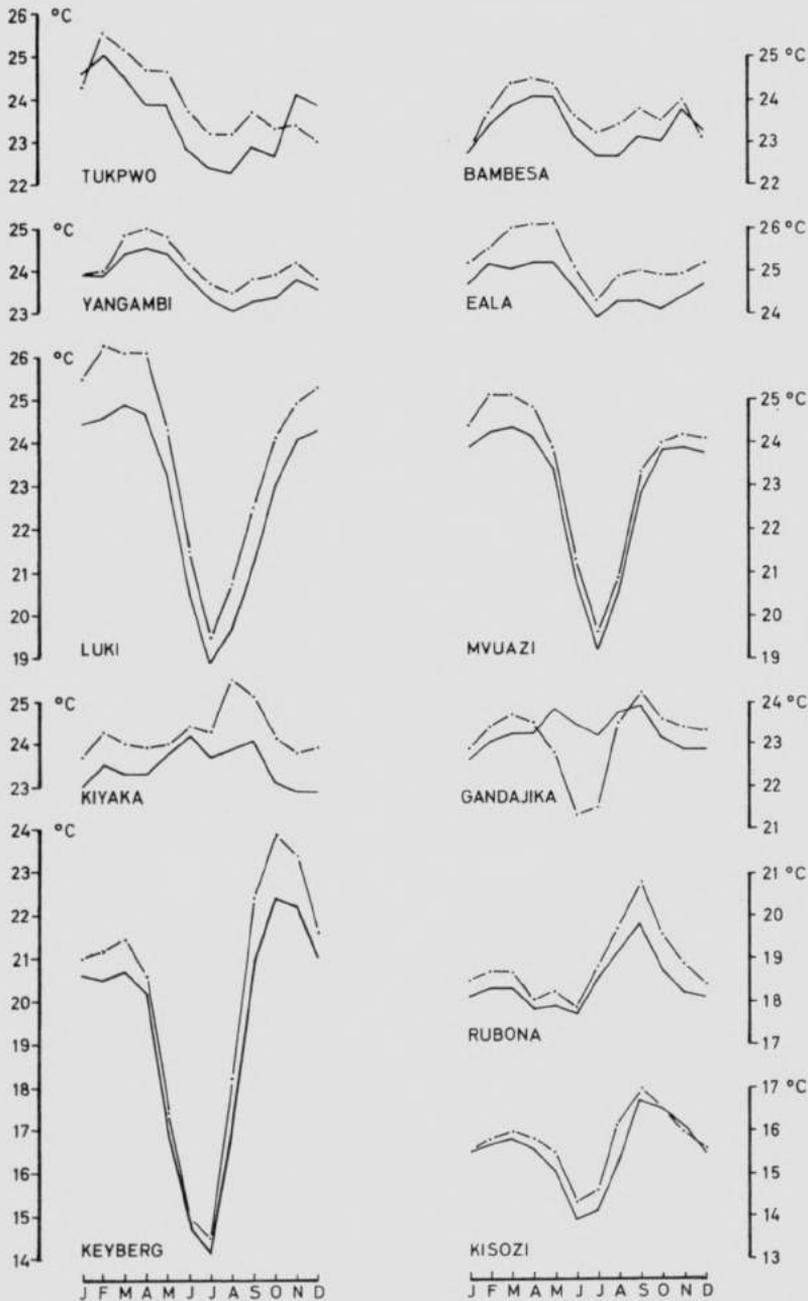


FIG. 9. — Régimes annuels comparés de la température de l'air (—) et de la température au niveau du gazon (.-.-) pour quelques stations du réseau d'écoclimatologie de l'INEAC.

L'erreur commise lors de l'estimation du bilan du rayonnement total n'est plus négligeable et il importe, dans ce cas, de tenir compte, dans toute la mesure du possible, de la température réelle de la surface de l'eau.

- b) Constance du rapport entre les caractéristiques radiatives de l'atmosphère et les observations de surface.

L'extension dans le temps et dans l'espace de l'utilisation de l'équation empirique pour l'estimation du bilan du rayonnement terrestre suppose que la relation entre le pouvoir émissif de l'atmosphère et les caractéristiques thermiques et hygrométriques de l'air au voisinage du sol reste invariable. En d'autres mots, la répartition verticale de la température et de l'humidité dans l'atmosphère doit rester semblable à elle-même pour les différents intervalles de temps et les diverses régions où l'application de la méthode est envisagée. Les données actuelles sur les variations temporelles et spatiales de la structure verticale de l'atmosphère en région équatoriale africaine sont encore très rudimentaires, elles ne permettent guère d'apporter à cette question une réponse satisfaisante. On peut tout au plus tenter de dégager quelques règles orientatives sur la base des quelques observations fragmentaires dont on dispose.

Il convient tout d'abord de remarquer que l'expression (14), à partir de laquelle le pouvoir émissif effectif ( $\epsilon_a$ ) peut être déterminé en fonction de la tension actuelle de vapeur d'eau mesurée dans l'abri, a été établie sur la base de valeurs moyennes journalières. Son utilisation pour le calcul de valeurs instantanées ou de sommes horaires n'est aucunement justifiée, elle conduit d'ailleurs à des conclusions non conformes avec les observations. Ce fait doit être rapproché des déductions tirées précédemment de l'examen des variations diurnes du bilan du rayonnement terrestre et suivant lesquelles la relation entre le pouvoir émissif de l'atmosphère et la tension de vapeur dans l'abri devait varier de façon notable durant la journée.

Il est également important de savoir comment évolue au cours de l'année le rapport entre les propriétés radiatives de l'atmosphère et les caractéristiques observées à proximité de la surface.

