

— et d'examiner ensuite les conclusions que l'on peut tirer des faits nouveaux.

L'exposé comprendra : un résumé des questions débattues ; cinq exemples des confusions et lacunes de la réponse de M. RUHE ; à la lumière des faits nouveaux énoncés dans cette réponse, un réexamen des deux questions suivantes : la classification et l'âge des surfaces d'érosion du haut plateau de l'Ituri et la nature et la signification des dépôts superficiels des surfaces d'érosion ; une conclusion montrant en quoi le point de vue de R. V. RUHE diffère de celui de la plupart des géomorphologistes africains et comment, du point de vue de ces derniers, pourraient s'interpréter les observations qu'il a faites dans le haut Ituri.

A. — *Résumé des questions débattues.*

On peut résumer très brièvement comme suit les éléments des travaux publiés (J. LEPERSONNE 1949, 1956a, 1956b ; R. V. RUHE 1954 a, 1954b, 1956, 1958) qui interviennent dans le débat :

1) En 1949, dans un mémoire sur mes observations géologiques dans le fossé tectonique, j'ai consacré 6 pages à la géomorphologie de la région du nord-est du Congo qui borde ce fossé. Les observations de terrain, poursuivies de 1938 à 1940, me conduisaient à conclure à l'existence de trois pénéplaines principales, et peut-être d'une quatrième. Ne pouvant dater cette succession au Congo, je la comparais à celle de l'Uganda et concluais à la probabilité que les trois surfaces du Congo correspondent aux pénéplaines I, II et III définies par WAYLAND et considérées par lui comme d'âges jurassique ou juro-crétacé, miocène et pliocène.

2) En 1954, R. V. RUHE publie deux études (1954a, 1954b) sur les hauts plateaux de l'Ituri relatant d'une part ses observations de terrain dans la région de Nioka,

d'autre part ses conceptions générales sur la géomorphologie du nord-est du Congo et des régions voisines. Il s'attaque vigoureusement aux conceptions de ses prédécesseurs, tant du Congo belge que des territoires britanniques voisins, et tente de démontrer qu'il n'y a, dans le nord-est du Congo, qu'une surface d'érosion principale, d'âge fin-Tertiaire, portant de rares petits témoins d'une surface mi-Tertiaire.

3) En 1956, je publie deux études :

a) Une analyse critique des conceptions de R. V. RUHE montrant qu'elles sont entachées d'une série d'erreurs qui leur enlèvent toute validité et que la succession et les âges des surfaces d'érosion établis par ses prédécesseurs restent exacts ;

b) Un mémoire comportant un exposé détaillé de mes observations géomorphologiques dans le nord-est du Congo et une comparaison entre les données relatives à ce territoire et celles établies dans les territoires voisins de l'Afrique centrale. Cet exposé conclut à l'existence de trois cycles principaux d'érosion : fin-Tertiaire, mi-Tertiaire et fin-Crétacé et à la possibilité de témoins de cycles plus anciens, sans parler des cycles plus récents que la fin-Tertiaire ;

4) En 1956 également, R. V. RUHE publie une étude détaillée de l'évolution du paysage dans le haut Ituri, étude qui décrit les processus d'érosion et d'altération dans la région de ce haut plateau dont il a effectué le levé pédologique systématique.

Les critiques que j'ai faites aux conceptions de R. V. RUHE ne portent pas sur ses études détaillées, dans la région limitée dont il a effectué le levé systématique, mais bien sur les points suivants :

— Nombre et succession des cycles principaux d'érosion ;

- Âge de ces cycles ;
- Raccords avec les régions avoisinantes et position dans l'échelle générale admise pour l'Afrique centrale ;
- Existence ou non de failles découpant les aplanissements du haut Ituri ;
- Utilisation des formations superficielles pour dater et raccorder entre elles les surfaces d'érosion.

Dans sa réponse, R. V. RUHE revient sur ces différents points et tente de démontrer le bien-fondé de ses vues soit en cherchant à mettre en évidence des incohérences dans mon argumentation, soit en invoquant certains faits nouveaux.

Dans ce qui suit je montrerai que les prétendues incohérences sont en réalité des confusions faites par R. V. RUHE et que les faits nouveaux au lieu d'infirmes mes conclusions antérieures les renforcent.

#### *B. Valeur de l'argumentation de M. Ruhe.*

Pour établir que le haut plateau de l'Ituri est essentiellement constitué par une surface d'érosion, d'âge fin-Tertiaire, avec de rares petits îlots d'une surface plus ancienne, d'âge mi-Tertiaire, R. V. RUHE se base sur l'étude d'itinéraires parcourant la région comprise entre Nioka et l'escarpement limitant le fossé tectonique à Mahagi-Port.

Ce faisant, il néglige les faits principaux qui permettent de situer le haut plateau de l'Ituri dans la succession des aplanissements du Congo, à savoir la succession de surfaces d'érosion s'étageant sur 1.000 m de différence d'altitude depuis ce haut plateau jusqu'aux plaines de l'Ituri au sud-ouest et du Kibali au nord-ouest.

J'ai exposé en 1949 d'abord, en 1956 ensuite, les faits qui démontrent que cette vaste région est occupée par

trois aplanissements d'érosion principaux, dont celui de l'Ituri et du Kibali est le plus bas (PIII) et celui du haut Ituri le plus haut (PI), et plusieurs aplanissements secondaires. R. WOODTLI (1954) et B. STEENSTRA (1954), géologues de la Société des Mines d'Or de Kilo-Moto, au cours de levés détaillés n'ont pas mis en doute cette succession, le premier reprenant même ma nomenclature (1).

En 1956, j'ai montré que l'aplanissement PIII s'enfonce sous la série de Kaiso d'âge Pléistocène inférieur, qu'un raisonnement géologique permet de dater PII de la mi-Tertiaire et enfin que, par corrélation à travers le Congo, ces âges paraissent se vérifier et l'âge de PI peut-être considéré comme probablement fin-Crétacé.

Dans sa réponse, R. V. RUHE ne fait même pas allusion à ces données, qui constituent cependant les éléments principaux de mes travaux et qui sont essentielles pour permettre de situer et de dater le haut plateau de l'Ituri.

Ainsi son argumentation perd d'emblée toute valeur puisqu'elle ne tient pas compte des faits relatifs à un territoire de plus de 100.000 km<sup>2</sup> englobant la petite région qu'il a étudiée.

Qui plus est, il passe sous silence certains éléments des questions qu'il soulève et fait diverses confusions ; si l'on rétablit la réalité des faits et des écrits, les arguments ainsi basés perdent toute valeur. En voici quelques exemples (2).

---

(1) De son côté, J. DE HEINZELIN utilise dans plusieurs travaux (1952, 1955, 1957) la succession de trois surfaces PI, PII, PIII que j'ai établie, dans le même sens que moi et sans la contester.

(2) Les erreurs et les confusions commises par R. V. RUHE, qui déforment complètement le sens des travaux qu'il critique, ne peuvent être mises clairement en évidence qu'en opposant les textes exacts de ces travaux à l'interprétation qu'en donne cet auteur. Il en résulte des citations dont le lecteur est prié d'excuser le nombre.

*Premier exemple :*

R. V. RUHE écrit, en parlant de ma classification des surfaces d'érosion (p. 1 du manuscrit) <sup>(1)</sup> :

« His classification and correlation of three so-called « penepains » is based directly as he (1949, p. 14) admits on the then recognized sequence in Uganda and East Africa (WAYLAND 1933, 1934a, 1934b ; WILLIS, 1936). It is important to keep in mind this earlier correlation by LEPERSONNE, because recent work by PALLISTER (1956, p. 468-471) refutes the occurrence of three major erosion surfaces in Uganda ».

Rien n'est conforme à la réalité dans ce paragraphe :

a) Dans mon travail de 1949, où 6 pages et demi seulement sont consacrées à la morphologie (pp. M. 8 à M. 15), 5 pages et demi sont consacrées à démontrer l'existence de trois surfaces d'érosion au Congo belge sans la moindre allusion à l'Uganda. Ce n'est qu'après cette démonstration qu'un seul paragraphe est consacré au raccord avec l'Uganda. Dans mon mémoire de 1956 la séparation est faite partout, sous forme de chapitres ou de paragraphes, entre Congo et Uganda et les conclusions relatives au Congo sont entièrement indépendantes des données de l'Est africain. Ces citations montrent donc que je n'ai pas basé la classification et la corrélation des « trois prétendues pénéplaines » directement sur la succession reconnue à l'époque en Uganda et que R. V. RUHE ne pouvait l'ignorer.

b) Il est exact qu'en 1956 PALLISTER rejette l'existence d'une pénéplaine de Koki avancée par McCONNELL mais ce faisant il ne rejette nullement l'existence de trois surfaces majeures d'érosion en Uganda.

En effet :

— La mise en doute de l'existence de la surface de

---

(1) Cette mise au point ayant été rédigée à la suite de la lecture du manuscrit de R. V. RUHE, c'est la pagination de ce manuscrit qui est citée dans le texte.

Koki s'adresse à une région limitée du district de Masaka et non à l'Uganda tout entier ;

— R. V. RUHE se garde bien de citer la réponse de McCONNELL à PALLISTER (1957) ; celle-ci développe les arguments qui justifient l'existence d'une surface de Koki indépendante de la surface du Buganda ;

— PALLISTER n'est d'ailleurs nullement si affirmatif que veut le faire croire RUHE ; il écrit en effet :

« More recent mapping... and the recognitions of the characteristics of the pediplain... rather imply that the Koki surface is identical with the Buganda surface and does not belong to an older surface » ;

— PALLISTER ne met en doute pour l'ensemble de l'Uganda ni l'existence de trois surfaces principales d'érosion, les pénéplaines I, II et III de WAYLAND, DIXEY et d'autres auteurs, ni même l'existence de 4 surfaces principales d'érosion qui subsistent si l'on supprime du schéma de McCONNELL la surface de Koki.

A plusieurs reprises dans sa réponse, R. V. RUHE oppose à la validité de la succession d'aplanissements observés au Congo et des raccords proposés avec l'Uganda le fait que la note de PALLISTER rappelée ci-dessus ramène à deux le nombre d'aplanissements de l'Uganda. Il est surprenant que RUHE, qui cite dans ses travaux la plus grande partie de la littérature géomorphologique relative à l'Uganda, puisse ignorer que la suppression locale d'une surface laisserait subsister ailleurs en Uganda au moins trois et peut-être quatre ou même cinq surfaces principales d'érosion.

*Deuxième exemple :*

RUHE déclare que je n'ai pas vu l'escarpement de Niarembe ; il écrit (p. 4) :

« It is not understandable to me how LEPERSONNE could have missed the outstanding escarpment at Niarembe (*fig. 1B*) ».

A la *fig. 2* de mon mémoire de 1949, cet escarpement est dessiné, peut-être mal mais nettement néanmoins ; dans le texte p. M. 12, il est décrit :

« A Djegu, on descend par un important escarpement sur une plateforme de 1.000 mètres dominée par deux îlots résiduels de 1.240 mètres ».

Dans ma note de 1956 (1956a), qui fait l'objet de la réponse de M. RUHE, j'ai écrit, pour éviter toute confusion, p. 602 :

« Un nouveau talus conduit à une surface de 1.300 à 1.500 m, celle-ci se termine à l'Est par un abrupt accusé (l'escarpement de Niarembe de RUHE) en contrebas duquel s'étend un plateau d'environ 1.000 m d'altitude dominant directement le lac Albert ».

Enfin, dans mon mémoire de 1956 (1956b) l'escarpement est cité page 19 et figuré sur deux coupes (planche II) (1).

Comment, dans ces conditions, R. V. RUHE peut-il baser une argumentation sur le fait que je n'aurais pas vu l'escarpement de Niarembe ?

*Troisième exemple :*

R. V. RUHE base toute sa discussion et ses critiques de mon opinion concernant l'origine morphologique de l'escarpement de Niarembe sur une confusion : il écrit que j'ai comparé cet escarpement à celui du Nzi alors que mon texte était relatif à une comparaison entre l'escarpement de Niarembe et l'escarpement du fossé tectonique à Mahagi Port. Se basant sur l'équivalence erronée escarpement du Nzi (RUHE) = escarpement de faille de Mahagi (LEPERSONNE), il croit, en outre, que je prends comme type d'un escarpement de faille celui du Nzi, ce qui n'est pas le cas.

---

(1) A la *fig 1 A* de sa réponse, R. V. RUHE reproduit mon dessin de 1949 ; il s'est bien gardé de reprendre les 2 coupes de 1956, mieux dessinées, où l'escarpement de Niarembe apparaît clairement.

Il écrit (p. 8) :

« In comparing the escarpment of Djegu (Niarembe of RUHE) and the escarpment of Mahagi (Nzi of RUHE), he (LEPERSONNE) stated that... ».

Les textes sur lesquels il se base ne prêtaient cependant pas à confusion comme le montrent les citations ci-dessous : page 602 de ma note de 1956 (1956a) :

« par un escarpement peu élevé près de Kwandrumba (escarpement du Nzi de R. V. RUHE) » ;

Page 20 de mon mémoire (1956b) citée par RUHE :

« Il y a un contraste très net entre la morphologie de l'escarpement de Djegu et celle de l'escarpement de faille de Mahagi... ».

Tout le contexte de cette page et de la précédente montre qu'il s'agit de Mahagi Port et de l'escarpement limitant le fossé tectonique albertin.

L'équivalence escarpement du Nzi (RUHE) = escarpement de Kwandrumba (LEPERSONNE) figurait donc dans le texte même de la note incriminée par R. V. RUHE et rien n'autorisait la confusion qu'il a faite <sup>(1)</sup>. Celle-ci rend évidemment caduque son argumentation tendant à mettre en doute l'origine morphologique de l'escarpement de Niarembe.

#### *Quatrième exemple :*

J'avais critiqué l'usage fait par R. V. RUHE des données fournies par l'étude des formations lacustres du fossé tectonique pour dater les surfaces d'érosion.

Dans sa réponse, il écrit (p. 2) :

« Nowhere in my report (1954a) did I attempt to determine the ages of the end- or mid-Tertiary erosion surfaces with relation to the lacustrine formations of the Rift Valley ».

(1) La même confusion figure aux planches I et II de la réponse de M. RUHE. Les descriptions qui me sont attribuées sont interverties : Nzi pour Niarembe et Mahagi Port pour Nzi.

Il cite à l'appui de cette affirmation divers passages de son texte de 1954 mais aucun de ceux-ci ne se trouve dans le paragraphe intitulé (1954a, p. 16) « Ages of the major erosion surfaces ».

Or, dans celui-ci, il examine les relations qui existent entre diverses formations sédimentaires, dont celles de la Rift Valley, et les surfaces d'érosion. Il écrit à ce sujet :

« The lower surface is traceable directly to the Albertine Rift Valley where it is downthrown in the Albert trough. Resting on the downthrown surface are the Kisegi -Kaiso beds faunally dated as Plio-Pleistocene in age ».

Puis plus loin :

« Thus the Plio-Pleistocene date of rifting is established more firmly ».

Et il conclut :

« The peneplain is probably the end-Tertiary surface ».

Est-il possible d'admettre que ceci ne constituait pas un essai d'utilisation des formations lacustres du fossé tectonique pour dater les surfaces ?

Il paraît utile de rappeler ici la critique que j'avais formulée et qui est double :

— L'âge des Kisegi beds n'était pas déterminé par une faune, contrairement à ce que écrit RUHE, à l'époque de mon étude de 1949 (J. LEPERSONNE, 1949, pp. M 56-57) ; les hypothèses formulées concernant cet âge étaient basées sur l'âge des surfaces d'érosion et l'on ne pouvait donc utiliser, comme l'a fait RUHE, ces mêmes dépôts pour dater les surfaces (J. LEPERSONNE 1956a, p. 601) ;

— A l'époque de la publication de R. V. RUHE, on savait, sur la base d'études paléontologiques, que les

couches du Congo assimilables aux Kisegi beds étaient d'âge Miocène inférieur (A T. HOPWOOD et J. LEPPERSONNE 1953).

Au premier point, R. V. RUHE ne répond pas ; quant au second, il déclare ne pas avoir eu connaissance de l'étude citée avant la remise de son rapport ; on ne peut que regretter qu'il ait été insuffisamment documenté et n'ait pas recouru, comme le font la plupart des autres chercheurs, à des contacts directs avec ceux dont il utilisait les travaux (1).

*Cinquième exemple :*

J'avais relevé la confusion faite par RUHE qui écrivait en 1954 que la surface de Gondwana et la surface africaine sont apparemment corrélatives des surfaces mi- et fin-tertiaires des autres auteurs, alors que L. C. KING, créateur de cette terminologie, établissait lui-même l'équivalence africaine = mi-Tertiaire et Gondwana = fin-Crétacé.

RUHE me reproche de l'avoir cité incorrectement en omettant les termes « in distribution » ou « geographicaly » qu'il emploie à plusieurs reprises.

Il est exact que mon texte, qui n'est d'ailleurs pas une citation, ne reprend pas ces mots, mais cela n'affecte

---

(1) RUHE me reproche d'avoir changé d'avis concernant l'âge des « Kisegi beds » que je rangeais, en 1949, dans un étage inférieur de la série de Kaiso et qui apparaissent comme une série indépendante depuis la détermination des fossiles que j'y avais récoltés.

Il est utile de reproduire ma conclusion de 1949 (1949 p. M. 57) pour montrer la prudence avec laquelle elle était formulée et qui n'autorisait certainement pas R. V. RUHE à écrire que les Kaiso-Kisegi beds étaient datés par leur faune du Plio-léistocène (1954a, p. 17) :

« Ces divers arguments ne conduisent à aucune certitude absolue mais font pencher pour l'hypothèse d'un âge *Pléistocène inférieur ou Pliocène final pour l'étage inférieur de la série de Kaiso et la formation de base* ; il subsiste les possibilités soit que l'étage inférieur couvre le Pliocène et que la formation de base s'étende jusqu'au Miocène, soit que des formations d'âge Pliocène et Miocène existent, dans la partie centrale du graben, sous la série de Kaiso ».

en rien le fond de ma remarque car l'examen de la carte établie par KING (1951) montre (voir aussi LEPERSONNE, 1956b, pp. 71-78) que les équivalences géographiques sont, sauf erreurs locales et approximations de dessin :

Surface des Victoria Falls = surface fin-Tertiaire ;  
Surface africaine = surface mi-Tertiaire ;  
Surface de Gondwana = surface fin-Crétacé.

Cette constatation, qui est vérifiée dans la région du Kibali-Ituri qui nous occupe ici, est en contradiction formelle avec le texte de RUHE (1954, p. 15) :

« Two major surfaces are mapped throughout the region of the interior high plateaus, a « Gondwana » landscape, and a landscape of the « African » erosion cycle. These two surfaces are apparently correlative in distribution of the mid- and end-Tertiary surfaces respectively of other investigators ».

Ma critique était donc fondée sur le plan géographique même où se place R. V. RUHE pour la contredire.

### C. *Les faits et leurs conséquences.*

Ce qui précède me paraît suffire à faire justice de l'argumentation employée par M. RUHE ; il me paraît inutile de multiplier des exemples de ce genre. Par contre, il y a un intérêt scientifique à rechercher si les quelques faits nouveaux qui figurent dans la réponse jettent quelque lumière sur les problèmes encore en suspens.

#### 1. *La classification et l'âge des surfaces d'érosion du haut plateau de l'Ituri (région Nioka-Gote-Mahagi Port).*

Le principal de la discussion soulevée par M. RUHE porte sur la région comprise entre Nioka et le fossé tectonique dans la région de Mahagi Port.

Pour lui, cette région est occupée par une seule surface d'érosion, découpée par plusieurs escarpements de faille, et qui peut être raccordée à la surface fin-Tertiaire de l'Uganda, à travers le fossé tectonique.

Pour moi, il s'agit de trois surfaces étagées dont la plus élevée, dans la région de Nioka-Mahagi Poste, est d'âge fin-Crétacé ou plus ancien, la suivante est mi-Tertiaire et seule la troisième, voisine du fossé tectonique, est fin-Tertiaire et peut être raccordée à la surface de même âge de l'Uganda.

Si la thèse de R. V. RUHE était exacte, l'on se trouverait devant la difficulté, qu'il n'envisage d'ailleurs pas, que du côté du lac Albert il n'existerait qu'un seul aplanissement dont l'âge fin-Tertiaire, comme l'écrit RUHE, ne serait pas douteux, tandis que du côté du Kibali et de l'Ituri ce même aplanissement en dominerait deux autres dont le plus bas est lui aussi daté de la fin-Tertiaire (J. LEPERSONNE 1956b, pp. 61-62). La question mérite donc que l'on s'y arrête.

Il faut d'abord rectifier une déformation que RUHE donne à mes conclusions. Il écrit (p. 6) :

« Thus, in four escarpments of five along the traverse from Nioka to Mahagi Port LEPERSONNE now agrees with me that the scarps are or can be the result of faulting rather than erosion ».

Puis plus loin (p. 7) :

« In five escarpments from east to west away from Lake Albert which are (1) Lake Albert (2) Niarembe, (3) Nzi, (4) Tala and (5) Rona, it seems questionable that LEPERSONNE should agree that 1, 3, 4 and 5 are fault scarps, and then conclude that 2 (Niarembe) is an erosion scarp ».

Il suffit de lire les travaux critiqués par RUHE (J. LEPERSONNE 1956a et b) pour constater que je ne considère comme d'origine tectonique certaine que l'escarpement du lac Albert (ou escarpement de faille de Mahagi) ; que j'ai montré l'extrême faiblesse des arguments avancés par RUHE pour justifier l'origine tectonique des autres escarpements ; que néanmoins, par souci d'objectivité scientifique, j'ai admis que l'on ne pouvait exclure

l'origine tectonique des escarpements de Nzi, Talla et Rona. Ma conclusion s'exprimait ainsi (1956b, p. 30) :

« Ces éléments ne sont pas décisifs et les études géologiques pourront seules résoudre définitivement la question. J'ai figuré cette région et ses limites sur la carte (pl. IB) d'une manière particulière. Les profils, n° 1, 2 et 4 (pl. II) montrent la possibilité d'existence de failles ».

La légende de la carte est elle aussi très claire

« Nord-Ouest du lac Albert : horst ou aplanissement antérieur à PI ».

Les faits nouveaux que la réponse de R. V. RUHE apporte sont en faveur de ce second terme de l'alternative et se retournent contre le point de vue de leur auteur.

En effet, croyant que je considère l'escarpement du Nzi comme un escarpement tectonique typique, et ce par suite de la confusion relevée plus haut entre escarpement du Nzi et de Mahagi, R. V. RUHE montre les analogies très grandes qui existent entre cet escarpement et celui de Niarembe, ainsi d'ailleurs qu'avec les escarpements de Rona et de Talla. Le fait qu'il a étudié le terrain avec plus de détail que je n'ai pu le faire donne du poids à sa comparaison et tend à faire admettre une origine commune pour tous ces escarpements semblables.

Or la démonstration de l'origine morphologique de l'escarpement de Niarembe reste entièrement valable puisque, par suite de toutes ses confusions, RUHE n'apporte aucun élément contredisant ma démonstration (1).

---

(1) Rappelons que cette démonstration est basée sur les faits suivants dont aucun n'est discuté par R. V. RUHE par suite de la confusion qu'il a faite entre escarpement du lac Albert et escarpement du Nzi (voir plus haut troisième exemple) :

- Étude sur le terrain montrant l'absence de faille ;
- Examen de photographies aériennes montrant la continuité des directions de feuilletage des roches de part et d'autre de l'escarpement ;
- Différences considérables entre la morphologie de l'escarpement et celle de l'escarpement limitant le fossé tectonique ;

Dans ces conditions, il faut conclure que les autres escarpements sont plus probablement morphologiques que tectoniques et, dans ce cas, la région figurée de façon spéciale sur ma carte de 1956 serait un aplanissement d'érosion antérieur à PI. Il subsiste néanmoins des difficultés, que j'ai relevées en 1956 (1956b, p. 30) et qui ne permettent pas de considérer cette conclusion comme définitivement acquise.

En fait, il est certain que ces escarpements ont des caractères communs avec l'escarpement morphologique de Niarembe et des caractères très différents de ceux des escarpements qui limitent le fossé tectonique et dont l'âge est soit antérieur au Pléistocène inférieur, soit antérieur au Miocène inférieur.

Tenant compte de ces faits, on pourrait formuler l'hypothèse que les escarpements limitant le haut plateau en question sont dus à des failles postérieures à l'aplanissement fin-Crétacé et ayant découpé celui-ci avant la mi-Tertiaire. Une telle hypothèse concilierait tous les éléments en présence mais est actuellement gratuite.

Un second point soulevé par R. V. RUHE est l'absence de tout escarpement entre mes surfaces PI et PII, entre Mahagi Poste et Djegu. RUHE reconnaît que le long de la route existe le « petit escarpement » que j'ai décrit mais affirme que le parcours du terrain et l'examen des photographies aériennes montrent qu'en dehors de la route, il n'y a plus d'escarpement.

Je ne mettrai pas ce point en doute quoiqu'il paraisse étonnant que l'on ait choisi l'endroit le plus abrupt pour faire passer le tracé de la route.

Mais je relèverai ici encore une inexactitude de R. V. RUHE. Il écrit p. 6 :

---

— Différence considérable entre la morphologie des deux surfaces séparées par l'escarpement ;

— Présence d'îlots résiduels.

« LEPERSONNE's airphoto interpretation is questionable that the « petit escarpement » is discernible on aerial photographs ».

En réalité mon texte est (1956b, p. 26) :

« L'examen des photographies aériennes montre que le relief de PII, dans cette zone, est caractéristique : il se distingue à la fois de celui de PIII beaucoup plus régulier et de celui de PI qui est très disséqué dans cette région ».

Je n'ai donc pas écrit que le « petit escarpement » était discernable sur les photographies aériennes. C'est sur l'existence de deux plateformes, décelées sur le terrain, confirmées par la lecture des cartes topographiques et des photos aériennes, situées respectivement vers 1.600-1.800 m et vers 1.330-1.500 m, ayant des caractères morphologiques différents, dont l'inférieure porte des îlots résiduels de la supérieure et qui se prolongent régionalement, que je me base pour distinguer deux surfaces d'érosion. Cela, R. V. RUHE ne le fait pas intervenir dans la discussion.

Faut-il attacher une grande importance à l'absence d'un escarpement élevé et continu entre ces deux plateformes ? Je ne le pense pas car il est fréquent, pour les surfaces anciennes de l'Afrique centrale, que l'escarpement qui les limite soit réduit à un glacis plus incliné que les aplanissements mais cependant mal discernable, ou bien que plusieurs plateformes intermédiaires forment une série de paliers entre les deux surfaces. C'est précisément le cas observé par R. WOODTLI entre PI et PII dans la région de Kilo (1954) et il paraît normal qu'il en soit de même dans la région considérée qui en est voisine et fait partir du même grand ensemble morphologique.

D'une manière générale, on constate en outre en Afrique centrale que les escarpements entre surfaces mi-Tertiaire et fin-Tertiaire ont conservé un caractère très

accusé. La succession de surfaces et d'escarpements observée le long de l'itinéraire Mahagi Poste-Djegu-Mahagi Port est donc tout à fait normale par comparaison avec les successions d'aplanissements considérés comme de même âge dans les autres régions du Congo.

## 2. *Dépôts superficiels des surfaces d'érosion.*

Dans ce paragraphe de la réponse de R. V. RUHE, je ne relèverai que les points suivants.

L'auteur se place sur un plan différent du mien qu'il semble ne pas avoir compris. Ce que j'ai critiqué dans ses travaux, ce n'est pas la distinction dans une région donnée de types de dépôts superficiels en relation avec des formes de relief, cycliques ou non, déterminées, mais bien le fait d'utiliser ces différenciations de dépôts comme critères pour dater les aplanissements liés aux cycles principaux d'érosion et établir entre eux des corrélations à grande distance.

Je n'ai nullement nié, comme pourrait le faire croire cette réponse, que l'on puisse distinguer sept surfaces géomorphologiques différentes caractérisées chacune par une formation superficielle, dans une région occupée par un seul grand aplanissement d'érosion. Celui-ci datant, selon toute vraisemblance, de la fin du Crétacé, soit de 60 millions d'années environ, il serait étonnant qu'il n'ait subi aucune évolution morphologique au cours de ce long laps de temps et que ses formations superficielles ne portent pas la marque de cette évolution et des variations climatiques, notamment celles si importantes du Quaternaire, qui l'ont accompagnée.

Le mérite principal des travaux de R. V. RUHE est d'avoir montré les résultats de cette évolution par des études soignées et détaillées (1954a, 1954b, 1956). Ce que je critique par contre est de considérer que, dans la région limitée qu'il a étudiée et sur une dénivellation

totale de moins de 200 m, se trouveraient représentés les aplanissements mi-Tertiaire et fin-Tertiaire et des surfaces quaternaires, alors que le parcours d'une région beaucoup plus vaste m'a montré, et ceci R. V. RUHE ne le prend pas en considération, que les aplanissements caractéristiques des cycles principaux fin-Tertiaire, mi-Tertiaire et fin-Crétacé ont des extensions géographiques totalement différentes de celles qu'il imagine et s'étagent sur une dénivelée de plus de 1.000 m.

Dans ces conditions, les formations superficielles qu'il décrit ne peuvent caractériser les cycles principaux d'érosion ; sans doute ne sont-elles que les répercussions de l'évolution cyclique générale dans une région limitée appartenant à un seul aplanissement (ou peut-être deux si l'on retient l'hypothèse formulée plus haut d'un aplanissement antérieur à PI).

R. V. RUHE insiste également sur le fait que des sols identiques existeraient sur des reliefs que je considère comme d'âge différent. Il prend à titre d'exemple le mont Korovi qui, à l'altitude de 2166 m, domine de près de 200 m la surface PI relevée par faille ou une surface antérieure à PI (voir plus haut les deux hypothèses en présence pour expliquer l'origine de cette région surélevée bordant le lac Albert).

Tout d'abord il semble, d'après son texte, que RUHE considère le mont Korovi comme la surface d'érosion remontée par faille. Il devrait nous dire dans ce cas ce qu'il fait de l'aplanissement qui entoure le pied de la montagne vers 1.900-2.000 m d'altitude.

Mais surtout à sa conclusion p. 17 :

« It would be very unusual that soils developed in similar parent material, on similar local topographic position, under similar climatic and biologic environments, but on two different erosion surfaces of widely varying ages according to LEPERSONNE, should be so similar ».

On peut supposer que si ces reliefs ont évolué depuis la fin du Crétacé, il y a 60 millions d'années, il serait bien étonnant que l'on y trouve encore la moindre trace des sols originels et que, au contraire, toute différence datant de cette époque a dû être masquée par les phénomènes qui se sont produits depuis lors. Il faut ajouter que je me borne à indiquer (p. 29, 1956) que le Korovi est un relief plus ancien que l'aplanissement sans nullement estimer l'importance de la différence d'âge comme voudrait le faire croire le texte ci-dessus de R. V. RUHE.

Dans ce paragraphe de R. V. RUHE, il faut encore relever une note infrapaginale dans laquelle il conclut (note 1 p. 10) :

« Thus, the Koki surface now appears to be equivalent to the Buganda surface of mid-Tertiary age. LEPERSONNE (1956b pl. IB) incorrectly correlated his end-Cretaceous surface of Belgian Congo with a now recognized mid-Tertiary surface in Uganda ».

Il suffit d'examiner la carte pour constater :

a) Que la région de Koki n'est pas représentée sur cette carte ;

b) Que la légende porte « Pénéplaine I ou de Koki (Uganda) ».

Il suffit de se reporter au texte pour observer que l'équivalence entre Congo et Uganda reste établie sur les bases des subdivisions créées par WAYLAND en pénépaines I, II et III et que les subdivisions introduites par McCONNELL sont mises en corrélation avec les premières. Mais surtout, on peut constater que ce n'est pas la région particulière de Koki, où PALLISTER et McCONNELL sont en désaccord, qui est prise comme base de comparaison mais bien la succession générale des surfaces d'érosion de l'Uganda (et des territoires voisins) établie depuis les travaux de WAYLAND et que ni PALLISTER, ni personne d'autre n'a encore mise en doute.

D. *Conclusion.*

Je n'insisterai pas davantage dans cette mise au point. Pour les autres arguments avancés par R. V. RUHE, on pourrait montrer de même qu'ils ne résistent pas à la double confrontation avec ce que j'ai écrit — qui est souvent différent de ce que RUHE a compris — et avec la réalité des faits qui ont été mis en évidence par ses devanciers.

M. RUHE paraît désagréablement surpris que son travail de 1954 ait donné lieu à la critique que j'en ai faite. Cela m'oblige à rappeler que c'est lui qui a pris l'offensive dans le dit travail, critiquant d'une manière désobligeante, brutale, voire même déplacée, les travaux de tous ceux, belges et britanniques, qui s'étaient avant lui occupés de la géomorphologie de l'Afrique centrale.

Mes collègues britanniques m'avaient manifesté leur surprise à ce sujet et leur désir de voir publier une mise au point permettant de se faire une idée précise des problèmes géomorphologiques relatifs au nord-est du Congo belge.

Me rendant compte de la nécessité de faire une critique approfondie du travail de R. V. RUHE (J. LEPERSONNE 1956a) avant de pouvoir publier un exposé détaillé de la géomorphologie du nord-est du Congo (J. LEPERSONNE 1956 b), et désirant éviter une polémique que le ton adopté par RUHE rendait probable, j'avais cherché à approcher celui-ci par l'intermédiaire de l'INÉAC, éditeur de ses travaux ; ce fut malheureusement sans succès.

La controverse ne m'empêche nullement de reconnaître l'intérêt de l'étude très fouillée que R. V. RUHE a faite des formations superficielles et de la morphologie de détail d'une région limitée des hauts plateaux de l'Ituri et de préciser que mes critiques portent seulement sur ses conceptions concernant l'extension, l'âge et les

corrélations des surfaces d'érosion et sur les données géologiques relatives à l'origine des escarpements.

De ses études et des conclusions qu'il en tire, on peut déduire qu'il existe une différence fondamentale de point de vue entre RUHE d'une part et la plupart des géomorphologistes africains de l'autre.

Pour le premier, dans une région limitée et sur une dénivellation totale ne dépassant pas 200 m, s'observeraient des paysages caractérisant trois grands cycles d'érosion : le mi-Tertiaire, le fin-Tertiaire et le Quaternaire avec ses subdivisions.

Pour les autres, les cycles principaux d'érosion ont marqué l'Afrique centrale et australe d'une façon toute autre : chacun a donné lieu à un paysage aplani occupant de très vastes espaces et ces surfaces d'érosion se succèdent en paliers s'étagant sur des dénivellations totales de centaines de mètres voire de 1.000 m et plus, comme c'est notamment le cas dans l'est du Congo, l'Uganda, le Kenya.

Alors que RUHE ne donne aucun argument résistant à l'examen pour dater les paysages qu'il décrit dans le haut Ituri, les géomorphologistes africains ont généralement suivi les grandes surfaces principales sur des espaces suffisamment vastes pour permettre de déterminer leurs relations entre elles, leurs caractères cycliques, leurs relations avec des formations géologiques datées paléontologiquement et, finalement, les relations des phénomènes cycliques avec des événements géologiques.

Peu de géomorphologistes africains se sont attachés jusqu'à présent à étudier de manière détaillée les vicissitudes subies par les grandes surfaces d'érosion entre le moment où leur forme aplanie parfaite a été acquise et l'époque actuelle.

Les études détaillées de R. V. RUHE portent sur l'une de ces surfaces principales d'érosion et leur mérite incontestable est d'en analyser les formes de relief d'une

manière très approfondie. Il en découle la distinction d'un aplanissement principal, dominé par des îlots résiduels peu élevés, et de six surfaces d'érosion constituant des plateformes et une plaine alluviale liées au réseau hydrographique et entaillées dans l'aplanissement principal.

L'auteur montre, surtout dans son étude de 1956, quels sont les agents intervenus dans le façonnement de ce paysage et la large part à accorder aux phénomènes de pédimentation.

Le seul élément valable fourni par l'auteur pour dater les surfaces qu'il a caractérisées est le raccord avec l'Uganda de la surface fin-Tertiaire s'étendant au pied de l'escarpement de Niarembe ; croyant que c'est la même surface qui forme l'aplanissement principal de la région de Nioka, R. V. RUHE donne un âge mi-Tertiaire aux îlots résiduels qui le dominent et un âge quaternaire aux terrasses qui l'entaillent. Les arguments qu'il avance pour justifier ces attributions d'âge, très faibles par eux-mêmes, ne résistent pas à l'analyse (J. LEPERSONNE 1956a, 1956b).

On en est donc réduit aux hypothèses pour établir la signification des stades de l'évolution du haut plateau de l'Ituri décrits par R. V. RUHE.

Les faits dont on peut partir pour formuler ces hypothèses sont :

— Le haut plateau appartient à une surface d'érosion d'âge fin-Crétacé (ou peut-être plus ancien) ;

— Il domine la surface mi-Tertiaire et a été attaqué sur ses bords par le cycle responsable du façonnement de cet aplanissement ;

— Il n'a pas été atteint par le rajeunissement fin-Tertiaire mais peut avoir subi le contrecoup des mouvements tectoniques et des variations de climat de la fin du Tertiaire et du Quaternaire ;

— Il peut avoir subi des actions tectoniques, failles ou gauchissement, liées à l'évolution du fossé tectonique voisin, depuis son dégagement à la fin du Crétacé (ou même avant) jusqu'à l'époque actuelle.

