

Institut Royal Colonial Belge

SECTION DES SCIENCES TECHNIQUES

Mémoires. — Collection in-4°
Tome IV. — Fascicule 2.

Koninklijk Belgisch Koloniaal Instituut

AFDEELING DER TECHNISCHE WETENSCHAPPEN

Verhandelingen. — Verzameling in-4°
Boek IV. — Aflevering 2.

LES GRABEN AFRICAINS
ET LA
RECHERCHE DU PÉTROLE
EN AFRIQUE ORIENTALE

PAR

G. DE GRAND RY



BRUXELLES

Librairie Falk fils,
GEORGES VAN CAMPENHOUT, Successeur,
22, rue des Paroissiens, 22.

BRUSSEL

Boekhandel Falk zoon,
GEORGES VAN CAMPENHOUT, Opvolger,
22, Parochianenstraat, 22.

1941

LISTE DES MÉMOIRES PUBLIÉS

COLLECTION IN-8°

SECTION DES SCIENCES MORALES ET POLITIQUES

Tome I.

- PAGÈS, le R. P., *Au Ruanda, sur les bords du lac Kivu (Congo Belge). Un royaume hamite au centre de l'Afrique* (703 pages, 29 planches, 1 carte, 1933) . . . fr. 125 »

Tome II.

- LAMAN, K.-E., *Dictionnaire kikongo-français* (XCIV-1183 pages, 1 carte, 1936) . . . fr. 300 »

Tome III.

1. PLANQUAERT, le R. P. M., *Les Jaga et les Bayaka du Kwango* (184 pages, 18 planches, 1 carte, 1932) . . . fr. 45 »
2. LOUWERS, O., *Le problème financier et le problème économique au Congo Belge en 1932* (69 pages, 1933) . . . 12 »
3. MOITOUTLE, le D^r L., *Contribution à l'étude du déterminisme fonctionnel de l'industrie dans l'éducation de l'indigène congolais* (48 pages, 16 planches, 1934) . . . 30 »

Tome IV.

MERTENS, le R. P. J., *Les Ba dzing de la Kamtsha :*

1. Première partie : *Ethnographie* (381 pages, 3 cartes, 42 figures, 10 planches, 1935) . . . fr. 60 »
2. Deuxième partie : *Grammaire de l'Idzing de la Kamtsha* (XXXI-388 pages, 1938) . . . 115 »
3. Troisième partie : *Dictionnaire Idzing-Français suivi d'un aide-mémoire Français-Idzing* (240 pages, 1 carte, 1939) . . . 70 »

Tome V.

1. VAN REETH, de E. P., *De Rol van den moederlijken oom in de inlandsche familie* (Verhandeling bekroond in den jaarlijkschen Wedstrijd voor 1935) (35 bl., 1935) . . . 5 »
2. LOUWERS, O., *Le problème colonial du point de vue international* (130 pages, 1936) . . . 20 »
3. BITTREMIEUX, le R. P. L., *La Société secrète des Bakhtmba au Mayombe* (327 pages, 1 carte, 8 planches, 1936) . . . 55 »

Tome VI.

- MOELLER, A., *Les grandes lignes des migrations des Bantous de la Province Orientale du Congo belge* (578 pages, 2 cartes, 6 planches, 1936) . . . fr. 100 »

LES GRABEN AFRICAINS
ET LA
RECHERCHE DU PÉTROLE
EN AFRIQUE ORIENTALE

PAR
G. DE GRAND RY

Mémoire présenté à la séance du 26 avril 1940.

LES GRABEN AFRICAINS
ET LA
RECHERCHE DU PÉTROLE
EN AFRIQUE ORIENTALE

La relation existant entre la présence des gisements pétrolifères et les grandes zones de fractures a été souvent signalée.

Il nous semble intéressant d'examiner si cette relation se vérifie en Afrique Orientale le long des grands graben qui traversent à peu près sur toute sa longueur ce vaste continent.

Dans ce but, nous nous proposons de commencer notre étude par des considérations générales sur la géologie du pétrole, telle qu'elle résulte des dernières données de la science.

Nous décrirons ensuite le tracé des graben et exposerons avec quelques détails les conditions géologiques dans lesquelles ils se présentent. Nous signalerons ensuite, le long de cette zone de fracture, les champs pétrolifères connus, ainsi que les indications d'huile minérale qu'on y a observées. Reprenant ensuite chaque région, nous l'étudierons plus en détail et, nous basant sur l'exposé général, nous chercherons à établir dans quelle mesure les facteurs favorables à la présence du pétrole s'y trouvent réunis.

Cette étude se fera autant que le permettra la connaissance parfois incomplète de la géologie de ces régions.

I. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR L'ORIGINE ET LA GÉOLOGIE DU PÉTROLE.

De longues discussions se sont poursuivies entre les partisans de la théorie organique et ceux de la la théorie inorganique du pétrole. L'origine organique du pétrole n'est actuellement plus mise en doute.

Bien qu'on ne soit pas encore complètement d'accord au sujet des modalités de cette théorie, nous exposerons brièvement ci-après les idées qui rencontrent le plus de faveur auprès des savants qui se sont occupés de cette question ⁽¹⁾.

La notion de sapropel ou boue organique est à la base de ces conceptions. Elle a été proposée d'abord par Potonie ⁽²⁾, ensuite par Mrazec ⁽³⁾.

Le sapropel serait une accumulation d'algues unicellulaires, mélangées à des débris d'animaux, sables ou argiles. Cette boue, soustraite à l'oxydation, peut, dans certaines conditions, se transformer en hydrocarbures. De longues recherches ont été entreprises pour expliquer comment s'opère cette évolution.

Deux hypothèses ont été proposées : la théorie de l'évolution géochimique suivant laquelle le pétrole se serait formé en profondeur au cours des âges géologiques par suite d'une lente transformation et par distillation, et la théorie de la transformation biochimique rapide presque contemporaine de la sédimentation, sous l'action de certaines bactéries anaérobies qui brisent les molécules d'acides gras et les transforment en hydrocarbures.

C'est la théorie biochimique qui est actuellement adoptée.

Les gisements ont dû se former dans des mers peu profondes, dans de grandes lagunes littorales, dans le voisinage de deltas et

⁽¹⁾ J. JUNG, Rapport sur les progrès récents de la Géologie du Pétrole. (*Congrès International des Mines, de la Métallurgie et de la Géologie appliquée*, VI^e session, Liège, 1930.)

⁽²⁾ H. POTONIE, *Jahresber. Preuss. Geol. Landesans*, 1903-1904.

⁽³⁾ L. MRAZEC, *Le Pétrole en Roumanie*, Bucarest, 1910.

d'estuaires où s'opéraient de fortes variations de salure sous l'influence de conditions climatiques.

La concentration des eaux des lagunes produite par évaporation provoque la précipitation de la dolomie, du gypse et de l'anhydrite. Des colonies d'algues planktoniques s'accumulent et forment la boue sapropélienne qu'une couche d'argile imperméabilisée par la variation de salure, isole immédiatement de l'air, ce qui permet aux bactéries anaérobies de commencer leur action. Tandis que s'effectue ce travail de transformation, la couche sapropélienne s'affaisse lentement et une nouvelle colonie d'algues planktoniques se forme; le même phénomène se répète, jusqu'à ce que les conditions géologiques l'interrompent en substituant au facies littoral saumâtre un facies marin ou plus continental.

Ces zones de sédimentation subsidente de facies littoral et saumâtre, auxquelles correspondent les séries pétrolifères, ont pris une importance particulière à la suite des dernières recherches scientifiques.