Pour Yangambi, on peut vérifier au *tableau VIII* que les écarts entre les estimations et les observations du bilan du rayonnement total ne présentent aucune variation systématique au cours des différents mois. On est ainsi amené à conclure que les relations (14) et (16) restent valables, en moyenne, pour n'importe quelle période de l'année en région équatoriale continentale.

TABLEAU VIII. — Ecart relatifs (p.c.) entre les valeurs estimées et observées des sommes mensuelles du bilan du rayonnement total à Yangambi.

	1957	1958	1959	1957-59
Janvier	—	+ 0,4	+ 8,9	+ 4,6
Février	—	— 4,6	+ 1,3	— 2,8
Mars	—	— 2,4	0,0	— 1,2
Avril	—	— 2,0	+ 0,9	— 0,5
Mai	—	— 2,1	+ 4,7	+ 1,3
Juin	—	— 4,9	+ 7,9	+ 1,5
Juillet	— 1,1	— 0,7	+ 3,0	+ 0,4
Août	+ 1,0	— 2,2	0,0	— 0,4
Septembre	+ 0,9	+ 9,0	— 1,4	+ 2,8
Octobre	— 1,9	+ 6,5	— 2,3	+ 0,8
Novembre	— 0,4	+ 4,9	— 4,9	— 0,1
Décembre	— 5,0	—	+ 3,3	— 0,9
	— 1,0	0,0	+ 1,7	+ 0,2

Le même test appliqué aux données de Léopoldville est d'interprétation moins aisée, la période d'observation étant moins longue et les valeurs citées pour les mois de mai à septembre 1958 apparaissant fort hétérogènes. Cependant, on peut constater au *tableau IX* qu'au cours des saisons pluvieuses, les estimations du bilan du rayonnement total effectuées suivant l'équation (16) restent bien en deçà des grandeurs mesurées. En outre, la valeur absolue des écarts semble être sensiblement modifiée lors de l'apparition de la saison sèche.

D'autre part, on possède pour cette station, une série de sondages aérologiques, réalisés à 6 h G.M.T. (soit 7 h T.L.M.), qui permet d'étudier les variations saisonnières de la structure verticale de l'atmosphère. En ce qui concerne particulièrement

TABLEAU IX. — Ecart relatifs (p.c.) entre les valeurs estimées et observées des sommes mensuelles du bilan du rayonnement total à Léopoldville.

	Estimation suivant (16)		Estimation suivant (25)	
	1958	1959	1958	1959
Janvier	—	—11,4	—	— 5,9
Février	—	— 7,6	—	—2,2
Mars	—	— 6,7	—	—1,7
Avril	—10,6	— 8,1	— 5,6	—3,1
Mai	+ 3,1*	—11,0	+11,4*	—4,8
Juin	— 7,4	—10,6	+ 3,2	+ 0,5
Juillet	+ 4,1	— 5,0	+20,0	+ 7,5
Août	+ 7,0	— 5,8	+20,2	+ 5,3
Septembre	+ 5,8	—	+15,5	—
Octobre	—10,1	—	— 3,5	—
Novembre	—11,3	—	— 5,8	—
Décembre	— 9,2	—	— 4,2	—
	— 4,9	— 8,5	+ 3,0	—1,6

\* Observations durant 24 jours seulement.

la teneur en vapeur d'eau, les données publiées par BERRUEX [5] mettent en évidence des modifications appréciables sur toute l'épaisseur de la troposphère. La *figure 10* reproduit quelques profils moyens mensuels caractéristiques. Comme ces influences saisonnières changent sensiblement l'allure générale de la répartition verticale, on peut s'attendre à ce que la relation entre le pouvoir émissif de l'atmosphère et les caractéristiques hygrométriques mesurées au sol varie au cours de l'année.

La connaissance de la répartition verticale de la vapeur d'eau permet une détermination indirecte du pouvoir émissif en fonction de la tension actuelle de vapeur d'eau mesurée au voisinage du sol [19]. En effet, les travaux théoriques d'ELSASSER, BROOKS et ROBINSON [21] ont montré que dans une couche isotherme, et dans certaines limites d'humidité, le pouvoir émissif augmentait proportionnellement au logarithme du contenu en eau précipitable ( $u'$ , en  $g\ cm^{-2}$ ). MONTEITH a déterminé cette relation