En l'absence d'éléments locaux de datation, il n'est pas possible de déterminer auxquels de ces phénomènes respectifs les formes de terrain observées doivent leur origine, mais on peut formuler l'hypothèse que les rares îlots résiduels dominant le plateau de 20 à 60 m et couronnés d'une cuirasse latéritique (RUHE, 1954a et b) sont les témoins de l'extension primitive de l'aplanissement. La surface du plateau elle-même serait le résultat de la dégradation de l'aplanissement au cours du long cycle qui a amené le façonnement, en contrebas, de la surface mi-Tertiaire et les autres surfaces marqueraient l'encaissement progressif et saccadé des cours d'eau au cours des cycles fin-Tertiaire et Quaternaire qui n'ont eu ici que des répercussions atténuées par suite de l'écran que constituait la surface mi-Tertiaire protégeant de toute part le haut plateau contre l'attaque par ces cycles d'érosion.

12 février 1958.

#### BIBLIOGRAPHIE

- DE HEINZELIN, J. (1952) : Sols, paléosols et désertifications anciennes dans le secteur nord-oriental du Bassin du Congo (Publ. INÉAC, Bruxelles 1952, 168 pp.).
- DE HEINZELIN, J. (1955) : Le fossé tectonique sous le parallèle d'Ishango. (Inst. Parcs Nat. C. B., Expl. du P.N.A., mission J. DE HEINZELIN DE BRAUCOURT, fasc. 1, 150 pp.).
- DE HEINZELIN, J. (1957) : Les formations sédimentaires de l'Aruwimi et la Série de Yangambi. (*Bull. Soc. belge Géol. Pal. et Hydr.*, t. LXVI, pp. 96-105).

- HOPWOOD, A.-T. et LEPERSONNE, J. (1953) : Présence de formations d'âge miocène inférieur dans le fossé tectonique du lac Albert et de la basse Semliki (Congo belge) (*Ann. Soc. Géol. Belg.*, t. LXXVII, pp. 83-113).
- KING, L.-C. (1951) : South African Scenery. A textbook of geomorphology (379 pp. Londres).
- LEPERSONNE, J. (1949) : Le fossé tectonique lac Albert — Semliki — lac Édouard. Résumé des observations géologiques effectuées en 1938-1939-1940 (*Ann. Soc. Géol. Belg.*, Mém. t. LXXII, pp. M. 1-92).
- LEPERSONNE, J. (1956a) : Les surfaces d'érosion des hauts plateaux de l'intérieur de l'Afrique centrale. Analyse critique d'une étude de M. R. V. RUHE (*Bull. Ac. roy. Sc. col.*, N. S., II-1956-4, pp. 596-621).
- LEPERSONNE, J. (1956b) : Les aplanissements d'érosion du nord-est du Congo belge et des régions voisines (*Ac. roy. Sc. col.*, Cl. Sc. nat. et méd., *Mém. in-8°*, N. S., t. IV, fasc. 7, 108 pp.).
- Mc CONNELL, R.-B. (1957) : Erosion surfaces in Uganda (*Geol. Mag.*, vol. XCIV, n° 2, march-avril 1957, pp. 171-173).
- PALLISTER, J.-W. (1956) : Slope form and erosion surfaces in Uganda (*Geol. Mag.*, vol. XCIII, n° 6, nov. dec. 1956, pp. 465-472).
- RUHE, R.-V. (1954a) : Erosion surfaces of central African interior high plateaus (Publ. INÉAC, sér. scient., n° 59, 38 pp.).
- RUHE, R.-V. (1954b) : Geology of the soils of the Nioka-Ituri area, Belgian Congo (Publ. INÉAC, carte des sols du Congo belge et du Ruanda-Urundi, 4, Nioka (Ituri), D. Géomorphologie).
- RUHE, R.-V. (1956) : Landscape evolution in the high Ituri, Belgian Congo (Publ. INÉAC, sér. scient., n° 66, 91 pp.).
- RUHE, R.-V. (1958) : Erosion surfaces of the Ituri, Belgian Congo. Reply to J. LEPERSONNE (*Bull. Ac. roy. Sc. col.*, N. S. t. IV, 1958, 2, pp. 409-432).
- STEENSTRA, B. (1954) : Geology and petrography of the Kilo region (N. E. Belgian Congo) (Thèse, La Haye 1954, 74 pp.).
- WOODTLI, R. (1954) : Contribution à l'étude géologique et pétrographique de la région orientale des mines de Kilo (*Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain*, t. XIX, fasc. 1, 141 pp.).

**J. Lebrun. — Sur les éléments et groupes écologiques de la flore du Ruwenzori (Versant occidental).**

Dans une communication antérieure [1] (\*), nous avons analysé les éléments et groupes phytogéographiques de la flore du Ruwenzori, en mettant à profit la publication récente de la Flore des Spermatophytes du Parc national Albert [2]. Cet ouvrage nous a permis de dresser l'inventaire floristique du versant occidental du Massif. Poursuivant cette étude, nous nous proposons, maintenant, de rechercher quelques traits écologiques essentiels de la flore du Ruwenzori.

§ 1. LES FORMES BIOLOGIQUES

1. — Notre information directe, à ce sujet, ne porte que sur une partie, assez importante toutefois, de la flore du Ruwenzori. Nous avons pallié cette insuffisance de deux manières différentes.

D'abord en nous référant aux travaux de nos devanciers (les divers mémoires de HAUMAN [3, 4, 5] et particulièrement celui qu'il a consacré à la végétation des hautes altitudes en 1933 [6], nous ont été précieux à cet égard) et en puisant un maximum de renseignements morphologiques dans les travaux taxonomiques ou les notes manuscrites des récolteurs.

Nous avons admis, ensuite, un classement notablement simplifié des formes biologiques par rapport au système que nous avons proposé pour l'Afrique centro-

---

(\*) Les chiffres entre [ ] renvoient à la bibliographie, p. 438

tropicale en 1947 [7]. Cette simplification sacrifie peut-être au point de vue physionomique mais augmente la sécurité de notre triage. Elle maintient, toutefois, les bases essentielles du système de RAUNKIAER [8] fondé sur le comportement des bourgeons ou méristèmes végétatifs pendant les périodes « défavorables » de repos végétatif ou lors de la reprise d'une croissance active (« flush » ou poussées), et conserve les subdivisions morphophysiologiques que nous croyons affectées d'une grande signification écologique.

Insistons ici, puisque l'occasion nous en est donnée, sur le fait que le système adopté et utilisé à diverses reprises déjà, n'est évidemment pas la seule classification des formes biologiques ou végétatives que l'on puisse envisager pour l'étude de la végétation de l'Afrique tropicale.

Les mérites du système à fondement écologique tiré de la classification de base de RAUNKIAER sont sa généralisation aisée, tant dans les pays chauds que tempérés, et, par là-même, sa valeur comparative. Il va de soi que toute autre méthode de classification à base écologique ou physionomique peut être utilisée. L'emploi simultané de plusieurs modes de classement des formes biologiques pourrait même présenter quelques avantages.

2. — Nous examinerons d'abord la représentation et la répartition des formes biologiques dans l'ensemble de la flore qui comprend actuellement 584 espèces recensées de Spermatophytes.

Le *Tableau I* fournit les résultats de cette analyse (*Fig. 1a*).

TABLEAU I

*Spectre biologique de la flore globale du Ruwenzori.*

(1) Formes biologiques	(2) Nombre d'espèces	(3) % de l'ensemble de la flore.
Thérophytes	42	7%
Cryptophytes	42	7%
Hémicryptophytes	105	18%
a) Rosettés, subrosettés ou scapeux	( 59)	(10%)
b) Cespiteux	( 46)	( 8%)
Chaméphytes	191	32,5%
a) Herbacés (grimpants, prostrés, rampants ou radicans)	(113)	(19,5%)
b) Sous-ligneux	( 56)	( 9,5%)
c) Succulents	( 19)	( 3,0%)
d) Graminéens	( 3)	( 0,5%)
Phanérophytes	204	35,5%
a) Ligneux érigés	(114)	(19,5%)
b) Lianeux	( 40)	( 7,0%)
c) Herbacés ou fruticuleux	(19)	( 3,5%)
d) Épiphytes arboricoles	(31)	( 5,5%)

Nous n'avons pas établi de distinctions parmi les Cryptophytes représentés, en fait, à une seule exception près, par des Géophytes ; *Callitrische stagnalis* SCOP. étant ici considéré comme Hydrophyte.

Parmi les Géophytes proprement dits, on compte :

Géophytes bulbeux	: 2 espèces, soit 0,3% de l'ensemble de la flore
Géophytes thizomateux	: 16 » » 2,5% » » »
Géophytes tubéreux	: 22 » » 3,5% » » »
Géophytes parasites	: 1 » » 0,2% » » »

Dans le groupe des Hémicryptophytes, nous avons considéré deux catégories seulement : d'une part, les Hémicryptophytes cespiteux, plantes de savanes herbeuses, de marécages ou tourbières et les Hémicryptophytes herbeux en général, rosettés, subrosettés ou scapeux.

Deux groupes méritent d'être mis en évidence parmi les Chaméphytes : les Chaméphytes herbacés parmi lesquels nous incluons toutes les espèces érigées, prostrées (Chaméphytes actifs ou passifs) ou grimpantes, parfois radicantes à la base même quand elles sont suffrutescentes, et renouvelant leurs pousses saisonnières sur les parties basales ou prostrées des tiges. Ce sont essentiellement des espèces forestières.

Une seconde catégorie comprend les Chaméphytes sous-ligneux, chez lesquels il convient de mettre en évidence deux sous-types : les Chaméphytes sous-ligneux flétrissant une bonne partie de leur appareil aérien chaque année et rejetant, à la base, sur les axes les plus aoûtés (plantes de savanes herbeuses et de lieux ouverts à caractère plus ou moins xérique) et les Chaméphytes sous-ligneux prostrés ou érigés, toujours verts, rejetant surtout sur de courts rameaux latéraux non aoûtés (plantes d'alpages frais ou de prairies altimontaines).

Les Phanérophytes ligneux érigés comportent tous les arbres, arbustes ou buissons dont les axes s'aouënt entièrement, à feuilles persistantes ou caduques. Les Phanérophytes herbacés ou fruticuleux comprennent surtout des hautes herbes, souvent suffrutescentes et portant des jets nouveaux principalement sur les parties supérieures de la plante. Entre ces Phanérophytes fruticuleux et les Chaméphytes herbacés s. l. se rencontrent toutes les transitions.

3. — Dans le *Tableau II*, nous avons groupé, dans un but de comparaison, les spectres biologiques établis pour quelques territoires du Congo.

Les contrées notées (2) (3) (4) (Rwindi, Kagera et Ruzizi) sont situées dans le domaine oriental de la région soudano-zambézienne ; ce sont des territoires où dominent des savanes herbeuses ou arbustives et des formations sclérophylles. Par contre, le territoire (5).

(Kaniama) est situé à la lisière méridionale de la région guinéenne, dans une contrée ouverte mais riche en galeries forestières et savanes boisées, déjà nettement influencée par la flore du domaine zambézien de la région soudano-zambézienne.

TABLEAU II

*Spectres biologiques de quelques territoires du Congo  
(% de l'ensemble de la flore).*

	(1) Massif du Ruwendzor (versant occidental)	(2) Plaine de la Rwindi (*)	(3) Parc national de la Kagera (**)	(4) Plaine de la Ruzizi (***)	(5) Kaniama (Haut Lomami) (****)
Thérophytes	7,0	24,0	13,5	30,0	14,0
Cryptophytes	7,0	10,5	3,0	11,0	22,5
Hémicryptophytes	18,0	14,0	19,0	11,0	8,5
a) Rosetté et scapeux	{ (10,0)	{ (6,5)	{ ( 6,4)	{ (3,0)	{ (2,0)
b) Cespiteux	{ ( 8,0)	{ (7,5)	{ (12,5)	{ (8,0)	{ (6,5)
Chaméphytes	32,5	26,5	38,0	24,0	11,5
a) Herbacés en général	{ (13,0)	{ ( 6,5)	{ ( 6,5)	{ ( 4,0)	{ (4,5)
b) Sous-ligneux	{ ( 9,5)	{ (20,0)	{ (31,5)	{ (20,0)	{ (7,0)
Phanérophytes	35,5	25,0	26,5	24,0	43,0
a) Ligneux érigés	{ (19,5)	{ (23,0)	{ (17,0)	{ (16,0)	{ (29,0)
b) Lianeux	{ ( 7,0)	{ ( 6,5)	{ ( 6,0)	{ ( 5,0)	{ (10,0)
c) Herbacés ou fruticuleux	{ (3,5)	{ (3,5)	{ ( 0,5)	{ (2,0)	{ (3,0)
d) Épiphytes	{ (5,5)	{ (0,5)	{ (1,5)	{ (0,5)	{ (1,0)
e) Succulents	{ (0)	{ (1,5)	{ (1,5)	{ (0,5)	{ (0)

(\*) D'après LEBRUN 1947 [7].

(\*\*) D'après LEBRUN 1955 [9].

(\*\*\*) D'après GERMAIN 1952 [10].

(\*\*\*\*) D'après MULLENDERS 1954 [11].

Mettons d'abord en évidence les traits particuliers du spectre biologique de la flore du Ruwendzori.

On constate que la représentation des Thérophytes

est faible, ce qui est en relation avec la pureté de la flore, l'action relativement modérée des agents perturbateurs et la fréquence assez médiocre des stations favorables à la végétation nitrophile-rudérale, laquelle comporte une majorité d'espèces saisonnières.

Les Hémicryptophytes rosettés ou scapeux sont relativement bien représentés, ce qui correspond au caractère moyennement mésotherme du milieu.

Les Chaméphytes herbacés, en général, sont relativement abondants, ce qui traduit le caractère forestier global de la flore du Ruwenzori.

Enfin, on soulignera la très bonne représentation des Phanérophytes, propriété que manifeste aussi un territoire guinéen, comme la région du Lomami (Kaniama). Les Épiphytes arboricoles constituent une fraction appréciable de ce groupe (humidité atmosphérique élevée, cotes udométriques fortes, nuages et brouillards). On notera de plus l'absence totale de Phanérophytes succulents.

La flore du Ruwenzori, dans son ensemble, manifeste un spectre de Phanérophytes et de Chaméphytes herbacés soulignant son caractère forestier prédominant.

Le spectre biologique de Kaniama reflète la situation marginale de ce territoire : dominance de Phanérophytes et de Géophytes. Par contre, les trois territoires de savanes orientales se caractérisent par des spectres de Chaméphytes sous-ligneux et de Phanérophytes.

4. — Le *Tableau III*, à son tour (voir aussi la *Fig. 1*), compare les spectres biologiques propres à chacun des étages de végétation que nous avons reconnus sur les flancs occidentaux du Ruwenzori [1] (1).

---

(1) Les trois étages supérieurs correspondent bien aux ceintures de végétation décrites et figurées par HEDBERG, 1951 [12] (référence non citée dans notre mémoire antérieur).

TABLEAU III.

*Spectre biologique de la flore propre à chacun des étages de végétation.  
(% de la flore recensée dans chaque étage).*

Formes biologiques	É t a g e s			
	(1) Forêt de transition	(2) Forêt de montagne	(3) Afro-subalpin	(4) Afro-alpin
Thérophytes	12,0	7,5	3,0	5,0
Cryptophytes	9,0	6,0	10,5	0,0
Hémicryptophytes	13,0	16,0	25,5	45,0
a) Rosettés et scapeux	(9,5)	(10,0)	(13,5)	(15,0)
b) Cespiteux	(3,5)	( 6,0)	(12,0)	(30,0)
Chaméphytes	36,0	33,0	28,5	29,5
a) Herbacés en général	(24,0)	(24,5)	(20,5)	(16,5)
b) Sous-ligneux	(12,0)	( 8,5)	( 8,0)	(13,0)
Phanérophytes	30,0	37,0	32,0	20,5
a) Ligneux érigés	(14,5)	(19,5)	(23,5)	(18,0)
b) Lianeux	( 7,0)	( 7,5)	( 4,0)	( 0,0)
c) Herbacés ou fruticuleux	( 5,5)	( 3,0)	( 3,0)	( 2,5)
d) Épiphytes	( 3,0)	( 7,0)	(1,5)	( 0,0)

Ce tableau met en évidence des différences fort nettes entre les étages et confirme leur individualité.

Dans l'étage de la forêt submontagnarde (ou forêt de transition) apparaît un spectre de Chaméphytes-Phanérophytes. Parmi les premiers, les Chaméphytes herbacés dominent, mais la proportion des sous-ligneux, immigrants installés dans les savanes secondaires à la faveur des défrichements, n'est pas négligeable. On notera de même l'importance relative des Thérophytes.

Dans l'ensemble, ce spectre est assez voisin de celui

des contrées du graben déjà étudiées, mais avec une proportion nettement plus élevée de Phanérophytes et de Chaméphytes herbacés (plantes de forêts) et une moindre représentation des Hémicryptophytes cespiteux (graminées des savanes herbeuses). Il s'agit donc clairement d'un territoire forestier mais profondément pénétré déjà par des éléments savanicoles, et ce, à la faveur d'une altération évidente déjà du milieu naturel.

Le spectre de l'étage de la forêt de montagne fait apparaître la dominance des Phanérophytes et des Chaméphytes herbacés, ces derniers étant essentiellement des plantes des sous-bois forestiers. La représentation des Chaméphytes sous-ligneux est déjà très atténuée.

Parmi les Phanérophytes, on notera l'abondance relative du type épiphytique.

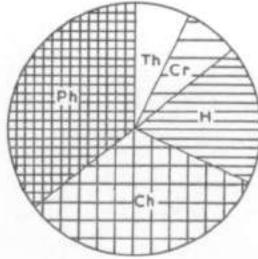
Ce spectre correspond donc à des conditions favorables aux Phanérophytes (climat des Phanérophytes) et témoigne d'une humidité atmosphérique élevée. Dans le Massif du Ruwenzori pris dans son ensemble, l'étage de la forêt de montagne s'affirme comme le milieu le plus humide (climat de nuages et de précipitations abondantes) et, au total, le plus « phytophile ».

Le spectre de l'étage afro-subalpin (ou des formations sclérophylles) <sup>(1)</sup> est encore dominé par la combinaison Phanérophytes-Chaméphytes herbacés, mais avec quelques caractères particuliers. Avant tout, on mettra en évidence une forte représentation déjà des Hémicryptophytes en général et des Hémicryptophytes rosettés ou scapeux (plantes nettement mésothermes) en particulier. Les Cryptophytes trouvent aussi, dans ces horizons, leur participation relative la plus élevée (plantes des tourbières à sphaignes).

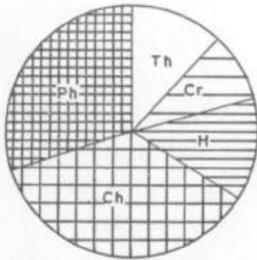
---

(1) Où nous incluons la « zone » à *Rapanea-Hagenia* et les formations à *Philippia Johnstonii* ENGL., ou à *Erica Bequaerti* DE WILD., ou encore à *Philippia trimera* ENGL., décrites par Ross [13, 14].

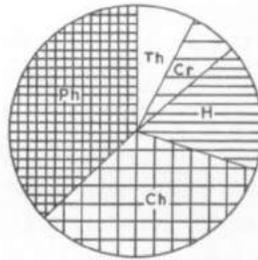
Th : THÉROPHYTES  
Cr : CRYPTOPHYTES  
H : HÉMICRYPTOPHYTES  
Ch : CHAMÉPHYTES  
Ph : PHANÉROPHYTES



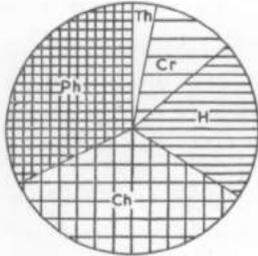
a. Ensemble de la flore



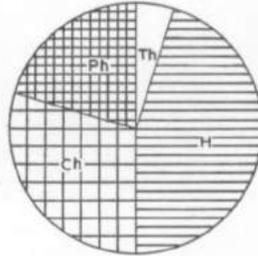
b. Étage de la forêt de transition



c. Étage de la forêt de montagne



d. Étage afro-subalpin



e. Étage afro-alpin



FIG. 1. — Spectres biologiques de la flore du Ruwenzori.

Parmi les Phanérophytes, les lianes et épiphytes ne jouent plus qu'un rôle effacé. Le climat, certainement, cesse d'être favorable à l'épiphytisme : le plafond nuageux est dépassé, de même que le niveau des plus fortes précipitations : l'humidité générale est ici plus édaphique que climatique.

Le spectre de l'étage afro-alpin est particulièrement caractéristique. Il manifeste une nette dominance des Hémicryptophytes auxquels sont associés des Chaméphytes.

Le taux élevé des Hémicryptophytes rapproche notre territoire des zones tempérées froides (climat des Hémicryptophytes). Cette forme biologique est représentée par les types scapeux ou rosettés et, surtout, par le type cespiteux, correspondant ici à des plantes de marécages, tourbières ou alpages humides. Les Chaméphytes comprennent un lot important de sous-ligneux, mais qui sont, dans cet étage, des Chaméphytes actifs toujours verts, ne manifestant aucun dessèchement saisonnier.

Les lianes et Epiphytes paraissent totalement absents.

Aucun Cryptophyte authentique ne peut être mentionné actuellement.

Une semblable proportion des formes biologiques n'est pas sans évidente analogie avec le spectre des Chaméphytes de RAUNKIAER [8] propre aux zones froides et aux étages les plus élevés des montagnes dans les zones tempérées. Empruntons à cet auteur quelques données classiques que nous groupons dans le *Tableau IV*.

La similitude de ces divers spectres est évidente ; la flore de l'étage afro-alpin du Ruwenzori paraît bien analogue, à ce point de vue, à celle des zones froides ou des étages alpins des montagnes des zones tempérées. Cette analogie globale est donc un fait écologique très important qui mérite d'être souligné.

Mettons, toutefois, l'accent sur une différence qui peut être significative : la proportion notable des Phanéro-

phytes dans l'étage afro-alpin du Ruwenzori (et probablement de toutes les hautes montagnes de l'Afrique centro-orientale).

TABLEAU IV.

*Spectres biologiques de l'Étage afro-alpin du Ruwenzori et de diverses contrées des zones froides ou des montagnes des zones tempérées.*

	Formes biologiques				
	(1) Thér.	(2) Crypt.	(3) Hémi- crypt.	(4) Cham.	(5) Phan.
Ruwenzori					
(Étage afro-alpin)	5,0	0	45,0	29,5	20,5
Zone arctique					
(Climat des Chaméphytes)	5,0	7,0	58,0	28,0	1,0
Zone antarctique					
(Climat des Chaméphytes)	9,0	5,0	56,0	23,0	7,0
Ile de la Désolation	4,0	2,0	48,0	32,0	14,0
(Amérique australe)					
Flore alpine suisse					
(Au-dessus de la limite des forêts)	4,0	7,0	64,0	22,0	3,0
Caucase (entre 3.000 et 3.600 m)	3,0	5,0	65,0	27,0	0
Sierra Nevada (au-dessus de 1.500 m)	17,0	2,0	53,0	21,0	7,0
Djurdura (Algérie)					
(au-dessus de 1.800 m)	9,0	5,0	48,0	32,0	6,0

La présence de ces grands végétaux n'est pas entravée par la descente hivernale de la calotte d'enneigement de nature à limiter le développement des formes phanérophytiques. De même, dans les hautes montagnes équatoriales, sous le niveau des glaciers et neiges éternelles, les chutes neigeuses n'entraînent qu'un recouvrement passager. La forme chaméphytique des végétaux revêt donc, au fondement, une signification surtout adaptive à la rigueur générale du climat par une modalité de vie humifuse.

Souignons, en passant, que la proportion des Phanérophytes est généralement plus importante dans la zone froide australe, remarque déjà émise par RAUKIAER lui-même [8].

En conclusion, le spectre biologique de l'étage afro-alpin du Ruwenzori témoigne très nettement des conditions thermiques peu favorables régnant à ces altitudes et correspond bien à une microthermie générale du climat. Il se rapproche même davantage de la répartition des formes biologiques dans les zones froides, ce qui s'explique par le défaut de saisons nettement tranchées, la constance des basses températures sans fluctuations annuelles ou journalières importantes, la permanence des photopériodes équinoxiales, l'absence de contraste d'exposition et la dispersion du rayonnement solaire sur des pentes généralement très accusées. Toutes ces conditions justifient la rigueur du milieu pour la croissance des végétaux, bien mise en évidence déjà par HAUMAN [6, 15].

## § 2. LES BIOTOPES.

Nous avons dressé la liste des divers habitats ou biotopes mentionnés au Ruwenzori et des espèces végétales qu'ils hébergent. Les indications publiées à ce sujet ont été colligées, notamment les notes des collecteurs, amendées toutefois lorsque notre connaissance personnelle nous permettait d'assigner une ou plusieurs stations précises à l'espèce en cause. Quelques plantes rares, ou récoltées un trop petit nombre de fois jusqu'ici, ont été négligées.

Il va de soi que bon nombre de végétaux, écologiquement très plastiques, se rencontrent dans des habitats parfois assez divers. Le nombre d'espèces réparties dans les divers biotopes est donc plus élevé, au total, que l'indique l'inventaire global de la flore. C'est en

définitive l'ensemble des cas recensés qui importe dans une statistique de ce genre.

Cette analyse offre le double intérêt de mettre en évidence la diversité des stations écologiques, d'une part, et la répartition des espèces en fonction de leur localisation plus ou moins fidèle, d'autre part.

1. — Nous procéderons, pour débiter, à une analyse de la flore du Ruwenzori, en fonction des divers biotopes, sans tenir compte des étages de végétation.

Les différentes stations retenues ont été groupées en douze rubriques comme l'indique le *Tableau V* ci-après. Nous fournirons plus loin quelques précisions sur la nature de ces divers habitats.

#### TABLEAU V.

##### *Répartition globale de la flore du Ruwenzori selon divers biotopes.*

*(En % du nombre total des cas retenus).*

(1) Pièces d'eau, rivières, marais et tourbières	6,0 %
(2) Bords des eaux ; pelouses, alpages et prairies humides	9,0 %
(3) Marais boisés ; forêts marécageuses et formations rivulaires boisées ; macro-tourbières à Ericacées arborescentes	7,0 %
(4) Forêts denses méso-hygrophiles	19,5 %
(5) Forêts secondaires, clairières et recrûs forestiers	15,0 %
(6) Stations d'épiphytes méso-hygrophiles	3,0 %
(7) Forêts et fruticées sclérophylles ; landes et bosquets clairs	13,0 %
(8) Savanes herbeuses, pelouses et alpages secs	7,0 %
(9) Jachères herbeuses, savanes secondaires et formations ouvertes dérivées des forêts	8,5 %
(10) Lieux rudéraux ; vases asséchées riches en sels minéraux ; repositoires d'animaux	6,5 %
(11) Stations d'épiphytes xérophiles	0,5 %
(12) Rochers ; pierrailles ; lieux arides en général	5,0 %

En vue de mieux dégager les caractères généraux de la flore du Ruwenzori, sous l'angle qui nous occupe actuel-

lement, nous synthétiserons ces données de la manière suivante :

Marais ; lieux à sol gorgé d'eau en général (groupes 1+2+3) ..	22,0 %
Forêts denses méso-hygrophiles et stations forestières directement dérivées de ces formations (groupes 4+5+6) .....	37,5 %
Formations sclérophylles en général (groupe 7) .....	13,0 %
Formations herbeuses ou ouvertes relativement sèches (groupes 8+9) .....	15,5 %
Stations xériques (groupes 11+12) .....	5,5 %
Stations de nitrophytes (groupe 10) .....	6,5 %

Ces éléments statistiques appuient les conclusions suivantes :

L'importance de l'habitat « forêt dense méso-hygrophile » découle de sa répartition spatiale et altitudinale : forêt de transition, de montagne, de bambous, groupements d'*Hagenia*. C'est pourquoi les formations directement dérivées : clairières, recrûs et forêts secondaires constituent également des biotopes très fréquents hébergeant un lot notable d'espèces recensées dans le Massif.

Si l'on tient compte également des formations ouvertes, herbeuses, qui tirent également origine de ces types forestiers, ou encore des stations subordonnées (groupes 4 + 5 + 6 + 9), on obtient un taux de 46 %. L'habitat directement ou indirectement lié à la forêt dense méso-hygrophile, est donc largement prédominant au Ruwenzori.

La flore des mares, pièces d'eau ou rivières est mal représentée ; de fait, la physiographie du Massif est peu favorable à ce genre d'habitats. Par contre, les biotopes impliquant une forte humidité édaphique hébergent une proportion notable de l'ensemble spécifique.

Les gîtes proprement xériques n'attirent qu'un petit lot d'espèces ; en effet, les stations réellement arides ne résultent, localement, que de la sécheresse du substrat.

Les habitats de nitrophytes sont relativement peu abondants et n'abritent qu'un petit nombre de plantes.

Globalement, l'ensemble des éléments floristiques plus ou moins inféodés à l'humidité climatique d'abord et, corrélativement, à l'humidité édaphique, représente 68 % des cas recensés ; par contre, les espèces recherchant des habitats franchement méso-xérophiles, ne représentent que 25,5 % des cas. Il apparaît donc un trait écologique essentiel de la flore du Ruwenzori envisagée globalement : à savoir son caractère méso-hygrophile nettement prépondérant. Le Ruwenzori est une montagne humide.

2. — Dans une seconde étape, nous procéderons à l'analyse des habitats, en séparant, cette fois, chaque étage de végétation.

Il nous paraît utile de fournir ici quelques précisions touchant les divers biotopes classés sous une même rubrique, dans chaque étage de végétation. Tel est l'objet du *Tableau VI* qui donne quelques détails sur les habitats ou formations comparables à des horizons altitudinaux différents.

La répartition des espèces dans ces divers biotopes et dans chaque étage, fait l'objet du *Tableau VII*.

Pour chaque rubrique, la valeur la plus élevée est mise en évidence. Cette présentation souligne immédiatement la prépondérance relative de certains milieux dans chaque ceinture de végétation.

L'étage de la forêt submontagnarde de transition se caractérise par une grande diversité de biotopes et un certain éparpillement de la flore dans des milieux très variés. Forêt dense et groupements forestiers secondaires abritent néanmoins une majorité relative d'espèces (37 %). C'est proportionnellement dans cet étage que les biotopes rudéraux hébergent un maximum d'espèces différentes.

TABLEAU VI.

*Biotoques groupés sous une même rubrique, dans les divers étages de végétation du Ruwenzori.*

(1) Forêt de transition	(2) Forêt de montagne	(3) Étage afro-subalpin	(4) Étage afro-alpin
(1) Mares, rivières, marais herbeux	Mares, stations fontinales, marais herbeux	Points d'eau, marais, tourbières herbeuses	Mares et filets d'eau, caricaies tourbeuses
(2) Bord des eaux, lieux herbeux humides (stations d'hélophytes)	Bord des eaux et clairières herbeuses humides	Prairies altimontaines fraîches ou humides, crevasses humides ou parois suintantes des rochers	Alpages frais ou humides à Alchemilles et à graminées, bord des ruisseaux, crevasses humides des rochers
(3) Galeries forestières et forêts sur sols hydromorphes, marais boisés	Forêts de ravins, forêts marécageuses ou vallicoles sur sols hydromorphes	Macro-tourbières de pentes à strate supérieure d'Ericacées arborescentes	—
(4) Forêts denses méso-hygrophiles	<i>Id.</i> , formations de bambous	Parcs à <i>Hagenia</i>	—
(5) Forêts secondaires, clairières et recrûs forestiers	<i>Id.</i>	Clairières dans les formations sclérophylles	—
(6) Stations d'épiphytes méso-hygrophiles	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	—
(7) Bosquets clairs, fruticées, landes à fougères	Fruticées et landes à fougères	Formations sclérophylles, formations non tourbeuses à Ericacées, bosquets de Lobelia-Senecio	Bosquets de Lobelia-Senecio, fruticées d'Ericacées
(8) Savanes et groupements herbeux secs	Savanes herbeuses, lieux herbeux sur sols poreux ou superficiels en général	Prairies altimontaines et pelouses relativement sèches sur sols bien drainés	Alpages de pente bien drainés
(9) Jachères herbeuses, savanes secondaires surtout à <i>Pennisetum</i>	Tous groupements ouverts dérivés directement de la forêt	—	—
(10) Lieux rudéraux et culturaux	<i>Id.</i> , vases régulièrement asséchés	Bord des chemins; lieux rudéraux	alentours des campements
(11) Stations d'épiphytes xérophiles	<i>Id.</i>	<i>Id.</i>	—
(12) Rochers, pierrailles, graviers secs au bord des rivières	<i>Id.</i>	Rochers et pierrailles	Rochers et pierriers, éboulis, formations à Immortelles sur sols squelettiques, crevasses sèches des rochers et groupements chasmophytiques à <i>Poa glacialis</i> .

TABLEAU VII.

*Répartition de la flore de chaque étage de végétation du Ruwenzori, selon divers biotopes.*  
(En % du nombre total de cas retenus pour chaque étage).

Types de biotopes	Étages de végétation			
	(1) Forêt de transition	(2) Forêt de montagne	(3) Étage afro-subalpin	(4) Étage afro-alpin
(1) Pièces d'eau, rivières, marais et tourbières	4,0	4,5	8,5	18,5
(2) Bord des eaux ; lieux herbeux et humides	8,5	6,5	13,0	22,0
(3) Marais ou tourbières boisés	6,5	4,5	21,5	0
(4) Forêts denses mésohygrophiles	21,0	24,5	5,0	0
(5) Forêts secondaires, clairières et recrûs forestiers	16,0	18,5	5,0	0
(6) Stations d'épiphytes mésohygrophiles	2,0	4,0	1,5	0
(7) Forêts et fruticées sclérophylles ; landes et bosquets	8,0	8,5	32,5	28,0
(8) Savanes, pelouses et alpages secs	11,5	6,0	5,0	14,5
(9) Jachères et savanes secondaires	8,0	11,5	0	0
(10) Lieux rudéraux ; stations riches en sels biogènes	8,0	7,5	0,5	1,5
(11) Station d'épiphytes xérophiles	0,5	1,0	1,0	0
(12) Rochers, pierrailles ; lieux arides	5,5	3,0	6,5	16,0

La variété des milieux est également caractéristique de l'étage de la forêt de montagne. Les habitants proprement forestiers (forêts denses diverses et forêts secondaires) donnent abri à 43 % des espèces. Ce sont les stations relativement les plus riches de tout le Massif, de même d'ailleurs que les biotopes dépendants, favorables aux épiphytes méso-hygrophiles. C'est dans ces horizons aussi, que les groupements ouverts, dérivés de la forêt, accueillent le plus grand nombre de plantes propres à ces formations.

L'étage des formations sclérophylles afro-subalpines

est déjà beaucoup moins diversifié. Certains biotopes font défaut ou, mal représentés, ne donnent asile qu'à un petit nombre de types floristiques. Par contre, deux biotopes, au sens large, prédominent nettement : les macro-tourbières des pentes couvertes de grandes *Ericacées* et les formations sclérophylles en général (d'où la dénomination physionomique de cet étage).

Le manque de variété des biotopes souligne la pauvreté générale de l'étage afro-alpin imposée par les caractères rigoureux du climat effaçant toute diversité et nivellant les habitats. Ceux-ci se réduisent essentiellement aux tourbières des fonds humides, aux alpages frais des bas de pente ou mieux drainés vers les hauteurs, aux formations de lobélies et de seneçons, aux pierriers, sols squelettiques ou crevasses rocheuses. On reconnaît immédiatement les quelques types de végétation caractéristiques décrits par HAUMAN [6].

### § 3. LES GROUPES ÉCOLOGIQUES.

Les espèces de la flore du Ruwenzori ont été classées d'après leur habitat exclusif ou préférentiel, leur forme biologique et aspect morphologique ou encore leurs caractères adaptatifs les plus évidents, en divers « groupes » ou « éléments » écologiques, quelque peu simplifiés, énumérés ci-après.

1) Hydro-hélophytes. Plantes aquatiques ou du bord des eaux, des marais, tourbières, et vases toujours humides ; espèces amphibies. Ce groupe comprend donc : les hydrophytes, amphibies, hélophytes et pélophytes. Leur caractéristique commune est qu'une partie au moins de l'appareil végétatif — le système racinaire au minimum — plonge en permanence dans un substrat gorgé d'eau.

2) Hygrophytes. Plantes des forêts denses humides

ou des habitats à atmosphère confinée et habituellement à teneur élevée en vapeur d'eau : crevasses profondes des rochers, berges ombragées des rivières, ravins ; épiphytes à la base des troncs, sous les grosses branches ou enfouis parmi les mousses et déchets organiques toujours humides.

Le caractère commun de ces végétaux est que l'appareil végétatif aérien est pratiquement toujours baigné par une atmosphère humide.

3) Mésophytes. Plantes des clairières forestières où pénètre largement le soleil ; endroits ouverts, soumis à des alternances d'humidité ou de sécheresse relative ; essences du dôme des forêts denses montagnardes ou sub-montagnardes, généralement pourvues de couvre-bourgeons.