La sédimentation subsidente est « celle qui se produit dans un bassin qui s'affaisse au fur et à mesure qu'il a tendance à se combler. Les endroits les plus favorables à cette sédimentation sont évidemment les géosynclinaux, mais le phénomène est plus général ⁽¹⁾ et s'observe d'une manière très nette. Les dépôts littoraux atteignent parfois des épaisseurs énormes. »

Le pétrole formé dans la roche mère sapropélienne se concentre dans la roche-réservoir gréseuse ou sableuse par suite d'une migration provoquée soit par compression sous l'influence de forces orogéniques, soit sous l'action des forces capillaires de l'eau.

La question des structures productrices joue un rôle capital dans la recherche des nappes pétrolifères. Nous rappelons ci-après la théorie anticlinale sur laquelle se basent en général les recherches ⁽¹⁾.

(¹) J. JUNG, Rapport sur les progrès récents de la Géologie du Pétrole. (*Congrès International des Mines, de la Métallurgie et de la Géologie appliquée*, VI^e session, Liège, 1930.)

(²) IDEM, *Principes de Géologie du Pétrole*, 1935.

La couche-réservoir est comprise entre deux niveaux d'argile imperméable. Le pétrole qu'elle renferme est accompagné de gaz sous pression et d'eaux salées appelées « eaux de gisement ». L'association de ces trois éléments est capitale. Si l'eau et le gaz font défaut, l'altération du gisement est certaine.

Une couche-réservoir bien protégée présente généralement une alternance d'anticlinaux et de synclinaux. Il est évident que les éléments composant la couche pétrolifère se sépareront par ordre de densité. L'eau occupera le fond des synclinaux, le pétrole se maintiendra à la hauteur de l'anticlinal, tandis que le gaz s'accumulera à son sommet. D'autres structures plus simples ou plus compliquées peuvent se présenter. Toujours la séparation s'opérera par ordre de densité.

On observe de très nombreuses structures dans les gisements pétrolifères, plis anticlinaux, structures tabulaires, failles, plis couchés, plis diapirs. Dans ce dernier genre de structure les masses salines jouent un rôle prépondérant. Ces formes tectoniques en rapport avec les intrusions salines ont fortement attiré l'attention des géologues. Suivant les uns, la masse saline intrusive ne représenterait qu'un cas particulier de la structure anticlinale favorable à la présence de pétrole; suivant d'autres, le pétrole et le sel seraient montés simultanément des profondeurs du sol et le pétrole aurait pénétré latéralement dans les couches traversées.

La présence des séries pétrolifères est liée à l'existence des ondulations transversales le long des grandes lignes de dislocations, qui influencent les cours des fleuves et les lignes de rivages actuels ou fossiles, d'où dépendent le genre de sédimentation et leur richesse en matières organiques ⁽¹⁾.

Notons enfin un autre caractère remarquable du pétrole : c'est de se rencontrer dans toutes les formations de dépressions géosynclinales, quel que soit leur caractère géologique, à condition toutefois que leur métamorphisme ne soit pas trop accentué.

⁽¹⁾ ZUBER, Recherche de nouveaux champs pétrolifères. (*Congrès International des Mines, de la Métallurgie et de la Géologie appliquée*, VI^e session, Liège, 1930.)

Il ne suffit pas pour qu'un gisement pétrolifère existe qu'il ait pu se former et se concentrer dans des roches-réservoirs, il faut encore qu'il ait pu se conserver. Certaines conditions sont nécessaires à cette conservation; telle est l'existence de couches d'isolement sous la forme de nappes aquifères salines ⁽¹⁾.

D'autre part, les facteurs de destruction ou d'altération sont nombreux.

Parmi les plus importants on doit citer : la dismigration ou migration destructrice.

Zuber distingue deux genres de migration ⁽²⁾ : la migration qui mène à une concentration (commigration) et celle qui aboutit à une dissémination (dismigration). L'importance de la commigration a été mise en doute par divers savants, notamment par Heim, Potonie et Zuber.

On tend à ne réserver qu'à des cas particuliers l'influence de ce phénomène dans la formation des gîtes pétrolifères. On attribue au contraire à la migration un rôle presque toujours destructeur.

D'après Zuber, quelle que soit l'importance d'un gisement pétrolifère ayant subi une migration, on peut assurer qu'il est toujours moindre que le gisement primitif qui lui a donné naissance. Cet effet destructeur s'exerce de diverses manières. L'huile se dissémine hors de la couche où elle s'était concentrée.

La dismigration peut être due à des mouvements tectoniques, à l'érosion ou à des variations dans le régime des nappes aquifères. Si, au cours de la migration, l'huile minérale se trouve en contact avec des niveaux poreux, elle formera dans ces roches des magasins secondaires. Des failles ou des discordances peuvent permettre à l'huile, par migration latérale, de pénétrer dans des magasins primitivement fermés.

(1) ZUBER, Recherche de nouveaux champs pétrolifères. (*Congrès International des Mines, de la Métallurgie et de la Géologie appliquée*, VI^e session, Liège, 1930.)

(2) IDEM, *Petroleum*, 1925, p. 501.

La migration peut encore être due à l'entraînement de l'eau lorsque le gisement pétrolifère est mis en contact avec une nappe aquifère.

Si le recouvrement de la nappe pétrolifère est une roche dure, le pétrole peut s'échapper par les fissures.

Au cours de la migration, la composition chimique de l'huile se modifie par oxydation. Cette oxydation peut aussi se produire directement.

Sous l'action d'intenses plissements dus à des mouvements orogéniques, le gisement peut disparaître par crackage. Des mêmes causes peuvent produire des effets différents. Les mouvements orogéniques peuvent provoquer par compression l'expulsion du pétrole de la roche mère, mais, d'autre part, ils peuvent aussi, par crackage, provoquer la destruction du gisement. Cela explique pourquoi les nappes pétrolifères d'origine ancienne sont relativement rares.

L'oxydation se produit par l'altération du gisement au contact de l'air. Les produits volatils s'évaporent et il ne reste qu'une asphalte liquide, pâteuse ou solide. L'oxydation peut parfois s'effectuer en profondeur sous l'action des eaux météoriques qui entraînent avec elles de l'oxygène.

En résumé, les conditions générales de l'existence des gisements pétrolifères sont les suivantes :

1. Accumulation de la matière organique dans les zones favorables, telles que les zones à sédimentation subsidente de facies littoral et saumâtre.

2. Transformation du pétrole de la matière organique, favorisée par la salinité du milieu sous l'influence de facteurs biologiques. Emmagasiner de l'huile dans des roches réservoirs. Diverses formes tectoniques sont favorables à cette concentration.

3. La conservation des nappes pétrolifères est assurée par des couches d'isolement et l'absence de facteurs destructeurs tels qu'une érosion intense, une migration destructive ou des dislocations tectoniques.

II. — LES GRANDS GRABEN AFRICAINS.

A. — Description générale des Graben africains ⁽¹⁾.

La surface continentale de l'Afrique présente l'aspect d'un vaste et haut plateau qui constitue les restes d'un plateau ancien, dont la plus grande partie a été érodée jusqu'au niveau actuel. Ce plateau est drainé par un réseau fluvial qui après avoir parcouru un long cycle géographique atteint un état d'équilibre. Cet état de stabilisation qui caractérisa le sol de l'Afrique aux époques géologiques anciennes fut violemment troublé par des phénomènes tectoniques qui commencèrent à se manifester dès le début du Permien, s'accrochèrent durant les dernières périodes géologiques et donnèrent au paysage africain l'aspect que nous lui connaissons aujourd'hui. Ils produisirent un rajeunissement du réseau hydrographique, modifièrent profondément le caractère topographique de ce continent sur de vastes espaces et furent l'origine d'une activité volcanique intense.