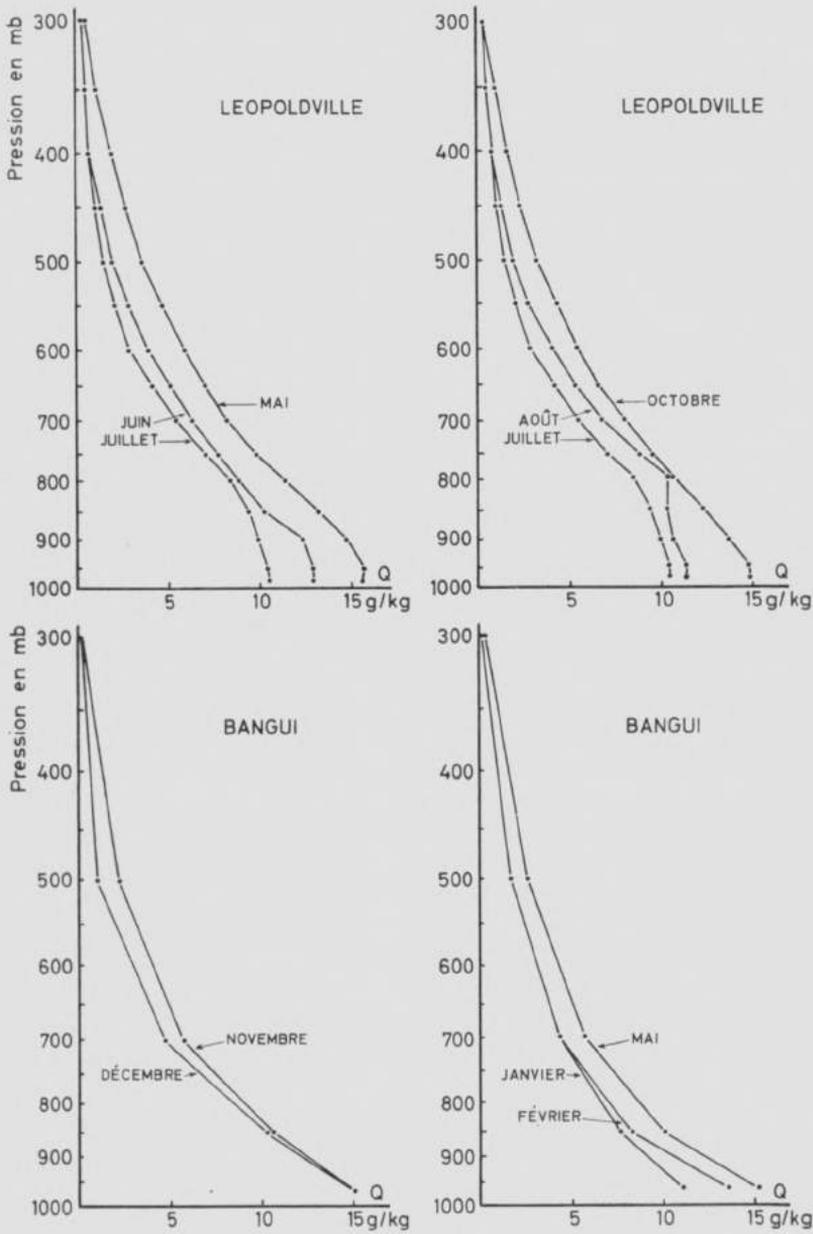


FIG. 10. — Evolution saisonnière du profil d'humidité spécifique (Q) à Léopoldville et Bangui.

pour des conditions plus réelles représentant les différentes situations atmosphériques rencontrées à Kew:

$$\epsilon_a - 0,704 + 0,220 \log u' \quad (21)$$

Pour retrouver l'équation (8) de BRUNT, il suffit d'établir la relation entre le contenu en eau précipitable et la racine carrée de la pression partielle de vapeur d'eau mesurée dans l'abri. Dans les conditions de Kew:

$$\log u' - 0,295 \sqrt{e_a} - 0,803 \quad (22)$$

Une régression similaire a été recherchée pour la station de Léopoldville sur la base des 12 profils mensuels moyens publiés par BERRUX. Elle a comme expression:

$$\log u' - 0,265 \sqrt{e_a} - 0,602 \quad (23)$$

La corrélation est assez étroite ( $r = +0,98$ ) mais les valeurs trouvées pour juillet, août et septembre s'écartent sensiblement de la droite.

Combinant les équations (21) et (23), on trouve, pour les conditions de Léopoldville:

$$\epsilon_a - 0,57 + 0,056 \sqrt{e_a} \quad (24)$$

En comparant cette relation avec celle qui fut déterminée à Yanguambi, on constate que, pour une même tension de vapeur au sol, le pouvoir émissif effectif de l'atmosphère doit être plus élevé à Léopoldville (*figure 11*).

Finalement, en reportant la valeur de (24) dans l'équation (16), on peut obtenir, pour cette dernière station, une nouvelle estimation provisoire du bilan du rayonnement terrestre:

$$N'' - \sigma T_a^4 (0,43 - 0,056 \sqrt{e_a}) (0,49 + 0,51 I_r) \quad (25)$$

Comme le montrent les résultats présentés dans la seconde partie du *tableau IX*, elle conduit à une meilleure approximation du bilan du rayonnement total durant les mois pluvieux. Les estimations au cours de la saison sèche restent cependant beaucoup trop faibles, probablement par suite d'une modification de la nature des formations nuageuses.

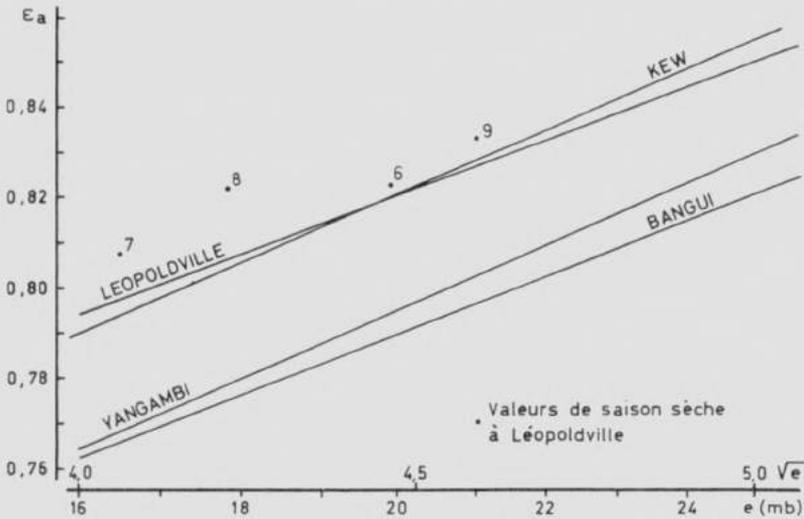


FIG. 11. — Relation entre le pouvoir émissif effectif de l'atmosphère et la pression partielle de vapeur d'eau au sol.

Le même travail a été réalisé pour la station de Bangui (N 04°22', E 18°54', 387 m) en se basant sur 24 moyennes mensuelles des radiosondages effectués vers 5 h G.M.T. (soit 6,15 h T.L.M.) et publiées par le Service météorologique de Brazzaville.