Le caractère saillant commun à ces diverses plantes est que l'appareil végétatif aérien subit un micro-climat fluctuant — journalièrement ou saisonnièrement — sous le rapport de la vapeur d'eau atmosphérique ; en moyenne, le milieu demeure assez nettement « phytophile ».

4) Sclérophytes. Plantes propres aux habitats caractérisés par une nette variation de teneur en eau, édaphique ou atmosphérique, l'aridité tendant à prédominer toute l'année ; ou encore, végétaux de stations humides mais physiologiquement sèches, durant une ou plusieurs périodes saisonnières. Le trait physiologique frappant de ces espèces est leur feuillage persistant et coriace.

5) Xérophytes. Plantes d'habitats arides par nature : rocailles, pierrailles, endroits très chauds ou très froids en permanence, ou soumis à de très fortes fluctuations thermiques, ou très exposés au vent ; épiphytes subissant des périodes d'assèchement ou de fortes insolation journalières à l'extrémité des rameaux ou sur les portions corticales exposées au zénith et ensoleillées des grosses

branches. Le trait écologique essentiel, dans tous les cas, est l'aridité permanente ou temporaire toujours nettement accusée, de l'habitat de ces végétaux qui montrent des caractères adaptatifs évidents mais très divers.

6) Nitrophytes. Plantes de substrats exceptionnellement riches en sels biogènes : vases temporairement asséchées ; cultures, recrûs et jachères ; reposoirs d'animaux ; lieux rudéraux en général. Le trait caractéristique de ces plantes est leur avidité pour les sels minéraux solubles surtout azotés, temporairement ou continûment abondants dans leurs stations.

Certaines espèces s'intègrent difficilement dans une des rubriques de cette classification forcément assez arbitraire et rigide, soit à cause d'une plasticité écologique réelle, soit que leur définition, sur la base des critères indiqués, demeure quelque peu douteuse. Nous les avons généralement placées dans des catégories intermédiaires.

1. — Nous débuterons par l'analyse écologique de l'ensemble de la flore du Ruwenzori.

Le *Tableau VIII* en fournit les résultats (voir aussi *Fig. 2a*).

TABLEAU VIII.

*Les groupes écologiques dans la flore globale du Ruwenzori.*

(1) Groupes écologiques	(2) Nombre d'espèces	(3) % de l'ensemble de la flore.
1) Hydro-hélophytes	38	6,5
2) Hygrophytes	108	18,5
2bis) Méso-hygrophytes	107	18,5
3) Mésophytes	189	32,5
3bis) Méso-xérophytes	31	5,0
3ter) Méso-sclérophytes	10	1,5
4) Sclérophytes	24	4,0
4bis) Scléro-xérophytes	3	0,5
5) Xérophytes	23	4,0
6) Nitrophytes	51	9,0

Synthétisons davantage ces données en regroupant certaines rubriques, de la manière suivante :

1)	Hydro-hélophytes	6,5 %
2+2bis)	Hygrophytes	37,0 %
3)	Mésophytes	32,5 %
3ter+4+4bis)	Sclérophytes	6,0 %
3bis+5)	Xérophytes	9,0 %
6)	Nitrophytes	9,0 %

Ces informations statistiques mettent bien en évidence le caractère écologique essentiel et le plus frappant de la flore du Ruwenzori : majorité d'espèces méso-hygrophiles, corrélatif à son cachet forestier prédominant.

Dans l'ensemble, les végétaux propres aux lieux éda- phiquement humides sont peu nombreux. Comme déjà dit, on ne connaît qu'un seul hydrophyte authentique ; très peu de véritables espèces amphibies sont signalées ; le groupe des hydro-hélophytes comporte surtout des plantes de marais et de tourbières. Cet état de choses est à mettre en relation avec les conditions physiographiques peu favorables au développement des pièces d'eau et des rivières aisément colonisables par une végétation de Spermatophytes. Les lacs glaciaires de l'étage afro-alpin, aux eaux très froides, ne paraissent abriter aucune plante phanérogame aquatique [HAUMAN, 6].

Les xérophytes authentiques eux-mêmes, malgré l'existence de stations apparemment favorables, sont relativement peu nombreux : 9 % de l'ensemble.

Globalement, les groupes écologiques de la flore du Ruwenzori expriment l'influence prédominante d'un climat humide, correspondant à une pluviosité élevée et à un régime d'ennuage très généralisé si l'on considère l'ensemble du massif.

La proportion des nitrophytes, sans être négligeable, est relativement faible comparée à la moyenne des flores locales de l'Afrique centrale.

2. — Nous entreprendrons maintenant de détailler ces conclusions, en considérant la proportion de ces groupes écologiques dans les différents étages de végétation (*Fig. 2*).

TABLEAU IX.

*Les groupes écologiques dans chaque étage de végétation du Ruwenzori (% de la flore propre à chaque étage).*

Groupes écologiques	Étages de végétation			
	(1) Forêt de tran- sition	(2) Forêt de mon- tagne	(3) Étage afro-su- balpin	(4) Étage afro- alpin
1) Hydro-hélophytes	5,0	3,5	8,5	18,4
2) Hygrophytes	22,0	19,5	16,0	8,0
2bis) Méso-hygrophytes	16,5	21,0	16,0	11,5
3) Mésophytes	32,0	34,5	30,0	21,5
3bis) Méso-xérophytes	5,0	4,0	7,0	13,0
3ter) Méso-sclérophytes	1,5	1,5	3,0	0
4) Sclérophytes	1,5	3,5	12,5	6,5
4bis) Scléro-xérophytes	0	0,5	2,0	1,5
5) Xérophytes	3,0	2,0	4,0	18,0
6) Nitrophytes	13,5	10,0	1,0	1,5

Regroupons également ces données, en quelques valeurs plus synthétiques, comme nous l'avons fait ci-dessus.

	(1) Forêt de tran- sition	(2) Forêt de mon- tagne	(3) Étage afro-su- balpin	(4) Étage afro- alpin
1) Hydro-hélophytes	5,0	3,5	8,5	18,4
2+2bis) Hygrophytes	38,5	40,5	32,0	19,5
3) Mésophytes	32,0	34,5	30,0	21,5
3ter+4+4bis) Sclérophytes	3,0	5,5	17,5	8,0
3bis+5) Xérophytes	8,0	6,0	11,0	31,0
6) Nitrophytes	13,5	10,0	1,0	1,5

Dans la *Fig. 3* nous avons représenté la proportion des principaux groupes dans chaque étage en tenant

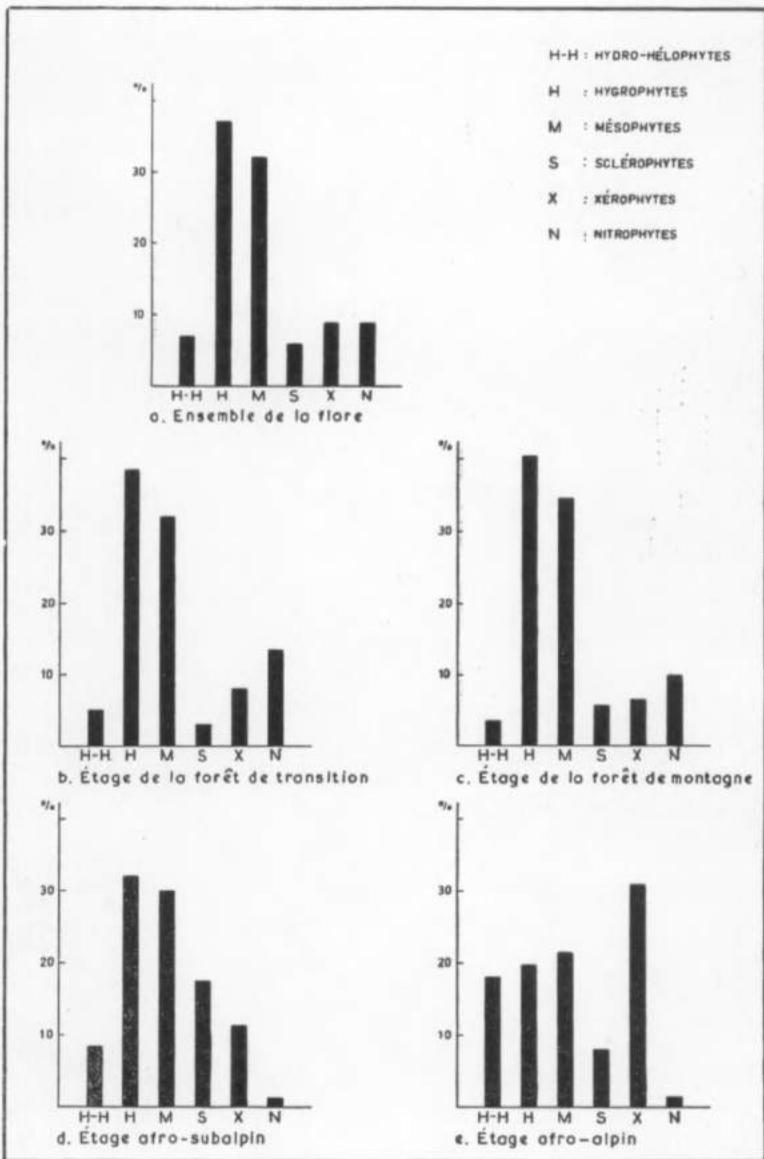


FIG. 2. — Spectres écologiques de la flore du Ruwenzori.

compte de leurs cotes altitudinales et en dégageant les tendances de l'évolution du milieu en fonction de l'altitude.

La proportion des Hydro-hélophytes est la plus élevée dans l'étage afro-alpin ; ce caractère souligne l'abondance des tourbières et formations humides à ces niveaux : cariçaies et alpages marécageux au bas des pentes.

Ce même groupe écologique est encore bien représenté dans l'étage sous-jacent où il occupe surtout les macro-tourbières à sphaignes ; il est, par contre, relativement estompé dans l'étage de la forêt submontagnarde et de la forêt de montagne surtout.

Les Hygrophytes trouvent un optimum dans les horizons forestiers : ce sont, avant tout, des espèces sylvi-cales recherchant l'atmosphère du sous-bois des forêts denses ombrophiles. Leur représentation est notable encore dans l'étage afro-subalpin et nettement plus faible dans les horizons afro-alpins.

Les Mésophytes sont proportionnellement bien représentés dans les trois étages inférieurs, avec une légère prépondérance aux niveaux de la forêt montagnarde ; leur taux est moindre dans l'étage supérieur.

Le groupe des Sclérophytes est, de beaucoup, le mieux représenté dans les ceintures afro-subalpines, zone des « bruyères » et végétaux éricoïdes par excellence ; sa proportion n'est pas négligeable non plus dans l'étage sous-jacent ; par contre, il est très effacé dans les horizons proprement forestiers sur les pentes inférieures du Massif.

Les Xérophytes sont relativement les plus abondants dans l'étage afro-alpin où existent effectivement des causes d'aridité édaphique ou physiologique.

Enfin, les Nitrophytes manifestent un taux de présence le plus marqué dans la forêt de transition ; on en connaît déjà les raisons. Par contre, leur rôle est insignifiant dans les deux étages supérieurs.

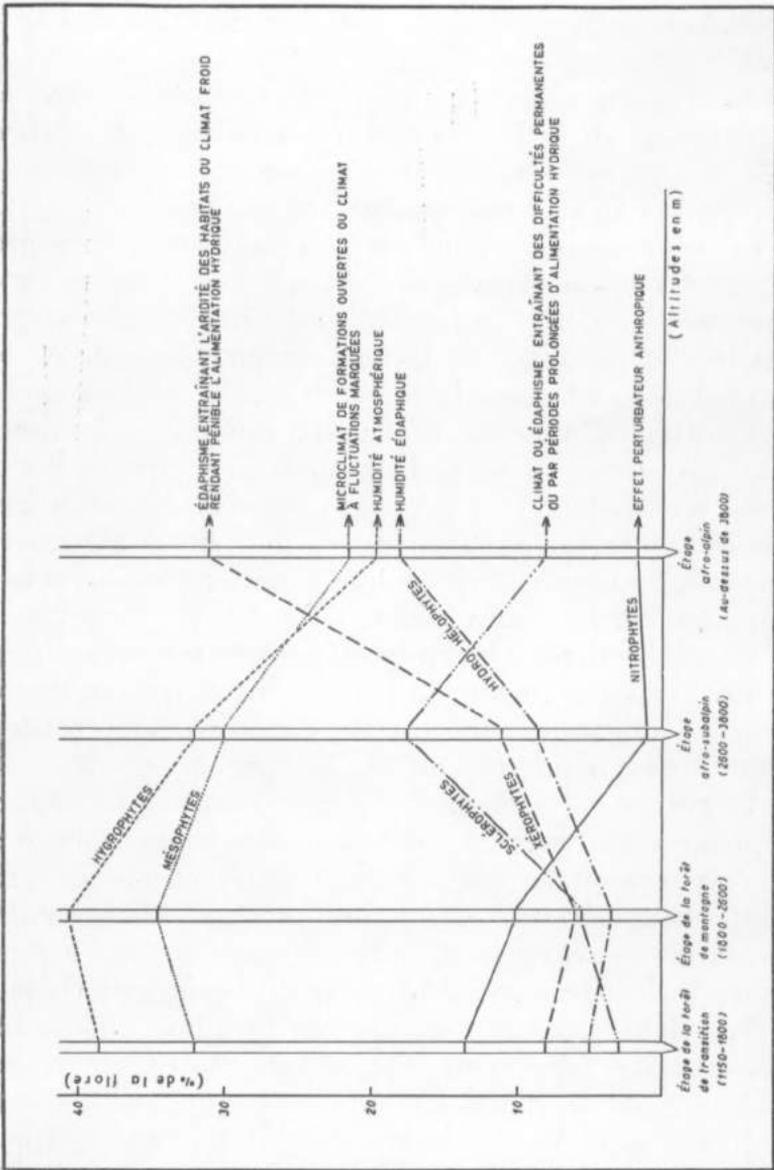


FIG. 3. — Représentation des groupes et tendances de la transformation du milieu avec l'altitude et les étages de végétation sur le versant occidental du Ruwenzori.

Si nous envisageons maintenant la proportion de ces divers groupes écologiques dans chaque étage de végétation (spectres écologiques), nous dégagerons les conclusions suivantes.

Dans l'étage de la forêt de transition, Hygrophytes et Mésophytes, au sens large, dominant amplement (plus de 70 % de l'ensemble de la flore). Le groupe des Nitrophytes vient ensuite et sa représentation mérite d'être notée.

Le spectre écologique de l'étage de la forêt de montagne est très semblable au précédent : Hygrophytes et Mésophytes forment les  $\frac{3}{4}$  de l'ensemble floristique ; la représentation de tous les autres éléments écologiques est médiocre.

Les conditions mésologiques fondamentales dans les deux étages inférieurs sont donc fort semblables : pluviosité et humidité atmosphérique élevées (sans négliger l'effet de la température moyenne qui est vraisemblablement de l'ordre de 16° encore à 2.000 m).

L'étage afro-subalpin manifeste déjà une proportion assez différente des groupes écologiques. Hygrophytes et Mésophytes forment encore la majorité (62 %), leur taux respectif étant d'ailleurs semblable (alors que les Hygrophytes l'emportent nettement dans les deux étages inférieurs). Les Hydro-hélophytes (végétaux des macro-tourbières) forment un lot appréciable, de même que les authentiques Xérophytes. Les Sclérophytes trouvent, à ces horizons altitudinaux, leur expression la plus élevée.

Les conditions régnant à cet étage sont donc une humidité atmosphérique relativement forte — mais nettement moindre déjà que dans les étages inférieurs — auquel s'ajoute ici, une certaine humidité édaphique et l'existence d'une cause d'aridité due à la nature locale du substrat et probablement aussi à la température moyenne déjà assez basse (8 à 9 % vraisemblablement vers 3.300 m d'altitude).

Le spectre écologique de l'étage afro-alpin est nettement différent des autres : la proportion des Xérophytes est majoritaire ; viennent ensuite les Mésophytes qui l'emportent ici sur les Hygrophytes. Les Hydro-hélophytes, enfin, sont proportionnellement abondants (tourbières à *Carex*). Dans l'ensemble, ce spectre manifeste des apparences assez opposées : richesse relative et simultanée des groupes d'Hydro-Hélophytes et de Xérophytes. Ces caractères à première vue contradictoires se comprennent aisément : l'humidité édaphique tend à devenir prépondérante sur l'humidité atmosphérique, la température très basse (environ 4° vers 4.000 m vraisemblablement) impose une sécheresse physiologique généralisée (xéromorphie, même chez les plantes de marécages). On comprend aisément l'aspect xéromorphique de beaucoup de plantes à ces altitudes élevées [HAUMAN 6].

#### § 4. SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS.

1. Les caractères écologiques de la flore du Massif du Ruwenzori, envisagée dans son ensemble, se présentent comme suit :

a) Par rapport à l'analyse des formes biologiques :

1) Prépondérance des Phanérophytes et des Chaméphytes herbacés indiquant le cachet forestier prédominant de la flore.

L'épiphytisme est bien marqué ; par contre on ne connaît aucun Phanérophyte succulent.

Ces caractères décèlent un climat humide et nettement phytophile dans son ensemble ;

2) Représentation notable des Hémicryptophytes rosettés, subrosettés ou scapeux, indiquant une tendance générale mésotherme du climat ;

3) Faible représentation des Cryptophytes, caractère corrélatif à l'absence de saison sèche prolongée et le

défaut de grandes formations semi-aquatiques d'holophytes.

4) Médiocre participation des Thérophytes, résultant d'une certaine uniformité du climat, sans alternance brutale de saisons sèche et pluvieuse et, en général, du faible développement des stations manifestement nitrophiles-rudérales.

b) Par rapport à l'analyse des biotopes :

1) Prépondérance de l'habitat forestier dense mésophyle et des biotopes dérivés ;

2) Bonne représentation des espèces vivant dans les stations marécageuses ou dans les tourbières ;

3) Médiocre importance des éléments propres aux biotopes xériques ;

4) Faible extension des habitats particulièrement propices aux Nitrophytes.

Ces caractéristiques soulignent encore l'humidité régnant sur le massif du Ruwenzori dont la flore manifeste, dans son ensemble, une nette appétence pour les milieux humides.

c) Par rapport à l'analyse des « groupes écologiques » :

1) Prépondérance des Hygrophytes ;

2) Pénétration très nette des Mésophytes ;

3) Médiocrité de la représentation des autres groupes écologiques.

Ces traits essentiels confirment et appuient les conclusions déjà émises ci-avant.

2. L'analyse écologique de la flore propre à chacun des étages de végétation, conduit, à son tour, aux conclusions suivantes :

a) Étage de la forêt submontagnarde de transition (1.150-1.800 m).

1) Le spectre biologique indique la prépondérance des Phanérophytes et des Chaméphytes herbacés ; parmi les premiers, les lianes sont relativement abondantes. On notera, de plus, une bonne présence des Thérophytes et un certain taux de Chaméphytes sous-ligneux savanicoles ;

2) La répartition des éléments floristiques parmi les divers biotopes indique, en général, une grande variété des milieux ; l'habitat forestier dense et humide, ou secondaire, plus mésophile, abrite cependant une majorité d'espèces ; il apparaît une certaine importance des biotopes remaniés, rudéraux ou anthropophiles, ainsi que du milieu « savane herbeuse » ;

3) Le spectre écologique donne la prédominance au groupe des Hygrophytes et des Mésophytes ; les Nitrophytes sont également bien représentés.

L'ensemble de ces caractères écologiques met en évidence le cachet forestier primitif de la flore, largement pénétrée toutefois par des espèces des groupements herbeux ou des savanes dérivées. Le climat est nettement phytophile et correspond bien à celui de la forêt dense humide ; il manifeste cependant des fluctuations favorables à des végétaux savanicoles.

b) Étage de la forêt ombrophile montagnarde (1.800-2.600 m).

1) Le spectre biologique montre encore une prédominance des Phanérophytes et des Chaméphytes herbacés ; les lianes et Épiphytes sont particulièrement bien représentés au sein du premier type ;

2) L'analyse des biotopes fait apparaître une grande diversité des milieux, avec une prédominance fort nette

de l'habitat forestier dense ou des milieux directement dérivés ;

3) Le spectre écologique donne une prépondérance très notable aux Hygrophytes et aux Mésophytes.

Dans l'ensemble, la flore des forêts ombrophiles l'emporte d'une façon très apparente ; le climat humide et régulier est très phytophile et fort propice à l'épiphytisme (nuages, précipitations maxima).

c) Étages des formations sclérophylles afro-subalpines (2.600-3.800 m).

1) Les formes biologiques prédominantes sont les Phanérophytes, les Chaméphytes herbacés et les Hémicryptophytes ; parmi ces derniers, le type cespiteux représente sensiblement la moitié du taux attribué à ce groupe ; les Cryptophytes sont relativement nombreux ; les Thérophytes sont mal représentés ;

2) Les biotopes sont beaucoup moins diversifiés déjà que dans les étages inférieurs ; les habitats favorables aux formations sclérophylles et aux macro-tourbières à sphaignes et Ericacées arborescentes abritent une majorité de la flore ;

3) Parmi les types écologiques, les Hygrophytes et les Mésophytes, en proportion semblable, sont prépondérants ; les Sclérophytes trouvent ici leur représentation nettement la plus élevée pour tout le Massif. Hydrohélrophytes, d'une part, et Xérophytes, d'autre part, représentent des lots appréciables de la flore.

Cette analyse de la flore indique une végétation riche encore en formes arborescentes ou arbustives et en plantes de tourbières ; le climat apparaît comme relativement moins humide que dans les horizons sous-jacents, nettement tempéré à tempéré-froid ; l'humidité est surtout

d'ordre édaphique ; les conditions générales du milieu sont particulièrement favorables aux tourbières de pente.

b) Étage afro-alpin (au-dessus de 3.800 m).

1) Le spectre biologique montre la prépondérance des Hémicryptophytes et des Chaméphytes, ce qui le rapproche très fort de l'éventail des types biologiques connus dans les zones froides ou alpines ; parmi les Hémicryptophytes, le type cespiteux l'emporte de beaucoup ; ce spectre ne comprend ni lianes, ni épiphytes, ni cryptophytes ; la représentation des thérophytes est très faible ;

2) Les biotopes sont peu diversifiés et aucun d'eux n'abrite une proportion nettement prépondérante de la flore ;

3) Le spectre écologique met en évidence le groupe des Xérophytes ; les Hydro-hélophytes par contraste, sont également bien représentés.

Dans l'ensemble, la flore indique un milieu rigoureux, avec des habitats contrastés, mais auquel se surimpose un climat relativement régulier, froid, entraînant des conditions de vie difficiles aux végétaux et une xéromorphie de la végétation très apparente, malgré l'humidité édaphique souvent très élevée.

15 février 1958.

#### BIBLIOGRAPHIE

- [1] LEBRUN, J. : Sur les éléments et groupes phytogéographiques de la flore du Ruwenzori (*Bull. Jard. Bot. État*, Bruxelles, XXVII, Vol. Jub. W. ROBYNS, pp. 453-478, 1957).
- [2] ROBYNS, W. : Flore des Spermatophytes du Parc National Albert. Bruxelles (Institut des Parcs nationaux du Congo belge, 3 vol., 745, 626 et 571 pp., le vol. III, en collaboration avec TOURNAY, R., 1947-1955).

- [3] HAUMAN, L. et BALLE, S. : Les *Alchemilla* du Congo belge et leur relation avec les autres espèces du genre en Afrique continentale (*Rev. Zool. Bot. afr.*, Tervuren, XXIV, pp. 301-368, 1934).
- [4] HAUMAN, L. : Les *Lobelia* géants des montagnes du Congo belge (*Mém. in-8° I. R. C. B.*, Sect. Sc. nat. et médic., II, 1, 52 pp., 1934).
- [5] HAUMAN, L. : Les *Senecio* arborescents du Congo (*Rev. Zool. Bot. afr.*, Tervuren, XXVIII, pp. 1-76, 1935).
- [6] HAUMAN, L. : Esquisse de la végétation des hautes altitudes sur le Ruwenzori (*Bull. Acad. R. Belg.*, Cl. Sc., 5<sup>e</sup> Sér., XIX, pp. 602-616, 702-717, 900-917, 1933).
- [7] LEBRUN, J. : La végétation de la plaine alluviale au sud du lac Édouard (Bruxelles, Institut des Parcs nationaux du Congo belge, 800 pp., 1947).
- [8] RAUNKIAER, C. : The Life form of Plants (Oxford, Clarendon Press, 632 pp., 1934).
- [9] LEBRUN, J. : Esquisse de la végétation du Parc National de la Kagera (Bruxelles, Institut des Parcs nationaux du Congo belge, 89 pp., 1955).
- [10] GERMAIN, R. : Les associations végétales de la plaine de la Ruzizi en relation avec le milieu (Bruxelles, Public. I.N.É.A.C., Sér. scient., n° 52, 322 pp., 1952).
- [11] MULLENDERS, W. : La végétation de Kaniama (Bruxelles, Public. I.N.É.A.C., Sér. scient., n° 61, 499 pp., 1954).
- [12] HEDBERG, O. : Vegetation belts of the East African Mountains (*Svensk. Bot. Tidskr.*, Upsala, XLV, pp. 140-202, 1951).
- [13] ROSS, R. : Some aspects of the vegetation of the sub-alpine zone on Ruwenzori (*Proc. Linn. Soc.*, Londres, CLXV, pp. 136-140, 1955).
- [14] ROSS, R. : Some aspects of the vegetation of Ruwenzori (*Webbia*, Florence, XI, 1955, pp. 451-458, 1956).
- [15] HAUMAN, L. : La « Région afroalpine » en phytogéographie centro-africaine (*Webbia*, Florence, XI, 1955, pp. 467-469, 1956).

V. Van Straelen. — Le Congo et l'année géophysique internationale 1957-1958.

On s'étonne de l'orientation donnée par la Belgique à sa participation aux travaux entrepris sous l'égide du Comité spécial de l'année géophysique internationale 1957-1958. Dans divers milieux, surtout étrangers, on s'interroge sur les raisons d'une abstention aux recherches entreprises en Afrique centrale. Il est fait allusion à celles qui pourraient utilement être menées dans les régions les plus élevées du Congo belge, les monts Ruwenzori. L'absence d'une équipe belge dans l'aire, qui comprend les plus hautes altitudes relevées non seulement en Afrique centrale et orientale mais dans l'ensemble du continent, est remarquée.

En Afrique orientale, une équipe de chercheurs britanniques participe en ce moment aux observations prévues dans les régions voisines de l'Équateur. Elle a porté son choix sur le mont Kenya, parmi les diverses montagnes qui surgissent dans le pays. Douze hommes y sont au travail, se répartissant les divers points du programme qui comprend l'observation des rayons cosmiques et de l'activité solaire, la météorologie, la glaciologie, la géologie, la biologie, enfin la cartographie. Ils se succèdent par équipes sur le terrain.

Si le territoire administré par la Belgique n'offre pas les sommets les plus élevés de l'Afrique, il possède, en partage, la chaîne de montagnes à la fois la plus longue et la plus pourvue de cimes dépassant l'altitude 5.000. D'autre part, le Ruwenzori offre, par sa constitution géologique, sa structure et ses relations tectoniques,

un caractère exceptionnel parmi les hautes montagnes d'Afrique généralement d'origine volcanique comme l'est le mont Kenya. Enfin, c'est le versant occidental de la chaîne, soit celui compris dans le Parc national Albert, c'est-à-dire au Congo belge, qui offre le plus d'intérêt parmi les deux versants par sa proximité immédiate des failles bordières orientales du grand fossé tectonique et son orientation vers la Cuvette congolaise, partiellement couverte encore d'une forêt ombrophile.

Il s'y ajoute le développement des glaciers, exceptionnel dans une région équatoriale si éloignée des océans. Des observations superficielles, appuyées par des documents photographiques et biologiques recueillis par divers observateurs, font prévoir l'intérêt des études glaciologiques d'une importance fondamentale qui attendent d'être entreprises. Elles doivent s'intégrer dans une tentative d'interprétation des ondes oscillatoires glaciaires, appuyée sur des observations biologiques récentes.

Contrairement à ce que le cours actuel des événements permet de croire, un plan détaillé des recherches a été dressé. Il devait se développer sur le grand fossé tectonique et sur son môle-limite oriental, approximativement entre un degré au Sud et un au Nord de l'Équateur. Le mérite en revient essentiellement à MM. N. VANDER ELST et P. HERRINCK, du Service météorologique et M. E. BERNARD, de la division de climatologie de l'Institut national pour l'étude agronomique, qui tracèrent ce plan de concert avec l'Institut des Parcs nationaux du Congo belge. Tous ensemble, nous avons recueilli le précieux appoint des conseils de MM. Edm. LAHAYE, M. NICOLET, L.-J. TISON et J. VAN MIEGHEM.

L'initiative de l'Institut des Parcs nationaux s'explique autant par le fait que le versant occidental du Ruwenzori se trouve dans le parc national Albert, que par le rôle, dans les épisodes météorologiques du grand

drame climatique, de cette chaîne de montagnes coiffée de glaciers. Ceux-ci sont régulateurs des biocénoses du parc et encore de celles qui s'étendent très loin au delà de ses limites. Des jeunes gens allaient pouvoir s'entraîner à des disciplines que les Belges n'eurent jamais l'occasion de pratiquer. Ils y auraient fait carrière, car nous avions prévu la nécessité de la permanence dans la recherche. La construction et l'outillage d'un petit poste d'observation étaient possibles.

Tout était prêt pour ne pas s'engager, à l'occasion de l'année géophysique internationale, avec des moyens insuffisants dans des sentiers battus. Nous ne méritons donc pas le reproche d'indifférence ou d'ignorance, parfois murmuré même par des lèvres amies. Les ressources souhaitées pour notre entreprise africaine furent orientées vers un autre but.

Il convient maintenant de satisfaire la curiosité des milieux scientifiques et peut-être celle, qui sera on l'espère tempérée de regrets, des milieux ignorants et puissants qui empêchèrent la réalisation des projets.

L'action devait porter sur deux objectifs.

A. Le Ruwenzori, dont on aurait traité la météorologie, la climatologie et la glaciologie ;

B. Le lac Édouard et ses régions de bordure (plaines de la Semliki et de la Rwindi ; Horst de bordure Ouest), dont on aurait traité la météorologie, la climatologie et l'hydrologie y compris l'évaporation du lac.

#### A. PROGRAMME DE RECHERCHES AU RUWENZORI.

##### 1. *Météorologie et climatologie du versant occidental du Ruwenzori.*

a. *Installations de stations climatologiques, étagées depuis la station de référence de Mutsora vers 1.330 m d'altitude, jusqu'au glacier vers 4.000 m d'altitude :*

1) Station de référence de MUTSORA	1.330 m
2) Station du gîte de KALONGE	2.140 m
3) Station du gîte de MAHUNGO	3.300 m
4) Station du gîte de KIHONDO	4.300 m
5) Station du gîte de la Moraine	4.500 m
6) Station spéciale de glaciologie	4.800 m

*Remarques.*

La station climatologique de référence de Mutsora qui est actuellement de 3<sup>e</sup> ordre, aurait été pourvue durant l'année géophysique internationale d'un matériel instrumental plus complet (microbarographe et baromètre, anémographe MUSELLA, lucimètre de BELLANI, psychrographe et pluviographe). En fait, elle aurait été transformée en une station temporaire de premier ordre principal.

Les stations de Kalonge, Mahungo, Kihondo et de la Moraine auraient été des stations fort semblables en équipement instrumental aux stations normales de troisième ordre du réseau de l'I.N.É.A.C. (cas de la station actuelle de Mutsora), le matériel étant toutefois étudié pour fournir des indications enregistrées, totalisées ou extrêmes, ayant une valeur d'utilisation certaine.

Le but de la station spéciale de glaciologie sera exposé plus loin.

*b) Observations sur les phénomènes météorologiques du versant.*

Tous les phénomènes météorologiques du versant auraient fait l'objet d'observations attentives de la part du géophysicien chargé de mission (variations de nébulosité, du vent, les orages, la brume, etc.).

c) *Observations spéciales de microclimatologie.*

De même, à l'occasion des trajets Mutsora-glacier, des observations microclimatologiques auraient été accomplies dans les divers étages de végétation avec un équipement instrumental de terrain étudié soigneusement (rayonnement, température, humidité, évapotranspiration).

2. *Glaciologie physique.*

a) *But*: Étudier par les méthodes instrumentales modernes les variations diurnes et saisonnières du bilan accumulation-ablation du glacier du Ruwenzori. Cette étude devait conduire à élucider les causes de la récession glaciaire en régions équatoriales.

b) *Recherches*: Mesure des précipitations, de l'évaporation, de la fonte. Observations sur le bilan de rayonnement du glacier et ses composantes : rayonnement global, albedo, rayonnement thermique effectif. Observations de la température de surface du glacier et établissement par sondage du profil thermique. Étude de la stratification de la glace, des dépôts poussiéreux, etc.

Observations sur les variations de la *firn-line*. Ces recherches auraient été accomplies au cours de périodes saisonnières bien choisies. Elles devaient saisir les variations diurnes et saisonnières des faits glaciologiques par des installations instrumentales permanentes et occasionnelles.

La station climatologique de la Moraine devait jouer dans ces recherches le rôle d'une station permanente de référence, disposant d'un équipement instrumental adéquat.

Dans la mesure du possible, ces recherches auraient été intégrées dans le cadre le plus large de l'hydrologie glaciaire du sommet (complexe glacier-lacs).

B. PROGRAMME DE RECHERCHES  
AU LAC ÉDOUARD.

1. *But* : Étude du régime annuel de l'évaporation du lac Édouard par la méthode du bilan d'énergie.

2. *Recherches* : Étude sur le bilan d'énergie du lac et ses composantes : rayonnement global, albedo, rayonnement thermique effectif, température de surface, calories accumulées, échange turbulent de chaleur et de vapeur avec l'air.

Application de la formule de BOWEN.

Mesure directe de l'évaporation par un dispositif flottant.

Recherches complémentaires sur la météorologie et la climatologie du lac et de son entourage (*Horst*, plaines de la Semliki et de la Rwindi).

Établissements de stations climatologiques temporaires de référence à Ishango et à Vitshumbi.

3. *Intérêt de ces recherches*.

L'intérêt de ces recherches pouvait paraître à première vue moins évident que celui des recherches exposées au point A.

Signalons que ces recherches, outre leur intérêt scientifique immédiat, permettraient de promouvoir l'étude ultérieure de l'évaporation des autres grands lacs congolais — Albert, Kivu, Tanganika, Upemba, Léopold II — grâce à l'expérience ainsi acquise. Or, la connaissance du régime de l'évaporation d'un lac est un jalon essentiel dans l'étude complète de son bassin hydrologique. Ces recherches seraient ainsi l'amorce d'études plus approfondies de complexes hydrologiques comme l'Édouard — Albert, le Kivu — Tanganika, études dont l'importance est évidente pour la compréhension de l'hydrologie des bassins du Nil et du Congo.

La Belgique, en se détournant du Congo, n'a pas suivi la voie ouverte lors de l'année polaire internationale de 1933. A l'époque, la participation nationale, limitée à des recherches sur le magnétisme terrestre, aboutit à l'établissement par M. L. HERMANS, d'une carte magnétique comprenant les territoires du Congo belge situés à l'est du 22<sup>me</sup> degré de longitude Est. Ainsi, avec des ressources modestes, un résultat important et de valeur permanente a été acquis, véritable œuvre de pionnier.

On se pose la question de savoir si l'entreprise, en cours dans l'Antarctique, est justifiable au regard des ressources que la ration peut mettre en œuvre, au regard des problèmes d'un intérêt majeur qui se posent pour le Congo, au regard des responsabilités assumées dans ce pays par le peuple belge. N'est-ce pas Machiavel qui écrivit que l'on choisit sa politique à la mesure de sa force ? L'aphorisme se transcrit sans peine à propos de l'élaboration de tout programme de recherches scientifiques. Celles-ci doivent être délimitées à la mesure des ressources — humaines et matérielles — disponibles. Depuis une dizaine d'années, à plusieurs reprises, la Belgique s'est départie de cette ligne de conduite, tant en Europe qu'au Congo. En dresser le bilan causerait une grosse surprise. Faire le choix, la tâche quoiqu'on en dise, est aisée tant est grande la foule des problèmes se bousculant dans l'imagination.

La solution de très nombreux d'entre ces problèmes peut être donnée grâce à la mise en œuvre de faibles ressources matérielles. Pour y parvenir la première condition requise est l'information. Il est inutile de se laisser guider dans ce choix par une considération de prestige. Cependant, c'est ce que jugèrent nécessaire certains de nos compatriotes, avertis et non avertis de la vie scientifique, pour justifier le prélèvement soit sur les deniers publics, soit sur les ressources privées, d'une somme de 50 millions de francs belges. Si le pres-

tige est le mobile d'une action, celle-ci l'apporte rarement ou jamais. Pour avoir coupé la queue de son chien, Alcibiade ne se survit que dans une locution proverbiale et ironique.

Mais il y a plus, malgré la somme citée, justement considérée comme élevée à la mesure des ressources généralement mises en œuvre pour des entreprises scientifiques, non seulement en Belgique mais en Europe occidentale, cette somme est dérisoire en comparaison des moyens dont disposent les divers groupes au travail dans l'Antarctique. A lui seul, l'établissement des bases américaines a entraîné une dépense de 22 millions de dollars, soit 22 fois les ressources belges. On évalue à 4 ou 5 milliards de francs belges, le coût des recherches grandioses organisées notamment par les États-Unis, la France, la Grande-Bretagne et la Russie. La participation belge peut donc, sans faux amour-propre national, être qualifiée de dérisoire.