Mais parmi les manifestations les plus caractéristiques de ces forces tectoniques, la plus remarquable en Afrique est certainement la formation de ces vallées de fracture ou « graben » qui s'observent sur des milliers de kilomètres dans la zone de l'Afrique Centrale et Orientale.

Une ligne de graben traverse du Nord au Sud la partie orientale du Continent Africain (fig. 1). Cette ligne est parfois interrompue par de larges bassins ou même des plateaux plus ou moins déprimés mais non fracturés. Ces deux types de phénomènes apparaissent notamment dans ce qu'on est convenu d'appeler la « Gregory Rift Valley », que nous décrirons plus loin.

(¹) KRENKEL, *Géologie Afrikas*, 1^{re} partie, Berlin, 1925.

E. SUESS, *La face de la terre*, traduit de l'allemand par Em. de Margerie, Paris, 1902, t. III, p. 958.

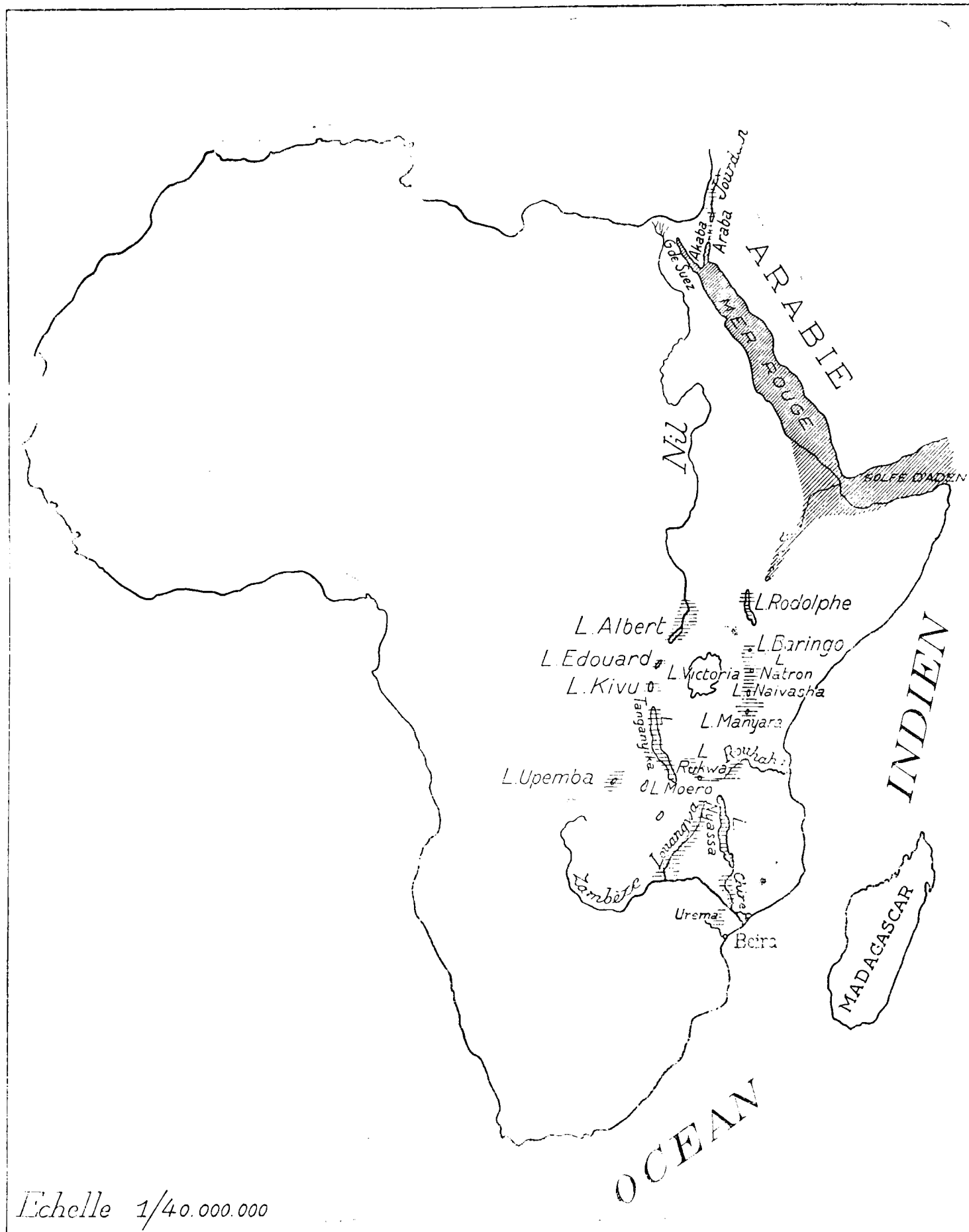


Fig. 1. — LES GRABEN EST-AFRICAINS.

La ligne de graben traversant l'Afrique commence en Palestine pour se terminer au Mozambique. En Palestine, elle est représentée par le cañon du Jourdain et la mer Morte et par des dépressions qui s'épanouissent vers le Nord en séries divergentes. Elles forment de nombreuses petites vallées qui se terminent devant les monts Taurus. Vers le Sud, la ligne de graben se dirige par le Wadi Araba vers le golfe d'Araba en y creusant une profonde crevasse qui sépare le plateau de Sinaï de celui d'Edom.

Au Sud du Sinaï s'étend la mer Rouge; elle sépare le plateau nubien de celui d'Arabie. La dépression de la mer Rouge se prolonge par le golfe de Suez et disparaît sous les alluvions de l'Egypte septentrionale.

Les plaines désertiques d'Afar et de Danakil sont comprises entre le plateau abyssin et la mer Rouge, dont elles sont séparées par le horst de Danakil au Sud de l'Erythrée.

Dans sa partie méridionale, la mer Rouge qui jusque là présentait une largeur assez constante, se contracte en un débouché étroit, le détroit de Bab el Mandeb. Cela est dû aux perturbations produites par les fractures transversales auxquelles le golfe d'Aden et la côte Sud de l'Arabie doivent leur formation.

Cependant, le graben proprement dit conserve sa largeur normale. Sa paroi Ouest reste parallèle à la côte de l'Arabie et non à la côte africaine. Il en est de même de la faille qui limite au Sud les plaines d'Afar et de Danakil; elle est parallèle à la côte Sud de l'Arabie. Le graben poursuit son cours en Abyssinie par la vallée de la rivière Hawash jusqu'au lac Rodolphe. En dépit de quelques interruptions dues à des perturbations transversales, sa continuité se maintient. Les parois sont en général escarpées, sauf dans la zone où les lignes de fracture qui limitent le golfe d'Aden recoupent le graben. Des roches volcaniques y provoquent des éperons saillants et impriment à ses parois une allure irrégulière.

On suit la trace des graben en Afrique Orientale britannique au

Sud du lac Rodolphe. Elle est jalonnée par le lac Baringo, les lacs Naivasha, Magadi, Natron, Manyara. Ces graben qui traversent de part en part l'Afrique Orientale britannique portent le nom de « Gregory Rift Valley », du nom du géologue qui les a le premier étudiés d'une manière détaillée.

Le lac Nyassa est un des lacs de fracture les plus caractéristiques de l'Afrique. Le graben poursuit son cours dans la vallée du Chiré, traverse les plateaux de Sheringoma et par les vallées du Pungwe et de l'Urema atteint la vallée de Busi dont l'extrémité marque la fin des graben dans le Continent Africain. La zone à l'Est de la côte se serait affaissée avant le Crétacé, mais des mouvements tectoniques en rapport avec la formation des graben auraient accentué cet affaissement à une époque plus récente, de sorte que certains auteurs sont portés à considérer la côte de Sofala à Corrientes, comme représentant à l'extrême Sud, le dernier effet en Afrique des mouvements tectoniques auxquels est due la formation des graben.