La répartition verticale de l'humidité est différente de celle rencontrée à Léopoldville (*figure 10*). De ce fait, la relation entre le contenu en eau précipitable et la pression partielle de vapeur d'eau au sol prend une valeur particulière:

$$\log u' - 0,270\sqrt{e_a} - 0,809 \quad (r = +0,836) \quad (26)$$

Les écarts rencontrés ont un caractère aléatoire et ne peuvent guère être reliés à des variations saisonnières.

De cette relation, on déduit l'expression du pouvoir émissif effectif en fonction de la pression partielle de vapeur d'eau mesurée dans l'abri:

$$e_a = 0,53 + 0,059\sqrt{e_a} \quad (27)$$

Comme on peut le voir à la *figure 11*, cette droite est nettement distincte de celle qui fut établie suivant la même méthode à

Léopoldville, elle est au contraire voisine de celle qui fut déterminée, suivant une autre voie, pour la station de Yangambi.

Ces deux exemples, sans être absolument probants, montrent cependant que les conditions troposphériques qui régissent le rayonnement atmosphérique sont soumises à des variations spatiales ou saisonnières importantes. On est ainsi amené à conclure que l'usage de l'équation (16) devrait, en toute rigueur, être réservé à la Cuvette centrale congolaise. En dehors de cette région, il est fort probable que des influences océaniques, tropicales ou orographiques soient susceptibles de modifier le bilan du rayonnement terrestre dans une mesure qu'il est encore difficile de préciser.

Le 24 avril 1964.

## BIBLIOGRAPHIE

- [ 1 ] ÅNGSTRÖM, A.: Über du Gegenstrahlung der Atmosphäre (*Meteor. Zeitsch.*, H. 12, 1916).
- [ 2 ] BERNARD, E.-A.: Le déterminisme de l'évaporation dans la nature. Etude des aspects géophysique et écologique du problème dans le cadre du bilan énergétique (*Public. de l'INEAC*, *Sie Sc.* 68, 1956).
- [ 3 ] —: Théorie des oscillations annuelles et diurnes de la température à la surface des continents et des océans (*Arch. für Meteor., Geoph. und Bioklim.*, *Sie A*, 12, 4, 502-543, 1962).
- [ 4 ] — et FRERE M.: Une expression pratique de l'évaporation potentielle des surfaces naturelles en climat tropical (*Misc. geofis.*, Luanda, 355-366, 1956).
- [ 5 ] BERRUUX, M.: Contribution à la connaissance de l'atmosphère équatoriale: une année de radiosondage à Léopoldville (A.R.S.C., *Classe Sc. techn.*, *Mém. in-4°*, V, 5, 1958).
- [ 6 ] BONNET, G.: La mesure de la radiation globale avec le pyranomètre de Bellani (*Journ. de la Mécanique de l'Atmosphère*, *Sie* 2, 1, 2, 101-107, 1959).
- [ 7 ] BRUNT, M.-A.: Notes on radiation in the atmosphere (*Quart. Journ. Roy. Meteor. Soc.*, 58, 389-418, 1932).
- [ 8 ] BUDYKO, M.: The heat balance of the earth's surface (U.S. Dpt. of Commerce, Weather Bureau, Washington D.C., 1956).
- [ 9 ] BULTOT, F.: Sur la détermination des moyennes mensuelles et annuelles de l'évaporation réelle et de l'écoulement dans le Bassin congolais (*Bull. des Séances de l'ARSOM*, VIII, 4, 816-838, 1962).
- [ 10 ] DE COSTER, M. et SCHUEPP, W.: Mesure du rayonnement effectif à Léopoldville (*Bull. de l'A.R.S.C.*, n<sup>elle</sup> s<sup>ie</sup>, 3, 640-651, 1957).
- [ 11 ] DOGNIAUX, R. et PERRIN de BRICHAMBAUT, Ch.: Terminologie des grandeurs et instruments de mesure du rayonnement en Météorologie (*Arch. für Meteor., Geoph. und Bioklim.*, *Sie B*, 12, 2, 224-240, 1963).
- [ 12 ] DUPRIEZ, G.-L.: L'évaporation et les besoins en eau des différentes cultures dans la région de Mvuazi (Bas-Congo) (*Public. INEAC*, *Sie Sc.*, n° 106, 1964).
- [ 13 ] — et FRERE, M.: Le pyranomètre de Bellani à sphère métallisée, instrument pratique de mesure du rayonnement global en régions équatoriales (inédit).

- [14] GIER, J.T. and DUNKLE, R.V.: Total hemispherical radiometers (*Trans. Amer. Inst. Electr. Eng.*, 70, 339, 1951).
- [15] HOUGHTON, J.T.: The emissivity of the earth's surface (*Quart. Journ. Roy. Meteor. Soc.*, 84, 362, 448-450, 1958).
- [16] INEAC: Rapport annuel pour l'exercice 1959 (*Public de l'INEAC*, hors série, 1960).
- [17] LÖNNQVIST, O.: Synthetic formulae for estimating effective radiation to a cloudless sky and their usefulness in comparing various estimation procedures (*Ark. Geophys.*, 2, 245, 1954).
- [18] Service Météorologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi: *Météo Congo*, 1952-1955.
- [19] MONTEITH, J.L.: An empirical method for estimation long-wave radiation exchanges in the British Isles (*Quart. Journ. Roy. Meteor. Soc.*, 87, 372, 171-179, 1961).
- [20] — and SZEICZ, G.: The radiation balance of bare soil and vegetation (*Quart. Journ. Roy. Meteor. Soc.*, 87, 372, 159-170, 1961).
- [21] ROBINSON, G.D.: Notes on the measurement and estimation of atmospheric radiation (*Quart. Journ. Roy. Meteor. Soc.*, 86, 327, 37-51, 1950).
- [22] —: Introduction aux mesures de rayonnement solaire et terrestre. in O.M.M. Catalogue des données météorologiques de l'A.G.I./C.S.I. (W.M.O./O.M.M., 135, I.G.Y./A.G., 4, 1962).
- [23] SCHUEPP, W.: La conversion du rayonnement sphérique en rayonnement global (*Arch. für Meteor., Geoph. und Bioklim.*, 5<sup>te</sup> B, 10, 3, 311-341, 1960).