On a vu plus haut qu'il y avait moyen de dépenser l'argent autrement, d'apporter une contribution originale au grand œuvre et de garder le moyen de poursuivre l'effort durant un bon nombre d'années. L'entreprise au Ruwenzori devait être un test dont on aurait tiré des conclusions durant plus d'un quart de siècle. Peut-être aurait-on levé un coin du voile qui dissimule le proche avenir climatique de l'Afrique centrale, même de celles d'entre ses régions qui sont verdoyantes aujourd'hui.

15 février 1958.

**N. Petit-Maire — Heintz. — Rapport préliminaire  
sur une mission anthropologique au Ruanda-Urundi  
(10 mai-10 novembre 1957).**

(Note présentée par M. E.-J. Devroey)

Cette mission a eu pour principal objet une enquête sur la croissance, qui avait été décidée lors du dernier congrès des Sciences humaines à Bukavu.

Tandis que le D<sup>r</sup> J. HIERNAUX étudiait la population masculine du Ruanda, notre mission fut consacrée à la mensuration de la population féminine de 6 à 20 ans.

Quinze cents sujets furent mesurés. Trente-cinq mensurations furent prises pour chaque sujet : mesures linéaires du corps, diamètres, circonférences, taille, poids, mesures de la tête et de la face. En outre, plusieurs caractères descriptifs furent notés. Une enquête démographique et sociale fut effectuée à fond pour chaque sujet (recherche précise de l'origine ethnique et familiale ; renseignements sur le niveau de vie, le nombre d'enfants de la famille).

Nous avons opéré principalement dans les écoles de mission. En effet, pour une enquête portant sur la croissance, seuls pouvaient être utilisés les enfants d'âge connu. Seuls les enfants baptisés à la naissance et pourvus d'un acte de baptême en faisant mention, pouvaient, au Ruanda, faire l'objet d'une enquête. En effet, l'état-civil officiel n'existait pas encore pour les enfants qui ont actuellement entre 6 et 20 ans.

Chaque date de naissance a été soigneusement vérifiée et recoupée par des enquêtes dans les registres religieux et civils.

Les mensurations ont porté sur toutes les filles de 6 à

20 ans utilisables fréquentant les écoles de : Astrida, Save, Nyanza, Kanzi, Kabgayi, Kigali, Rwamagana, Zaza, Cyanika, Kigeme, Nyondo, Muramba.

Pour tout le Ruanda, nous avons pu, grâce aux enquêtes particulières précédemment mentionnées, déterminer exactement, pour chaque enfant, si elle appartenait à une famille Mu-Tutsi ou Mu-Hutu. Tous les enfants d'origine douteuse ont été éliminés.

Nous avons ainsi obtenu deux groupes de mensurations, de nombre sensiblement égal, qui permettront d'établir des lignes de croissance où seront directement réparable l'élément Tutsi et l'élément Hutu.

Le D<sup>r</sup> J. HIERNAUX est actuellement en possession, à Élisabethville, de toutes ces fiches de mensuration. Nous comptons commencer à étudier ce matériel dès que possible. Le traitement statistique de ces renseignements sera certainement assez long, car nous tenons à tirer le maximum de ces éléments.

Pendant le mois de vacances scolaires qui a interrompu notre travail, nous avons réuni des chiffres (mensurations, enquêtes diverses sur des caractères descriptifs), sur le nez des groupes Tutsi et Hutu (enfants, adultes, vieillards) et sur la natalité au Ruanda (importance, *sex-ratio*, poids, tache mongolique, accidents à l'accouchement, etc...). Nous avons ainsi pu réunir des fiches relatives à 4.000 nouveau-nés.

Nous tenons à remercier l'Académie royale des Sciences coloniales de nous avoir facilité ce séjour au Ruanda. Nous ferons connaître à l'Académie, dès que possible, l'achèvement de notre travail en vue de sa publication éventuelle. Nous comptons travailler en collaboration avec le D<sup>r</sup> J. HIERNAUX, qui s'occupe de la partie masculine de la population scolaire.

Nous tenons également à signaler à l'Académie que nous avons été fort efficacement aidée dans nos déplace-

ments, logements, et difficultés diverses au Ruanda et Congo belge, par l'Administration belge et par les chefs de Centre et membres de l'I.R.S.A.C., ainsi que par les communautés religieuses préposées à la direction des écoles que nous avons visitées.

Paris, le 29 janvier 1958.

CLASSE DES SCIENCES TECHNIQUES



KLASSE VOOR TECHNISCHE WETENSCHAPPEN

### Séance du 31 janvier 1958.

La séance est ouverte à 14 h 30.

Le directeur sortant, M. C. *Camus*, et M. M. *Legraye*, directeur de la Classe et président de l'Académie pour 1958, échangent les compliments d'usage.

Sont en outre présents : MM. K. *Bollengier*, F. *Campus*, E. *De Backer*, R. *Deguent*, I. *de Magnée*, E.-J. *Devroey*, R. *du Trieu de Terdonck*, P. *Fontainas*, l'écuyer E. *Mertens de Wilmars*, M. M. *van de Putte*, membres titulaires; MM. F. *Bultot*, M. *Denaeyer*, P. *Évrard*, E. *Frenay*, P. *Geulette*, A. *Lederer*, L. *Pauwen*, E. *Roger*, P. *Sporcq*, L. *Tison*, J. *Verdeyen*, membres associés ; M. J. *Quets*, membre correspondant, ainsi que M. M. *Walraet*, secrétaire des séances.

Excusés : MM. J. *Beelaerts*, R. *Bette*, M. *De Roover*, J. *Lamoen*, P. *Lancsweert*, P., A. *Rollet*, G. *Moulaert*, R. *Vanderlinden*, J. *Van der Straeten*.

### Remerciements et félicitations.

M. M. *Legraye*, directeur de la Classe et président de l'Académie pour 1958, adresse ses compliments à M. P. *Gérard*, de la Classe des Sciences naturelles et médicales, président de l'Académie pour 1957.

Il congratule également MM. F. *Campus*, K. *Bollengier*, J. *Lamoen* et E.-J. *Devroey*, qui ont été nommés respectivement président, administrateurs et secrétaire général de l'Institut national pour le Développement de l'Électrification du Bas-Congo.

### Zitting van 31 januari 1958.

De zitting werd geopend te 14 u 30.

De uittredende directeur, de H. C. *Camus*, en de H. M. *Legraye*, directeur van de Klasse en voorzitter van de Academie voor 1958, wisselen de gebruikelijke gelukwensen.

Aanwezig : De HH. K. Bollengier, F. Campus, E. De Backer, R. Deguent, I. de Magnée, E.-J. Devroey, R. du Trieu de Terdonck, P. Fontainas, jonkheer E. Mertens de Wilmars, de H. M. van de Putte, titelvoerende leden ; de HH. F. Bultot, M. Denaeyer, P. Évrard, E. Frenay, P. Geulette, A. Lederer, L. Pauwen, E. Roger, P. Sporcq, L. Tison, J. Verdeyen, buitengewone leden ; de H. J. Quets, corresponderend lid, alsook de H. M. Walraet, secretaris der zittingen.

Verontschuldigd : De HH. J. Beelaerts, R. Bette, M. De Roover, J. Lamoen, P. Lancsweert, G. Moulaert, A. Rollet, R. Vanderlinden, J. Van der Straeten.

#### Dankbetuigingen en gelukwensen.

De H. M. *Legraye*, directeur der Klasse en voorzitter der Academie voor 1958 maakt zijn gelukwensen over aan de H. P. *Gérard* van de Klasse voor Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen, voorzitter der Academie in 1957.

Hij feliciteert eveneens de HH. F. *Campus*, K. *Bollengier*, J. *Lamoen* en E.-J. *Devroey*, die benoemd werden respectievelijk tot voorzitter, beheerders en secretaris-generaal van het Nationaal Studieinstituut voor de Ontwikkeling der Electrificatie van Neder-Congo.

**Communication administrative. — Nominations.**

Voir pp. 318 et 320.

Le *Secrétaire perpétuel* annonce, en outre, que :

Par arrêté royal du 18 janvier 1958, M. M. *Legraye*, directeur de la Classe des Sciences techniques, a été nommé président de l'A. R. S. C. pour 1958.

**L'avenir du thorium congolais.**

M. I. *de Magnée* résume la communication qu'il a rédigée sur ce sujet (voir p. 457).

**L'industrie de l'aluminium en Afrique noire.**

M. P. *Evrard*, en accord avec M. M. *van de Putte*, présente une étude de M. L. HÉNIN intitulée comme ci-dessus (voir p. 475).

Ce travail sera publié dans la collection des *Mémoires in-8°*.

**Liseuse de micro-films à pistes multiples.**

M. L. *Pauwen* présente une étude de MM. E. DENIS, et J.-Cl. DE BREMAECKER, intitulée comme ci-dessus (voir p. 477).

**Rentabilité des routes au Congo belge.**

M. E.-J. *Devroey* présente une étude de M. G. FEYTMANS, intitulée comme ci-dessus (voir p. 482).

**Hommage d'ouvrages.**

**Aangeboden werken.**

De notre confrère, M. M. *Denaeyer* :

Van onze confrater de H. M. *Denaeyer* :

**Administratieve mededeling. — Benoemingen.**

Zie blz. 319 et 321.

De *Vaste Secretaris* meldt bovendien dat :

Bij koninklijk besluit van 18 januari 1958 de H. M. *Legraye*, directeur der Klasse voor Technische Wetenschappen, tot voorzitter van de Academie benoemd werd voor 1958.

**De toekomst van het Congoese thorium.**

De H. I. *de Magnée* vat zijn mededeling samen die hij over dit onderwerp opstelde (zie blz. 457).

**De aluminiumindustrie in Zwart Afrika.**

In overeenstemming met de H. M. *van de Putte*, stelt de H. P. *Evrard* een studie voor van de H. L. HÉNIN, getiteld : « L'industrie de l'aluminium en Afrique noire » (zie blz. 475).

Dit werk zal gepubliceerd worden in de *Verhandelingenreeks in-8<sup>o</sup>*.

**Leestoestel voor micro-films met verschillende banen.**

De H. L. *Pauwen* stelt een studie voor van de HH. E. DENIS en J.-Cl. DE BREMAECKER, getiteld : « Liseuse de micro-films à pistes multiples » (zie blz. 477).

**Rentabiliteit der wegen in Belgisch-Congo.**

De H. E.-J. *Devroey* stelt een studie voor van de H. G. FEYTMANS, getiteld : « Rentabilité des routes au Congo belge » (zie blz. 482).

De zitting werd gegeven te 15 u 40.

DENAEYER, M., Les syénites métasomatiques de Kirumba (Kivu) et le caractère potassique des laves des Virunga (Extrait des Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences, séance du 21 octobre 1957) (4 pp., 1957).

BELGIQUE — BELGIË :

LECLERCQ, R., Guide théorique et pratique de la recherche expérimentale (Gauthier-Villars, Paris, 1958, 135 pp., rel., fig.).

La séance est levée à 15 h 40.

## I. de Magnée. — L'avenir du thorium congolais.

Hier encore le thorium était en somme un sous-produit de l'industrie des terres rares. Quasi la seule matière première de cette industrie est la monazite, phosphate de terres rares contenant de 0 à 12 % de  $\text{ThO}_2$ . Avant la guerre, cette monazite provenait exclusivement du traitement mécanique des sables de plages, riches en minéraux lourds, en provenance des côtes de l'Inde péninsulaire, du Brésil et de Floride.

Rappelons qu'avant 1920, le thorium était au contraire l'élément principal, à cause de l'utilisation intensive de son oxyde pour la fabrication des manchons à incandescence. Cette fabrication a décliné au point qu'aux États-Unis elle n'utilisait plus en 1954 qu'environ 5 tonnes de  $\text{ThO}_2$ .

Parallèlement, les besoins en terres rares augmentaient, tout en restant modestes en tonnage et sans aucun rapport avec les possibilités de production de monazite.

Des 15 terres rares, seul le cérium et l'alliage naturel (« *mischmetall* ») trouvent une application industrielle importante. Neuf terres rares restent sans utilisation aucune. D'importantes recherches sont en cours en vue de leur trouver une application pratique. Si elles aboutissent, elles auront une certaine influence sur l'avenir du thorium, en permettant de valoriser la plupart des métaux contenus dans la monazite.

Le thorium trouve aussi des applications limitées en électronique (tubes et filaments), dans l'industrie chimique (catalyseurs) et dans la métallurgie des alliages de magnésium résistant aux hautes températures.

Mais depuis l'avènement de l'énergie nucléaire, la situation évolue et le thorium a acquis une valeur et une importance bien supérieures à celles des terres rares associées. L'*Atomic Energy Commission* (A. E. C.) des États-Unis est devenu le principal acheteur de sels de thorium. Désormais, par un nouveau renversement de la situation, ce sont les terres rares qui vont tendre à redevenir un sous-produit et risquent de s'accumuler sans trouver d'acheteurs pour un tonnage suffisant.

*Utilisation du thorium dans les réacteurs nucléaires.*

Rappelons que, contrairement à l'uranium naturel, le thorium ne contient pas d'isotope fissile et n'est donc pas un combustible nucléaire. Mais c'est un élément « fertile », comparable à  $U_{238}$ . Dans un réacteur, le rayonnement neutronique transforme lentement le  $U_{238}$  en plutonium, matière fissile. De façon analogue, il transforme le thorium naturel en  $U_{233}$  fissile, combustible comparable au plutonium ( $Pu_{239}$ ).

Les réacteurs dits « *breeders* » ou « régénérateurs » fabriquent plus de nouveau combustible qu'ils n'en consomment. Les réacteurs thermiques dits « *converters* » en fabriquent moins. Dans les deux cas, le plutonium engendré est finalement récupéré dans les usines de « *reprocessing* », où on le sépare du  $U_{238}$  résiduel et des « cendres » de fission. Le plutonium peut être ensuite utilisé comme combustible, au même titre que le  $U_{235}$ . Grâce à cette récupération, on espère que finalement on pourra utiliser environ 50 % de l'uranium naturel mis en œuvre, cela au prix de plusieurs « *reprocessings* ».

Ce sont les « *fast breeders* », réacteurs à neutrons rapides, qui transforment efficacement le  $U_{238}$  en plutonium. A cause de ses caractéristiques nucléaires, la transformation du thorium en  $U_{233}$  demande au contraire des réacteurs à neutrons lents, les réacteurs thermiques.

(« converters »). En ce qui concerne le thorium, la recherche et le développement se sont donc portés vers des *breeders* thermiques.

C'est l'*Atomic Energy Commission* des É.-U. qui est la plus activement engagée dans la mise au point de ce type spécial de réacteurs. La C. É. A. française étudie également cette question, de même que l'Inde et le Brésil, pays qui disposent de larges réserves de monazite riche en thorium. Aux États-Unis, un nombre considérable de laboratoires font des recherches spéciales sur le thorium. Citons l'*Argonne National Laboratory* (métal et oxyde dans des réacteurs à eau bouillante), *Atomics International* (métal dans un réacteur à sodium liquide), *Oak Ridge National Laboratory* (réacteur homogène à suspension d'oxyde de thorium), *Brookhaven National Laboratory* (suspension bismuth-thorium dans un réacteur à combustible fondu).

L'industrie privée s'y intéresse également : la Société *BABCOCK* et *WILCOX* étudie l'utilisation du thorium dans le réacteur *Consolidated Edison*.

Des sommes importantes sont investies annuellement dans ces recherches. L'A. E. C. s'est d'ailleurs constituée un stock assez considérable de sels de thorium, fourni principalement par les usines américaines qui extraient les terres rares de la monazite. Signalons que le prix A. E. C. pour le thorium métallique pur est de 43 dollars le kg <sup>(1)</sup>, contre 40 dollars pour l'uranium métal naturel raffiné.

Les équipes de chercheurs engagées dans la fabrication et l'utilisation du  $U_{233}$  sont convaincues de la supériorité et de l'avenir de ce combustible. Mais d'autres groupes de recherche considèrent que l'avenir appartient

---

(1) Ce prix relativement élevé est assez artificiel et provisoire, sans rapport avec le prix de l'oxyde marchand. Il correspond sans doute à la difficulté d'enlever les dernières traces de terres rares associées.

aux *breeders* à l'uranium enrichi au plutonium. Aux deux écoles s'opposent d'ailleurs ceux qui pensent que des réactions thermonucléaires, utilisant la fusion, pourront être développés à temps pour rendre inutiles la construction de nombreux *breeders*.

Il est trop tôt pour se former une opinion à ce sujet. La prudence s'impose et un grand pays comme les États-Unis ne peut qu'explorer simultanément toutes les voies possibles. Cette prudence se traduit aussi, dans le chef de l'A. E. C., par le refus de s'engager désormais dans de nouveaux contrats de longue durée pour la fourniture d'uranium naturel vierge.

Actuellement le thorium ne joue qu'un rôle subordonné et il y a momentanément surproduction mondiale de thorium par rapport aux besoins nucléaires. Le « *stockpile* » de sels de thorium prévu par l'A. E. C. a été rempli fin 1957, malgré l'embargo déclaré par l'Inde (1946) et le Brésil (1950) sur l'exportation de leurs monazites riches en thorium. Depuis 1955, l'A. E. C. ne conclut plus de nouveaux contrats d'achat pour le thorium.

D'autre part, la technologie des réacteurs de puissance à l'uranium et à l'uranium enrichi est bien plus avancée que celle des *breeders*. Il est normal que des pays comme l'Angleterre et la France, et plus encore les petits pays, ne s'engagent à fond que dans la voie de la chaîne uranium-plutonium.

Cela n'empêche pas que le thorium constitue une immense source potentielle d'énergie atomique pour l'avenir. Il pourrait s'imposer s'il était démontré que la séparation de l' $U_{233}$  du thorium irradié est notablement plus économique que celle du plutonium au départ d'uranium irradié. Cela rendrait le prix de revient de l' $U_{233}$  d'autant plus avantageux que le thorium lui-même, du moins sous forme d'oxyde non raffiné, est et restera sans doute beaucoup moins cher que l'oxyde d'uranium.

D'autre part, le plutonium est très toxique et ne peut

être utilisé à l'état de métal pur. Son emploi dans des réacteurs est cependant possible, mais on ne peut considérer que les problèmes technologiques qu'il soulève soient résolus.

En définitive, aucun des deux procédés n'a atteint un développement suffisant pour permettre de dire lequel l'emportera. Chacun permet d'ailleurs un grand nombre de variantes, dont certaines seulement sont actuellement explorées expérimentalement.

*Le point de vue de l'Euratom et celui de la Belgique.*

Les objectifs de l'Euratom ont été exposés dans le « Rapport des Trois Sages » [5] (\*) et ses annexes. Ce rapport n'envisage pas l'emploi du thorium dans un avenir prévisible. Il cite cependant le fait que l'emploi du thorium à la place du plutonium permettra à certaines catégories de réacteurs industriels de parvenir à un taux de conversion voisin de l'unité. Cela réduirait à de très petites proportions l'appoint annuel de combustibles nucléaires, pour les réacteurs existants.

La position de l'industrie belge vis-à-vis des nouvelles sources d'énergie a été analysée récemment par un ingénieur bien informé [4]. Son étude tend à justifier le choix d'un premier réacteur et l'orientation de notre industrie vers le cycle du plutonium (« *converters* » suivis de « *fast breeders* » au plutonium).

Parmi les trois raisons invoquées en faveur de ce cycle [4, p. 461], nous en relevons deux qui appellent un examen :

1<sup>o</sup> « Nous disposons d'uranium et non de thorium, du moins jusqu'à plus ample information ».

2<sup>o</sup> « Les réserves mondiales en uranium seraient de loin supérieures à celles de thorium ».

---

(\*) Les chiffres entre [ ] renvoient à la bibliographie, p. 473.

La première affirmation ne peut être admise que très provisoirement, aucun effort sérieux n'ayant été consacré au Congo au développement des réserves de thorium, dont cependant de nombreux gisements alluviaux ont été repérés. On peut mettre en doute la seconde affirmation. Elle est d'ailleurs en opposition avec l'opinion exprimée tout dernièrement par M. R. COLLÉE [10] dans une note dont nous extrayons (p. 8) le passage suivant :

« Les ressources en minerai de thorium étant estimées plus grandes que celles en uranium, l'intérêt de cet élément peut devenir très grand, surtout lorsque le prix normal de l'uranium, notamment celui de l'uranium 235 américain, ne sera plus faussé par des conditions extra-commerciales ».

Il semble donc opportun de comparer les ressources mondiales des deux métaux concurrents, ce qui nous amène à rappeler quelques données sur la géologie et l'exploitation des minerais de thorium, puis à examiner les maigres données que nous avons pu rassembler sur leurs gisements congolais.

Il ne semble pas nécessaire de revenir sur la géologie et l'exploitation de l'uranium, qui font l'objet d'une abondante littérature. Les réserves mondiales d'uranium (U. R. S. S. non comprise, sont de l'ordre de 2 millions de tonnes de métal. Cette estimation englobe les « réserves probables ». Elle ne comprend pas les grandes quantités d'uranium contenues dans des phosphorites et schistes noirs, à des teneurs (0,01 à 0,03 %) de loin inférieures à la teneur-limite d'exploitabilité actuelle.

### *Géologie et exploitation des minerais de thorium* (1).

#### 1<sup>o</sup> *Monazite*

La monazite doit sa prééminence comme source de thorium au fait qu'elle est très répandue dans les gra-

---

(1) La géologie du thorium a été décrite avec beaucoup de précision par le

nites, pegmatites et migmatites et qu'elle résiste remarquablement à l'altération et au transport. Sa forte densité aidant, elle se concentre dans certaines alluvions sableuses, où elle accompagne souvent d'autres minéraux lourds tels que l'or et la cassitérite. Dans ce type de gisements, son extraction est relativement facile et peu coûteuse. C'est pourquoi avant 1951, la quasi-totalité de la monazite fournie à l'industrie provenait de *placers*.

Dans ces *placers*, la teneur en monazite est rarement supérieure à quelques kilogrammes par mètre cube de sable (sauf exceptions dans de minces couches de sable de plage, enrichi par le ressac et les courants). Mais la monazite est toujours accompagnée d'autres minéraux lourds marchands : *cassitérite* (comme en Malaisie, en Indonésie, et au Congo belge), *ilménite*, *rutile* et *zircon* (comme dans les *placers* côtiers de l'Inde, du Ceylan, de Madagascar, du Brésil, de la Floride, de l'Australie, etc.). Fréquemment, comme c'est le cas au Congo, la monazite produite n'est qu'un sous-produit fourni par l'épuration magnétique des concentrés lourds bruts. Sa susceptibilité magnétique modérée permet, en effet, de la séparer efficacement des minéraux lourds très magnétiques (magnétite, ilménite) et des minéraux non-magnétiques (cassitérite, zircon, etc). Dans le cas de la plupart des sables de plages, à constituants lourds multiples, une séparation électrostatique est indispensable pour compléter la séparation magnétique. Sans elle, il serait impossible de séparer d'une part le rutile du zircon, d'autre part la monazite du rutile ferrifère [7].

Il est rare que l'on exploite des *placers* uniquement pour leur contenu en monazite. C'est cependant le cas pour les *placers* fluviaux de l'Idaho, exploités par dragage (monazite de 3,5 à 5 %  $\text{ThO}_2$ ).

---

professeur C. F. DAVIDSON [3]. Nous renvoyons le lecteur à cette description, que nous reprenons en partie.

Autant la monazite est facilement repérable et séparable dans les *placers*, autant il semble difficile de trouver et d'exploiter les minerais primaires dont dérivent ces *placers*. Le plus souvent il s'agit d'ailleurs de simples disséminations de petits grains de monazite dans d'énormes volumes de granites et de gneiss, c'est-à-dire de gisements ultra-pauvres et inexploitable.

Cependant, la prospection radiométrique a permis de découvrir quelques concentrations primaires plus importantes, dont l'exploitation peut être envisagée. C'est le cas notamment dans l'État de Travancore, où l'on connaît une zone de biotitoschiste, large de près de 30 m, qui contient environ 17,9 % de monazite à 10,7 % de  $\text{ThO}_2$  [3].

Citons aussi le « *monazite belt* » des États américains qui bordent l'Atlantique [6]. Cette étroite bande bifurquée, longue de 600 milles, se poursuit au pied des Appalaches de l'Alabama à la Virginie. Elle a peu de relations avec les contacts géologiques et englobe indifféremment des granites, orthogneiss, paragneiss et même des micaschistes monazitifères. Seuls les *placers* de vallée qu'elle alimente ont été exploités (monazite à teneur en  $\text{ThO}_2$  variant de 4,5 à 7,8 %, teneur en  $\text{U}_3\text{O}_8$  de 0,2 à 1 %).

D'autre part, la prospection radiométrique pour uranium a fait découvrir de nombreux « *placers anciens* » monazitifères, d'âges géologiques divers. Ils se présentent le plus souvent sous forme de quartzites et de poudingues quartzitiques à cailloux de quartz. Dans ce type de gisements, il arrive souvent que le thorium s'associe à l'uranium, comme c'est le cas dans le plus grand gisement d'uranium connu, celui du conglomérat précambrien de Blind River (Ontario). Nous y reviendrons plus loin.

Bien que la présence de monazite ait été reconnue dans divers gisements hydrothermaux, on ne connaît

qu'un seul gisement hydrothermal proprement dit, au demeurant très riche et important. C'est le gisement sud-africain découvert en 1950 à 50 milles au nord de Van Rhynsdorp (Province du Cap). Il a la forme d'un filon important traversant un gneiss. Le minerai riche est une roche à grain fin contenant 60 à 75 % de monazite (à 6 %  $\text{ThO}_2$ ), plus apatite et quartz.

Dès 1953, ce gisement unique produisait près de 8.000 tonnes de concentrés de monazite, doublant ainsi la production mondiale de thorium et de terres rares.

Depuis, d'autres concentrations hydrothermales de monazite ont été trouvées, principalement dans des zones fissurées traversant des gneiss et des migmatites.

## 2° *Thorite et thorianite.*

Le silicate et l'oxyde de thorium, minerais riches, sont au moins aussi répandus que la monazite, mais se concentrent rarement dans des *placers*. Ils résistent moins bien à l'altération et au transport et, de plus, forment généralement des grains si petits que leur récupération est difficile ou impossible. L'oxyde de thorium se trouve d'ailleurs aussi sous une forme invisible, en mélange intime avec des oxydes et hydrates de fer.

Jusqu'il y a peu de temps, ces minéraux n'avaient pas d'importance industrielle, pas plus d'ailleurs que le thorium contenu dans les columbo-tantalates et titanates complexes. Cependant, cette situation évolue rapidement.

C'est surtout à son contenu en thorite que le granite doit de contenir en moyenne 3,5 à 4 fois plus de thorium que d'uranium. La thorite se retrouve d'ailleurs dans les *placers* stannifères. C'est ce minéral qui est souvent responsable de la radio-activité des concentrés bruts de cassitérite.

La thorite (57 à 68 %  $\text{ThO}_2$ ) contient presque toujours un peu d'uranium. Dans l'uranothorite, la teneur peut

atteindre 25 %  $U_3O_8$ . Elle est fréquente comme constituant accessoire dans certains minerais d'uranium canadiens.

La *thorianite* forme une série isomorphe avec l'uraninite. Dans l'uranothorianite la teneur en  $U_3O_8$  peut atteindre 40 %.

Les petits cubes noirs de thorianite sont assez fréquents dans les pegmatites. On les retrouve dans les graviers qui en dérivent, plus ou moins couverts de thorogummite jaune. On n'en a récupéré que des lots insignifiants, notamment au Ceylan.

Mais deux nouvelles découvertes viennent de conférer une importance industrielle à la thorianite, ou plutôt à l'uranothorianite. Il s'agit cette fois de gisements primaires.

L'uranothorianite du Madagascar commence à être exploitée. Le minéral se concentre dans des poches riches en mica noir (phlogopite) situées dans des pyroxénites. Il s'agit probablement d'apports hydrothermaux.

Ces gisements de la région de Fort-Dauphin semblent appelés à jouer un rôle considérable dans l'approvisionnement de la France en uranium et thorium.

Dans la carbonatite de Palabora (Transvaal), on étudie la possibilité de récupérer le même minéral, présent en teneurs intéressantes.

#### *Ressources mondiales de thorium.*

Les monazites relativement pauvres en thorium sont vendues sur la base du total des oxydes de terres rares plus  $ThO_2$ . En pratique, cette teneur totale varie de 55 % à 68 % et le prix correspondant de 0,15 à 0,20 dollars la livre contenue, c. i. f. port américain.

Quant aux monazites riches en thorium (à partir d'environ 5 %  $ThO_2$ ), elles sont généralement vendues sur la base de leur contenu en  $ThO_2$  ; mais les contrats sont secrets et les prix ne sont pas divulgués.

Il en est de même pour les concentrés de thorite. On estimait en 1955 que les concentrés de thorite valaient à peu près un dollar par livre de  $\text{ThO}_2$  contenu. Le  $\text{ThO}_2$  relativement pur vaut environ 4 dollars la livre contre 10 dollars la livre de  $\text{U}_3\text{O}_8$ .

Ces prix sont trop peu rémunérateurs et les débouchés sont encore trop problématiques pour intéresser la plupart des producteurs potentiels de thorium, voire déclencher une activité de prospection intense comme ce fut le cas pour l'uranium.

Le résultat est que peu de gisements connus ont fait l'objet de prospections systématiques et que dès lors les réserves *certaines*, (développées) sont assez réduites et nettement inférieures aux réserves certaines de minerais uranifères. Cependant, comme nous essayerons de le montrer par quelques exemples, les ressources totales en thorium paraissent supérieures à celles d'uranium. Mais pour ce métal on doit se contenter d'estimations et non d'évaluations précises, sauf pour les cas particuliers où l'uranium et le thorium sont associés dans le même gisement.

Nous avons signalé que le rapport Th/U est de l'ordre de 3,5 à 4 dans les roches granitiques. Dans la plupart des roches sédimentaires, le thorium domine également. L'uranium ne prend la prédominance que dans les sédiments phosphatés et dans les « schistes noirs ».

Il est donc normal que les concentrations locales de thorium soient plus nombreuses et de plus grand volume que celles d'uranium. On en a repéré et étudié sommairement un grand nombre, sans pousser la prospection jusqu'à l'évaluation des réserves. Seules quelques réserves alluviales sont assez bien connues, de même que celles de quelques gisements en roches dures dans lesquels U et Th coexistent.

C'est ainsi que les *placers* côtiers de l'Inde contiendraient environ 2 millions de tonnes de monazite à

teneurs en  $\text{ThO}_2$  variant de 6 à 10 %, soit une réserve de 150 à 180.000 tonnes de  $\text{ThO}_2$ . Il faut y ajouter la monazite des sols résiduels du plateau de Bihar. Une estimation récente de l'*Indian Department of Atomic Energy* évalue les réserves totales à 500.000 tonnes de thorium contenu dans la monazite alluviale et résiduelle. Cette estimation n'inclut pas le thorium des gisements primaires [3, p. 205].

Au Brésil, les *placers* à monazite se développent sur plus de 1.500 km de côtes. Mais le minéral ne contient en général que 5 à 6 %  $\text{ThO}_2$ . Cependant, les exploitations se sont récemment déplacées vers une zone où la monazite titre près de 9 %  $\text{ThO}_2$ .

D'autres « plages à sables noirs » sont exploitées ou prospectées au Ceylan, en Floride, en Australie, à Formose, en Indonésie, au Madagascar et en différents points des côtes de l'Afrique. Tous ces sables sont plus ou moins monazitifères et la monazite contenue titre généralement plus de 5 %  $\text{ThO}_2$ .

Mais les *placers* des vallées ont eux aussi commencé à jouer un rôle important dans la production. C'est ainsi que la Malaisie est devenue un producteur important par la récupération de la monazite associée à la cassitérite dans les alluvions draguées (651 tonnes en 1956). Les *placers* stannifères indonésiens de Banka, Billiton et Singkep sont localement riches en monazite récupérable. Un gisement de monazite, décrit comme « le plus grand du monde » a été découvert récemment dans l'État de Minas Gerais, Brésil.

Cependant, seuls les É.-U. ont fait un effort soutenu de prospection pour thorium. Celle-ci a conduit à l'exploitation des *placers* à monazite des vallées de l'Idaho, qui assuraient avant 1954, avec ceux de Floride, l'approvisionnement des É.-U. Elle a conduit aussi à la découverte d'une série de gisements filoniens de monazite

et de thorite, surtout au Colorado (*Mountain Pass, Wet Mountains* et *Powderhorn districts*).

Il n'y a guère de doute que dans tous les pays où la monazite alluviale est connue, y compris le Congo belge, une prospection quelque peu poussée découvrirait les sources de cette monazite, c'est-à-dire des gîtes primaires éventuellement exploitables.

D'autre part, la prospection systématique pour uranium a conduit à la découverte et à l'exploitation de grands gisements dans lesquels uranium et thorium sont intimement associés, généralement sous forme d'uranothorite ou d'uranothorianite.

L'exemple le plus frappant est le conglomérat quartzitique et pyriteux de Blind River. Son exploitation a débuté à une allure record, à tel point que dès 1959 il fournira environ 10.000 tonnes d' $U_3O_8$  par an.

Ce conglomérat occupe une surface considérable. Dans les parties en cours de développement, la teneur moyenne en uranium est de l'ordre de 1 à 1,2 kg/tonne et la teneur en thorium est de l'ordre de la moitié. Cependant, ce rapport Th/U de 1/2 augmente du côté nord de la zone exploitée. D'après C. F. DAVIDSON, il serait même de 36/1 à 200 milles à l'ouest.

Lors de la lixiviation sulfurique des minerais de Blind River, le thorium est dissous et pourrait donc être récupéré à un prix de revient très bas, moyennant mise au point d'un procédé approprié. Une nouvelle Société, associant DOW CHEMICAL Co et RIO TINTO MINING Co, a été créée pour extraire ce thorium, par un procédé breveté.

La production potentielle de thorium de Blind River serait donc de 4.000 à 5.000 tonnes/an de  $ThO_2$ , soit au moins dix fois la consommation mondiale actuelle. Pour le moment, on ne le récupère pas. Si la consommation mondiale augmentait, il n'y a guère de doute qu'il le serait.

Des possibilités analogues existent dans les gisements d'uranium de la région de *Bancroft* (Ontario), où d'importantes mines extrayent un minerai dans lequel l'uranothorite s'associe à l'uraninite.

Cette association U-Th se retrouve dans les gisements importants d'uranothorianite de la région de Fort-Dauphin (Madagascar S.-E.), que nous avons cités. Le rapport ThU y varie de 2,3 à 12,5, suivant le gisement considéré [13]. Toujours au Madagascar, on a découvert récemment des migmatites très riches en monazite.

L'U.R.S.S. dispose elle aussi de grandes réserves de thorium, notamment dans la péninsule de Kola. Le métal y est associé, dans un titanate complexe, à une forte proportion de niobium et de terres rares. Cette association se retrouve d'ailleurs dans le pyrochlore des carbonatites africaines.

Il semble superflu de multiplier les exemples. Nous croyons pouvoir conclure que si le prix payé aux producteurs était le même pour le thorium que pour l'uranium, les ressources exploitables de thorium dépasseraient largement celles d'uranium <sup>(1)</sup>.

La possibilité de produire de grandes quantités de thorium comme sous-produit de l'extraction de l'uranium, des terres rares, de l'étain et du niobium, aura cependant pour résultat, pendant longtemps encore, de maintenir relativement bas le prix de l'oxyde de thorium.

Le thorium a donc des chances de rester un combustible nucléaire relativement bon marché, dans la mesure où l'on laissera s'établir un marché libre, dont seraient exclues les préoccupations militaires.

#### *Le thorium au Congo belge.*

Depuis 1950, le Congo exporte de petits tonnages de monazite provenant du « nettoyage » de concentrés

---

(1) DAVIDSON, C.-F. : Communication personnelle, 1958.

de cassitérite. Cette récupération secondaire est pratiquée dans quelques *placers* stannifères du Kivu (Sociétés Symétain, M. G. L. et C. N. Ki). Elle a peu de chances de se développer actuellement, car le prix de vente couvre à peine le coût de l'opération, des transports, etc.

Il s'agit d'ailleurs d'une monazite d'un type particulier très pauvre en thorium (0,5 à 0,8 %  $\text{ThO}_2$ ), qui se présente sous forme de petites lentilles aplaties, de teinte grise et de diamètre variant suivant les régions de 0,1 à 7 mm <sup>(1)</sup>. Sa récupération et son épuration sont en général, faciles mais les teneurs observées n'atteignent pas 5 kg au m<sup>3</sup> de gravier. On ne l'exploite donc que lorsqu'elle s'associe à de bonnes teneurs en cassitérite.

Mais, outre ce minéral particulier, la prospection alluviale a permis de trouver de nombreux *placers* à monazite jaune « normale », bien cristalline, dont les teneurs en  $\text{ThO}_2$  s'échelonnent (à ma connaissance) entre 3 et 10,1 %. On les a trouvés dans tout l'est du Congo, depuis les monts Kibara jusque dans l'Ituri et même dans l'Ubangi.