Revenons maintenant au lac Nyassa et considérons la branche des graben qui prend naissance au Nord de ce lac. Cette branche comprend le lac Rukwa; elle est séparée du bassin du Tanganyika par une crête qui atteint 4.000 pieds. Sa direction est N.-O.—S.-E.; elle recoupe le lac Tanganyika à l'Est. Le lac Tanganyika se trouve dans une cuvette entourée de toutes parts par de hautes parois escarpées, sauf aux endroits où elle rencontre le graben Rukwa et les vallées des rivières peu nombreuses qui s'y déversent. La vallée de la Ruzizi constitue la prolongation du graben vers le Nord. Celui-ci atteint la vallée du Nil en passant par les lacs Kivu, Albert, Edouard, la vallée de la Semliki et le lac Albert. La prolongation vers le Nord-Est de la fracture Albert-Nyanza n'a pas encore été établie avec certitude. Gregory suppose qu'elle passe par la série des lacs Kwogo et Salisbury pour atteindre le lac Rodolphe par la vallée de Turkwell. Cette hypothèse n'a pas encore été confirmée.

B. — Détails complémentaires sur les Graben de l'Est Africain britannique et du Congo Oriental.

Parmi les auteurs qui ont publié des études importantes sur les graben de l'Est Africain, citons les noms de Gregory, Krenkel, J. Wayland et Bailey Willis ⁽¹⁾.

Les graben qui ont fait l'objet d'études les plus nombreuses et les plus détaillées de la part de ces géologues sont les graben de l'Est africain britannique et du Congo Oriental. C'est pourquoi nous en décrirons les caractéristiques avec quelques détails et nous attirerons également l'attention sur les phénomènes volcaniques et sismiques dont cette région a été le théâtre, ainsi que sur les manifestations hydrothermales qui y ont été observées. Ces phénomènes ont en effet une influence très grande sur la présence ou la conservation des gisements pétrolifères. Nous exposerons ensuite brièvement les idées actuelles sur la formation de ces vallées de fracture.

Si l'on se rend par chemin de fer de Dar el Salam à Dodoma, on croise une série de failles en escalier ou « step faults » qui par degrés nous amènent du niveau de l'océan Indien jusqu'au plateau central de l'Afrique Centrale. Ces failles parallèles sont limitées à une bande de 300 km. de longueur, bornée au Nord-Est par la vallée de Pangani et au Sud par la vallée de la Ruhaha. La limite Sud-Ouest de ces failles n'est pas bien déterminée; les failles s'affaiblissent à cet endroit dans la plaine côtière et dans la contrée basse des collines traversées par la rivière Ruhaha.

⁽¹⁾ E. WAYLAND, The geological history of the Great Lakes. (*R. N. Uganda geological Survey Annual Report, 1928 [1929].*)

IDEM, Rift Valleys and Lake Victoria. (*C. R. Session Intern. geol. Congress, 1929. Pretoria.*)

GREGORY, *The African Rift Valleys.*

BAILEY WILLIS, East African Plateaus and Rift Valleys. (*Carnegie Institute of Washington, 1936.*)

KRENKEL, *Geologie Afrikas*, 1^{re} partie. Berlin, 1925.

Le plateau central ou du Tanganyika est limité au Sud-Est par la faille Fufu et au Nord-Ouest par la faille Rukwa. Ces deux failles définissent également des graben.

Au Nord de ce plateau s'élève en forme de dôme la haute région du Ruanda, dont le sommet atteint 2.000 m., dominant le plateau voisin de 500 m. Cette haute région est limitée par les lacs Tanganyika, Victoria et George et s'étend à l'Ouest au-dessus du lac Kivu dans le bassin du Congo. Au Nord, elle s'incline vers le plateau du Toro en Uganda, à l'Est du mont Ruwenzori, et rejoint la région supérieure du lac Albert.

Le plateau central que nous venons de décrire s'incline graduellement au Nord vers l'affaissement du Sudd, l'immense marais du haut Nil qui remplit un bassin tectonique comparable à celui du lac Victoria. La région qui relie le soulèvement à la dépression ne contient aucune fracture, rarement une flexure; elle croise le bassin du lac Rodolphe. Au Sud s'élèvent de nombreuses collines qui représentent des résidus d'érosion. Le lac Rodolphe est une masse d'eau allongée située dans une zone basse très étendue.

Le contour vers l'Est du soulèvement Est africain passe au Sud du lac Rodolphe et suit le bord Ouest de la « Rift Valley » de Gregory.

Au Nord-Est du soulèvement du plateau central s'observe une zone d'altitude élevée qui présente des caractères structuraux particuliers. Cette zone s'étend depuis la rive continentale délimitée par la faille Ruvu jusqu'aux sommets de la chaîne de montagnes Aberdare. On a appelé cette zone le demi-cercle du Kenya. La différence de niveau entre la plaine côtière et le sommet le plus élevé est de 3.500 m. Sur des structures complexes du Précambrien, le paysage montre des collines résiduelles de caractère varié.

La limite Sud-Ouest presque droite de cette région coupe la structure en deux. Elle est constituée par la vallée de la rivière Pangani. La faille Pangani se dirige vers le Nord sur une distance de 300 km. et disparaît sous les laves du volcan Kilimandjaro.

Du district Magadi, la région s'élève par une flexure. La limite Ouest est mal définie jusqu'à l'escarpement Kikuyu. Ici le dôme commence à se former plus nettement, mais en pente douce jusqu'aux sommets des monts Aberdare, dont le flanc Ouest est coupé par des failles.

Au Sud-Est du plateau central, nous observons le soulèvement de l'arc Iringa-Livingstone. Au Sud de Zanzibar, les plaines et les bas plateaux de la zone côtière s'élargissent rapidement lorsque le rivage se dirige vers le Sud-Est et que le bord du plateau s'incline vers le Sud-Ouest. Ce plateau s'élève aussi notablement. A la latitude de Zanzibar, son altitude est à peine de 500 m., à 2° de latitude Sud, il atteint plus de 2.000 m. Sa forme structurale est celle d'un arc. Son extrémité Nord-Est est représentée par la faille Kilosa sur le bord extérieur de la steppe Masai. La partie supérieure de la vallée Ruhaha définit la limite Nord-Ouest de la structure considérée. Les éléments de l'arc Iringa-Livingstone sont constitués par la haute région d'Iringa et les monts Livingstone; un horst représenté par un rocher escarpé est très frappant. Il est appelé Kalenga-Wassa Horst.

Les monts Livingstone ou le plateau Livingstone peuvent être considérés comme le nœud terminal de l'arc Iringa-Livingstone; la haute région de l'Iringa en constitue le nœud central. Dans la selle plate et large qui sépare les deux nœuds s'étend la pénéplaine dans le plateau nommé Malangali. Son altitude est de 1.500 m. et se trouve ainsi à peu près au même niveau que celui du plateau du Tanganyika.

Contrastant avec les soulèvements que nous venons de décrire, les « Rift Valleys » ou graben constituent de longues et étroites dépressions.

Nous observons dans l'Est Africain britannique et dans le Congo Oriental un certain nombre de ces graben que nous pouvons classer en divers groupes :

La « Rift Valley » du lac Albert.

Les fossés des lacs Edouard et Kivu.

Le graben du Tanganyika.

Le fossé du Rukwa.

Le système Nyassa-Luangwa.

La « Gregory Rift Valley ».