## **S. Irmay. — L'éducation technologique dans les pays en voie de développement. — L'exemple d'Israël**

Les pays en voie de développement de l'Asie, de l'Afrique et de l'Amérique latine se situent dans la ceinture chaude de la terre. Il existe là des régions désertiques, des jungles ou marécages, qui ne conviennent pas à la culture agricole, ou qui ont perdu tout élément nutritif.

Dans les régions arides et semi-arides, les sels nocifs se sont concentrés dans le sol par ascension capillaire et évaporation. Comme résultat de pratiques inadéquates, l'érosion du sol a chassé le sol lui-même. Ce qui a pour résultat qu'aucune culture d'une valeur économique élevée n'est possible.

Les pauvres récoltes, les maladies endémiques débilitantes humaines et animales, les calamités périodiques et les catastrophes, les guerres prolongées entre tribus et l'oppression par des conquérants étrangers, l'esclavage, l'analphabétisme, l'ignorance et la superstition: tout cela a contribué à maintenir l'état statique d'une agriculture extensive, souvent caractérisé par de la torpeur, inertie fatalistique, et opposée à des changements radicaux, même avantageux, d'une existence presque végétative de centaines de millions d'êtres humains.

Les pays en voie de développement doivent s'adapter aux temps modernes en élevant leur économie et le niveau d'éducation de leurs peuples. Cela peut être atteint par le développement d'une agriculture intensive basée sur l'irrigation et la mécanisation; par l'établissement d'industries adaptées aux besoins de leur agriculture et population; en éliminant l'analphabétisme et par l'introduction d'une éducation et instruction technologiques; par l'avancement de la coopération internationale et en favorisant la bonne volonté, pour amener plus de ressources humaines et de matière vers des buts pacifiques et positifs.

On pourrait dire que ce que nous appelons civilisation moderne est en vérité le progrès et l'accomplissement technique. Et ce

sont l'instituteur, le médecin et l'ingénieur qui déterminent finalement si un pays se développe ou reste sous-développé. Donnez à un pays sous-développé un nombre suffisant d'éducateurs, de médecins et des techniciens, et il deviendra rapidement développé, comme l'a montré récemment l'exemple d'Israël.

La technologie a un côté positif et un côté négatif. Le côté positif est marqué par l'utilisation des ressources naturelles, par le planage et la création d'objets qui remplissent leur fonction sûrement et économiquement, tout en satisfaisant en même temps les besoins sociaux et esthétiques de l'homme. Exemples: l'exploitation de la houille (noire, blanche, bleue), du pétrole, du gaz, de l'électricité et de l'énergie atomique; la production de matériaux de construction et produits chimiques fabriqués et transportés rapidement.

Du côté négatif, l'ingénieur doit combattre les fléaux de la nature ou leur résultats pernicioeux: la sécheresse par l'irrigation, l'érosion du sol par des cultures appropriées, les inondations par le réglage des cours d'eau et les barrages de retenue, le paludisme et la fièvre jaune par le drainage des marais et des mesures sanitaires, les épidémies infectieuses par l'approvisionnement en eau et des systèmes d'égouts, etc.

Si le monde blâme l'ingénieur pour sa contribution à la guerre, on oublie que peu de nos législateurs et hommes d'état sont des ingénieurs. Ne faudrait-il pas que l'ingénieur puisse contrôler ses inventions pour qu'elles ne servent qu'à rendre le monde meilleur? C'est pourquoi l'éducation technologique devrait être basée non seulement sur l'accroissement du savoir et de la qualification du technologiste, mais surtout sur ses engagements envers la société et sur le développement de son individualité. L'ingénieur devrait avoir une forte personnalité pour lui permettre de traiter avec les employeurs et les travailleurs. Il devrait avoir une grande éthique dans sa profession pour qu'il ne devienne pas un outil entre les mains d'un tyran peu scrupuleux. Il devrait maintenir un intérêt vital et chaud aux problèmes touchant le bien-être de la société humaine.

L'éducation et l'instruction technologiques comprennent toute la période de formation entre l'éducation secondaire et l'école d'ingénieurs ou université. Cette période comprend également

la période de pratique industrielle, qui lui donne les qualités techniques nécessaires à sa profession.

Qu'est-ce qu'un ingénieur? Les représentants des associations de 17 pays d'Europe et d'Amérique se sont mis d'accord sur la définition suivante:

L'éducation fondamentale et l'instruction de l'*ingénieur* doit lui permettre d'appliquer des méthodes scientifiques aux analyses et solutions des problèmes technologiques. Il doit être à même de prendre responsabilité personnelle dans le développement et l'application de la science et du savoir technologique dans les recherches, projet, construction, fabrication, supervision, direction et l'éducation de jeunes ingénieurs. Son travail doit être intellectuel et varié et ne pas porter de caractère de routine physique ou mentale. Il doit demander une pensée originale et un jugement technologique ainsi que la faculté de contrôler le travail technique et administratif d'autres.

Sa formation devrait lui permettre de suivre de près et continuellement le progrès dans sa branche technologique en consultant ce qui paraît de nouveau partout, d'assimiler pareille information et l'appliquer lui-même. Il devrait être ainsi capable de contribuer au développement de la science technologique ou de ses applications.

Sa formation doit lui permettre une appréciation vaste et générale des sciences technologiques et une vue complète des traits caractéristiques à sa propre branche. Il sera à même de donner à temps un conseil autoritatif et assumer la responsabilité pour des tâches importantes dans sa branche.