Les renseignements à ce sujet sont nombreux dans les dossiers de nos sociétés minières exploitant l'étain et l'or. Cependant, si nombre de teneurs ont été déterminées par le prospecteur, celui-ci n'a que rarement procédé à l'évaluation des réserves d'un minéral de si faible valeur. Encore moins a-t-il essayé de trouver les gisements primaires d'où dérive la monazite des *placers*. Ceux-ci sont toujours inconnus, semble-t-il. Notons en passant que leur recherche nécessite l'emploi intensif du compteur de Geiger ou du scintillomètre. Le malheureux décret de 1955, qui interdit la prospection des matières radio-actives, n'a certes pas contribué à provoquer de telles découvertes !

---

(1) Cette monazite particulière, dont les gisements primaires restent inconnus, a été dénommée erronément « cérite ».

La thorite elle aussi n'est pas rare au Congo, en relation avec les granites et pegmatites stannifères. Beaucoup de concentrés de panning lui doivent leur radio-activité. Mais ce minéral a été rarement identifié, notamment à cause du faible diamètre des grains et de leur degré d'altération. Son altérabilité relative est peu favorable à sa concentration dans des alluvions.

A Kasika, dans la région de Kamituga, une certaine quantité de thorite en gros grains a été récupérée par triage à main dans des résidus de « *cleaning* » de cassitérite éluviale. Le gisement primaire consiste en thorite visible dans des filonnets de quartz recoupant un granite et les micaschistes qui l'enveloppent <sup>(1)</sup>.

C. F. DAVIDSON signale [3] que sur 114 échantillons de « sables noirs » provenant de *placers* aurifères du Congo, 4 dépassaient la teneur équivalente de 1 %  $\text{ThO}_2$ . Cet auteur considère cependant qu'il ne faut pas s'attendre à rencontrer dans les alluvions aurifères des minéraux de thorium en quantités et teneurs suffisantes pour justifier leur récupération, du moins dans les conditions économiques actuelles.

Par contre, les zones stannifères sont statistiquement riches en thorium, spécialement suivant les contacts granitiques. Mais au Congo, il est prouvé que la minéralisation thorifère apparaît aussi dans des provinces métamorphiques sans étain et forme des *placers* de monazite indépendants. Les roches-mères dont provient ce minéral sont des granites, des syénites, des migmatites ou des schistes cristallins. Ces roches encadrent les dépôts de rivière déjà connus et devraient être prospectées pour gisements primaires. Tous les indices connus devraient être étudiés.

Rappelons que l'étude des concentrés a permis de

---

(1) Cette thorite a été mise à la disposition de laboratoires belges. Elle a permis de développer un procédé de fabrication du thorium métal.

déceler la présence, au Congo et au Ruanda, de petits tonnages d'autres minéraux thorifères : fergusonite, priorite, microlite et pyrochlore [12]. Cependant, ces minéraux semblent exister en pourcentages trop faibles pour devenir économiquement intéressants.

Concluons que si le prix et les débouchés des concentrés thorifères s'amélioreraient, ce qui sera probablement le cas dans quelques années, le Congo et le Ruanda-Urundi offrirait certainement un champ de prospection très intéressant. Quelques exploitations régulières s'installeraient sans nul doute, soit pour monazite riche en thorium, soit pour thorie.

Sans vouloir comparer les ressources congolaises aux grands gisements du Canada et de l'Inde, on reste dans les limites de la prudence en affirmant que le Congo pourrait fournir la matière première nécessaire pour les projets belges éventuels de réacteurs utilisant le cycle du thorium.

Le 31 janvier 1958.

#### BIBLIOGRAPHIE

- [1] LECOQ, J.-J. : Une perspective minière nouvelle à Madagascar. Les sables à Monazite. (*Echo Mines Métall.*, Paris, 1957, n° 10, pp. 591-594).
- [2] SHAW, D. F. : Thorium, uranium stockpiling and nuclear fuel. (*The Mines Magazine*, V, XLVII, n° 7, July 1957).
- [3] DAVIDSON, C.-F. : The Economic Geology of Thorium (*The Mining Magazine*, Vol. 44, 1956, n° 4).
- [4] VAN DER SPEK, J. : L'industrie belge et l'énergie nucléaire (*Revue de la Société royale belge des Ingénieurs et des Industriels*, déc. 1957, n° 12).
- [5] ARMAND, L., ETZEL, F. et GIORDANI, F. : Un objectif pour Euratom (mai 1957).

- [6] MERTIE, J.-B. : Monazite Deposits of the Southeastern Atlantic States (Geological Survey, Circular 237, Washington 1953).
- [7] HUDSON, S.-B. : Recovery of Monazite from weakly magnetic Beach Sand Minerals from Swansea. N. S. Wales. Mining Department. University of Melbourne. Ore-dressing Investigations (Report n° 542, Sept. 1957).
- [8] CRAWFORD, J.-E. : Thorium (in *Mineral Facts and Problems*, U. S. Bureau of Mines, *Bull.* 556, 1956, pp. 877-882).
- [9] BUCK, K.-L. : Selected annotated Bibliography of Thorium and Rare-Earth Deposits in the U. S. (U. S. Geological Survey, *Bulletin* 1019-F. 1957).
- [10] COLLÉE, R. : L'intérêt économique des centrales nucléaires (*Revue universelle des Mines*, 9<sup>me</sup> série, T. XIV, n° 1, janvier 1958).
- [11] DAVIDSON, C.-F. : Occurrence of Uranium in ancient conglomerates (*Economic Geology*, Vol. 52, n° 6, Sept.-Oct. 1957).
- [12] VAN WAMBEKE, L. : Présence de minéraux radio-actifs dans les filons et gisements alluvionnaires dans la région orientale du Congo belge et dans le Ruanda-Urundi (Centre d'études pour les applications de l'Énergie nucléaire, R. 1330, Mol, 1957).
- [13] MOREAU, M. : Les gisements d'uranothorianite du Sud de Madagascar (C. C. T. A., Conférence de Tananarive, avril 1957, C. R., pp. 451-465).

**P. Evrard et M. van de Putte. — Présentation d'un travail  
de M. Louis Hénin, intitulé :**

**« L'industrie de l'aluminium en Afrique noire ».**

L'auteur rappelle les différents plans d'expansion élaborés par la France pour assurer le développement économique des Territoires de l'Union française en Afrique noire. Contrairement à ce qui s'est passé au Congo belge, les territoires français n'ont pas eu leur expansion réalisée en ordre principal par l'initiative et les capitaux privés. L'équipement de ces territoires a été réalisé au prix de dépenses considérables, plus particulièrement depuis 1946, dépenses qui ont été à charge de la Métropole et qui ont été couvertes par des allocations votées par le Parlement français. La répartition de ces allocations s'est faite à l'intervention d'organismes para-étatiques créés à cet effet.

Un des objectifs des plans français vise à augmenter la productivité par la mise en valeur et l'exploitation des ressources hydro-électriques de certains pays : Cameroun, Guinée française, Moyen-Congo. Des études préalables ont précisé la possibilité d'y créer des centrales capables d'intéresser de grands producteurs d'aluminium. Français d'abord, puis étrangers, se sont intéressés à la question.

L'industrie de l'aluminium peut seule assurer, au moins dans leurs débuts, la rentabilité des grandes centrales. La note étudie l'évolution de la production et de la consommation du métal léger dans le monde, en Europe et en France. La production se déplace vers les régions du monde où l'énergie électrique est abondante

et à des prix peu élevés. C'est ce facteur, bien plus que la localisation des gisements de bauxite, qui fixe les lieux de production de l'aluminium. Les différents complexes industriels dans les territoires français d'outre-mer sont décrits avec leurs aspects techniques et avec les modalités de leur financement. Ces projets, dont certains sont en cours de réalisation, sont ceux d'Edea au Cameroun, de Boke, Fria et Konkoure en Guinée française, du Kouilou, au Moyen-Congo. Les projets de la rivière Volta au Ghana et d'Inga, sont ensuite exposés. Ce dernier domine tous les autres par son énorme potentiel.

L'auteur termine par quelques réflexions sur les conséquences humaines, économiques et sociales qui peuvent découler de l'implantation, dans des régions peu développées, de combinats industriels importants.

Le travail comporte les subdivisions suivantes :

Les premiers plans de développement des territoires de la France d'outre-mer (1946 — 1954).

Le dernier plan de développement des territoires de la France d'outre-mer (1954 — 1958).

Évolution de l'industrie de l'aluminium.

Le complexe industriel d'Edea au Cameroun.

Le complexe industriel de la Guinée française.

Le complexe industriel du Moyen-Congo.

Le projet d'Inga.

Somme et comparaison des projets d'établissement de complexes industriels en Afrique noire.

Les conséquences sociales, proches et lointaines, de l'industrialisation.

Bibliographie.

Le 30 janvier 1958.

**E. Denis et J.-Cl. De Bremaecker. — Liseuse  
de micro-films à pistes multiples.**

(Note présentée par M. L. Pauwen).

Afin de pouvoir comparer différents micro-films, nous avons construit une liseuse spéciale, à pistes multiples. Les caractéristiques principales de cet instrument sont les suivantes :

- 1) Quatre films de 35 mm sont projetés. Leurs images se forment l'une au-dessus de l'autre sur un écran mat ;
- 2) La partie de chaque film qui est projetée mesure 8 mm × 53 mm ;
- 3) Le grandissement est exactement de huit fois ;
- 4) La partie de chaque film que l'on désire projeter peut être choisie arbitrairement.

Cet instrument peut rendre des services dans plusieurs domaines. En effet, il rend possible la comparaison immédiate de documents de toute nature dont on ne possède que des photographies sur films de 35 mm, par exemple : manuscrits, photos d'animaux prises à des périodes différentes, photos d'objets appartenant à diverses cultures, etc. Pour ces raisons, il a paru utile de donner des croquis détaillés de cet appareil afin de faciliter la construction d'un appareil semblable.

La pièce de base est la platine portant les glissières dans lesquelles les films passent de gauche à droite (*Fig. 1*). Elle a été réalisée suivant nos indications par O. I. P. (108, rue de la Prairie, Gand). Chaque glissière peut, à son tour, glisser d'avant en arrière sur un support en

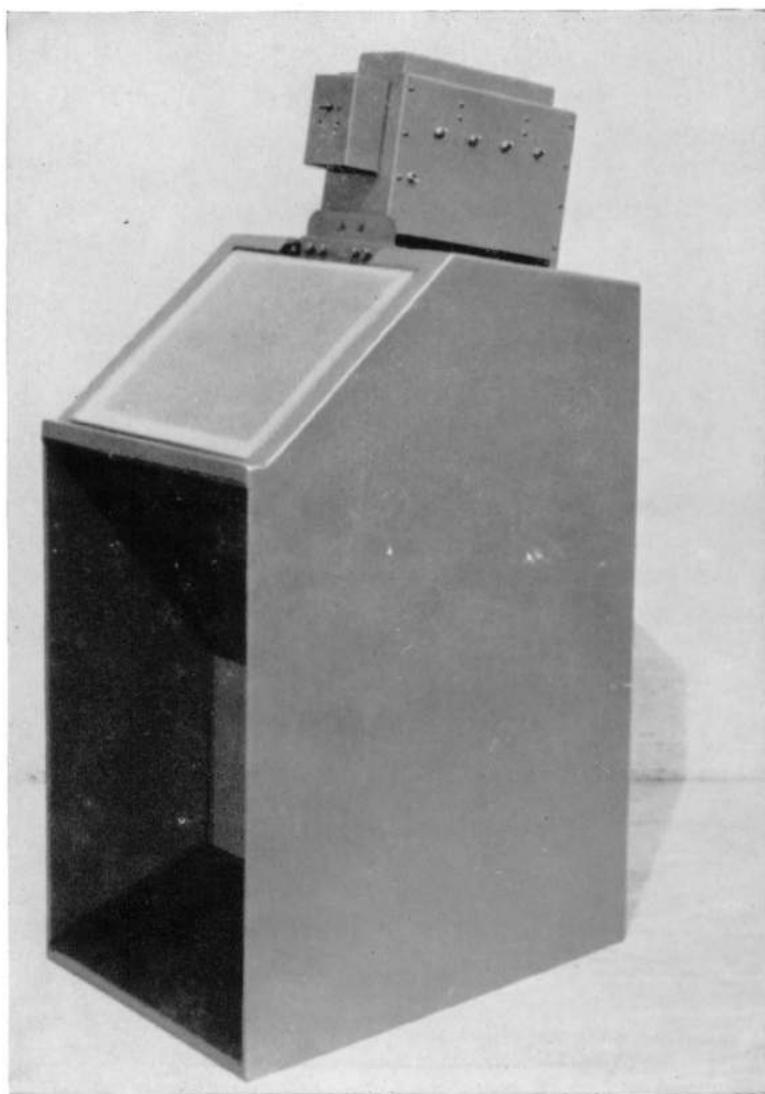


FIG. 3. — La liseuse terminée.

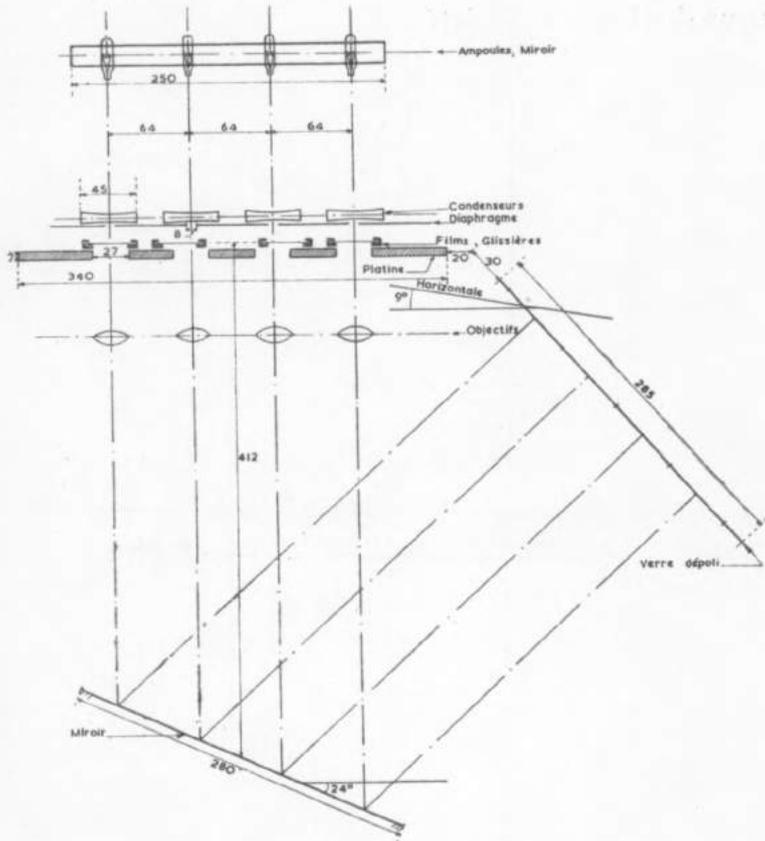


FIG. 3a. — Schéma de la liseuse vue de profil.

La *figure 2* montre l'appareil terminé : les films passent de gauche à droite, leur avancement se fait directement à la main. De petits ressorts d'acier les pressent légèrement contre les glissières afin de les garder en place. Les boutons moletés se trouvent au haut du verre dépoli et sont aisément manœuvrables. Enfin, le tout est porté sur un bâti métallique rigide enfermé dans un pupitre en bois. La forme de celui-ci laisse une place commode à l'observateur ; une gouttière ménagée au bas du verre dépoli permet d'y déposer les règles et menus objets

nécessaires aux lectures. Le ventilateur se trouve au-dessus des boutons moletés.

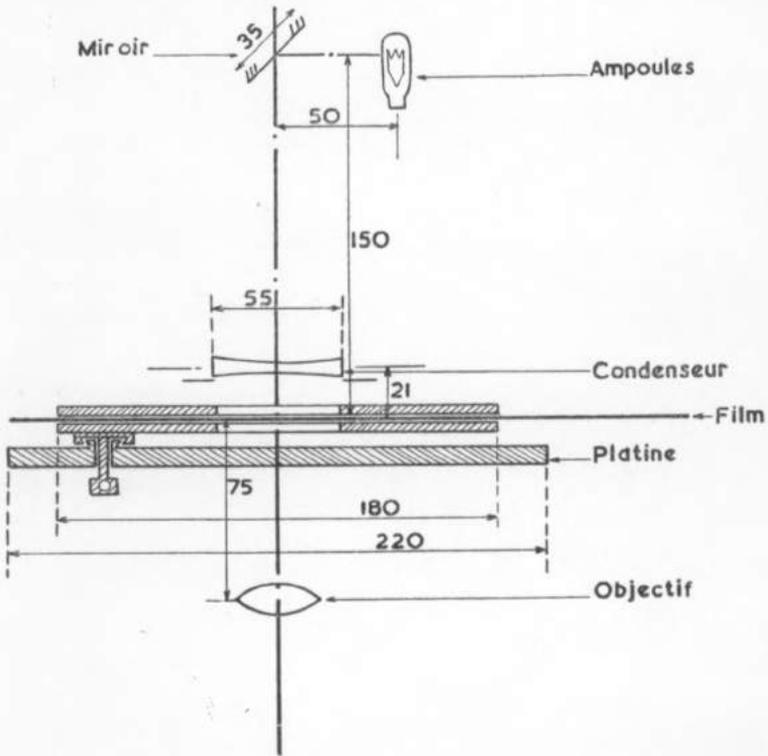


FIG. 3b. — Schéma de la partie supérieure de la liseuse, vue de face.

La *figure 1* montre la platine, avec les glissières surmontées des condenseurs. On distingue clairement les quatre boutons moletés et deux des quatre coulisseaux (queues d'aronde) de support.

Ajoutons enfin qu'une liseuse semblable mais agrandissant quatre fois sera construite sous peu. Elle facilitera les lectures en permettant d'examiner en une fois une plus grande longueur de film et de voir toujours soit le haut, soit le bas de la photographie, sans nécessiter un écran de dimensions excessives. Ces deux caractéris-

tiques seront très utiles pour l'usage spécial qui est fait de cet instrument.

La présente liseuse est, en effet, en usage journalier pour la lecture des séismogrammes des quatre stations séismographiques de l'I.R.S.A.C. Ceux-ci se déroulent à une vitesse de 15 mm /min. Ils sont donc projetés à une échelle de 2 mm /s ce qui permet d'apprécier le dixième de seconde. La lecture se fait aisément en surmontant la liseuse d'un dais en tissu foncé fermé sur trois côtés.

De nombreux membres du personnel de l'I.R.S.A.C. ont aidé à la réalisation de cet appareil, entre autres MM. GIGASE et SUTTON. Qu'ils trouvent ici l'expression de notre gratitude.

*Institut pour la Recherche scientifique en Afrique centrale*  
(I.R.S.A.C.)

Lwiro, Bukavu, Congo belge.

3 janvier 1958.

**G. Feytmans. — La rentabilité des routes  
au Congo belge.**

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

Le plan décennal pour le développement économique et social du Congo belge a prévu en matière de transport par route un programme comprenant cinq axes routiers et onze *feeder-lines* se développant sur 12.235 km estimé à l'époque pour six milliards de francs ce qui représente environ 500.000 km.

Quoique les dépenses globales qui seront consenties avant la fin de cette décennie dépasseront sensiblement ce chiffre, le nombre de kilomètres aménagés sera de beaucoup moindre.

Cet état de choses résulte de ce que l'effort principal s'est d'abord porté sur les tronçons de routes particulièrement chargés où la construction d'un revêtement moderne suffisamment large s'avérait absolument indispensable.

Les estimations du plan décennal se sont de plus montrées largement inférieures à la réalité. Pour la construction de routes nouvelles, les dépenses étaient estimées à 790.000 F ou à 1.185.000 F par kilomètre, suivant la nature du revêtement de 6,60 m de largeur et les conditions topographiques.

La confrontation avec les réalités conduit à des chiffres bien plus élevés.

La construction de routes telles que BOMA-TSHELA, LÉOPOLDVILLE-THYSVILLE, ÉLISABETHVILLE-JADOTVILLE, BUKAVU-UVIRA, de même que les travaux en cours, à savoir : STANLEYVILLE-PENE TUNEU, BUKAVU-KAHUZI,

MATADI-FORNASARI, etc., impliquent des dépenses qui varient de 2.000.000 F à 3.500.000 F au kilomètre suivant la largeur du revêtement, les conditions locales et les circonstances économiques.

La différence entre l'estimation de 1950 et le coût de réalisation des années 1955-1957 résulte bien davantage d'une sous-estimation des travaux d'infrastructure que du revêtement proprement dit.

On peut se demander si de telles dépenses sont bien justifiées et ne conduisent pas à des charges financières prohibitives.

Cette question sera abordée de front en estimant la charge financière résultant de l'intérêt des capitaux investis, d'un taux d'amortissement et des charges d'entretien et en rapportant l'ensemble de ces charges à l'unité de trafic.

Un tel mode de calcul ne peut s'appliquer qu'à des cas-types; il ne faut donc en attendre que des indications n'ayant tout au plus qu'une valeur comparative.

Aussi, a-t-il été jugé nécessaire de compléter cette étude par l'examen des mêmes charges des routes ordinaires du Congo belge, routes qui, dans la plupart des cas, s'apparentent davantage à la piste automobile plus ou moins améliorée.

Comme signalé, nous rapportons la somme des charges financières à l'unité de trafic, et nous choisissons comme unité de trafic le véhicule-kilomètre. Autrement dit, nous obtiendrons le coût du véhicule-kilomètre circulant sur une route de type déterminé en divisant la charge financière annuelle du kilomètre de route par le nombre de véhicules empruntant la route pendant un an.

Le coût du véhicule-kilomètre est donc la contribution des pouvoirs publics (en l'occurrence les circonscriptions indigènes ou le budget colonial) aussi bien en ce qui concerne la charge d'intérêt du capital investi que l'amortissement de ce capital et les frais d'entretien.

A noter que dans ce calcul ne figurent pas les frais de renouvellement, car nous avons estimé que, la période d'amortissement écoulée, il appartiendra à la génération suivante de supporter les charges des constructions qu'elle jugera opportune de décider.

En adoptant par exemple, un taux d'intérêt de 5 % pour la rémunération du capital, les tables d'intérêt et d'annuité de PEREIRE donnent, pour l'annuité de remboursement, les taux arrondis suivants :

10 ans	12,0 %
25 ans	7,1 %
50 ans	5,5 %.

Ces périodes d'amortissement sont basées sur les considérations suivantes.

Les éléments constitutifs d'une route dépendent essentiellement de l'intensité du trafic.

Le revêtement d'une route est évidemment la partie de la construction qui est sollicitée le plus directement. Cette partie de la route a une durée forcément éphémère.

Il est difficile de préjuger de la durée des revêtements asphaltiques réalisés récemment au Congo belge, mais on est en droit d'estimer qu'un double enduisage peut avoir une durée de douze années et même davantage. Nous adopterons donc, pour ne pas être trop optimiste, un terme de 10 ans.

La fondation et le drainage ont une durée plus longue, surtout lorsque ces éléments constitutifs de la route sont protégés contre la destruction par une carpeffe efficace.

Nous admettrons pour ces deux éléments un terme de 25 années.

Enfin, le débroussage, les terrassements et les ponts peuvent être amortis sur une durée plus longue encore ; il ne faut pas perdre de vue qu'un tracé qui a fait l'objet

d'une étude approfondie, se maintiendra pendant des décades lorsque les localités desservies par la route présentent un caractère de permanence indiscutable, ce qui n'est pas toujours le cas dans un pays sous-développés. Pour ces éléments, nous adopterons donc un terme de 50 années.

Pour les pistes améliorées ou non, nous admettrons pour les infrastructures une durée uniforme de 25 années pour les investissements relativement minimes qu'elles comportent.

\* \* \*

Assurément, la distinction en routes et pistes est arbitraire, car il existe au Congo belge toute une série de voies de communication dont les caractéristiques s'apparentent plus ou moins à l'un ou l'autre de ces types

En fin de compte, acculé à faire choix, nous ne considérons que cinq types de voies de communication, à savoir deux « pistes automobiles » et trois types de « routes ».

Pour éviter toute équivoque, il est souligné qu'il ne convient nullement d'attribuer au terme « piste automobile » un sens péjoratif. Bien au contraire, le concept de piste a une valeur technique réelle qui répond à un besoin économique évident des pays sous-développés où des transports vitaux, mais de densité très faible, s'effectuent sur une très large échelle.

La piste automobile est une voie de communication dont les investissements ont été réduits au minimum en vue de couvrir la distance la plus grande avec une dépense limitée et surtout en vue de réaliser le travail sans moyens techniques importants et avec une main-d'œuvre réduite et non spécialisée.

On renonce, dès lors, à priori, à tout travail lourd et même à l'emploi d'explosifs.

Dans la forêt, on évite l'abattage des gros arbres ; en savane, on serpente entre les termitières.

Les vallées et têtes de ravin sont contournées, et la route épouse servilement l'allure du terrain naturel. On évite ainsi à la fois les terrassements et les ponceaux.

On recherche les endroits naturellement plats et drainés

Les pentes, même en pays peu accidenté, sont localement élevées, 10 % ou plus, et les rayons de courbure, aussi bien en plan qu'en élévation, sont toujours fort réduits.

Le coefficient d'allongement du tracé, c.-à-d. le rapport de la distance développée à la distance en ligne droite, est élevé ; il atteint et dépasse même fréquemment le chiffre de 1,8.

Les rivières tant soit peu importantes sont franchies par des bacs.

Le roulement des véhicules se fait à même le sol en place, compacté par la circulation même.

Dans ces conditions, le travail le plus lourd est le débrossage et l'essouchement de la plate-forme laquelle n'a pas plus de 4 m. Les dalots et ponceaux sont en bois coupé sur place.

Les dépenses, aux taux actuels du prix de la main-d'œuvre, oscillent autour de 50.000 F par km. Ce type de piste que nous dénommons « piste primitive », est assurément la voie de communication la plus élémentaire, mais chaque année, des centaines de kilomètres de pistes primitives viennent s'ajouter au réseau routier du Congo belge.

Dès que le trafic atteint une certaine importance, il importe de consolider la surface de roulement par des matériaux d'apport choisis ; les ponceaux en bois et les aqueducs sont remplacés par des ouvrages plus durables, les petites rivières sont franchies par des ponts métalliques ALGRAIN, BAILEY ou similaires ; on améliore le tracé par des terrassements locaux ; les grandes rivières sont traversées par des bacs perfectionnés.

Tous ces travaux amènent des dépenses dont le détail est spécifié à l'annexe 1, dépenses qui peuvent se chiffrer à 196.000 F au km.

ANNEXE I. — PISTE AUTOMOBILE

Calcul des charges financières d'investissement (Taux 5 %).

Désignation	Amortissement		Estimation	Charges financières
	Durée	Annuité		
Piste primitive	25	0,071	50.000	3.550
Piste améliorée				
Revêtement		0,05	36.000	1.800
Drainage	25	0,071	10.000	710
Terrassements	25	0,071	50.000	3.550
Ponts	25	0,071	100.000	7.100
Total	—	—	196.000	13.160

Pour mémoire : Charge d'entretien E en francs donnée par la formule

$$E = 1.000 + 450V,$$

où V est le nombre journalier moyen de véhicules.

La « piste améliorée » que l'on obtient ainsi conserve d'origine un tracé long et sinueux. Le coefficient d'allongement reste élevé.

Pour remédier à ce handicap, il faut la plupart du temps remanier tout le tracé en recherchant les points de passage les plus favorables que bien souvent la piste n'a pas empruntés, parce que leur approche aurait postulé des moyens techniques trop importants.

On en arrive ainsi au concept de la route proprement dite, dont la base est constituée par un tracé tendu, c.-à-d. le plus court possible entre les points à desservir.

Les caractéristiques géométriques du tracé sont fixées à l'avance en fonction d'une vitesse de circulation choisie. Les rayons minima des courbes en plan, les dégagements de ces courbes, les devers, les pentes et les rayons des dos d'âne, sont fixés en égard à la conformation du ter-

rain, et se basant sur la dynamique du véhicule circulant à une vitesse choisie.

Le coefficient d'allongement dépend essentiellement de la vitesse imposée et de la configuration du sol ; il est souvent inférieur à 1,2 et dépasse rarement 1,4, même en montagne.

Le tracé d'une telle route nécessite des études dont le coût dépasse actuellement la somme de 50.000 F au km.

Il est, en effet indispensable de rechercher les points de franchissement des rivières et des crêtes les plus avantageux. Les emplacements des ponts et des cols doivent donc être repérés et les combinaisons de ces différents points de sujétions et des points à desservir donnent lieu à un ensemble de possibilités parmi lesquelles il faut en fin de compte faire un choix. Ce choix arrêté, il convient de pousser plus avant l'étude du tracé retenu, en tenant compte tout spécialement de la recherche des gîtes de matériaux de construction qui doivent nécessairement être trouvés sur place.

La construction d'une route requiert des études minutieuses et forcément longues. Ces études exigent la collaboration d'un personnel hautement spécialisé difficile à recruter.

Les travaux d'établissement demandent un matériel important aussi bien pour le débroussage et le terrassement, que pour la construction des ponts, et du revêtement. Il n'est pas exceptionnel sur de tels chantiers de mettre en œuvre du matériel dont le seul coût représente le tiers du prix du travail à exécuter.

Il va de soi, évidemment, que le long d'un tracé ainsi étudié on peut concevoir la réalisation de plusieurs types de plate-forme.

Nous envisagerons d'abord la route réalisée au « Standard I » (en abrégé St. I) dont la plate-forme d'environ 9,50 m de large reçoit un revêtement-type consistant en un double enduisage de 6,60 m de large.

Dans les conditions actuelles, une telle route revient, suivant les circonstances locales, entre 2.500.000 à 3.500.000 F par kilomètre ; le détail en est succinctement donné à l'annexe II.

ANNEXE II. — ROUTE STANDARD I

*Revêtement-type : double enduisage de 6,60 m*

*Plate-forme : 9,50 m*

*Calcul des charges financières d'investissement (Taux 5 %).*

Désignation	Amortissement		Prix	Charges financières
	Durée	Annuité		
Revêtement	10	0,130	350.000	45.500
Fondation	25	0,071	650.000	46.150
Drainage	25	0,071	500.000	35.000
Terrassements	50	0,055	500.000	27.000
Ponts et divers	50	0,055	200.000	11.000
Supplément pour terrains difficiles	50	0,055	1.300.000	70.500
TOTAUX	—	—	2.200.000 à 3.500.000	165.650 à 236.150

Pour mémoire : charge d'entretien 24.000 F.

Ensuite, nous envisagerons les routes au « Standard III » Ces routes n'auraient qu'un revêtement de 3,50 m du même type que le précédent mais la plate-forme de 7,50 m est accessible aux véhicules sur 6 m de largeur. Le croisement des véhicules s'effectue alors nécessairement en empruntant les hanches qui, par conséquent doivent être compactées et traitées comme le sont les pistes améliorées.

Des routes de ce type n'ont pas encore été réalisées sur de grandes longueurs au Congo ; seuls quelques tronçons d'essais ont été réalisés. En se référant aux condi-

tions d'exécution du St. I, on peut estimer le coût d'une telle route de 1.500.000 F à 2.350.000 F le km suivant les circonstances locales ; on trouvera la justification de ces sommes à l'*annexe III*.

ANNEXE III. — ROUTE STANDARD III

*Revêtement-type* : double enduisage sur 3,50 m

*Plate-forme* : 7,5 m bas-côté compacté

*Calcul des charges financières d'investissement* (Taux 5 %).

Désignation	Amortissement		Prix	Charges financières
	Durée	Annuité		
Revêtement	10	0,130	200.000	26.000
Fondation	25	0,071	450.000	31.950
Drainage	25	0,071	350.000	24.850
Terrassements	50	0,055	400.000	22.000
Ponts	50	0,055	100.000	5.500
Supplément pour terrains difficiles	50	0,055	850.000	46.750
TOTAUX	—	—	1.500.000 à 2.350.000	110.300 à 157.050

Pour mémoire : charge d'entretien 18.000 F.

Enfin, nous considérerons une route empierrée dont l'infrastructure est celle de la route St. III mais non pourvue de revêtement. Ce type de route n'a, non plus, pas été systématiquement utilisé jusqu'à présent au Congo belge. La seule réalisation qui se rapproche le plus de ce type est celle du tronçon Mungbere-Mambassa. Le coût d'une telle réalisation est repris à l'*annexe IV*.

On a souvent objecté, en effet, que l'établissement de routes au St. I ou même St. III, constituerait une solution luxueuse et trop dispendieuse.

ANNEXE IV. — ROUTE EMPIERRÉE

*Revêtement-type : empierrement à l'eau ou béton de sol sur 3,50 m*

*Plate-forme : 7,50 m bas-côté compacté*

*Calcul des charges financières d'investissement (Taux 5 %).*

Désignation	Amortissement		Prix	Charges financières
	Durée	Annuité		
Revêtement		0,05	50.000	2.500
Fondation	25	0,071	450.000	31.950
Drainage	25	0,071	350.000	24.850
Terrassements	50	0,055	400.000	22.000
Ponts	50	0,055	100.000	5.500
Supplément pour terrains difficiles	50	0,055	850.000	46.750
TOTALS			1.350.000	
			à	86.500 à 133.550
			2.200.000	

Pour mémoire : charge d'entretien E en francs donnée par la formule  
 $E = 1.000 + 450 V$ , où V est le nombre journalier moyen de véhicule.

\* \* \*

Les charges financières, d'intérêt et d'amortissement, doivent être complétées par des charges d'entretien.

Il faut séparer dans les charges d'entretien les frais d'entretien du revêtement et les frais d'entretien du drainage, des ponts et de toutes dépendances de la route.

Lorsqu'on établit un nouveau revêtement asphalté sur de grandes longueurs, il est inévitable que sur certains tronçons, après quelques mois, des points faibles apparaissent, malgré la vigilance et les soins apportés à la construction.

En principe la réparation de ces défauts sont à mettre à charge des crédits d'entretien.

Cependant, l'importance de ces travaux ne résulte

pas directement de l'intensité du trafic mais d'imperfections locales.

L'entretien des dépendances de la route est, cela se conçoit aisément, indépendant du trafic.

Il en résulte que les charges d'entretien des routes de St. I et St. III sont dans une très large mesure indépendantes du trafic.

Nous les estimerons respectivement à 24.000 et 18.000 F au kilomètre.

En ce qui concerne les routes non asphaltées, il est d'expérience établie que l'usure du revêtement est très fortement influencée par la densité du trafic.

Devant l'accroissement continu du trafic routier au Congo belge, des moyens sans cesse plus puissants ont dû être réunis et divers grands chantiers d'entretien ont été confiés à l'entreprise privée ; d'autres chantiers mécanisés fonctionnent en régie.

Il est difficile de tirer des conclusions certaines de ces expériences, car elles se sont déroulées dans des conditions très diverses.

Bien souvent aussi les dépenses d'entretien n'ont été consenties à un volume suffisant qu'à un moment où les dégradations étaient telles qu'il s'agissait plutôt de réfection que d'entretien.

Il est cependant établi qu'un trafic intense provoque une usure telle que, si l'on y remédie, la route se transforme peu à peu en un véritable chemin creux.

Cela n'a d'ailleurs rien d'étonnant si l'on considère le nuage de poussière soulevé en saison sèche à chaque passage de véhicule et la nature trouble et boueuse des eaux de ruissellement en saison des pluies.

Tous ces phénomènes concourent à un appauvrissement en liant (silt et argile) du revêtement qui devient pulvérulent et est projeté sur l'accotement.

L'expérience quotidienne prouve également que même en l'absence de tout trafic sensible, des frais doivent être

exposés ne fût-ce que pour empêcher la brousse de reprendre ses droits.

Dans les circonstances économiques actuelles, on peut admettre les dépenses annuelles suivantes :

Aucun trafic sensible	1.000 F /km
Jusque 10 véhicules /jour	± 5.000 F /km
Environ 50 véhicules /jour	± 23.000 F /km.

Ces dépenses constituent plutôt des limites inférieures, car il faut tenir compte du coût croissant de la main-d'œuvre.

Dans les limites de trafic reportées ci-dessus, les charges d'entretien peuvent être représentées par une fonction linéaire du trafic, telle que :

$$E = 1.000 + 450 V$$

E : charge d'entretien annuelle en francs congolais.

V : nombre journalier de véhicules empruntant la route (les deux sens cumulés).

Dans la suite cette formule sera extrapolée jusqu'à une densité de 200 véhicules /jour quoiqu'à la connaissance de l'auteur, de tels niveaux de dépenses annuelles n'ont jamais été atteints au Congo belge. Il faut d'ailleurs constater qu'un niveau d'entretien suffisant pour combattre effectivement la dégradation totale de la route sous de tels trafics n'a jamais été réalisée non plus.

\* \* \*

L'annexe V donne le détail du *coût du véhicule /kilomètre* pour les différents types de routes retenus, c.-à-d. la piste primitive, la piste améliorée, la route empierrée, le St. III et enfin le St. I.