Le graben de l'Upemba.

Nous exposerons dans ce qui suit les principaux caractères de chacun de ces groupes.

1^o LA « RIFT VALLEY » DU LAC ALBERT.

On désigne sous ce nom la dépression qui est occupée par le lac Albert-Nyanza, la vallée du Nil-Albert au Nord-Est et la basse vallée de la Semliki au Nord-Ouest.

a) LA VALLÉE DU NIL-ALBERT. — C'est la section de la vallée où le Nil est navigable entre le lac Albert et l'endroit appelé Nimule, où le cours d'eau fait un coude brusque vers le Nord-Ouest et à partir duquel il n'est plus navigable. La section comprise entre Nimule et Redjaf constitue la partie supérieure du Bahr el Jebel ou Nil Blanc qui coule à travers le vaste marais du Sudd.

b) LE FOSSÉ DU LAC ALBERT. — La dépression occupée par le lac Albert et la plaine du delta de la Semliki et de la rivière Wasa présente les caractères classiques de ce qu'on appelle une « Rift Valley ».

L'escarpement du côté Sud-Est est composé de plusieurs fractures droites et parallèles, disposées en échelons. Du côté Nord-Ouest, c'est-à-dire du côté du Congo, les failles sont plus prononcées que celles du côté Sud-Est.

c) LA VALLÉE DE LA SEMLIKI. — On y observe deux parties caractéristiques :

1. La vallée supérieure, où le bed-rock est apparent et où les rapides s'opposent à toute navigation.

2. La vallée inférieure, où le bed-rock est caché sous les alluvions et où la rivière est navigable aux canoës.

La section supérieure serait un synclinal situé entre le soulèvement du Ruwenzori et les montagnes du Congo. Ce synclinal sépare

le fossé du lac Edouard de celui du lac Albert. La Semliki serait simplement le déversoir du fossé du lac Edouard.

La section inférieure de la Semliki fait partie du fossé du lac Albert, peu profond à cet endroit et rempli de dépôts alluviaux. Les fossés du lac Albert et du lac Edouard sont donc des dépressions séparées, disposées en échelons l'une par rapport à l'autre de chaque côté d'un soulèvement qui comprend le mont Ruwenzori, la selle de la Semliki et le plateau du Congo.

2° BASSINS DES LACS ÉDOUARD, GEORGE ET KIVU.

Les bassins des lacs Edouard et George n'en formaient originellement qu'un seul. Ils sont séparés aujourd'hui l'un de l'autre par les laves provenant de la chaîne des volcans Mufumbiro. Cette chaîne limite topographiquement les bassins de ces deux lacs de celui du lac Kivu.

La plaine qui comprend les eaux peu profondes des lacs Edouard et George est formée de sédiments pléistocènes (Kaiso beds) contemporains de ceux du lac Albert, et de tufs volcaniques.

Le lac Kivu est de toutes parts entouré de montagnes. Il semble évident que le lac Kivu recouvre une ancienne vallée de rivière. La grande chaîne volcanique du Mufumbiro qui s'élève à 2 ou 3.000 m. au-dessus du lac, barre l'ancienne vallée et l'a convertie en un lac. Les eaux se sont élevées progressivement dans cette vallée jusqu'à ce qu'elles aient atteint le col le plus bas de la chaîne montagneuse où elles se sont créé un exutoire. Au Sud-Ouest, s'étend un plateau au travers duquel la Ruzizi, qui constitue le déversoir du lac Kivu, a creusé un profond cañon ressemblant au grand cañon du Colorado.

3° LE GRABEN DU TANGANYIKA.

Le contour du fossé du Tanganyika mesure plus de 1.600 km. Ce contour présente une grande variété d'aspect; des baies, des promontoires, des îles caractérisent les bords du lac et évoquent l'image d'une région inondée qui a atteint un stade mûr de développement avec un relief modéré; aucune ligne droite et continue

d'escarpement n'y est observée comme on devrait s'y attendre dans une « Rift Valley » typique. Les déclivités les plus escarpées sont celles de Kungwe et d'Ubwari, masses montagneuses isolées dont les formes sculpturales indiquent un soulèvement récent sinon contemporain de notre époque.

Le lac Tanganyika a une longueur de 650 km., une largeur de 50 à 80 km. La profondeur atteint 1.435 m. Il s'enfonce jusqu'à 660 m. sous le niveau de l'Océan.

4° LE FOSSE DU RUKWA.

Ce fossé se trouve dans le prolongement du lac Nyassa, dont il est séparé par la masse volcanique du mont Rungwe. Le lac Rukwa se présente comme un chaînon entre le « Rift System » de l'Ouest, l'arc Albert-Tanganyika et son prolongement Sud vers l'océan Indien.

Perpendiculairement au fossé du Rukwa se trouve le fossé du Ruaha; à l'intersection des deux fossés se dresse le mont Mbeya.

L'étroite dépression du fossé du Rukwa entaille le haut plateau du Sud-Ouest du territoire du Tanganyika sur une distance de 320 km. Le fond de cette dépression se trouve à 800 m. au-dessous du niveau général de la pénéplaine. C'est un des graben les plus caractéristiques de l'Est africain.

Le fond du fossé est constitué d'une plaine alluviale occupée en partie par le lac salé Rukwa. Les parois du fossé convergent l'une vers l'autre et disparaissent vers le Nord-Ouest. Le fossé diminue progressivement de profondeur pour disparaître dans le plateau. Vers le Sud-Est, au contraire, il s'élargit et s'approfondit jusqu'à ce que l'escarpement Sud-Ouest se brise en plusieurs « step faults » ayant pour effet de rétrécir la dépression. Celle-ci est enfin fermée au Sud-Est par la masse volcanique du Rungwe.

L'escarpement Nord-Est, qui se dresse comme un mur, se prolonge vers le Nord-Est jusqu'à ce qu'il rencontre la faille du Ruhaha. La pointe formée par l'intersection de ces deux fractures est occupée par le mont Mbeya dont l'altitude est de 2.880 m. au-dessus du niveau de la mer. Il domine le plateau voisin qui n'a qu'une altitude générale de 1.200 m.

L'escarpement Sud-Ouest est moins raide et plus sinueux que l'escarpement Nord-Est.

Entre le fossé du Rukwa et celui du Tanganyika s'élève le horst du Tanganyika-Rukwa. Vers l'extrémité de ce horst, une dépression fournit un passage entre les deux fossés. Cette dépression semble limitée par deux failles, mais celles-ci n'auraient cependant aucune relation avec les grandes failles des « Rift Valleys ».

5° LE SYSTÈME NYASSA-LUANGWA.

a) FOSSÉ DU NYASSA. — Ce fossé a 560 km. de longueur et 40 à 60 km. de largeur.

On distingue dans ce lac deux parties : celle du Nord et celle du Sud, cette dernière étant rejetée en échelon vers l'Ouest.

Le bassin Sud est comparativement peu profond. Vers le milieu, la profondeur atteint 180 à 360 m. Celle-ci décroît dans le bassin Nord, dont plus d'un tiers de son étendue se trouve au-dessous du niveau de la mer. La profondeur maxima y est de 786 m.

Le bord le plus escarpé du lac se trouve le long des monts Livingstone; c'est indiscutablement un escarpement de faille.

Par quelques aspects, le fossé du Nyassa rappelle celui du Tanganyika, notamment par sa division en deux bassins distincts. Cependant les deux bassins ne sont pas aussi nettement séparés que ceux du Tanganyika. Par d'autres caractères, le fossé du Nyassa ressemble à celui du lac Albert. Il existe de longues bandes droites qui suggèrent des escarpements dus à des failles se transformant en flexures.

b) LA DÉPRESSION DU LUANGWA. — La vallée du Luangwa s'étend à l'Ouest du lac Nyassa. C'est une bande déprimée d'une importance à peu près égale à celle du Nyassa, mais elle est moins profonde et entièrement drainée par des rivières tributaires du Zambèze.