Un de mes amis au Technion, le professeur MADJAR, en donne un résumé très bref: un ingénieur doit savoir penser, calculer, mesurer, surveiller et économiser.

Le *technicien* par contre devrait pouvoir appliquer d'une façon responsable des techniques éprouvées qui sont couramment connues par les experts dans une branche technique, ou qui sont spécialement prescrites par des ingénieurs.

Sous la direction générale d'un ingénieur, ou en suivant des techniques établies, il doit être en mesure d'exécuter des tâches typiques, tout en contrôlant complètement le travail d'ouvriers qualifiés. Les techniques employées demandent de l'expérience

acquise et le savoir de la branche particulière de technologie, combinée à la faculté d'élaborer les détails de la tâche à la lumière d'une pratique bien établie. La formation du technicien doit lui permettre de comprendre les raisons et les buts des opérations dont il est responsable.

Un certain nombre de diplômés moins doués d'écoles d'ingénieurs pourraient finir par rester techniciens, tandis que d'autres, meilleurs, ayant suivi une éducation technique, pourraient devenir des ingénieurs.

Un jeune ingénieur sera probablement employé dans l'industrie ou à un projet, ou il opérera avec machines et matériaux ou fera certains projets. S'il réussit, il surveillera le travail de quelques hommes pour augmenter la production et employer les meilleures méthodes pour obtenir de meilleurs produits. S'il réussit encore, il aura une responsabilité plus administrative et s'occupera de prix et d'aspects financiers. Le progrès de beaucoup d'ingénieurs suit le chemin suivant: machines, matériaux, hommes, direction, méthodes, moyens financiers.

Les considérations ci-dessus sur la formation de l'ingénieur s'appliquent à des pays hautement développés, comme la Belgique, les Etats-Unis, le Royaume Uni, l'Allemagne, etc. Leurs instituts technologiques et leurs méthodes d'enseignement ont progressé graduellement durant des siècles, parallèlement avec le développement de leurs industries et leur structure sociale. Cela s'est souvent passé par des méthodes d'essais et d'erreur et durant des guerres destructives. L'Europe occidentale et centrale n'ont pas encore surmonté les problèmes de villes tortueuses et de distribution non économiques des centres de population.

Mais il ne faut pas qu'un pays neuf copie aveuglément ces méthodes. Il devrait profiter de l'expérience des pays développés pour n'adopter que ce qui lui conviendrait le mieux.

Comme l'exemple d'Israël l'a montré, un nouveau pays, même s'il est petit et pauvre, peut se transformer rapidement d'un pays à agriculture extensive en un pays industriel à agriculture intensive. Ceci peut être réussi en peu d'années, à condition que le peuple soit prêt à travailler pour un but commun, que ses chefs savent prévoir et évitent les guerres internes, que leurs écono-

mistes réussissent à attirer les capitaux, et qu'ils aient assez d'ingénieurs et techniciens compétents.

Les étapes successives peuvent être décrites approximativement comme suit:

1. Education primaire générale (âges 6 à 12);
2. Formation professionnelle de main-d'œuvre qualifiée, éducation secondaire (âges 12 à 18);
3. Education technique de techniciens (16 à 20);
4. Education secondaire, lycées (âges 12 à 18);
5. Education technologique d'ingénieurs (à partir de l'âge 18);
6. Education de troisième cycle de recherche.

Toutes ces étapes ne peuvent être exécutées simultanément par manque de fonds, de personnel enseignant, de services et conditions générales. Afin d'accélérer le développement technologique, au début on peut envoyer à l'étranger un grand nombre de jeunes gens intelligents, qui plus tard pourront servir de chefs à leurs compatriotes. Il est important de choisir des candidats émotionnellement stables, et de les envoyer aux pays et endroits, où on les recevra cordialement, mais sans qu'ils aient le désir d'y rester en permanence. L'expérience a montré qu'un tiers environ ne retourne pas immédiatement.

Une fois le nombre de jeunes ingénieurs et techniciens suffisant, avec le nombre de techniciens au moins trois fois plus grand que le nombre d'ingénieurs, on peut inviter quelques ingénieurs experts de l'étranger afin d'introduire les jeunes ingénieurs à leurs postes, comme il a été fait en Israël avec de bons résultats. Des écoles techniques peuvent être ouvertes, l'enseignement y étant donné par les jeunes ingénieurs. Ce n'est que plus tard qu'une école d'ingénieurs peut être fondée avec une direction et un personnel enseignant venant de l'étranger. Peu à peu ils seront remplacés par un personnel local. Il est préférable d'adapter les départements aux besoins les plus pressants du pays, tels construction de routes, industries basées sur des produits agricoles locaux périssables, travaux d'assainissement antipaludéens, prévention de crues, irrigation, etc.

Les écoles professionnelles, techniques et technologiques doivent posséder des laboratoires modestes, mais adéquatement pour-

vus. Les programmes d'enseignement ne doivent pas être copiés d'autres pays, mais adaptés aux besoins locaux. L'enseignement peut être donné en une langue qui possède une riche littérature technique. Des bourses généreuses attireront les jeunes et brillantes personnes, surtout si elles reçoivent plein logement. Notre expérience a montré qu'il est très désirable que l'école technologique ne soit pas entravée par trop de règlements bureaucratiques. sélection des candidats et du personnel, surtout aux postes élevés, est fondée sur la faculté et les résultats scolaires, et non sur d'autres critères.

On peut commencer la recherche scientifique à petite échelle avec des fonds modestes et traitant les problèmes d'importance locale. Au début, la recherche appliquée doit être préférée. Si des résultats satisfaisants sont obtenus, on peut élargir graduellement les possibilités de recherche.