En ce qui concerne le premier type de voie de communication, le coût du véhicule kilomètre n'a été cal-

ANNEXE V. — COÛT DU VÉHICULE /KILOMÈTRE

Densité du trafic	2	5	10	20	50	100	200	500	1000
STANDARD I	Min.	—	—	—	—	5,19	2,60	<i>1,04</i>	<i>0,52</i>
	max.	—	—	—	—	7,12	3,56	<i>1,42</i>	<i>0,71</i>
STANDARD III	Min.	—	—	—	—	3,51	<i>1,76</i>	<i>0,70</i>	0,35
	Max.	—	—	—	—	4,79	2,40	<i>0,96</i>	0,48
Charge d'entretien des routes non asphaltées	1.900	3.250	5.500	10.000	23.500	46.000	91.000	—	—
Route empierrée	Min.	—	—	—	6,09	3,53	2,46	—	—
	Max.	—	—	—	8,60	4,93	3,69	—	—
Piste améliorée	—	—	4,09	<i>3,19</i>	<i>2,19</i>	<i>1,62</i>	1,43	—	—
Piste primitive	<i>7,50</i>	<i>3,72</i>	<i>2,48</i>	—	—	—	—	—	—

N. B. — Les chiffres *en italiques* sont les types convenant le mieux eu égard au trafic.

culé que pour les densités de circulation comprises entre 2 et 20 véhicules /jour.

En fait, on peut estimer que sur plus de 50 % du réseau routier congolais (routes d'intérêt général et routes d'intérêt local), la densité de circulation dépasse rarement 10 véhicules /jour.

La piste améliorée et la route empierrée ont été poussées jusqu'à 200 véhicules /jour.

Le coût du véhicule /kilomètre a été calculé respectivement à partir de 10 véhicules /jour pour la piste améliorée et de 50 véhicules /jour pour la route empierrée.

Le coût du véhicule /kilomètre des routes St. I et St. III a été calculé pour des densités de trafic de 100 à 1.000 véhicules /jour.

Les limites inférieures des densités de trafic ont, dans chaque cas, été choisies en plafonnant le coût du véhicule /kilomètre à une valeur comprise entre 5 et 10 F.

Les limites supérieures des densités de trafic ont été choisies eu égard au minimum de confort qu'il est décent d'offrir aux usagers de la route.

Cette considération s'impose pour tous les types envisagés, sauf peut-être pour la route St. I qui peut effectivement supporter des trafics de 5.000 véhicules /jour quoiqu'à ce niveau, les embouteillages aux heures des pointes soient presque inévitables.

Ces différents chiffres ont été reportés en un graphique faisant l'objet de l'*annexe VI*.

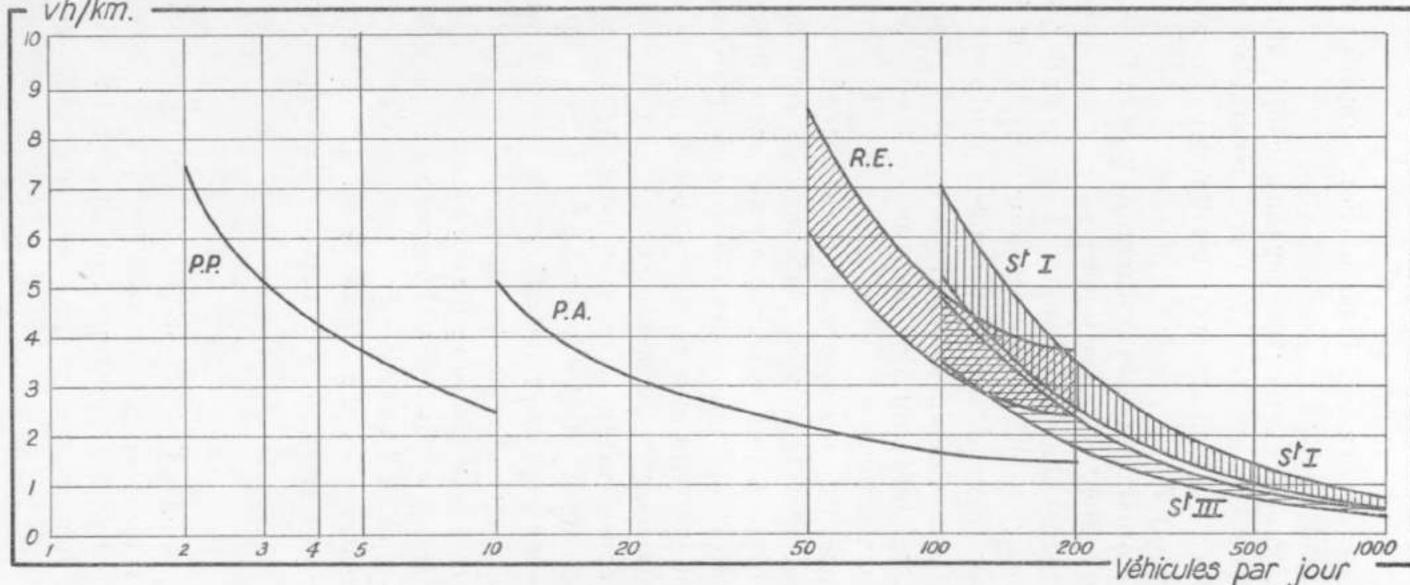
Vu l'étendue des variations de la densité de trafic, celle-ci a été reportée sur une échelle logarithmique.

\* \* \*

Avant de passer aux conclusions que comporte l'examen de ce graphique, il ne faut pas perdre de vue que les différentes courbes représentent des cas types, et qu'il y a lieu de les entourer de zones plus ou moins vastes.

ANNEXE VI. — COÛT DU VÉHICULE/KILOMÈTRE Charge en francs par véhicules/kilomètres.

Charge en francs par  
vh/km.



P.P. — Piste primitive.

P.A. — Piste améliorée.

R.E. — Route empierrée.

S<sup>t</sup> III — 3,5 m revêtement asphalté ; 7,5 m de plate-forme.

S<sup>t</sup> I — 6,6 m revêtement asphalté ; 9,5 m de plate-forme.

Il est évident notamment, qu'entre la piste primitive et la route empierrée, il peut exister une infinité de cas intermédiaires qui conduisent à des points représentatifs qui viendraient s'intercaler entre les trois courbes représentatives des cas-types retenus.

Il faut également retenir qu'en passant d'un cas-type au cas-type supérieur (sauf à partir de la route empierrée), il peut y avoir un raccourcissement effectif de l'itinéraire à entretenir par suite de la diminution du coefficient d'allongement.

\* \* \*

On constate que, pour chaque type de route le coût du véhicule/kilomètre décroît avec la densité de la circulation.

On ne saurait trop insister sur ce point surtout lorsque l'on se trouve confronté avec un niveau absolu élevé de ce coût, comme c'est le cas notamment de la piste primitive dont le coût se situe entre 5 et 10 F le véhicule/kilomètre pour des très faibles trafics.

Le coût d'investissement minime que représente la piste primitive et ses charges d'entretien réduites incitent insidieusement à des dépenses qui, en s'accumulant, pèsent lourdement sur le budget des circonscriptions indigènes.

L'incidence de la concentration du trafic automobile sur l'économie de la route ne peut faire aucun doute. Il y a nécessité absolue de freiner la prolifération des pistes automobiles, surtout lorsqu'elles sont mises à charge des circonscriptions indigènes qui, la plupart du temps, ne disposent que de ressources fort réduites.

En fait, il y a là un problème très grave mais qui échappe totalement à la compétence des services des Travaux publics.

Il y a un avantage économique évident à ce que les groupements indigènes viennent s'établir en bordure des routes existantes plutôt que de créer sans cesse de nouvelles pistes pour atteindre les villages les plus reculés.

Il importe également de prendre en sérieuse considération les charges importantes que représentent les voies de communication dans les programmes agricoles et, notamment, la réduction très sensible des charges financières que peut sans aucun doute apporter le développement de cultures intensives.

Mais ces dépenses élevées du véhicule/kilomètre sur les routes à faible densité de trafic sont inéluctables.

Elles doivent être compensées par des charges faibles sur les axes de transport.

Il faut donc, par des mesures adéquates, maintenir le coût du véhicule/kilomètre dans des limites assez basses sur le restant du réseau routier.

\* \* \*

On constate ensuite que la charge financière très lourde que représente la création d'un tracé tendu ne paraît justifiée que si, simultanément, on abaisse les charges d'entretien du revêtement en asphaltant la route.

Autrement dit, le moyen terme que représente la route empierrée n'est pas plus avantageux que le St. III, même aux très faibles trafics.

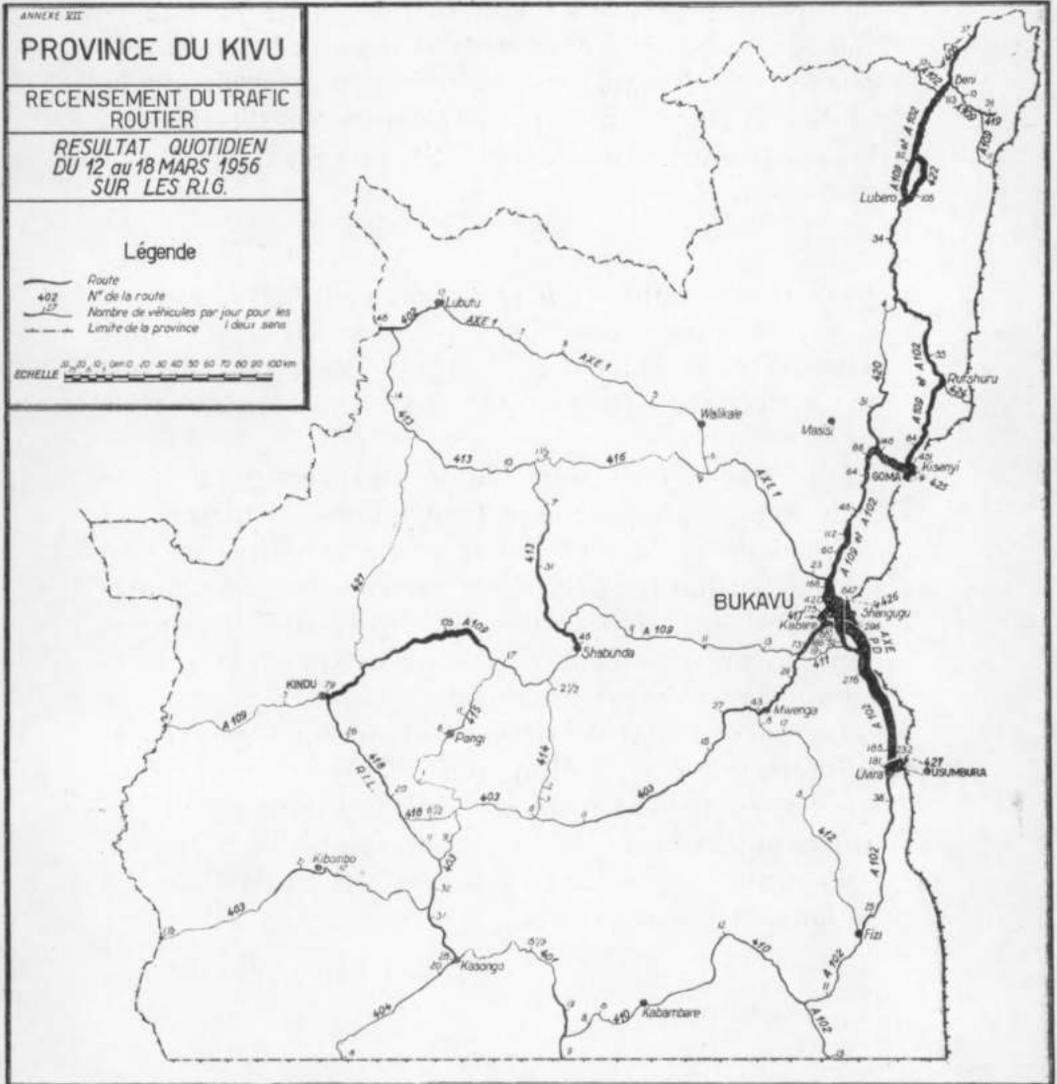
Ce type de voie de communication ne peut donc présenter un réel intérêt que dans des cas tout à fait exceptionnels où les investissements à réaliser ne dépasseraient pas quelques centaines de milliers de francs en plus de la piste améliorée.

\* \* \*

Il existe indubitablement une zone critique qui s'étale entre 50 véhicules/jour et 200 véhicules/jour.

Le long d'itinéraires aussi chargés, il vaut effectivement la peine de dépenser en entretien annuel des sommes dépassant largement ce que l'on a coutume de dépenser actuellement pour maintenir la route en bon état.

ANNEXE VII. — PROVINCE DU KIVU. RECENSEMENT DU TRAFIC ROUTIER  
*Résultat quotidien du 12 au 18 mars 1956 sur les routes d'intérêt général.*



Ces dépenses se situeraient autour de deux francs au véhicule /kilomètre.

\* \* \*

Le poids des charges d'entretien devenant incompréhensible sous peine de voir la route s'effondrer littéralement sous le trafic (ce qui est déjà arrivé), il apparaît que la solution la plus avantageuse serait de passer directement de la piste améliorée aux routes St. I ou St. III.

\* \* \*

Les considérations qui précèdent montrent que pour apprécier l'utilité des dépenses d'entretien et à fortiori celles d'investissements, il est indispensable d'avoir une notion aussi précise que possible des besoins réels du trafic.

Ces besoins réels sont mesurés par les densités de trafic déterminées par le comptage des véhicules.

Ces données sont encore trop fragmentaires et trop souvent encore le choix des caractéristiques des routes nouvelles et la répartition des crédits d'entretien ou d'investissement se font encore sur des bases étrangères à toute considération rationnelle.

Livrons cependant à la curiosité du lecteur l'*annexe VII* qui représente le résultat d'un recensement du trafic effectué en 1956 et l'*annexe VIII*, qui représente l'évolution du trafic sur le bac de passage du fleuve de Matadi.

Le trafic empruntant ce bac est repris par la route Matadi-Seke-Banza-Boma.

Le 31 décembre 1957.

Séance du 28 février 1958.

---

Zitting van 28 februari 1958.

### Séance du 28 février 1958.

La séance est ouverte à 14 h 30, sous la présidence de M. M. *Legraye*, président de l'A.R.S.C.

Sont en outre présents : MM. K. Bollengier, F. Campus, C. Camus, E. De Backer, R. Deguent, I. de Magnée, E.-J. Devroey, R. du Trieu de Terdonck, P. Fontainas, M. van de Putte, R. Vanderlinden, membres titulaires ; MM. F. Bultot, M. Denaeyer, P. Evrard, E. Frenay, A. Lederer, L. Pauwen, E. Roger, P. Sporcq, L. Tison, J. Verdeyen, membres associés ; M. J. Quets, membre correspondant, ainsi que M. M. Walraet, secrétaire des séances.

Excusés : MM. J. Beelaerts, M. De Roover, P. Geulette, J. Lamoen, G. Moulaert, F. Olsen, J. Van der Straeten.

**Communication administrative.**  
**Émission de quatre timbres-postes**  
**« Croix-Rouge » 1957.**

Voir p. 000.

#### **Quelques aspects de la climatologie du Bas et du Moyen-Congo.**

M. F. *Bultot* présente la communication qu'il a préparée sur ce sujet (voir p. 508) et qui fournit notamment d'utiles données comparatives sur la pluie et l'évaporation dans les bassins qui intéressent respectivement les sites d'Inga, au Congo belge, et du Kouilou, en Afrique équatoriale française.

### Zitting van 28 februari 1958.

De zitting werd geopend te 14 u 30, onder voorzitterschap van de H. M. *Legraye*, voorzitter van de K.A.K.W.

Aanwezig : De HH. K. Bollengier, F. Campus, C. Camus, E. De Backer, R. Deguent, I. de Magnée, E.-J. Devroey, R. du Trieu de Terdonck, P. Fontainas, M. van de Putte, R. Vanderlinden, titelvoerende leden ; de HH. F. Bultot, M. Denaeyer, P. Evrard, E. Frenay, A. Lederer, L. Pauwen, E. Roger, P. Sporcq, L. Tison, J. Verdeyen, buitengewone leden ; de H. J. Quets, corresponderend lid, alsook de H. M. Walraet, secretaris der zittingen.

Verontschuldigd : De HH. J. Beelaerts, M. De Roover, P. Geulette, J. Lamoen, G. Moulaert, F. Olsen, J. Van der Straeten.

**Administratieve mededeling.  
Uitgifte van vier postzegels  
« Rode Kruis »1957.**

Zie blz. 000.

**Enkele aspecten der klimatologie  
van Midden-en Neder-Congo.**

De H. F. *Bultot* legt de mededeling voor die hij over dit onderwerp opstelde (zie blz. 508), en die onder meer nuttige vergelijkende gegevens verstrekt over de regenval en de verdamping in de bekkens van het Inga-oord in Belgisch-Congo en van de Kouilou in Frans Equatoriaal Afrika.

**La carence magnésienne dans les palmeraies  
de la cuvette centrale congolaise.**

M. M.-E. Denaeyer présente une étude de M. M. FER-  
RAND, professeur à l'École supérieure d'Application  
d'Agriculture tropicale à Paris, intitulée comme ci-  
dessus (voir p. 531).

**Brochure pour l'orientation des jeunes chercheurs  
scientifiques au Congo belge.**

Le *Secrétaire perpétuel* informe la Classe qu'à la suite  
du *vœu* exprimé lors de la séance du 24 mai 1957 et  
relatif à la publication d'une brochure pour l'orientation  
des jeunes chercheurs scientifiques au Congo belge  
(voir *Bull. A.R.S.C.*, 1957, p. 900) M. le Ministre des  
Colonies a fait savoir à notre Compagnie qu'aucun ser-  
vice de son Département ou du Gouvernement général  
n'est suffisamment outillé pour dresser valablement un  
inventaire complet des activités plus ou moins scienti-  
fiques de tous les organes administratifs et privés de  
la Colonie.

Dans sa réponse, M. le Ministre a ajouté qu'il a la  
conviction

« ...que la Classe des Sciences techniques est, en colla-  
boration s'il échet avec les autres Classes, seule à même  
de rassembler la documentation désirée... et de la mettre  
à la disposition des jeunes chercheurs universitaires ».

Pour répondre à la suggestion du Ministre, le *Secré-  
taire perpétuel* propose à la Classe d'entamer l'élaboration  
de la brochure qui serait publiée par l'A.R.S.C. sur la  
base d'un questionnaire à adresser aux institutions de  
recherches belgo-congolaises.

La Classe arrête le questionnaire ainsi que la liste des

**Het magnesium tekort in de palmbossen  
der Centrale Kom van Congo.**

De H. M.-E. *Denaeyer* legt een studie voor van de H. M. FERRAND, professor aan de « École supérieure d'Application d'Agriculture tropicale » te Parijs, getiteld: « La carence magnésienne dans les palmeraies de la cuvette congolaise » (zie blz. 531).

**Brochure met inlichtingen voor jonge wetenschappelijke  
vorsers in Belgisch-Congo.**

De *Vaste Secretaris* deelt de Klasse mede dat ingevolge een *wens*, op haar zitting van 24 mei 1957 uitgedrukt, en strekkend tot het publiceren van een inlichtingsbrochure voor jonge wetenschappelijke vorsers in Belgisch-Congo (zie *Meded.*, 1957, blz. 901), de H. Minister van Koloniën aan ons genootschap mededeelde dat geen enkele dienst van zijn Departement of van het Gouvernement-generaal over de gegevens beschikt om een volledige inventaris op te maken van de min of meer wetenschappelijke activiteiten van de verschillende administratieve en private instellingen der Kolonie. De Minister voegde er in zijn antwoord aan toe overtuigd te zijn

« ... dat alleen de Klasse voor Technische Wetenschappen, eventueel in samenwerking met de andere Klassen, in staat is de nodige dokumentatie te verzamelen ... en ze ter beschikking van de jonge universitaire vorsers te stellen ».

Ingaande op deze suggestie van de Minister, stelt de *Vaste Secretaris* aan de Klasse voor het opstellen der brochure aan te vatten, die door de K.A.K.W. zou gepubliceerd worden, hierbij steunend op een vragenlijst, aan de Belgisch-Congolese instellingen voor wetenschappelijk onderzoek toe te sturen.

institutions belgo-congolaises à consulter et charge le *Secrétaire perpétuel* de l'envoi du questionnaire.

**Hommage d'ouvrages.**

**Aangeboden werken.**

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

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

**BELGIQUE — BELGIË**

Banque de la Société générale de Belgique : Documentation sur les sociétés commerciales (Bruxelles, septembre 1957, 46 pp.).  
Société métallurgique de Hoboken : 1908-1958 (210 pp., photos en couleur, 1958).

La séance est levée à 15 h 10.

De Klasse legt de lijst der vragen vast en de lijst der te raadplegen Belgisch-Congolese instellingen ; zij gelast et de *Vaste Secretaris* mede deze lijsten te verzenden.  
*Boyomi*

De zitting werd geheven te 15 u 10.

F. Bultot. — Quelques aspects de la climatologie  
du Bas et du Moyen-Congo.

Données comparatives sur la pluie et l'évaporation  
des sites d'Inga et du Kouilou.

I. PLUIE.

A. *Hauteurs pluviométriques annuelles.*

La cote udométrique annuelle, inférieure à 900 mm à l'embouchure du fleuve Congo, croît de l'Ouest vers l'Est pour atteindre plus de 1.500 mm à la limite orientale du couloir du Bas-Congo (voir *carte 2*). Dans le secteur d'Inga tout comme dans la vallée du Kouilou, la lame d'eau annuelle est comprise entre 1.100 et 1.200 mm.

La variabilité des pluies annuelles est grande dans le Bas-Congo ainsi qu'en témoignent les *cartes 3 et 4*, d'une part, qui indiquent les hauteurs pluviométriques annuelles non atteintes 1 fois sur 10 et 1 fois sur 40 et les *cartes 5 et 6*, d'autre part, qui mentionnent les niveaux dépassés 1 fois sur 10 et 1 fois sur 40.

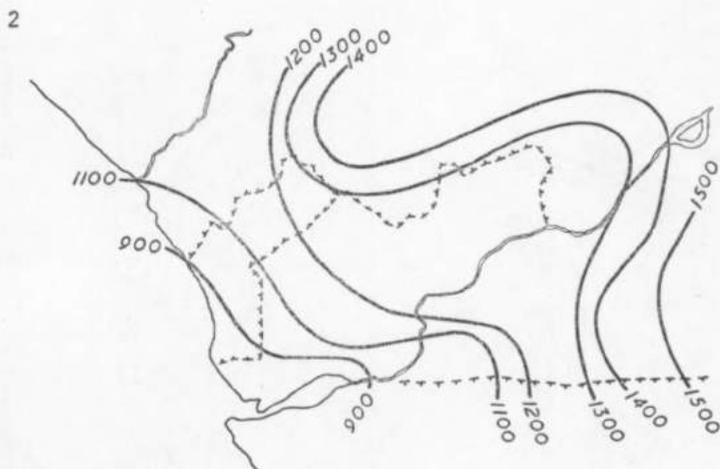
Il est impossible de prévoir les années sèches et pluvieuses [4, 5] (\*).

B. *Hauteurs pluviométriques mensuelles.*

Le régime pluviométrique annuel accuse une double périodicité. Les maxima principal et secondaire se situent respectivement en avril et en novembre à Inga, en novembre et en avril dans le bassin du Kouilou ; le minimum secondaire se produit en janvier dans l'une et l'autre

---

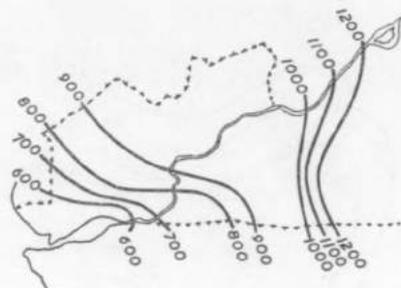
(\*) Les chiffres entre [ ] renvoient à la bibliographie, p. 529.



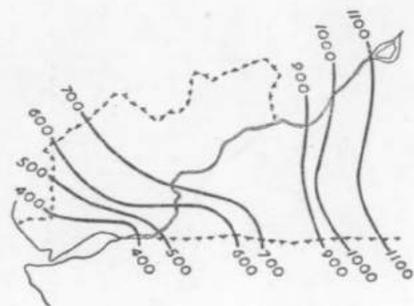
Carte 1. — Secteurs d'INGA et du KOUILOU.

Carte 2. — Hauteurs pluviométriques annuelles moyennes (1930-1954).

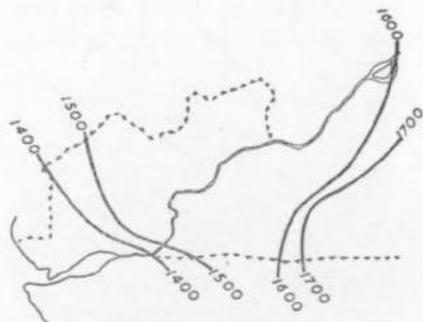
3



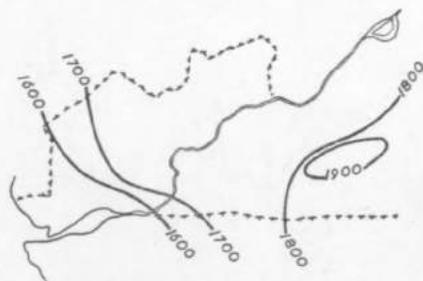
4



5



6



Cartes 3 et 4. — Hauteurs pluviométriques annuelles non atteintes 1 fois sur 10 et 1 fois sur 40.  
 Cartes 5 et 6. — Hauteurs pluviométriques annuelles dépassées 1 fois sur 10 et 1 fois sur 40.

TABLEAU I. — *Cotes udométriques mensuelles moyennes et extrêmes à Luki*  
(long. 13°04' E. — lat. 5°38' S. — alt. 100 m — 55 km à vol d'oiseau d'Inga).

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Moyennes	134,5	161,6	167,7	198,9	80,6	1,0	0,1	1,5	10,4	53,0	202,6	146,9	1158,8
Maxima	347,1	527,7	292,1	326,9	278,7	9,3	1,0	8,3	39,5	148,7	367,9	352,3	
Minima	11,9	18,1	19,6	74,6	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5	11,5	11,2	

TABLEAU II. — *Fréquences absolues mensuelles et totales des périodes sèches et pluvieuses de diverses longueurs incluses dans la saison des pluies (période 1930-1952).*

Durée de la période	Périodes sèches													Périodes pluvieuses															
	Tshela (12° 56' E., 4°58' S., 280 m)																												
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Spl.	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Spl.			
> 6 jours	34	25	16	20									19	24	138	9	6	7	12							15	13	62	
> 10 jours	14	10	10	6									5	7	52	1	1	1	3							6	3	15	
> 20 jours	3	1	2										1	7												2	2		
> 30 jours	2												2													1	1		
	Léopoldville (15° 16' E., 4° 20' S., 358 m)																												
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Spl.	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Spl.			
> 6 jours	31	31	20	17									21	8	23	151	9	13	20	32						8	36	22	150
> 10 jours	11	12	9	5									6	5	8	56	2	6	3	16						7	18	6	58
> 20 jours	1												2			3										1	3	4	
> 30 jours	1												1																

région (voir *cartes 7 à 18*). Notons encore que la variabilité interannuelle des cotes udométriques mensuelles est très grande, ainsi qu'il ressort du *tableau I* où figurent les précipitations mensuelles moyennes et extrêmes enregistrées à Luki au cours de la période 1930-1954.

C. *Saisons et périodes sèches et pluvieuses* (1).

La saison sèche apparaît, en moyenne, peu avant le 10 mai dans la bande côtière ; entre les 20 et 25 mai dans l'est du Bas-Congo. La saison pluvieuse débute, en moyenne, vers le 10 septembre à l'Est ; passé le 20 octobre à la côte [2]. Il en résulte que la saison sèche dure, en moyenne, de 115 jours à l'Est à 165 jours à l'Ouest (voir *cartes 19, 20 et 21*).

La saison des pluies au Mayumbe se caractérise par des périodes sèches fréquentes et des périodes pluvieuses fort rares (2) ; les périodes pluvieuses d'une durée d'au moins 10 jours sont tout à fait exceptionnelles. Les jours pluvieux, peu nombreux dans cette région, sont donc assez espacés. C'est en novembre et en avril, c'est-à-dire au début et à la fin de la saison des pluies, que les périodes pluvieuses sont les moins rares (3). Les périodes sèches n'atteignent presque jamais 20 jours. Leur distribution de fréquence accuse un maximum marqué en janvier que l'on peut considérer comme une manifestation de la « petite saison sèche » (voir *tableau II*).

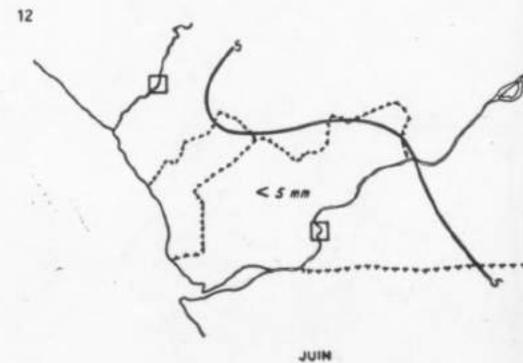
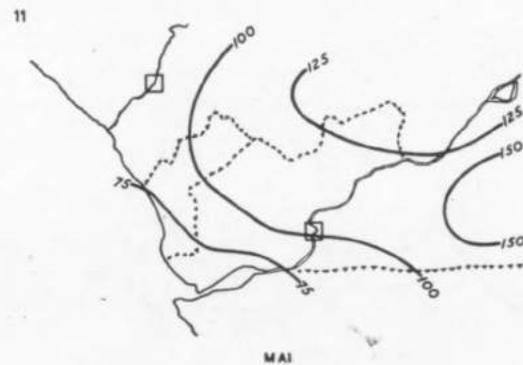
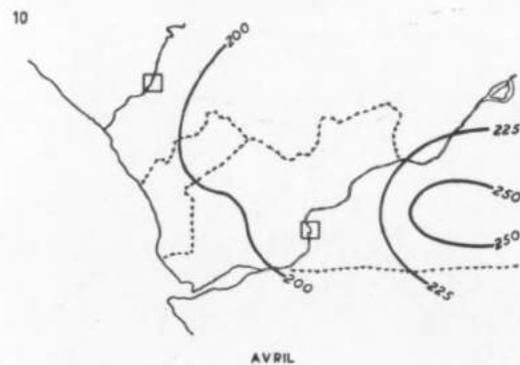
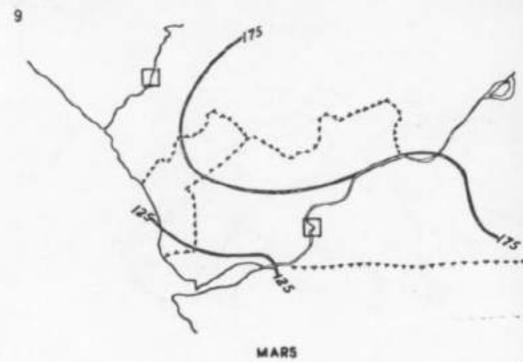
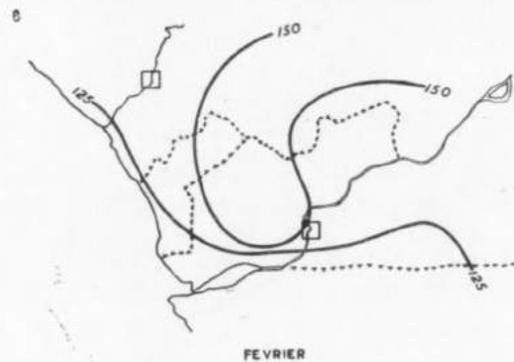
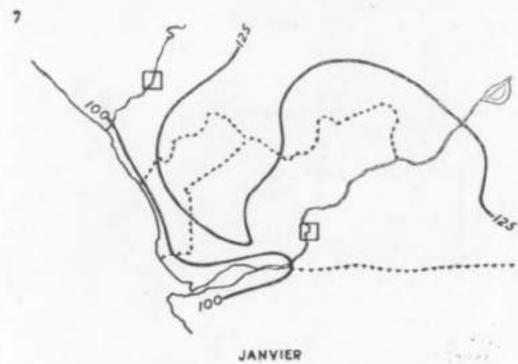
Dans le secteur de Léopoldville, les périodes pluvieuses sont beaucoup plus fréquentes qu'au Mayumbe, sauf au mois de janvier où elles sont en nombres équivalents. En janvier aussi, la fréquence des périodes sèches est,

---

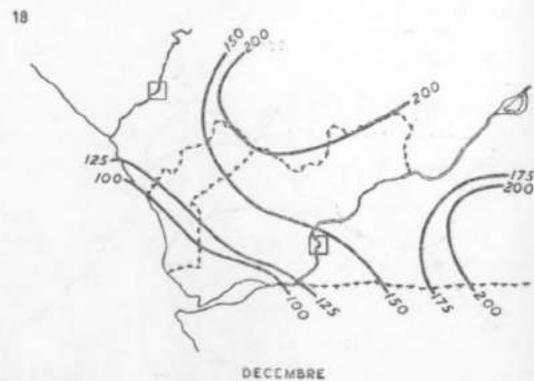
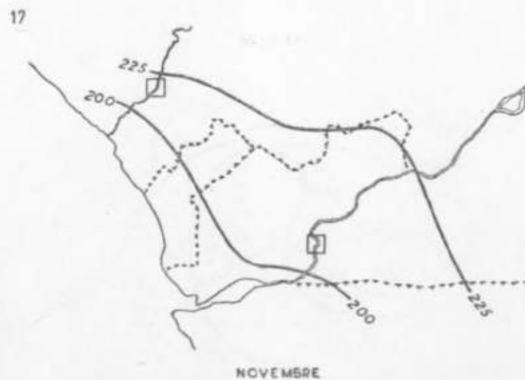
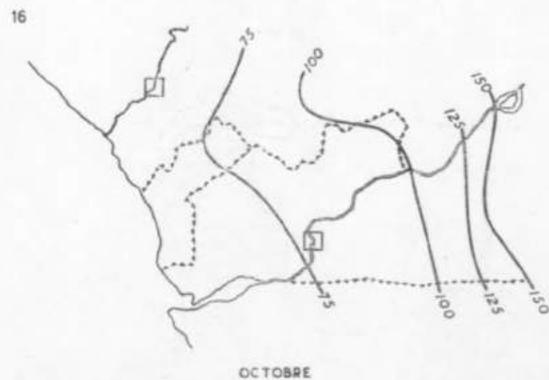
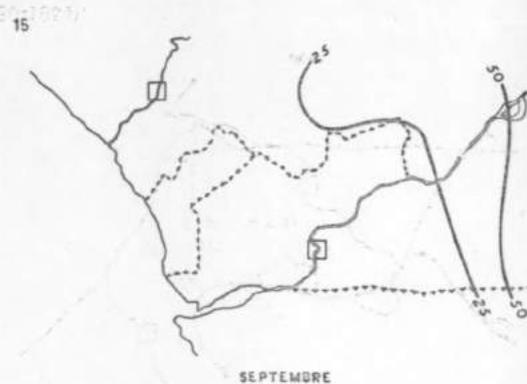
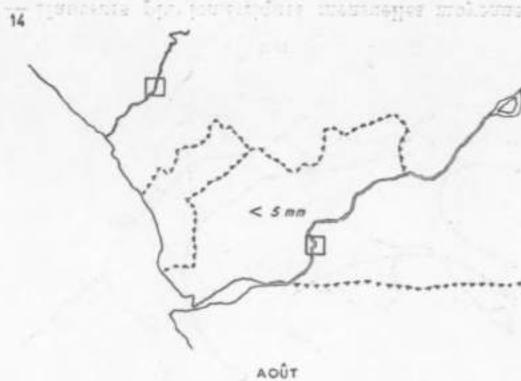
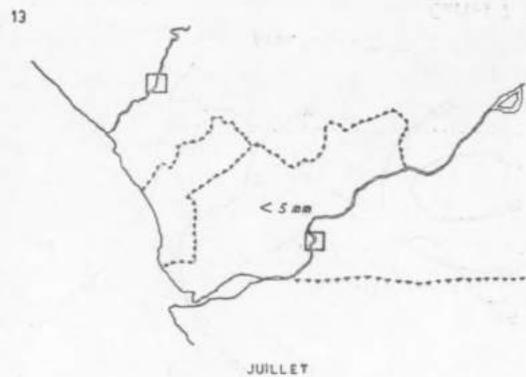
(1) Le point C concerne le Congo belge seulement.

(2) Nous convenons qu'une période sèche se termine lorsqu'apparaît un jour avec pluie au moins égale à 4 mm ou lorsque surviennent trois jours consécutifs au moins avec pluies inférieures à 4 mm. Une période pluvieuse se termine lorsqu'il ne tombe aucune pluie mesurable pendant deux jours consécutifs au moins.

(3) Seules les périodes sèches et pluvieuses d'au moins 6 jours entrent en ligne de compte ici.



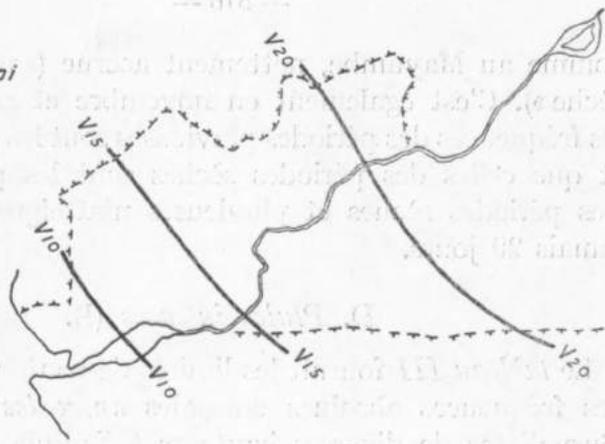
Cartes 7 à 12. — Hauteurs pluviométriques mensuelles moyennes (1930-1954).