Krenkel et d'autres auteurs classent cette dépression comme « Rift Valley » et la considèrent comme limitée en partie par des failles.

Bailey Willis est plutôt disposé à admettre que cette vallée est une dépression limitée par des surfaces infléchies et des failles en

escalier (step faults) et à la rapprocher au point de vue structural du bassin voisin de Nyassa, par le fait que dans ces deux dépressions les surfaces infléchies dominant sur les escarpements de failles.

FOSSE DU RUHAHA. — Ce fossé est situé entre le soulèvement puissant de la haute région de l'Iringa et le large plateau du Tanganyika, s'étendant à 900 m. sous la première et à 300 m. sous le second. Sa longueur est de 400 km. et sa largeur varie de 32 à 80 km.

La petite rivière qui coule dans la partie Sud-Ouest du fossé n'a que 80 km. Le grand Ruhaha, qui coule dans le fossé vers le Nord-Est, est au contraire d'une longueur de 320 km.; son cours s'incline au Sud-Est pour traverser le soulèvement de l'Iringa dans un cañon et se diriger ensuite vers l'océan Indien.

La limite de cette dépression du côté Nord-Ouest est le « Fufu scarp », faille normale bien définie.

La limite Sud-Est est mal définie, ligne sinueuse et discontinue qui est considérée comme composée de flexures et de failles locales.

Vers le Nord, la faille Fufu disparaît et le fond de la vallée s'élève jusqu'au niveau du plateau.

A l'extrémité Sud, la dépression est fermée par un escarpement de roches précambriennes et un plateau volcanique faisant partie de l'éruption du Rungwe.

Le fossé du Ruhaha est une « Rift Valley » distincte, quelque peu isolée. Elle ne fait pas partie de la « Gregory Rift Valley system ». Elle est séparée de la dépression de Kilimatinde, le dernier élément Sud-Ouest de la « Gregory Rift Valley », par un plateau non fracturé. On peut y voir un affaissement dû à des failles en relation avec le soulèvement de l'Iringa et des monts Livingstone. A une époque relativement récente, l'escarpement vertical Fufu sépara le plateau Nord-Ouest du fond de l'affaissement.

6° LA « GREGORY RIFT VALLEY ».

Le haut plateau de l'Est Africain est traversé du Nord au Sud par une dépression qui est connue sous le nom de « Gregory Rift Valley » depuis que Gregory a publié les résultats de son exploration dans cette région en 1892-1893.

La « Gregory Rift Valley » a la forme d'un croissant concave vers l'Ouest. L'arc est simple dans sa partie centrale mais se divise en plusieurs branches à ses extrémités Nord et Sud.

La « Gregory Rift Valley » s'étend au travers d'une zone de laves et est caractérisée par des failles et des volcans. Les coulées de laves, les failles et les volcans sont limités au Sud par le plateau du Tanganyika et au Nord par le large affaissement du bassin du lac Rodolphe.

La « Gregory Rift Valley » offre des caractères assez particuliers et ne ressemble guère aux autres « Rift Valleys » de l'Est Africain, telles que les fossés Albert, Tanganyika ou Nyassa. On pourrait plutôt la rapprocher des graben d'Abyssinie (du lac Stéphanie à la mer Rouge) où de semblables structures ont été observées.

Dans cette zone, les failles ne sont pas continues et sont relativement courtes. En direction, elles sont disposées en échelons; elles n'ont pas de grands rejets. Généralement l'un des bords est escarpé, l'autre présente une pente douce. La largeur de la vallée est grande par rapport à la hauteur des flancs et nulle part l'aspect de ceux-ci ne peut se comparer aux escarpements du flanc Ouest du Ruwenzori.

La partie Sud de la « Gregory Rift Valley » comprend le lac Eyasi, Norongoro, les cratères géants et le lac Manyara, le graben Hohenlohe et le district de Magadi. On y observe des escarpements caractéristiques de « Rift Valleys », des failles disposées en échelons; souvent l'un des murs de la « Rift Valley » est seul nettement délimité par un escarpement, l'autre flanc étant constitué par une flexure ou par des failles en escalier. Le graben Hohenlohe fait exception à cette règle et présente le type d'un graben classique limité par deux escarpements bien définis.

Sur une étendue de plus de 160 km. au Sud du lac Natron, la « Rift Valley » fait défaut, en ce sens qu'aucun phénomène ne s'observe qui puisse suggérer la présence d'un affaissement quelconque. En revanche, la pénéplaine est à cet endroit dominée par un nombre élevé de volcans, groupés en une zone de direction Est-Ouest dont la série se termine au Kilimandjaro.

Au Nord du lac Natron, la structure simple qui vient d'être décrite est remplacée par ce que les auteurs anglais appellent « grid faulting ».

C'est une structure qui se caractérise par la formation dans le fond de la vallée, d'une série de bandes étroites qui s'élèvent à des altitudes différentes et sont limitées par des murs presque verticaux. La zone des « grid » se termine au Nord et au Sud par des volcans.

La section centrale de la « Gregory Rift Valley » comprend les dépressions Kedong, Naivasha et Elmenteita-Nakuru, séparées par des piles volcaniques ou des coulées de laves. On y observe les escarpements Kapiti, Kikuyu, Kinangop, Settima et plusieurs « Step faults ». Dans la zone voisine de l'escarpement Kapiti apparaît un développement marqué de failles du type « grid » signalé plus haut. Cette structure est appelée « Sikes Grid », du nom de M. Sikes, qui l'a spécialement étudiée dans cette région.

La section centrale est limitée à l'Est par le haut plateau des collines Ngong et l'« Aberdare Range » et à l'Ouest par une élévation formée par la flexure « Mau ».

Cette section forme une des zones les plus typiques de la « Gregory Rift Valley ». Elle est caractérisée par des phénomènes dus à une activité volcanique géologiquement récente. Des piles irrégulières de laves, des cônes de scories, des cônes volcaniques élevés avec jets de vapeurs et fumerolles indiquent l'existence d'une haute température non loin de la surface.

Le côté Ouest de la « Rift Valley » est dans cette section très mal délimité.

La section Nord comprend les lacs Solai et Hannington, le bassin Baringo, l'escarpement Elgeyo, le « Kamasia Range ».

La « Rift Valley » est limitée à l'Est par le Laikipia scarp et à l'Ouest par l'escarpement Elgeyo et le « Kamasia Range ». Tous ces phénomènes tectoniques disparaissent progressivement vers le Nord, la vallée s'élargit en une plaine entre des failles mineures imperceptibles et des flexures.

La « Gregory Rift Valley » passe ainsi au Nord dans un bassin qui fait partie du grand plateau du Kenya septentrional, dans lequel il y a des zones de failles, mais aucune d'elles n'a de relation structurale avec la « Gregory Rift Valley » elle-même.

D'une manière analogue, au Sud, la « Gregory Rift Valley » au voisinage du « Manyara Scarp » et du volcan Hanyang, disparaît dans le large plateau du Tanganyika.

Le bassin du lac Rodolphe est un long affaissement généralement limité par des flexures, sauf au Sud où apparaissent des failles du type de celles qu'on rencontre dans les « Rift Valleys ». Le volcanisme en relation avec la production des failles y est encore actuellement actif.

Aux points de vue structural et géographique, le bassin du lac Rodolphe est nettement séparé de la « Gregory Rift Valley ».