Un échange vif de personnel scientifique avec d'autres pays est à recommander. Les ingénieurs et hommes de sciences locaux seront encouragés s'ils sont adéquatement rémunérés et libérés de devoirs non essentiels.

La formation technologique en Israël a une histoire très courte. Durant moins de 50 ans ce pays s'est transformé d'un pays arriéré à population clairsemée, non développée et pauvre, en un pays moderne à industrie se développant rapidement et à agriculture intensive et hautement mécanisée.

L'établissement rapide des Juifs sur cette terre a nécessité le drainage et assèchement des marécages, l'installation d'eau courante et d'égouts, la construction de routes et de bâtiments. En conséquence, en 1924 a commencé la formation d'ingénieurs civils et d'architectes avec la fondation du Technion, appelé à présent l'Institut de Technologie d'Israël, qui surmonte la populeuse et industrielle baie de Haïfa. Symboliquement, l'ancien Technion est le premier bâtiment de Haïfa moderne.

L'économie agricole à base extensive et l'industrie naissante n'ont pu encore supporter la recherche appliquée, un institut de technologie de premier ordre, et même un enseignement primaire obligatoire. Le Technion a formé des ingénieurs qui, quoique compétents professionnellement, possédaient une base scientifique assez étroite et peu d'humanités. Ils avaient parfois des difficultés

avec les problèmes nouveaux et imprévus d'un état nouveau et de la technologie moderne.

Le développement de l'industrie a amené l'ouverture de départements supplémentaires, la mécanique, l'électricité et le génie chimique.

Après l'établissement de l'Etat d'Israël en 1948, la population a quadruplé en 15 ans pour atteindre deux millions et un quart. Ceci avait donné un grand essor au développement du Technion: l'ouverture des départements du génie agricole, aéronautique, mines, génie industriel. Les besoins accrus de recherche appliquée donnèrent lieu à la fondation de départements scientifiques: mathématiques, physique, mécanique, sciences nucléaires, chimie. En même temps, il y a une forte demande pour une formation technologique moins spécialisée et plus scientifique.

La tendance est semblable à celle d'autres pays industriels développés, vers une formation scientifique et générale plus large des ingénieurs, une sélection plus sévère à l'admission, et la prolongation de l'enseignement universitaire de 4 à 5 ans. Malheureusement, il n'y a pas assez de techniciens en Israël. Ceci a eu pour résultat que le tiers des quelque 8 000 ingénieurs du pays remplissent les fonctions de techniciens.

Le Technion a fondé à Haïfa une école-modèle pour techniciens pour satisfaire à ce besoin. D'autres écoles sont en train d'opérer à Tel-Aviv et dans d'autres centres industriels. Nous espérons arriver à un rapport techniciens/ingénieurs de 3:1. Ce n'est que lorsqu'il y aura assez de techniciens qualifiés, qu'une nouvelle réforme de la formation de l'ingénieur pourra être abordée.

Un signe plein de promesse est l'établissement de nombreuses écoles professionnelles agricoles, industrielles et dans les branches du génie civil.

L'état dynamique de l'économie d'Israël et sa structure sociale expliquent pourquoi nombre de pays nouveaux cherchent son conseil, essaient de bénéficier de ses réussites et d'éviter ses erreurs.

Le 24 avril 1964.

## BIBLIOGRAPHIE

- [ 1 ] The Case Project, A Program of Study and Action in Engineering Education at Case Institute of Technology (2nd Progress Rep., 1958).
- [ 2 ] Civil Engineering Education (A.S.C.E., New York, 1961).
- [ 3 ] Curricula Leading to First Degrees in Engineering in U.S.A., accredited by Engineers' Council for Professional Development (New York, 1960).
- [ 4 ] DANFORTH, H.L.: What is Wrong with Engineering Education (*Civil Engineering*, May 1955).
- [ 5 ] Educational Development Committee, First Annual Report 1960-61 (Univ. of California, Los Angeles).
- [ 6 ] Improving College Instruction, Rep. of Conf. (American Council on Education Studies, Chicago, Dec. 1950).
- [ 7 ] IRMAY, S. and ROSENTHAL, D.: Organization of Engineering Education at the Technion, Rep. No. 2 (Technion, Israel Institute of Technology, Haifa, June 1960).
- [ 8 ] —: Improvement of Engineering Education at Technion, Rep. No. 3 (Technion, Israel Inst. of Technology, Haifa, July 1961).
- [ 9 ] —: L'éducation des ingénieurs dans un pays neuf - L'exemple d'Israel (U.N. Conf. on the Applic. of Sci. and Technology for the Benefit of the Less Developed Areas, Genève, Février 1963, no. K.2.3).
- [10] KRONIG, R.: La formation de l'ingénieur aux Pays-Bas (*Revue Soc. Roy. Belge des Ing. et Ind.*, Bruxelles, 1961).
- [11] LEWIS, W.A.: Problems of New States (Intern. Conf. on Science in the Advancement of New States, Rehovot, Israel, 1960).
- [12] MALHERBE, M.C. and OPPENHEIM, A.K.: Changing Structure of Engineering Education (*The Engineer*, Dec. 22, 1961, 1025-1028).
- [13] MAYER, F.: New Directions for the American University (Public Affairs Press, Washington, D.C., 1957).
- [14] OLLENDORFF, F.: Technische Erziehung in Israel (1960).
- [15] Proc. of 15th Annual National Conference on Higher Education (Ass. for Higher Education, Washington, D.C., 1960).