Cartes 13 à 18. — Hauteurs pluviométriques nouvelles moyennes (1930-7954).

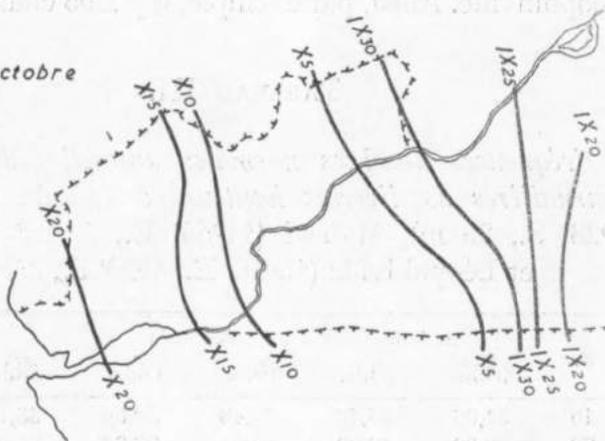
19

$V_{10} = 10 \text{ mai}$

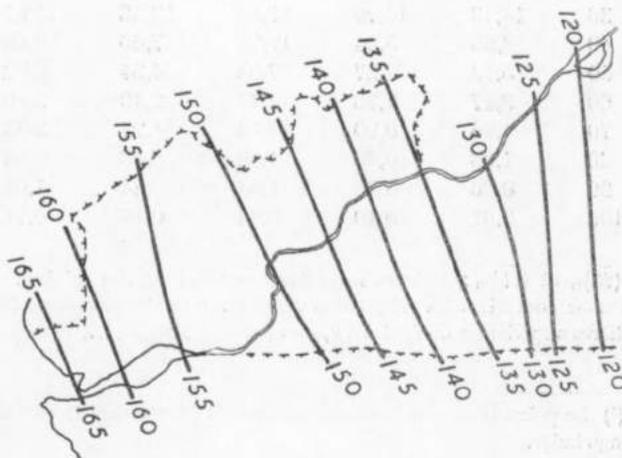


20

$X_{20} = 20 \text{ octobre}$



21



Cartes 19 et 20. — Dates moyennes de début des saisons sèche et pluvieuse.  
 Carte 21. — Durées moyennes de la saison sèche exprimées en jours (1930-1952).

comme au Mayumbe, nettement accrue (« petite saison sèche »). C'est également en novembre et en avril que les fréquences des périodes pluvieuses sont les plus élevées et que celles des périodes sèches sont les plus basses. Les périodes sèches et pluvieuses n'atteignent presque jamais 20 jours.

D. *Pluies intenses* (1).

Le *tableau III* fournit les limites de confiance (à 0,95) des fréquences absolues normales *annuelles* des pluies journalières de diverses hauteurs à Lukula, Mvuazi et Léopoldville. Ainsi, par exemple, il y a 95 chances sur 100

TABLEAU III.

*Fréquences absolues normales annuelles des pluies journalières de diverses hauteurs à Lukula (12°57' E., 5°23' S., 75 m), Mvuazi (14°54' E., 5° 27' S., 490 m) et Léopoldville (15°16' E., 4°20' S., 358 m).*

$x_i$	Lukula		Mvuazi		Léopoldville	
	$(\bar{y}_i)_M$	$(\bar{y}_i)_m$	$(\bar{y}_i)_M$	$(\bar{y}_i)_m$	$(\bar{y}_i)_M$	$(\bar{y}_i)_m$
15	31,06	25,48	38,46	30,59	33,10	27,68
20	23,90	19,08	29,94	23,26	25,81	21,12
30	14,13	10,79	17,95	13,32	15,61	12,24
40	8,53	5,94	11,28	7,69	9,66	7,09
50	5,13	3,27	7,03	4,34	6,02	4,02
60	3,17	1,76	4,44	2,40	3,80	2,28
70	1,96	0,90	2,84	1,27	2,38	1,25
80	1,28	0,46	1,88	0,68	1,53	0,67
90	0,86	0,22	1,33	0,34	1,04	0,35
100	0,61	0,10	0,94	0,16	0,71	0,17

$(\bar{y}_i)_M$  et  $(\bar{y}_i)_m$  : Valeurs respectivement maxima et minima entre lesquelles sont comprises les fréquences absolues normales annuelles des pluies journalières supérieures ou égales à  $x_i$  mm ( $x_i = 15, 20, 30, \dots, 100$ ).

(1) Le point D ne concerne que les averses d'au moins 15 mm enregistrées au Congo belge.

que la fréquence absolue normale annuelle des pluies journalières supérieures à 15 mm à Lukula, soit comprise entre 31,06 et 25,48 jours ; que la fréquence absolue normale annuelle des pluies journalières supérieures à 100 mm soit comprise entre 0,61 et 0,10 jours, etc. [3].

Notons que la cote udométrique journalière dépassée une fois en moyenne en 10 ans est de 115 mm à Lukula, de 126 mm à Léopoldville et de 129 mm à Mvuazi ; que la cote udométrique journalière dépassée une fois en moyenne en 20 ans est de 127 mm à Lukula, de 140 mm à Léopoldville et de 141 mm à Mvuazi ; que la cote udométrique journalière dépassée une fois en moyenne en 50 ans est de 144 mm à Lukula, de 158 mm à Léopoldville et de 157 mm à Mvuazi <sup>(1)</sup>.

Au *tableau IV* sont renseignées les fréquences absolues *mensuelles* moyennes observées de pluies journalières  $\geq 15$  et  $\geq 50$  mm dans les 3 postes précités. Au *tableau 5* figurent les limites de confiance des fréquences absolues *annuelles* de *périodes* d'au moins 1, 2, ... jours consécutifs à pluies journalières  $\geq 15$  mm.

La hauteur pluviométrique  $x_9$  en  $t$  minutes dépassée une fois seulement sur 10 averses est donnée par la formule :

$$x_9 = \frac{103 t}{53 + t} \quad \text{à Banana ;}$$

et par :

$$x_9 = \frac{96 t}{42 + t} \quad \text{à Léopoldville.}$$

On en déduit, par exemple, que, en 5 minutes, la cote udométrique dépassée une fois seulement sur 10 averses est de 10,2 mm à Léopoldville et de 8,9 mm à

---

<sup>(1)</sup> Ces nombres ne doivent être considérés que comme des ordres de grandeur.

Banana ; en 10 minutes, elle est de 18,4 mm à Léopoldville et de 16,3 mm à Banana ; en 30 minutes, elle s'élève à 40,0 mm à Léopoldville et à 37,2 mm à Banana ; en une heure, elle atteint 56,4 mm à Léopoldville et 54,6 mm à Banana ; en 2 heures, elle est de 71,1 mm à Léopoldville et de 71,3 mm à Banana.

TABLEAU IV.

*Fréquences absolues mensuelles et annuelles moyennes observées des pluies journalières  $\geq 15$  mm et  $\geq 50$  mm à Lukula, Mvuazi et Léopoldville.*

	Lukula 1931-1953		Mvuazi 1940-1953		Léopoldville 1930-1953	
	A	B	A	B	A	B
J	3,36	0,50	2,79	0,36	2,92	0,42
F	3,95	1,00	3,57	0,43	3,46	0,42
M	3,59	0,59	4,54	0,54	4,33	0,79
A	4,32	0,59	7,00	1,14	4,67	0,83
M	2,05	0,33	4,07	0,43	3,21	0,38
J	0,00	0,00	0,07	0,00	0,17	0,00
J	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00
A	0,00	0,00	0,00	0,00	0,13	0,00
S	0,09	0,00	0,43	0,00	0,67	0,04
O	1,00	0,10	2,43	0,36	3,46	0,42
N	4,91	0,71	5,50	0,64	5,04	1,17
D	3,67	0,38	5,00	1,00	3,54	0,33
A	26,94	4,20	35,40	4,90	31,64	4,80

A : Fréquences absolues mensuelles et annuelles moyennes observées des pluies journalières  $\geq 15$  mm.

B : Fréquences absolues mensuelles et annuelles moyennes observées des pluies journalières  $\geq 50$  mm.

Des formules ci-dessus, il résulte aussi que ce n'est que moins de une fois sur 10 qu'on observe une pluie de 30 mm tombant en moins de 19 minutes à Léopoldville et en moins de 21 minutes à Banana ; une pluie de 40 mm tombant en moins de 30 minutes à Léopoldville et en moins de 34 minutes à Banana, etc.

TABLEAU V.

*Fréquences absolues normales annuelles de périodes d'au moins 1, 2, ... jours consécutifs à pluies journalières  $\geq 15$  mm à Lukula, Mvuazi et Léopoldville.*

	Lukula 1931-1953	Mvuazi 1940-1953	Léopoldville 1930-1953
	f	f	f
1 jour	19,7	25,2	26,8
2 jours	2,6	3,1	2,1
3 jours	0,5	0,8	0,2
4 jours	0,1	0,1	

f : Fréquences absolues moyennes annuelles de périodes de 1, 2, 3, 4 jours consécutifs à pluies journalières  $\geq 15$  mm.

Notons encore qu'à Léopoldville, les averses se produisent le plus fréquemment dans la soirée et la nuit ; elles débutent à peu près toujours avant 5 h du matin et ne se prolongent pas, en général, au delà de 7 h 30'. Toutefois, de fortes pluies peuvent s'abattre dans la matinée ; il ne pleut quasiment jamais entre 13 et 18 h. A Banana, il ne pleut que rarement entre 13 et 22 h. Les averses nocturnes sont les plus violentes ; elles surviennent le plus souvent avant 6 h du matin et se terminent au plus tard vers 7 h 30'.

Enfin, à Léopoldville, 50 % des averses nocturnes dépassent 3 h 45' ; 20 % s'étendent sur plus de 5 h 30'. A Banana, 50 % des averses nocturnes durent plus de 3 h 30' ; 20 % s'étendent sur plus de 5 heures.

## II. ÉVAPORATION.

A. *Estimation de l'évaporation par la méthode du bilan d'énergie.*

D'après PENMAN [7], la moyenne mensuelle de l'évaporation journalière  $V_0$ , exprimée en millimètres, d'une nappe d'eau libre est donnée par :

$$V_o = \frac{d.H + A. V_a}{58 (d + A)}$$

avec  $H = R_c (1 - r) - R_b$

et  $R_c = \frac{6}{5} R_a (0,18 + 0,55 I)$  (1)

$$R_b = \sigma T_A^4 (0,56 - 0,09 \sqrt{e}) (0,10 + 0,90 I) \times 720$$

$$V_a = 0,21 (1 + 0,217 u) (E - e) \times 58$$
 (2)

- où  $H$  = « *heat budget* » exprimé en cal g/cm<sup>2</sup> jour ;  
 $R_c$  = radiation globale incidente exprimée en cal g/cm<sup>2</sup> jour ;  
 $R_b$  = radiation terrestre exprimée en cal g/cm<sup>2</sup> jour ;  
 $R_a$  = radiation solaire moyenne à la limite de l'atmosphère, exprimée en cal g/cm<sup>2</sup> jour ;  
 $d$  = pente de la courbe des tensions saturantes pour la température moyenne de l'air ;  
 $A$  = coefficient psychrométrique égal à 0,000665 × pression moyenne mensuelle en millimètres ;  
 $r$  = albédo égal à 0,021 pour une nappe d'eau libre aux basses latitudes ;  
 $I$  = insolation mensuelle relative (rapport de l'insolation effective à l'insolation astronomiquement possible) ;  
 $\sigma$  = constante de STEFAN =  $8,26 \times 10^{-11}$  cal g/cm<sup>2</sup> min,

(1) Le coefficient  $\frac{5}{6}$  est déduit de la comparaison des valeurs observées de  $R^o$  à Léopoldville en 1955 [6] aux valeurs de  $R^o$  calculées à partir de la durée d'insolation  $I$  pour la même année.

(2) Les constantes figurant dans cette expression ne sont pas celles fournies par PENMAN, mais celles calculées par E. BERNARD et M. FRÈRE [1] à Yangambi (près de l'Équateur).

- $T_A$  = moyenne mensuelle de la température exprimée en degrés KELVIN ;  
 $e$  = moyenne mensuelle de la tension de vapeur d'eau exprimée en mm de Hg ;  
 $E-e$  = moyenne mensuelle du déficit de saturation de l'air exprimée en mm de Hg ;  
 $u$  = moyenne mensuelle de la vitesse du vent exprimée en km/heure.

La radiation  $R_b$  a été évaluée séparément pour le jour et la nuit (d'où  $R_{bj}$  et  $R_{bn}$ ) [1].

Les résultats ainsi obtenus pour Gimbi (13°22' Est, 5°32' Sud, 480 m ; 30 km à vol d'oiseau d'Inga), pour les années 1954 à 1956 sont consignés au *tableau VI*. Ceux concernant Dolisie (12°40' Est, 4°11' Sud, 346 m ; 55 km à vol d'oiseau du barrage du Kouilou), pour les années 1955 et 1956, sont mentionnés au *tableau VII*.

Il y a lieu de remarquer que ces chiffres d'évaporation sont calculés à partir de données climatologiques enregistrées dans l'ambiance « sèche » des postes météorologiques [9, 10]. *On admet généralement que l'évaporation d'une retenue de grande superficie est de l'ordre de 75 % de l'évaporation potentielle calculée sur terre ferme.*

Des *tableaux VI* et *VII*, il ressort :

1° *Que la variabilité interannuelle de l'évaporation tant mensuelle qu'annuelle semble assez faible ;*

2° *Que l'évaporation diminue en saison sèche par suite d'une baisse sensible de la radiation globale incidente.*

Des chiffres contenus dans les *tableaux VI* et *VII*, il résulte encore que *l'évaporation annuelle moyenne* <sup>(1)</sup> *calculée par la méthode du bilan d'énergie est de 1106 mm à Gimbi, de 1007 mm à Dolisie (cfr. tableau VIII). Ces chiffres*

---

(1) Moyenne des années 1954 à 1956 à Gimbi, des années 1954 et 1955 à Dolisie.

TABLEAU VI. — *Évaporation mensuelle et annuelle à Gimbi*  
 (long. 13°22' E. — lat. 5°31' S. — alt. 480 m — à 30 km à vol d'oiseau d'Inga).

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1954													
R <sub>a</sub>	902	910	893	843	776	738	752	803	862	895	899	894	
I <sub>j</sub>	0,21	0,32	0,34	0,40	0,24	0,36	0,29	0,23	0,16	0,27	0,27	0,28	
I <sub>n</sub>	0,10	0,20	0,20	0,30	0,15	0,20	0,20	0,15	0,10	0,15	0,15	0,20	
T <sub>j</sub>	24,6	25,3	25,7	25,5	23,2	20,9	18,2	19,3	22,1	24,2	24,4	24,5	
T <sub>n</sub>	23,1	23,0	23,8	23,2	21,7	19,2	16,3	17,4	20,4	22,2	22,4	22,5	
e <sub>j</sub>	18,1	18,5	19,3	19,5	18,2	14,9	12,5	13,1	15,4	17,6	18,5	18,8	
e <sub>n</sub>	17,9	18,0	18,9	19,0	17,9	14,7	12,0	12,8	15,3	17,4	18,0	18,4	
Δ <sub>e</sub>	5,9	6,2	6,1	5,2	3,3	3,9	3,9	4,1	5,2	5,4	4,4	4,4	
u	4,25	4,32	3,39	3,34	3,39	3,79	4,04	4,71	4,68	5,71	3,95	4,19	
p	734	734	733	734	734	735	736	736	735	734	734	734	
Évaporation V <sub>e</sub> (jour)	4,16	4,81	4,82	4,73	3,31	4,36	3,18	3,28	3,46	4,41	4,33	4,27	
Évaporation V <sub>e</sub> (total)	129,0	134,7	149,4	141,9	102,6	130,8	98,6	101,7	103,8	136,7	129,9	132,4	1491,5
Évaporation lac de barrage ou V <sub>e</sub> (total) × 0,75	96,8	101,0	112,1	106,4	77,0	98,1	74,0	76,3	77,9	102,5	97,4	99,3	1118,8
1955													
R <sub>a</sub>	902	910	893	843	776	738	752	803	862	895	899	894	
I <sub>j</sub>	0,30	0,46	0,36	0,34	0,42	0,27	0,13	0,22	0,13	0,20	0,31	0,34	
I <sub>n</sub>	0,20	0,35	0,25	0,25	0,30	0,20	0,10	0,15	0,10	0,10	0,20	0,20	
T <sub>j</sub>	25,0	25,0	26,1	25,2	25,0	20,8	19,4	19,7	21,7	23,8	24,8	24,4	
T <sub>n</sub>	23,2	23,3	23,7	23,2	23,0	19,4	18,2	18,0	20,2	22,0	22,4	22,5	
C <sub>j</sub>	18,4	17,2	18,3	18,4	18,4	14,9	14,2	13,6	14,5	17,8	18,8	18,2	

$e_n$	18,6	17,4	18,8	18,7	18,6	15,1	14,3	13,2	15,5	17,5	18,2	17,6	
$\Delta_e$	4,1	5,4	5,2	4,1	4,0	2,7	2,1	3,3	3,5	3,4	3,8	4,1	
u	4,25	4,32	3,39	3,34	3,39	3,79	4,04	4,71	4,68	5,71	3,95	4,19	
p	734	734	733	734	734	735	736	736	735	734	734	734	
Évaporation $V_o$ (jour)	4,30	5,44	4,79	4,26	4,27	3,02	2,40	3,18	3,05	3,80	4,46	4,64	
Évaporation $V_o$ (total)	133,3	152,3	148,5	127,8	132,4	90,6	74,4	98,6	91,5	117,8	133,8	143,8	1444,9
Évaporation lac de barrage ou $V_o$ (total) $\times 0,75$	100,0	114,2	111,4	95,9	99,3	68,0	55,8	74,0	68,6	88,4	100,4	107,9	1083,9
1956													
$R_n$	902	910	893	843	776	738	752	803	862	895	899	894	
$I_j$	0,40	0,46	0,43	0,42	0,34	0,49	0,20	0,23	0,19	0,22	0,27	0,29	
$I_n$	0,30	0,35	0,30	0,30	0,24	0,39	0,10	0,13	0,10	0,12	0,17	0,19	
$T_j$	24,8	25,3	25,5	25,5	23,8	22,2	18,8	19,9	21,7	23,8	24,3	24,5	
$T_n$	22,3	22,2	22,1	22,0	21,0	19,0	16,5	17,3	19,2	21,0	21,5	21,7	
$e_j$	18,5	18,2	18,9	19,1	18,3	15,4	13,2	13,3	15,0	16,7	17,7	18,1	
$e_n$	18,2	17,9	18,5	18,5	17,6	15,0	12,8	13,1	14,9	16,7	17,4	17,6	
$\Delta_e$	3,7	4,2	3,7	3,5	2,6	3,2	2,3	3,0	3,3	3,9	3,7	3,6	
u	4,25	4,32	3,39	3,34	3,39	3,79	4,04	4,71	4,68	5,71	3,95	4,19	
p	734	734	733	734	734	735	736	736	735	734	734	734	
Évaporation $V_o$ (jour)	4,90	5,32	5,02	4,64	3,69	3,97	2,70	3,09	3,36	3,89	4,10	4,19	
Évaporation $V_o$ (total)	151,9	154,3	155,6	139,2	114,4	119,1	83,7	95,8	100,8	120,6	123,0	129,9	1488,9
Évaporation lac de barrage ou $V_o$ (total) $\times 0,75$	113,9	115,7	116,7	104,4	85,8	89,3	62,8	71,9	75,6	90,5	92,3	97,4	1116,3

TABLEAU VII. — *Évaporation mensuelle et annuelle à Dolisie*  
 (long. 12°40' E. — lat. 4°11' S. — alt. 346 m — à 55 km à vol d'oiseau  
 du barrage du Kouilou).

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1954													
R <sub>a</sub>	890	904	893	847	788	753	766	813	866	891	890	881	
I <sub>j</sub>	0,21	0,32	0,34	0,40	0,24	0,36	0,29	0,23	0,16	0,27	0,27	0,28	
I <sub>n</sub>	0,10	0,20	0,20	0,30	0,15	0,20	0,20	0,15	0,10	0,15	0,15	0,20	
T <sub>j</sub>	25,8	25,6	26,8	26,5	25,3	23,4	21,0	22,2	24,3	25,9	25,7	25,5	
T <sub>n</sub>	23,7	23,5	24,0	23,6	22,8	20,5	18,3	19,4	21,9	23,5	23,5	23,6	
e <sub>j</sub>	19,2	19,5	19,9	20,0	18,9	15,5	13,1	14,1	16,0	18,3	18,9	19,6	
e <sub>n</sub>	18,9	19,1	19,9	19,7	18,5	15,6	13,1	13,7	16,0	18,2	19,1	19,5	
Δ <sub>e</sub>	4,4	3,9	4,5	4,1	3,8	4,3	4,2	4,6	5,3	5,2	4,3	3,6	
u	4,25	4,32	3,39	3,34	3,39	3,79	4,04	4,71	4,68	5,71	3,95	4,19	
p	734	734	733	734	734	735	736	736	735	734	734	734	
Évaporation V <sub>e</sub> (jour)	} 3,93	4,58	4,71	4,70	3,47	3,78	3,36	3,46	3,53	4,57	4,24	4,18	
Évaporation V <sub>e</sub> (total)	} 121,8	128,2	146,0	141,0	107,6	113,4	104,2	107,3	105,9	141,7	127,2	129,6	1473,9
Évaporation lac de barrage ou V <sub>e</sub> (total) × 0,75	} 91,4	96,2	109,5	105,8	80,7	85,1	78,2	80,5	79,4	106,3	95,4	97,2	1105,7

1955													
R <sub>n</sub>	890	904	893	847	788	753	766	813	866	891	890	881	
I <sub>j</sub>	0,30	0,46	0,36	0,34	0,42	0,27	0,13	0,22	0,13	0,20	0,31	0,34	
I <sub>n</sub>	0,20	0,35	0,25	0,25	0,30	0,20	0,10	0,15	0,10	0,10	0,20	0,20	
T <sub>j</sub>	25,6	26,3	26,0	25,9	25,7	23,0	21,5	22,1	23,7	25,1	25,0	24,8	
T <sub>n</sub>	23,8	23,9	23,6	23,6	23,7	20,7	19,5	19,6	21,7	23,1	23,1	23,2	
e <sub>j</sub>	19,7	19,0	20,0	19,8	19,8	16,7	15,2	14,6	16,5	18,4	19,5	19,2	
e <sub>n</sub>	19,5	18,9	19,7	19,5	19,6	16,1	15,0	14,4	16,4	18,4	19,1	19,0	
Δ <sub>e</sub>	3,8	5,0	3,7	3,8	3,1	3,2	3,0	4,1	4,3	4,2	3,2	3,3	
u	4,25	4,32	3,39	3,34	3,39	3,79	4,04	4,71	4,68	5,71	3,95	4,19	
p	734	734	733	734	734	735	736	736	735	734	734	734	
Évaporation V <sub>o</sub> (jour)	4,38	3,99	4,71	4,32	4,34	3,25	2,52	3,36	3,24	3,89	4,34	4,48	
Évaporation V <sub>o</sub> (total)	135,8	111,7	146,0	129,6	134,5	97,5	78,1	104,2	97,2	120,6	130,2	138,9	1424,3
Évaporation lac de barrage ou V <sub>o</sub> (total) × 0,75	101,9	83,8	109,5	97,2	100,9	73,1	58,6	78,2	72,9	90,5	97,7	104,2	1068,5

fres ne doivent être considérés évidemment que comme des ordres de grandeur.

B. *Estimation de l'évaporation par la méthode de TURC.*

D'après TURC [8], l'évaporation annuelle moyenne d'un bassin peut être évaluée à l'aide de la formule

$$V_o = \frac{P}{\sqrt{0,9 + \frac{P^2}{L(t)^2}}}$$

avec  $L(t) = 300 + 25t + 0,05t^2$

et où P et t désignent respectivement le total pluviométrique moyen annuel et la température moyenne annuelle.

*De cette formule, on déduit que l'évaporation annuelle moyenne pour la période 1930-1954, est de 976 mm à Inga, de 992 mm au Kouilou.*

Les deux méthodes conduisent donc à des résultats assez concordants.

C. *Bilan d'eau d'un lac de barrage fermé (si la pluie et l'évaporation entrent seules en ligne de compte).*

Dans le *tableau VIII* nous indiquons : à la première ligne, les cotes udométriques moyennes P ; à la deuxième ligne, les évaporations  $V_o$ , à la troisième ligne, les différences  $P-V_o$  ; à la quatrième ligne, ces différences cumulées à partir de janvier.

De ce tableau, il ressort :

1° *Que pluie et évaporation annuelles sont du même ordre de grandeur ;*

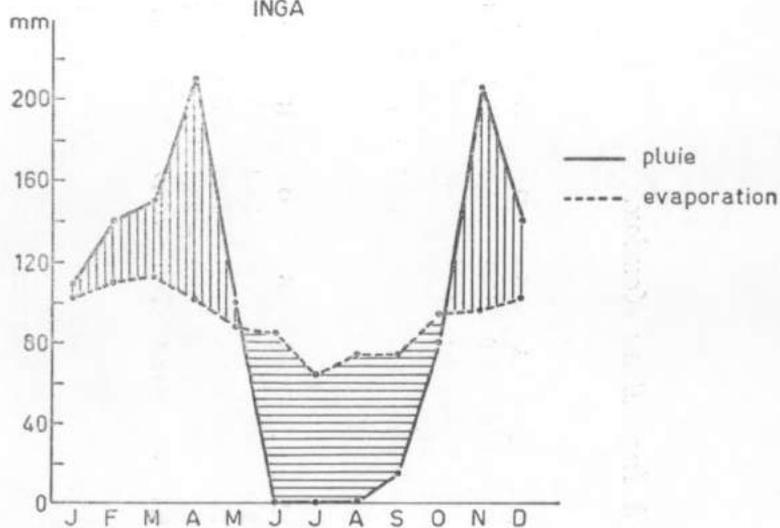
2° *Que l'amplitude de l'oscillation limnimétrique moyen-*

TABLEAU VIII. — *Bilan d'eau à Inga et au Kouilou.*

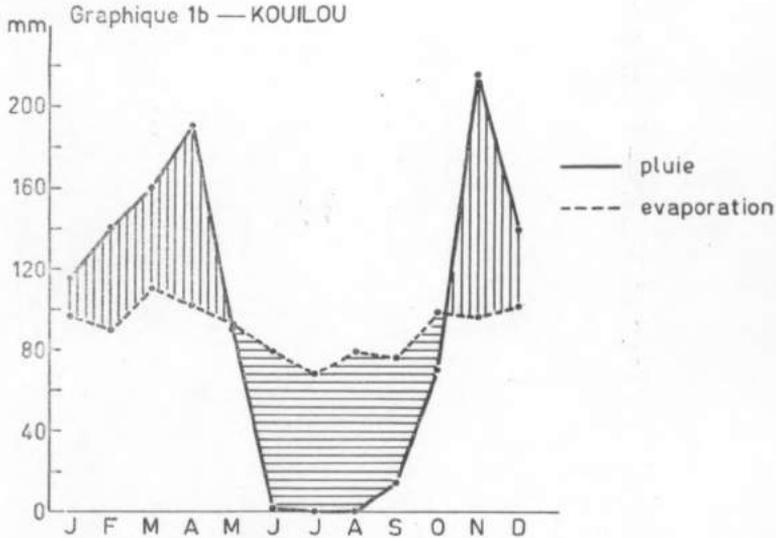
INGA													
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Cotes udom. moy. (P)	110,0	140,0	150,0	210,0	100,0	0,0	0,0	0,0	15,0	80,0	205,0	140,0	1150,0
Évapor. moy. (V <sub>0</sub> )	103,6	110,3	113,4	102,2	87,4	85,1	64,2	74,1	74,0	93,8	96,7	101,5	1106,3
Écarts (P - V <sub>0</sub> )	+ 6,4	+29,7	+36,6	+107,8	+ 12,6	- 85,1	-64,2	-74,1	-59,0	- 13,8	+108,3	+38,5	+ 43,7
(P - V <sub>0</sub> ) cumulés	+ 6,4	+36,1	+72,7	+180,5	+193,1	+108,0	+43,8	-30,3	-89,3	-103,1	+ 5,2	+43,7	
KOUILOU													
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
Cotes udom. moy. (P)	115,0	140,0	160,0	190,0	90,0	2,0	0,0	0,0	15,0	70,0	215,0	140,0	1137,0
Évapor. moy. (V <sub>0</sub> )	115,0	140,0	160,0	190,0	90,0	2,0	0,0	0,0	15,0	70,0	215,0	140,0	1137,0
Écarts (P - V <sub>0</sub> )	+18,3	+50,0	+ 50,5	+ 88,5	- 0,8	- 77,1	-68,4	-79,4	-61,2	- 28,4	+118,4	+39,3	+ 49,7
(P - V <sub>0</sub> ) cumulés	+18,3	+68,3	+118,8	+207,3	+206,5	+129,4	+61,0	-18,4	-79,6	-108,0	+ 10,4	+49,7	

1a

INGA



Graphique 1b — KOUILOU



Graphique 1a.— Pluie et évaporation à Inga.

Graphique 1b.— Pluie et évaporation au Kouilou.

ne saisonnière est de 296 mm à Inga, de 315 mm au Kouilou.

Ces résultats sont illustrés aux graphiques 1a et 1b.

Remarquons, toutefois, que les cotes udométriques annuelles varient grandement d'une année à l'autre et que si l'on rapproche des cartes 3 à 6 (qui donnent les hauteurs pluviométriques annuelles non atteintes une fois sur 10 et une fois sur 40 et dépassées une fois sur 10 et une fois sur 40) les chiffres d'évaporation moyenne à Inga, on déduit :

Que le déficit d'eau annuel dépassé 1 fois en 10 ans à Inga est de 256 mm ;

Que le déficit d'eau annuel dépassé 1 fois en 40 ans à Inga est de 456 mm ;

Que l'excédent d'eau annuel dépassé 1 fois en 10 ans à Inga est de 419 mm ;

Que l'excédent d'eau annuel dépassé 1 fois en 40 ans à Inga est de 619 mm.

Le 28 février 1958.

#### BIBLIOGRAPHIE

- [1] BERNARD, E. : Le déterminisme de l'évaporation dans la nature (Publ. I.N.É.A.C., coll. in-8°, Série scient. n° 68, 162 pp., Bruxelles, 1956).
- [2] BULTOT, F. : Saisons et périodes sèches et pluvieuses au Congo belge et au Ruanda-Urundi (Publ. I.N.É.A.C., com. n° 9 du Bureau clim., coll. in-4°, 70 pp., 1 graph., 6 cartes, Bruxelles, 1954).
- [3] BULTOT, F. : Étude statistique des pluies intenses, en un point et sur une aire, au Congo belge et au Ruanda-Urundi (Publ. I.N.É.A.C. com. n° 11 du Bureau clim., coll. in-4°, 90 pp., Bruxelles, 1956).
- [4] BULTOT, F. : Risques d'années sèches et pluvieuses au Congo belge et au Ruanda-Urundi (Publ. I.N.É.A.C., com. n° 13 du Bureau clim., coll. in-4°, 22 pp., 5 cartes, Bruxelles, 1957).

- [5] BULTOT, F. : Existe-t-il un cycle pluviométrique de 11 ans au Congo belge ? (Acad. roy. Sc. col., *Bull. des Séances*, N. S., IV, 1957, 2, pp. 470-479, Bruxelles, 1957).
- [6] DU SOLEIL, G. et VANDER ELST, N. : Annuaire météorologique 1957 du Congo belge et du Ruanda-Urundi (Acad. roy. Sc. col., Cl. Sc., techn., *Mém.*, in-8°, VI, 4, 168 pp., Bruxelles, 1957).
- [7] PENMAN, H. : Natural evaporation from open water, bare soil and grass. (Proceedings of the Royal Society, series A, CXCI, n° 1032, pp. 120-145, 1948).
- [8] TURC, L. : Relations entre les précipitations, l'évaporation et l'écoulement (*Sols africains* III, 1, Paris).
- [9] Résumés mensuels de temps en A.É.F. (Service météorologique de l'A.É.F., Brazzaville).
- [10] *Bulletins climatologiques annuels du Congo belge et du Ruanda-Urundi* (Publ. INÉAC, com. du Bureau clim., Bruxelles).

M. Ferrand. — La carence magnésienne  
dans les palmeraies de la Cuvette centrale congolaise.

(Note présentée par M. M.-E. Denaeyer)

### RÉSUMÉ

Grâce à des expériences de longue haleine et à la méthode du diagnostic foliaire, l'importance physiologique du magnésium chez le palmier à huile a été précisée.

Les signes extérieurs de la carence magnésienne révèlent son extraordinaire étendue dans la cuvette centrale congolaise.

Elle se localise dans les sols d'origine fluviale et lacustre. L'exploitation des gisements de dolomies qui affleurent dans la région de Stanleyville, de Thysville et dans la vallée du Niari, au Congo français, permettrait, par simple pulvérisation de la roche, de fournir un produit à la fois magnésien et calcaire, susceptible d'améliorer dans des proportions énormes, l'agriculture très pauvre des immenses régions carencées.

#### IMPORTANCE DU MAGNÉSIUM DANS LA NUTRITION DU PALMIER À HUILE

(*Elaeis Guineensis*).

Lorsque nous étions à l'I.N.É.A.C. avant la 2<sup>e</sup> guerre mondiale, un fait nous avait étonné : dans des expériences de fumure très bien organisées par BEIRNAERT, sur le palmier à huile, les formules d'engrais N-P-K que nous avons utilisées avec succès à Sumatra, restaient absolument sans effet à Yangambi, bien qu'elles fussent appli-

quées à des plantations pauvres, de mauvais aspect et de production médiocre.

Nous avons beaucoup réfléchi à cette question et nous avons pensé par la suite que ces insuccès devaient être dus soit à la légèreté de sols très faiblement rétentifs, vidés des éléments apportés par l'action des fortes pluies, avant qu'ils soient absorbés par les plantes, soit à la carence d'un ou plusieurs oligo-éléments dont on ne s'était pas préoccupé.

Bien que le pouvoir de sorption des sols équatoriaux africains soit cependant très faible, nous allons voir que c'est la seconde hypothèse qui nous a donné la solution du problème.

Appelé par l'I.R.H.O. de Paris en 1943 pour y créer un Centre de recherches agronomiques, nous avons eu l'occasion de travailler sur les sols variés des territoires français d'Afrique. Comme partout en Afrique tropicale, la question de l'entretien de la fertilité s'y pose avec beaucoup d'acuité et pour sortir de l'empirisme traditionnel dans l'usage des engrais minéraux, nous avons fait organiser par l'I.R.H.O. un laboratoire de diagnostic foliaire qui a aidé puissamment depuis à résoudre beaucoup de problèmes dans ce domaine. C'est cette méthode qui a permis notamment de préciser la situation du magnésium et son emploi dans la fumure du palmier à huile en Afrique.

En ce qui concerne le Congo belge ou français, la carence magnésienne est, comme nous allons le voir, localisée dans le bassin du fleuve Congo, particulièrement dans l'immense territoire constitué par la Cuvette centrale.

C'est au Moyen-Congo français que nous l'avons mise en évidence pour la première fois en 1947, lors d'une mission qui avait pour but de rechercher les causes d'une maladie complexe qui sévissait dans la région d'Etoumbi, maladie dénommée « *Boyomi* » dans la langue indigène.

*Boyomi* signifie dessèchement, allusion aux feuilles qui se fanent très vite après leur formation.

Nous ne nous étendrons pas sur les éléments pathogènes rencontrés dans les cas de « *Boyomi* », c'est un autre aspect du problème qui a été traité ailleurs par des spécialistes éminents et qui déborde notre sujet [1, 2, 3] (\*).

Ce que nous voulons souligner, c'est que l'aspect misérable des palmiers atteints nous fit penser dès l'abord à des troubles très profonds de leur nutrition, soit par épuisement total d'une partie des aliments minéraux du sol, soit par un déséquilibre très grave dans leur absorption.

En 1947, nous ne disposions pas encore d'un laboratoire de diagnostic foliaire à l'I.R.H.O. ; nous fûmes donc obligés de monter des expériences de fumure sans diagnostic préalable, quitte à tirer parti, plus tard, des résultats observés pour trouver l'explication scientifique des phénomènes pathologiques constatés au départ.

Nous souvenant des échecs de Yangambi dans l'usage des fumures classiques N-P-K, nous avons pensé qu'il fallait aller beaucoup plus loin et expérimenter aussi l'effet du Mg et des oligo-éléments les plus importants Zn, Cu, Fe, Mn et B.