7^e GRABEN DE L'UPEMBA.

Notre étude sur les graben africains ne serait pas complète si nous ne signalions pas l'existence à l'Ouest des dislocations qui ont affecté la partie orientale du continent africain, d'une zone déprimée du type de graben dont l'importance transversale atteint à peu près celle des graben que nous venons de décrire.

La large et profonde dépression où coule le Lualaba-Kamolondo, entre le confluent du Lubudi et celui du Luapula, contient plusieurs lagunes fluviales. Cornet, qui, le premier, a étudié cette dépression, lui a donné le nom de graben de l'Upemba ⁽¹⁾. La longueur de ce graben, du Nord du lac Kalomba aux rapides de Kondé, est d'environ 200 km., sa largeur de 30 à 45 km. A l'Est, il est borné par les monts Manika, Bianco, Bia, etc., et à l'Ouest par les monts Hakanson.

A l'Est, existent des preuves d'une série de mouvements tectoniques violents, dont l'âge récent, du moins pour les derniers de la série, est attesté par la présence de nombreuses sources thermales. M. Maurice Robert est amené à considérer la rupture Ouest, moins accentuée que celle de l'Est, comme une flexure plus ou moins faillée, tandis que cette dernière serait composée d'une série de failles bien

⁽¹⁾ J. CORNET, Les dislocations du bassin du Congo. Le graben de l'Upemba. (*Ann. Soc. géol. de Belgique*, t. XXXII, 1904-1905, p. 205.)

caractérisées ⁽¹⁾. Cette dépression, dont la première formation remonte à une époque relativement ancienne, s'est accentuée et a pris sa forme définitive au début du cycle géographique actuel. Un lac important a dû y naître à cette époque dont les lagunes en voie de disparition représentent les derniers vestiges.

La plaine de la Lufira et la région du Moero bas Luapula seraient également des graben, mais cette hypothèse ne peut pas encore être confirmée. M. Delhaye a décrit les mouvements tectoniques qui ont affecté la région de la Lufira et son voisinage, et M. Robert, sans se prononcer encore avec certitude au sujet du caractère tectonique de la vallée du Moero prolongée par celle du Luapula, pense cependant que les dislocations d'âge récent ont affecté cette région. D'autre part, il note que l'on a enregistré des tremblements de terre dans la région de Kasinga ⁽²⁾.

8° ACTIVITÉ VOLCANIQUE.

Les différentes zones d'activité volcanique en Est Africain britannique et au Congo Oriental ne paraissent avoir entre elles aucune autre relation que celle de leur situation commune à la périphérie du plateau central.

On y distingue trois zones principales :

1° Le groupe des volcans Mufumbiro au Nord-Ouest;

2° La masse du Rungwe au Sud;

3° Le large champ d'éruptions de fissure et de volcans à l'Est et au Nord-Est.

La chaîne du Mufumbiro s'étend à l'Est de la dépression Edouard-Kivu sur une longueur de 80 km. et une largeur de 32 à 48 km. A l'Est, on y observe le coin volcanique du Muhavura, qui

⁽¹⁾ M. ROBERT, Contribution à la Morphologie du Katanga. Les cycles géographiques et les pénéplaines. (*Mém. de l'Institut Royal Colonial Belge*, t. IX, 1939, p. 49.)

⁽²⁾ IDEM, *L'Afrique Centrale*, 1934.

donne des signes d'une activité récente et, en ligne droite avec lui, les volcans Gahinga et Sabinyo.

Le groupe central comprend les trois grands volcans Visoka, Karisimbi et Mikenno.

Le groupe Ouest se compose de trois centres éruptifs qui sont tous actifs : le Ninagongo, le Nyamlagira et les petits cônes groupés à la pointe du lac Kivu. Des éruptions eurent lieu au lac Kivu en 1905 et 1912. L'activité volcanique se manifeste en partie dans le lac, mais aucun volcan important ne s'est encore formé dans cette zone.

Au Nord du lac Nyassa se trouve une masse de laves qui remplit le fossé entre le plateau Livingstone et le plateau Rhodésien. On distingue dans cette zone deux masses caractéristiques : la crête de Poroto et la pile volcanique du Rungwe-Kiego. La crête de Poroto est une fissure d'éruption avec peu de centres volcaniques.

Le grand cône du Rungwe occupe une position centrale. Le mont Kiego se trouve à 6 km. au Sud du Rungwe.

Dans la région Nord-Est de l'Est Africain, dans le Kenya et les parties adjacentes de l'Uganda, les roches volcaniques recouvrent une étendue considérable. Les éruptions se présentent sous deux formes caractéristiques : les éruptions de fissure et les extrusions centrales. La « Gregory Rift Valley » traverse une partie de cette région volcanique.

Le district Sud comprend les cratères géants et le Kilimandjaro.

Les cratères géants comprennent les volcans Elanairobi, Olmoti et Loolmalasin et les volcans Deani et Lenagrut. Plusieurs d'entre eux se trouvent dans le fond de la « Rift Valley ».

A l'Est des cratères géants se trouvent les volcans Esinungora, Mondul et Meru, puis, plus à l'Est encore, le Kilimanjaro.

Les roches provenant de tous ces cratères sont des laves riches en soude et de caractère tel qu'elles peuvent être considérées comme émanant d'une même source.

La zone volcanique du Kenya couvre la partie Nord de la « Gregory Rift Valley » et s'étend largement sur ses deux flancs. Elle est distincte structuralement des régions éruptives des crêtes, en ce sens que les éruptions qui y sont observées proviennent de fissures et

s'étendent sur 75.000 km. carrés, sans compter la large étendue au Sud et à l'Est du lac Rodolphe.

Gregory supposait que les andésites vertes de l'Est Africain font partie d'une série volcanique allant du Crétacé jusqu'à nos jours et émet l'hypothèse que les premières éruptions africaines peuvent être mises en corrélation avec les « Deccan Trapps » de l'Inde. Bailey Willis réfute cette assertion et déclare qu'en ce qui concerne l'âge des coulées de laves et des cônes volcaniques, il n'y a aucune raison de leur attribuer une origine prémiocène, mais, selon toute probabilité, il faut les dater, pour la plupart du moins, de l'époque pliocène ou pléistocène. Cette dernière hypothèse nous semble la plus vraisemblable.

Dans l'étude de la structure des régions volcaniques, une question se pose : les éruptions volcaniques sont-elles plus anciennes ou plus jeunes que les « Rift Valleys » ?

On peut dire que les éruptions volcaniques et la « Rift Valley » se sont produites au cours de l'époque postmiocène et ont continué leur développement jusqu'à nos jours.

L'activité volcanique montre deux phases bien distinctes : une plus ancienne, les éruptions de fissure accompagnées de cônes mineurs et une phase plus jeune, celle des éruptions centrales.

Il reste à savoir si les « Rift Valleys » sont plus vieilles ou plus jeunes que les éruptions de fissure

9° ACTIVITÉ SISMIQUE.

L'activité sismique dans l'Est Africain britannique et le Congo oriental comprend des phénomènes de chocs de deux types : volcanique et tectonique.

Les premiers sont confinés dans les districts des volcans actifs et éteints, notamment dans la zone Ouest du Mufumbiro, dans le Nord-Est du Kilimandjaro, dans le district du Meru à l'Est et du Rungwe au Sud. Des tremblements de terre tectoniques se produisent dans quelques « Rift Valleys » qui, dans cette activité comme dans d'autres, montrent des caractéristiques individuelles.