- [16] Recommendations of the Senate Committee for the Investigation of Undergraduate Engineering Education at Technion (in Hebrew) (Technion, Israel Inst. of Technology, Haifa, May 1962, Chairman: S. IRMAY).
- [17] Report of the Curriculum Study Committee, Dept. of Engineering (Univ. of California, Los Angeles, April 1960).
- [18] Report on Education and Training of Professional Engineers (3 vols., EUSEC, Brussels, 1960).
- [19] Report on Evaluation of Engineering Education (A.S.E.E., 1952-55).
- [20] ROSENTHAL, D.: On Understanding Engineering (Symposium, ASEE, Pittsburgh, 1959).
- [21] —: On the Reorganization of Engineering Education at the Technion (Technion, Israel Inst. of Technology, Haifa, 1956).
- [22] SCHWARTZ, B.: La réforme des études à l'Ecole des Mines de Nancy (*L'Usine nouvelle*, Mars 1961).
- [23] Second Progress Report of the Curriculum Study Committee, Dept. of Engineering (Univ. of California, Los Angeles, May 1958).
- [24] TILLES, S.: Introduction to Teaching Techniques (Technion, Israel Inst. of Technology, Haifa, Feb. 1955).
- [25] A University Looks at its Program. The Report of the Univ. of Minnesota (The Univ. of Minnesota Press, Minneapolis, Minn., 1954).
- [26] WEIL, J.: Education for the Engineer of Tomorrow (*Technion Yearbook 1949*, Amer. Technion Soc., New York).
- [27] WILBUR, J.B.: The Importance of Balance in Engineering Education (A.S.C.E., 1958).
- [28] WOOD, J.F.D.: Development in Engineering Education Overseas (ANZAAS Conf., Perth, Aug. 1959, p. 75-83).
- [29] WOODSIDE, W.: The University Question (The Ryerson Press, Toronto, 1958).

TABLE DES MATIERES — INHOUDSTAFEL

Séances des Classes	Zittingen der Klassen	Pages - Blz.
Sciences morales et politiques. — <i>Morele en Politieke Wetenschappen</i>		
	16.3.1964 ... ..	446; 447
	20.4.1964 ... ..	465; 466
Sciences naturelles et médicales. — <i>Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen</i>		
	17.3.1964 ... ..	492; 493
	28.4.1964 ... ..	523; 524
Sciences techniques. — <i>Technische Wetenschappen</i>		
	13.3.1964 ... ..	528; 529
	24.4.1964 ... ..	564; 565
<b>Benoemingen:</b> Zie Nominations		
<b>Bienvenue</b> (S. IRMAY) ... ..		566
BOURGEOIS, R.: L'organisation gouvernementale et territoriale de la République du Congo (Léopoldville)		
	au 1.1.1964 ... ..	446; 447
<b>Communications et notes:</b>		
BRIEN, P.: Hommage à V. Van Straelen ... ..		492; 493; 496-500
DE CLEENE, N.: Présentation de l'ouvrage de M. Palau		
	Marti: « Le roi-dieu au Bénin » ... ..	466; 467; 477-478
DUPRIEZ, G.-L.: Contribution à l'étude du bilan du rayonnement total et de ses composantes en région équatoriale africaine ... ..		
		564-565; 568-616
FRANÇOIS, J.: Observations sur l'hétérostylie chez <i>Eichbornia crassipes</i> (Mart.) Solms ... ..		
		492; 493; 501-519
GERARD, A.: Note sur l'étude des littératures néo-africaines ... ..		
		448; 449; 452-464
IRMAY, S.: L'éducation technologique dans les pays en voie de développement - L'exemple d'Israël		
		564; 565; 617-625
NUYENS, J.: Cfr VERDEYEN, J.		

OBOLENSKY, V.: Stabilisation d'une paroi de carrière par <i>rockbolting</i> ... ..	530; 531; 558-563
STENGERS, J.: Présentation de l'ouvrage de F. Van Langenhove: « Le rôle proéminent du Secrétaire général dans l'opération des Nations Unies au Congo »	466; 467; 470-476
VANBREUSEGHEM, R.: Epidémiologie des lévuroses ...	494; 495; 520-522
VAN DER LINDEN, F.: Coopération et planification en Afrique ... ..	468; 469; 479-490
VERDEYEN, J. (col. NUYENS, J.): La pratique du compactage des sols ... ..	530; 531; 534-557
Concours annuel 1966 ... ..	450; 468; 494; 526; 532; 568
Décès (V. VAN STRAELEN) ... ..	492; 496-500
Mededelingen en nota's: Cfr Communications et notes	
Mémoires (Présentation de):	
GERMAIN, R.: Les biotopes alluvionnaires herbeux et les savanes intercalaires du Congo équatorial ... ..	526; 527
HUBERT, J.-R.: La Toussaint rwandaise et sa répression ...	448; 449
VAN RIEL, J.: L'eau en milieu rural centre-africain ... ..	524; 525
Nominations	
L'HERMITE, R. ... ..	530; 531
MAESEN, A. ... ..	528; 529
SYMOENS, J.-J. ... ..	530; 531
VANDER ELST, N. ... ..	528; 529
VAN GANSE, R. ... ..	528; 529
Overlijden (V. VAN STRAELEN) ... ..	493; 496-500
PALAU MARTI, Montserrat: Le roi-dieu au Bénin ...	466; 467; 477-478
Symposium (Internationaal) over Fytiatrie en Fytofarmacie (P. STANER) ... ..	527
Symposium international de phytopharmacie et de fytia- trie (P. STANER) ... ..	526
VAN LANGENHOVE, F.: Le rôle proéminent du Secrétaire général dans l'opération des Nations Unies au Congo	466; 467; 470-476
Verhandelingen (Voorlegging van): Cfr Mémoires	
Wedstrijd (Jaarlijkse) 1966 ... ..	451; 469; 495; 527; 533; 569
Welkomstgroet (S. IRMAY) ... ..	567

ACHEVÉ D'IMPRIMER LE 25 SEPTEMBRE 1964  
PAR L'IMPRIMERIE SNOECK-DUCAJU & FILS

S.A.

GAND - BRUXELLES