Ces expériences se sont poursuivies de 1947 à 1956 et continuent encore à l'heure actuelle. Tous les détails de leur montage et tous les résultats obtenus ont été décrits en détail dans deux études publiées dans la revue *Oléagineux* [4, 5]. Nous en rappellerons ici quelques conclusions importantes. Au cours des trois premières années, comme dans les premières expériences de BEIRNAERT à Yangambi, une très forte fumure N-P-K (6 kg du mélange d'engrais par arbre) répétée annuellement n'a amené ni augmentation de rendement ni amélio-

---

(\*) Les chiffres entre [ ] renvoient à la bibliographie, p. 545.

ration dans l'état sanitaire des palmiers. Les objets à fumures N-P-K se sont comportés comme les témoins.

Mais dans les objets où, aux six kg d'engrais N-P-K, il fut ajouté 250 g de sulfate de cuivre ou 250 g de sulfate de manganèse ou 250 g de sulfate de zinc ou 250 g d'acide borique ou, enfin, 250 g de sulfate de magnésie, l'augmentation des rendements par rapport aux témoins sans fumures fut, selon les objets, de 42 à 64 %.

Pendant les trois années suivantes, de 1951 à 1954, les observations ont été poursuivies dans cette première expérience et, de plus, une seconde expérience a été établie en juillet 1951 dans une parcelle de plantation restée relativement saine [5].

Dans la première, l'effet des applications de magnésium sur les rendements s'est poursuivi en s'accroissant au cours des années. Par rapport aux témoins, l'augmentation de production des parcelles traitées au magnésium pendant les 3 dernières années, est supérieure de 17 % à ce qu'elle fut pendant les trois premières, alors que pour les autres éléments cette augmentation est restée à peu près la même.

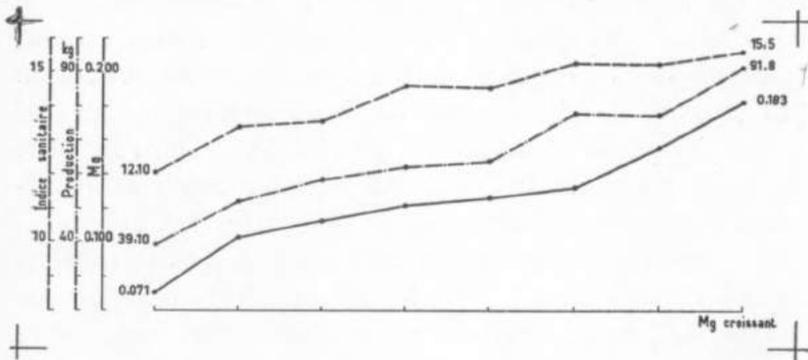
Si l'effet du magnésium est si remarquable et s'accroît au cours des années, c'est que sa présence dans la fumure continue à améliorer l'état sanitaire de la plantation et fait reculer de plus en plus le *Boyomi*. Dans la seconde expérience, il est devenu évident que le nombre de cas de *Boyomi* est relativement très faible en présence de magnésium, comme le montre le tableau suivant :

*Pourcentage d'arbres malades.*

	N	P	K	Mg	Mn	Ca
Présence	23	20	23	7	17	18
Absence	17	20	17	33	23	23

La présence ou l'absence d'un élément dans la formule d'engrais appliquée ne joue un rôle indiscutable que pour le magnésium, en ce qui concerne l'état sanitaire. A partir de 1951, nous avons pu adjoindre aux comparaisons de productions et d'indices sanitaires, la comparaison des teneurs en magnésium de la matière sèche des feuilles. Celles-ci, en présence de fumure magnésienne, s'élèvent toujours considérablement et passent dans certains cas de 0,07 à 0,18 %.

Un parallélisme parfait existe entre augmentation de production, augmentation de l'indice sanitaire et augmentation du pourcentage de magnésium sur matière sèche, dans les 8 objets (répétés six fois) de la première expérience, comme le montre le diagramme ci-dessous.



Graphique. — Comparaison de l'indice sanitaire et de la production avec la teneur en magnésium de la matière sèche des feuilles.

Rappelons, pour la bonne compréhension de ces derniers résultats, que le niveau critique du magnésium dans la feuille de palmier adulte en pleine activité physiologique est de 0,24 % [6].

Jusqu'à ce que ce niveau soit atteint, on peut donc s'attendre à de nouvelles augmentations de production et à une amélioration continue de l'indice sanitaire, à la condition bien entendu que les autres éléments

nutritifs minéraux soient également présents en quantités satisfaisantes.

Nous avons donc pu démontrer les exigences en magnésium du palmier à huile et les heureux effets de la fumure magnésienne chaque fois que le niveau de cet élément dans la matière sèche de la feuille est nettement inférieur à 0,24 % ou est en déséquilibre marqué avec le niveau des autres bases, en particuliers le potassium.

## 2. SIGNES EXTÉRIEURS DE LA CARENCE MAGNÉSIEENNE.

Lorsque la carence magnésienne est très profonde, c'est-à-dire lorsque la matière sèche de la feuille ne contient pas plus du tiers à la moitié du magnésium représentant le niveau critique (0,24 %) le feuillage prend une coloration jaune-orangé caractéristique, souvent éclatante au soleil, très différente du jaunissement provoqué par la carence d'azote ou du brunissement progressif provoqué par la carence de potasse. BULL, de l'Institut de Recherches sur le palmier à huile en Nigeria britannique (WAIFOR) a fait, depuis nos premières constatations, une étude fouillée et très utile de ces variations de coloration [7]. C'est cette coloration caractéristique qui permet de se rendre compte, à première vue, de la carence magnésienne chez le palmier à huile lorsque celle-ci est fortement accentuée.

## 3. SITUATION ET ÉTENDUE DE LA CARENCE MAGNÉSIEENNE EN AFRIQUE CENTRALE ET PARTICULIÈREMENT AU CONGO BELGE.

Au cours d'une mission faite en mars-avril 1957 pour diverses sociétés privées, nous avons été littéralement stupéfié de l'étendue et de la profondeur de la carence magnésienne dans la Cuvette centrale du Bassin du fleuve Congo. Nous avons fait à ce sujet une communi-

cation préliminaire à l'Académie d'Agriculture de France [8].

Sur des centaines de kilomètres parcourus, nous avons rencontré le long de notre route une quantité de palmeraies indigènes et européennes d'un jaune orangé accentué, coloration qui, comme nous venons de le voir, indique une carence très profonde en cet élément. Elle est accompagnée de troubles physiologiques graves occasionnant une quasi-stérilité des palmiers ou tout au moins une réduction de productivité de 50 à 75 %. De temps à autre, sur quelques km, au maximum sur quelques dizaines de km, on retrouve des palmeraies restées vertes, ce qui ne veut pas toujours dire, comme nous allons le voir, qu'elle ne soit pas carencée aussi en magnésium, bien qu'à un moindre degré.

Le pays intéressé comprend toute la zone géologique des terrains continentaux ayant pour origine des dépôts lacustres ou fluviaux. Les formations superficielles sont faites d'alluvions, d'éluvions, de latérite, parfois de sable presque pur et ne contenant très généralement pas de matériaux susceptibles par décomposition de fournir du magnésium aux sols cultivés.

Dans la région de Stanleyville, où les sols reposent sur des formations schisto-calcaires ou gréseuses du groupe de la Lindi, contenant non seulement des bancs calcaires toujours quelque peu magnésiens, mais souvent des bancs de calcaire dolomitique ou de vraies dolomies nous n'avons pas décelé de carences magnésiennes sur les palmiers. D'ailleurs, nous sommes là très proche des affleurements calcaires exploités par les cimenteries, très bien étudiés par M. SLUYS, qui a montré en ces endroits l'existence de bancs calcaires contenant 4 ou 5 % de magnésium, intercalés dans des bancs dolomitiques en contenant jusque 20 % [9]. Si nous quittons la région de Stanleyville en nous dirigeant vers l'ouest et le sud-ouest, les carences de magnésium apparaissent

dès que nous quittons les formations du groupe de la Lindi pour pénétrer dans la zone des formations superficielles. Ces carences apparaissent progressivement, d'abord peu sensibles à l'œil, mais révélées néanmoins par l'analyse des feuilles de palmiers, puis plus profondes et faisant apparaître les taches jaune-orangé sur les feuilles, pour montrer en nous éloignant de plus en plus de Stanleyville, les étendues de palmiers entièrement jaune-orangé dont nous avons parlé et dont les feuilles situées près de la flèche seulement restent vertes pour un temps relativement court. Il semble donc que les roches contenant de la magnésie donnent encore cet élément au palmier à huile ; même quand elles se situent à 15 ou 20 m de profondeur et peut-être davantage. Notre périple de 1957 nous a conduit d'abord de Stanleyville à Yangambi où des carences magnésiennes existent sans être en général assez fortes pour colorer fortement les palmiers en jaune-orangé.

Quittant Yangambi, nous avons traversé le fleuve Congo à Isangi, pour gagner Djolu. Autour de Djolu, les besoins de notre mission nous ont conduit dans les régions de Lilenga, Lifake, Bosenge, Befori, Djombo et Bolafa. De Bolafa nous avons été jusque Mondombe et finalement nous avons rejoint Boende, en passant par Likete. Au cours de cette randonnée, nous avons ainsi pénétré dans les vallées de la Lepori, de la Maringa, de la Tshuapa et de la Lomela. Partout le long de notre route, nous avons eu le spectacle d'immenses étendues remplies de bouquets de palmiers à huile très profondément carencés en magnésium et de plantations européennes dont l'état n'est pas meilleur. Il est remarquable aussi qu'au cours de plus de 2000 km parcourus en sens divers dans la Cuvette, nous avons rencontré de temps en temps des îlots de quelques km ou au maximum de quelques dizaines de km de long dans lesquels tous les palmiers sont verts. Ceci ne signifie pas nécessairement

que ces derniers sont suffisamment pourvus en magnésium, mais que, pour le moins, ils sont carencés à 25 ou 35 % seulement au lieu de l'être à 60 ou 65. C'est ce que nous avons constaté dans deux ou trois cas vérifiés analytiquement. Voici comment se présente l'aspect de ces palmiers comparativement à la teneur de leurs feuilles en magnésium et autres éléments.

Nous voyons dans ce tableau que l'aspect des palmiers suit le niveau du magnésium dans la feuille. Dans le 3<sup>o</sup> cas, il y a autant de magnésium que dans le 4<sup>o</sup>, mais si les palmiers sont moins sains, c'est comme on le voit, qu'il y a chez ceux-là complication d'une carence de potassium.

	N :	P :	K :	Ca :	Mg :	Cendres totales %
	2,5 %	0,15 %	1 %	0,60 %	0,24 %	
1. Complexe de palmiers malades jaune-orangé	2,39	0,138	0,999	0,716	0,108	8,56
2. Complexe de palmiers moyens avec quelques feuilles jaune-orangé	2,57	0,157	1,140	0,699	0,178	7,67
3. Complexe de palmiers les meilleurs (sans être sains) sans feuilles jaune-orangé	2,43	0,153	0,737	0,737	0,210	9,07
4. Petite palmeraie bien verte paraissant en bon état	2,55	0,150	1,320	0,610	0,208	6,59

En tête de colonne, nous indiquons sous les éléments dosés, leur niveau critique chez le palmier à huile.

Pour faire un tableau exact de la situation, il faut ajouter qu'il existe de-ci de-là des lentilles de terrains indemnes de carences dans lesquelles la végétation et les cultures indigènes sont beaucoup plus belles. C'est typiquement le cas, par exemple, dans la région relativement étendue de Mondombe que nous avons pu observer particulièrement bien.

En beaucoup d'endroits de Mondombe, on trouve en

profondeur, de 1,50 m à 3 m et davantage, des bancs de latérite concrétionnée recouverts par un sol riche fortement argileux <sup>(1)</sup>, contenant du limon et beaucoup d'éléments fins, bien rétentifs vis-à-vis de l'eau et même, relativement au moins, vis-à-vis des éléments minéraux. Ces lentilles souvent situées sur des crêtes étroites sont de très bonnes terres de culture, parfois parmi les meilleures que nous ayons rencontrées en Afrique centrale. L'apparition de ces lentilles fertiles en ordre dispersé se rencontrent sur des parties surélevées du relief.

De Boende, notre voyage s'est poursuivi en avion vers Léopoldville et le survol de cette région nous a permis de voir encore des taches très importantes de palmiers jaune-orangés qui nous ont paru diminuer d'importance en approchant de Léopoldville. A Léopoldville, nous avons pris le train pour Matadi et tout le long de la ligne, nous avons pu constater que les palmiers devenaient de plus en plus sains pour présenter un très bon aspect, au moins dans la partie du Bas-Congo longeant la voie ferrée qu'il nous a été donné d'observer. Ici encore, la réapparition d'une nutrition magnésienne plus correcte ou bonne correspond aux sols reposant sur des roches tenant une quantité plus ou moins grande de magnésium comme celle du système schisto-calcaire de la région de Thysville, celles du système métamorphique ou celles enfin appartenant aux roches éruptives ou cristallines, aux approches de Matadi. Les affleurements calcaires du Bas-Congo, étudiés par F. DELHAYE et M. SLUYS sont des formations puissantes comme celles de la région de Stanleyville et contiennent dans la région

---

<sup>(1)</sup> L'étude thermique différentielle de l'argile, faite au laboratoire du professeur ORCEL, au Muséum de Paris, a montré que celle-ci est de la kaolinite associée à de la goethite. L'examen à l'aide des rayons X a confirmé les résultats de l'analyse thermique différentielle.

de Thysville, des bancs dolomitiques tenant jusque 20 % de magnésium [10].

Il faut rapprocher toutes ces observations de celles que nous avons faites antérieurement au Moyen-Congo français où nous avons réalisé les expériences relatées au début de ce travail. Les formations lacustres et fluviales de la Cuvette centrale débordent aussi sur la rive droite du fleuve Congo et offrent, en territoire français, les mêmes caractéristiques entraînant les mêmes conséquences. D'autre part, faisant suite aux formations du Bas-Congo belge, des formations calcaires également très puissantes, affleurent dans la Vallée du Niari où des dolomies facilement exploitables, à 20 et même 25 % de MgO, constituent des bancs de plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur. Ces bancs calcaires s'étalent sur une distance d'environ 400 km. Ils réapparaissent dans le bassin de la Nyanga (1).

G. BIGOTTE, dans son étude géologique du bassin du Niari, a observé dans la région de Mindouli des bancs de dolomies noires à 25,2 % de magnésie (MgO) [11].

Nous devons aussi signaler que nous n'avons jamais rencontré de carences magnésiennes dans les régions voisines de la mer, en Côte d'Ivoire, au Dahomey, au Togo, au Cameroun et en Guinée espagnole. Nous avons pensé d'abord à l'effet du voisinage de la mer et au complément d'alimentation minérale apporté par les embruns. Mais cette hypothèse nous paraît maintenant bien inutile. Il suffit de consulter la carte géologique pour constater que dans tous ces territoires, les sols des régions côtières reposent sur des grès sublittoraux, sur des roches éruptives, sur des formations tertiaires fossilifères, etc., c'est-à-dire sur des formations susceptibles de fournir aux sols du calcaire et de la magnésie en quantités plus

---

(1) Renseignements verbaux dus à l'obligeance de M. NICOLINI, géologue du Bureau d'Études géologiques et minières de Paris, spécialiste du Moyen-Congo.

ou moins importantes. Peut-être cependant retrouverait-on des carences magnésiennes dans certains sols de zones littorales faites aussi, comme la Cuvette centrale congolaise, de formations superficielles récentes, par exemple dans le territoire au Nord de l'Ougoué, au Gabon, appartenant géologiquement au terrain Plio-Pléistocène de la Série des Cirques [12], mais nous n'avons pas encore eu l'occasion de parcourir cette région.

Il résulte donc de nos observations que les vastes régions d'Afrique centrale dans lesquelles l'alimentation des plantes cultivées et en particulier celle du palmier à huile est fortement carencée en magnésium, sont géologiquement délimitées par les zones des formations superficielles récentes d'origine lacustre ou fluviale comportant des sols poreux, généralement légers, pauvres en colloïdes argileux et humiques, ayant subi un lessivage intense.

Ces sols sont généralement pauvres ou assez pauvres en bases, mais parmi celles-ci c'est l'élément magnésium, le plus soluble et le moins retenu par les argiles, qui a le plus complètement disparu. Il ne manque bien entendu pas de sols carencés en potassium et en d'autres éléments, mais dans les situations que nous venons d'examiner, le magnésium est l'élément au minimum, donc l'élément sans lequel l'apport des autres fumures reste inefficace.

Le palmier à huile est une véritable plante-test quant à la carence magnésienne dans les terres tropicales cultivées. Mais le maigre aspect des cultures vivrières et en particulier du manioc, dans les régions carencées que nous avons parcourues, montre bien que les autres cultures en souffrent également. Les effets de la carence magnésienne peuvent évidemment s'aggraver de celle d'autres éléments comme la potasse et le phosphore ; le magnésium reste néanmoins ici le facteur essentiel limitant la productivité. D'autre part, si les récoltes

obtenues sont quantitativement très inférieures, elles doivent l'être aussi qualitativement.

Connaissant l'importance physiologique du magnésium non seulement pour les plantes, mais aussi pour l'homme et les animaux, on peut se demander si sa carence n'a pas de très malheureux effets sur la santé de ces derniers lorsqu'ils se nourrissent à peu près exclusivement des produits locaux. C'est pour le moins un problème qui mériterait d'être étudié.

De toute manière, nous n'hésitons pas à dire que l'apport de magnésium dans les sols de la Cuvette centrale congolaise changerait complètement l'aspect de son agriculture.

#### 4. REMÈDES A LA CARENCE MAGNÉSIIENNE DANS LE BASSIN DU FLEUVE CONGO.

On peut lutter efficacement contre cette carence par des apports de chaux magnésienne ou en adjoignant du sulfate de magnésie (32 % MgO) aux fumures. Mais outre que le sulfate de magnésie est onéreux, les transports d'Europe aux lieux d'utilisation en Afrique, doublent le prix de l'engrais et souvent même davantage.

Il semble qu'en Afrique centrale le remède soit à côté du mal, puisque des dolomies existent en abondance dans la région de Stanleyville, de Thysville et dans la Vallée du Niari. En Europe même, les calcaires dolomitiques finement broyés ont été utilisés souvent avec succès comme source de magnésie en agriculture.

Il suffirait donc d'installations de broyage, annexées aux cimenteries par exemple, pour fournir aux sols de la Cuvette centrale un élément sans lequel ces régions sont condamnées à une pauvreté agricole irrémédiable. Nous connaissons déjà l'existence de bancs très importants de dolomie à 20 et même 25 % de magnésie (MgO). Mais en général ceux-ci ont été évités par des géologues

en quête des calcaires nécessaires à la fabrication du ciment, c'est-à-dire aussi pauvres que possible en magnésie. Si l'on recherchait au contraire les bancs de dolomie les plus riches possibles en magnésium, on en trouverait peut-être de mieux situés et de plus pratiquement exploitables encore que ceux actuellement connus. Le produit pulvérisé pourrait être amené par eau près des lieux d'utilisation grâce au fleuve Congo et à ses très nombreux affluents. De toute manière, les frais de transport attachés à cet engrais magnésien local seraient incomparablement moins élevés que ceux qui s'attachent aux engrais que l'on importe d'Europe. Or, la consommation des engrais européens en Afrique tropicale augmente régulièrement et elle augmentera d'autant plus que les plantes cultivées seront mieux sélectionnées, c'est-à-dire susceptibles de plus hauts rendements.

Au reste, on sait aujourd'hui que l'avenir de l'agriculture est, en Afrique comme ailleurs, lié aux méthodes intensives, méthodes inconcevables sans apports réguliers de fertilisants.

Il est donc nécessaire de savoir qu'un des éléments fertilisants les plus indispensables dans la Cuvette centrale congolaise est le magnésium et que celui-ci peut être produit sur place avec un effort industriel relativement peu important, d'autant plus que les quantités de magnésie (MgO) à introduire dans les fumures pour réduire les carences sont nettement moins élevées, dans la grande majorité des cas, que celles à fournir pour réduire les carences potassiques par exemple. C'est pourquoi nous avons voulu attirer l'attention sur cette question très importante, spécialement pour le Congo belge et le Congo français, mais aussi pour d'autres régions africaines où des carences de magnésie ont été fréquemment signalées en ces dernières années.

*Remerciements.*

Nous tenons, en terminant, à remercier vivement les professeurs M. SLUYS et M.-E. DENAEYER, de Bruxelles, ainsi que M. NICOLINI, du Bureau d'Études géologiques et minières de Paris, qui nous ont facilité la consultation des documents géologiques nécessaires à ce travail.

Paris, 21 février 1958.

**BIBLIOGRAPHIE**

- [1] HEIM, ROGER et BACHY, A., Observations préliminaires sur une grave maladie du palmier à huile sévissant au Congo français (*C. R. Acad. des Sc.*, Paris, t. CCXXVII, fas. 3, pp. 217-220, 17-1-1949).
- [2] HEIM, Roger, Introduction à l'étude du Boyomi, (*Revue de Mycologie*, Sup. Col. N° 2, 1949, pp. 41-49).
- [3] BACHY, A., Études sur le Boyomi et quelques autres maladies graves du palmier à huile (*Oléagineux*, 4<sup>o</sup> an. n° 7, juil. 1949, pp. 421-426).
- [4] FERRAND, M., BACHY, A. et OLLAGNIER, M., Les oligo-éléments dans la fumure du palmier à huile au Moyen-Congo. Leur influence sur la santé des arbres (*Oléagineux*, 6<sup>o</sup> an., n° 11, nov. 1951, pp. 629-636).
- [5] FERRAND, M. et BACHY, A., La carence magnésienne du palmier à huile au Moyen-Congo (*Oléagineux*, 12<sup>o</sup> an., n° 1, janv. 1957, pp. 15-19).
- [6] I. R. H. O., Rapport annuel 1955, p. 28. — Synthèse des résultats du diagnostic foliaire.
- [7] BULL, R.-A., Studies of the deficiency diseases of the Oil Palm (*Journ. of the West Afric., Inst. for Oilpalm Res.*, sept. 1954, n° 2, pp. 94-129).
- [8] FERRAND, M., La carence magnésienne dans la Cuvette centrale congolaise (*C. R. Acad. d'Agric. de France*, t. 43, 5 juin 1957, pp. 585-87).

- [9] SLUYS, M., La géologie de l'Ituri. Le groupe de la Lindi (*Bull. du Serv. géologique du Congo belge*, n° 1, 1945, pp. 95-184).
- [10] DELHAYE, F. et SLUYS, M., Les calcaires du Bas-Congo (*Congo*, 1<sup>o</sup> ann., 1920, p. 109-134 ; 2<sup>o</sup> ann. pp. 211-237 et 414-430).
- [11] BIGOTTE, G., Contribution à la géologie du bassin du Niari (Centre d'Études nucléaires de Saclay, Rapport C. F. A. n° 498).
- [12] Carte géologique au 500.000<sup>e</sup> éditée par le Gouvernement de l'A. É. F. (1950) feuille de Port-Gentil Ouest. Notice explicative par V. HOURCO.

TABLE DES MATIÈRES.

—

**Table des Matières.**

**Inhoudstafel.**

## TABLE DES MATIÈRES

### Séances des Classes

Sciences morales et politiques	
Séance du 20 janvier 1958	222
Séance du 17 février 1958	234
Sciences naturelles et médicales	
Séance du 18 janvier 1958	318
Séance du 15 février 1958	336
Sciences techniques	
Séance du 31 janvier 1958	452
Séance du 28 février 1958	502
Bienvenue	234 ; 318
Brochure pour l'orientation des jeunes chercheurs scientifiques au Congo belge	
	504
Communication administrative	222 ; 368 ; 454 ; 236 ; 336 ; 502
Compliments	234 ; 452
<b>Délégation</b> : III <sup>es</sup> Journées internationales pour l'enseigne- ment de l'histoire	240
Hommage d'ouvrages	226 ; 325 ; 454 ; 242 ; 338 ; 506
<b>Prix de littérature africaine</b>	224 ; 236
<b>Subvention</b> : (au D <sup>r</sup> Ch. Marit)	322
<b>Voeux :</b>	
Concernant l'alcoolisation du Congo belge et du Ruanda- Urundi	324

## INHOUDSTAFEL

### Zittingen der Klassen.

Morele en Politieke Wetenschappen	
Zitting van 20 januari 1958 ... ..	223
Zitting van 17 februari 1958 ... ..	235
Natuur- en Geneeskundige Wetenschappen	
Zitting van 18 januari 1958 ... ..	319
Zitting van 15 februari 1958 ... ..	337
Technische Wetenschappen	
Zitting van 31 januari 1958 ... ..	453
Zitting van 28 februari 1958 ... ..	503
Aangeboden werken ... ..	226 ; 324 ; 454 ; 242 ; 338 ; 506
Administratieve mededeling ... ..	233 ; 319 ; 455 ; 237 ; 337 ; 503
<b>Afvaardiging</b> : III <sup>e</sup> Internationale dagen voor het onderwijs der geschiedenis ... ..	241
Brochure met inlichtingen voor jonge wetenschappelijke vor- sers in Belgisch-Congo ... ..	505
Gelukwensen ... ..	235 ; 453
<b>Prijs voor Afrikaanse letterkunde</b> ... ..	225 ; 237
<b>Toelage</b> : (Aan D <sup>r</sup> Ch. Marit) ... ..	323
Welkomsgroet ... ..	235 ; 319
<b>Wensen</b> :	
Betreffende het drankmisbruik in Belgisch-Congo en in Ruanda-Urundi ... ..	325

**Communications :**

BRIEN, P. : Présentation de son mémoire intitulé : « A propos de deux éponges du Tanganika » ... ..	320 ; 328
BULTOT, F. : Quelques aspects de la climatologie du Bas et du Moyen-Congo ... ..	502 ; 508
CASTILLE, A. : Constitution chimique de la Pyréthrolactone	328 ; 342
DE BREMAECKER, J.-Cl. : Liseuse de micro-films à pistes multiples (Communication présentée par L. Pauwen) ...	477
DE MAGNÉE, I. : L'avenir du thorium congolais ... ..	454 ; 457
DENAËYER, M. : Présentation d'une étude de M. M. FERRAND intitulée : « La carence magnésienne dans les palmeraies de la Cuvette centrale congolaise » ... ..	504 ; 531
DENIS, E. : voir DE BREMAECKER	
DEVROEY, E.-J. : Présentation d'une étude de M. G. FEYTMANS intitulée : « Rentabilité des routes au Congo belge »	454 ; 482
DOUCY, A. : Remise de sa présentation du travail de Th. VAN DIJCK (M <sup>me</sup> ) intitulé : « Studie over de sociale toestand in Belgisch-Congo en Ruanda-Urundi ter hervorming van het programma der koloniale sociale opleiding in België »	224
DUBOIS, A. et LAMBRECHTS, A. : Rapport sur le travail de P. DE SMET intitulé : « Bilan de la Riboflavine chez le Congolais » ... ..	320
DUBOIS, A. et NEUJEAN, G. : Rapport sur le travail : « Histoire du laboratoire médical et de l'Institut de Médecine « Princesse Astrid » à Léopoldville ... ..	320
DUCHESNE, A. : Le Musée royal de l'Armée au point de vue de la documentation historique coloniale (communication historique présentée par J. STENGERS) ... ..	241 ; 287
ÉVRARD, P. et VAN DE PUTTE, M. : Présentation de l'étude de M. L. HENIN intitulée : « L'industrie de l'aluminium en Afrique noire » ... ..	454 ; 475
FERRAND, M. : La carence magnésienne dans les palmeraies de la Cuvette centrale congolaise (Communication présentée par M. DENAËYER) ... ..	531
FEYTMANS, G. : Rentabilité des routes au Congo belge (Communication présentée par E.-J. DEVROEY) ... ..	482
GUEBELS, L. : Désigné comme rapporteur du travail de P. CEULEMANS (R. P.) intitulé : « La question arabe et le Congo (1883-1892) » ... ..	239

**Mededelingen :**

BRIEN, P. : Voorstelling van zijn verhandeling getiteld : « A propos de deux éponges du Tanganika » ... ..	321 ; 328
BULTOT, F. : Quelques aspects de la climatologie du Bas et du Moyen-Congo ... ..	503 ; 508
CASTILLE, A. : Constitution chimique de la Pyréthrolactone	329 ; 342
DE BREMAECKER, J.-Cl. : Liseuse de micro-films à pistes multiples (mededeling voorgesteld door L. PAUWEN) ...	477
DE MAGNÉE, I. : L'avenir du thorium congolais ... ..	455 ; 457
DENAEYER, M. : Voorstelling van een studie van M. FERRAND getiteld : « La carence magnésienne dans les palmeraies de la Cuvette centrale congolaise » ... ..	505 ; 531
DENIS, E. : zie DE BREMAECKER.	
DEVROEY, E.-J. : Voorstelling van een studie van G. FEYTMANS getiteld : « Rentabilité des routes au Congo belge »	455 ; 482
DOUCY, A. : Verschuiven naar een volgende vergadering van het verslag over het werk van Th. VAN DIJCK (Mw) getiteld : « Studie over de sociale toestanden in Belgisch-Congo en Ruanda-Urundi ter hervorming van het programma der koloniale sociale opleiding in België » ... ..	225
DUBOIS, A. et LAMBRECHTS, A. : Verslag over het werk van P. DE SMET getiteld : « Bilan de la Riboflavine chez le Congolais » ... ..	321
DUBOIS, A. et NEUJEAN, G. : Verslag over het werk : « Histoire du laboratoire médical et de l'Institut de médecine « Princesse Astrid » à Léopoldville » ... ..	321
DUCHESNE, A. : Le Musée royal de l'Armée au point de vue de la documentation historique coloniale (geschiedkundige mededeling voorgesteld door J. STENGERS) ... ..	241 ; 287
ÉVRARD, P. et VAN DE PUTTE, M. : Voorstelling van de studie van L. HENIN getiteld : « L'industrie de l'aluminium en Afrique noire » ... ..	455 ; 475
FERRAND, M. : La carence magnésienne dans les palmeraies de la Cuvette centrale congolaise (mededeling voorgesteld door M. DENAEYER) ... ..	531
FEYTMANS, G. : Rentabilité des routes au Congo belge (mededeling voorgesteld door E.-J. DEVROEY) ... ..	482
GUEBELS, L. : Aanduiding als verslaggever van het werk van P. CEULEMANS (E. P.) : « La question arabe et le Congo (1883-1892) » ... ..	239

HEYSE, Th. : A propos d'un inventaire des archives des Terri- toires du Congo belge et du Ruanda-Urundi (communica- tion historique) ... ..	241 ; 287
JADIN, L. (chan.) : Importance des Archives des Pères du Saint-Esprit pour l'histoire du Congo (dépôt) ... ..	241
JADOT, J.-M. : Note introductive d'une proposition tendant à la création d'un prix de littérature africaine ... ..	236 ; 244
LAMBRECHTS, A. : voir DUBOIS, A.	
LEBRUN, J. : Sur les éléments et groupes écologiques de la flore du Ruwenzori... ..	338 ; 408
LEPERSONNE, J. : Présentation d'une étude de R.-V. RUHE : « <i>Erosion surfaces of the Ituri (Belgian Congo)</i> ; — <i>Reply</i> <i>to J. LEPERSONNE</i> » ... ..	322
LEPERSONNE, J. : Mise au point au sujet de la note de R.-V. RUHE : « <i>Erosion surfaces of the Ituri, Belgian Congo</i> » ...	338 ; 384
NEUJEAN, G. : voir DUBOIS, A.	
NEUJEAN, G. : Présentation d'une étude de R.-S. BRAY inti- tulée : « <i>Studies of the exoerythrocytic cycle in the Genus</i> <i>Plasmodium</i> » ... ..	319 ; 329
OPSOMER, J. : Stimulation de la germination des plantes de <i>Panicum maximum</i> (en collaboration avec F. BRONCKERS)	322 ; 330
PETIT-MAIRE-HEINTZ, N. : Rapport préliminaire sur sa mis- sion anthropologique au Ruanda-Urundi (présenté par E.- J. DEVROEY) ... ..	338 ; 448
PAUWEN, L. : Présentation d'une étude de MM. E. DENIS et J.-Cl. DE BREMAECKER intitulée : « Liseuse de micro-films à pistes multiples » ... ..	454 ; 477
RUHE, V.-R. : <i>Erosion surfaces of the Ituri (Belgian Congo).</i> <i>Reply to J. LEPERSONNE</i> (présenté par J. LEPERSONNE) ...	328 ; 360
STENGERS, J. : Présentation d'un travail de Miss R. SLADE intitulé : « <i>English speaking Missions in the Congo Inde- pendent State</i> » ... ..	236 ; 244
VAN BULCK, G. (R. P.) : Présentation de son mémoire inti- tulé : « Étude comparative des styles oraux des baRundi et des banyaRwanda » ... ..	223 ; 229
VAN STRAELEN, V. : Le Congo et l'année géophysique inter- nationale 1957-1958 ... ..	338 ; 440
VAN WING, J. (R. P.) : Présentation d'une étude de L. DE SOUSBERGHE intitulée (R. P.) : « <i>Mission d'études du droit coutumier chez les Bapende (1955-1957)</i> » ... ..	237 ; 250

HEYSE, Th. : A propos d'un inventaire des archives des territoires du Congo belge et du Ruanda-Urundi (geschiedkundige mededeling) ... ..	241 ; 287
JADIN, L. (Kan.) : Importance des Archives des Pères du Saint-Esprit pour l'histoire du Congo (neerleggen) ... ..	241
JADOT, J.-M. : Note introductive d'une proposition tendant à la création d'un prix de littérature africaine ... ..	237 ; 245
LAMBRECHTS, A. : zie DUBOIS, A.	
LEBRUN, J. : Sur les éléments et groupes écologiques de la flore du Ruwenzori... ..	339 ; 408
LEPERSONNE, J. : Voorstelling van een studie van R. V. RUHE getiteld : « <i>Erosion surfaces of the Ituri (Belgian Congo)</i> »	323
LEPERSONNE, J. : Mise au point au sujet de la note de M. V.-R. RUHE : « <i>Erosion Surfaces of the Ituri, Belgian Congo</i> »	339 ; 384
NEUJEAN, G. : voir DUBOIS, A.	
NEUJEAN, G. : Voorstelling van een studie van M. R.-S. BRAY getiteld : « <i>Studies of the exo-erythrocytic cycle in the Genus Plasmodium</i> » ... ..	320 ; 329
OPSOMER, J. : Stimulation de la germination des plantes de <i>Panicum maximum</i> (in medewerking met F. BRONCKERS)	323 ; 330
PAUWEN, L. : Voorstelling van een studie van E. DENIS et L. DE BREMAECKER getiteld : « Liseuse de micro-films à pistes multiples » ... ..	455 ; 477
PETIT-MAIRE-HEINTZ, N. : Voorlopig verslag over haar anthropologische zending in Ruanda-Urundi (voorgesteld door E.-J. DEVROEY) ... ..	339 ; 448
RUHE, V.-R. : <i>Erosion surfaces of the Ituri (Belgian Congo)</i> . Reply to J. LEPERSONNE ... ..	329 ; 360
STENGERS, J. : Voorstelling van een werk van Miss R. SLADE getiteld : « English speaking Missions in the Congo Independent State » ... ..	237 ; 244
VAN BULCK, G. (E. P.) : Voorstelling van zijn verhandeling getiteld : « Étude comparative des styles oraux des banyarwanda et des banyaRwanda » ... ..	223 ; 229
VAN STRAELEN, V. : Le Congo et l'année géophysique internationale 1957-1958 ... ..	339 ; 440
VAN WING, J. (E. P.) : Voorstelling van een studie van L. de SOUSBERGHE (E. P.), getiteld : « Mission d'études du droit coutumier chez les Bapende (1955-1957) » ... ..	237 ; 250

VAN WING, J. (R. P.) : voir STENGERS, J.

WALRAET, M. : Désigné comme rapporteur du travail de P.  
CEULEMANS (R. P.) intitulé : « La question arabe et le  
Congo (1955-1957) » ... .. 239

**Mémoires** (Présentation de) :

BRIEN, P. : A propos de deux éponges du Tanganika ... .. 321 ; 328  
HÉNIN, L. : L'industrie de l'aluminium en Afrique noire  
(Rapporteurs : P. ÉVRARD et M. VAN DE PUTTE) ... .. 455 ; 475  
SLADE, R. (Miss) : English speaking Missions in the Congo  
Independent State (Rapporteurs : J. STENGERS et R. P.  
J. VAN WING) ... .. 237 ; 244  
VAN BULCK, G. (R. P.) : Étude comparative des styles oraux  
des baRundi et des banyaRwanda ... .. 223 ; 229

---

VAN WING, J. (E. P.) : zie STENGERS, J.

WALRAET, M. : Aanduiding als verslaggever van het werk  
van P. CEULEMANS (E. P.) getiteld : « La question arabe  
et le Congo (1883-1892) ... .. 239

**Verhandelingen** (Voorlegging van) :

BRIEN, P. : A propos de deux éponges du Tanganika ... .. 322 ; 328

HÉNIN, L. : L'industrie de l'aluminium en Afrique noire  
(Verslaggevers : P. EVRARD et M. VAN DE PUTTE) ... .. 456 ; 475

SLADE, R. : English speaking Missions in the Congo Inde-  
pendent State (Verslaggevers : J. STENGERS et R. P. J.  
VAN WING) ... .. 238 ; 244

VAN BULCK, G. : Étude comparative des styles oraux des  
baRundi et des banyaRwanda ... .. 229