Nous pouvons noter comme centres de notable activité sismique la région du mont Ruwenzori au Nord-Ouest et l'arc Tanganyika-Rukwa-Nyassa, à l'Est le Pare-Usambara Range, adjacent à la vallée de Pangani. La frontière Sud de l'Abyssinie est le siège d'une activité sismique intense.

Dans d'autres localités, comme dans le plateau central, le bassin du lac Victoria et la « Gregory Rift Valley », des chocs relativement faibles sont occasionnellement enregistrés.

On observe que dans une grande partie du Continent Africain les tremblements de terre sont rares ou inconnus. Une bande d'activité modérée s'étend du cap de Bonne-Espérance au Caire. Contrastant avec cette bande à l'intérieur du continent, la côte du Pacifique est le théâtre d'une activité sismique plus intense; celle-ci est liée à certaines « Rift Valleys », mais elle est très irrégulière quant à sa distribution.

10° SOURCES HYDROTHERMALES.

Comme on le sait, les sources hydrothermales sont en relation avec les fractures tectoniques. Suivant de Launay, ces manifestations hydrominérales n'apparaissent dans les régions plissées que là où les anciennes fractures ont été soumises à des dislocations beaucoup plus récentes qui les ont fait jouer ou ont créé de nouvelles fractures. C'est à ce titre qu'elles nous intéressent, car elles sont l'indice d'une activité tectonique récente, point important au point de vue de la conservation des nappes pétrolifères.

Il résulte de ces considérations que seule leur situation géographique nous importe. Aussi nous bornerons-nous à énumérer les principales sources hydrothermales découvertes au Congo, d'après le mémoire de M. Passau ⁽¹⁾ :

1° Dans la région du lac Albert, les sources hydrothermales de Kaswa, du mont Laba, de Goda, de Pandju dans l'escarpement occidental, celles de Kibero (Uganda) dans l'escarpement oriental;

⁽¹⁾ G. PASSAU, Les sources hydrothermales du Congo belge. (*Congrès International des Mines, de la Métallurgie et de la Géologie appliquée*, Paris, 1935, p. 840.)

2° Région de la Semliki, versant occidental : source thermale de Zumbia, sur le versant oriental celles de Molingolingo, de Katuka, de Vyatungu, de Mutwanga;

3° Région du lac Edouard : sources salines du lac Katwe (Uganda), sources thermales du lac Kasenye (Uganda), du lac Kikorongo (Uganda) et de la Rutchuru;

4° Région volcanique du Kivu : sources thermales de Sake, de la Katana, de la Luiro, de Mashioza;

5° Région de la Ruzizi : sources thermales de Luwangi, de la Luvungi, de la Mokindwa, de la Minyove; en Ruanda : celles de Kisange et de la Luha;

6° Région du Tanganyika : au Kivu, les sources thermales d'Uvira et de Mutambala; au Katanga, celles de la Rutuku, de Kayungwa, Kakonta, Kyanza et Nganza.

Enfin, on signale de nombreuses sources hydrothermales dans les régions de l'Upemba et de la Lufira, ainsi que dans la « Gregory Rift Valley ».

C. — Age et formation des Graben.

Les levés topographiques qui ont été effectués dans le Centre Africain et plus spécialement au Katanga ont amené M. Robert ⁽¹⁾ à distinguer dans ces régions trois cycles géographiques successifs :

Un cycle ancien de durée assez longue dont le résultat a été la formation d'une pénéplaine très parfaite; un second cycle, qui, par suite d'un développement incomplet, a abouti à la formation d'une pénéplaine moins parfaite, et un troisième cycle, qui a débuté vers la mi-quaternaire et est encore aujourd'hui en pleine activité.

Disons un mot de ces divers cycles.

L'existence d'une pénéplaine ancienne a été signalée par de nombreux géologues. Il semble que son extension a été considérable.

(¹) M. ROBERT, Contribution à la Morphologie du Katanga. (*Extrait des mémoires de l'Institut Royal Colonial Belge*, t. IX, 1939.)

Veatch ⁽¹⁾ a observé dans l'Angola une pénéplaine mi-tertiaire formant le prolongement de celle du Kasai. Ces observations ont été confirmées par plusieurs auteurs, notamment par Darteville ⁽²⁾, Babet et Furon ⁽³⁾. En Afrique Orientale, la pénéplaine ancienne a été reconnue par divers géologues qui l'ont suivie jusqu'à la côte de l'océan Indien ⁽⁴⁾. Elle se reconnaît également à une altitude dépassant 1.600 m. sur les plateaux de la Mainka-Biano, des Kibara et du Kundelungu, plateaux dont on trouvera la description dans plusieurs publications ⁽⁵⁾.

L'existence d'une pénéplaine ancienne paraît donc bien établie. Elle devait s'étendre dans toutes ces régions d'une manière continue, avec une pente quasi uniforme depuis le niveau de l'Océan. Les gonflements et des mouvements tectoniques verticaux ont modifié considérablement son allure et sa position en altitude, comme le prouvent les vestiges qu'elle a laissés.

Quant à l'époque à laquelle a pris fin ce premier cycle pour donner naissance au suivant, il semble qu'on puisse la situer vers la mi-tertiaire (miocène).

D'une part, les observations effectuées par Veatch, Darteville, Babet et Furon et d'autres géologues dans le Centre et le Sud Africain (voir publications déjà citées) et, d'autre part, les études effectuées dans l'Est Africain par E. J. Wayland, A. D. Combe, A. Holmes.

⁽¹⁾ A. C. VEATCH, Evolution of the Congo Basin. (*Geol. Soc. of Amerika*. Mém. n° 3, 1935.)

⁽²⁾ E. DARTEVELLE, Note préliminaire sur la géologie de la région côtière du Congo. (*As. Acad. roy. des Sc. de Belg.*, 5^e série, XX, 1934, 3, pp. 253-257.)

⁽³⁾ BABET et FURON, Sur les formations continentales posthercyniennes de l'Ouest africain. (*C. R. Ac. des Sc. de Paris*, t. CCI, n° 1, 1^{er} juillet 1935, pp. 86-88.)

⁽⁴⁾ BAILEY WILLIS, East African Plateaus and Rift Valleys. (*Carnegie Institute of Washington*, 1936.)

⁽⁵⁾ Comité Spécial du Katanga, fasc. 1, 2, 3, 1928, 1930, 1932.

J. CORNET, Les dépôts superficiels et l'érosion continentale dans le bassin du Congo. (*Bull. Soc. Belge de Géologie*, t. X, 1896.)

DE MAGNÉE, Coupe géologique des monts Kibara. (*Ann. Soc. Belge de Biologie*, fasc. 2, 1934, 1935, etc.)

E. O. Teale, dont les résultats ont été publiés dans diverses revues ⁽¹⁾, permettent de considérer cette date comme un repère d'une certaine exactitude.

Les mouvements tectoniques qui ont mis fin au premier cycle géographique modifièrent sensiblement l'allure de l'ancienne pénéplaine et provoquèrent la formation d'une seconde pénéplaine.

M. Robert, s'appuyant sur les observations qu'il a faites concernant la morphologie du Katanga méridional ⁽²⁾, estime que les mouvements tectoniques qui ont donné aux lambeaux de l'ancienne pénéplaine leur position et leur allure actuelle ont dû s'effectuer en deux phases. Une première phase mi-tertiaire a produit un gondolement de l'ancienne surface et donné au réseau hydrographique son allure générale. Ces mouvements ont été, d'autre part, l'origine de la formation d'une pénéplaine imparfaite enchâssée dans l'ancienne pénéplaine et que nous nommons pénéplaine seconde.

La seconde phase des mouvements est en relation avec la formation des graben; elle est d'âge récent et marque la fin du deuxième cycle géographique et la naissance du cycle actuel.

Nous nous rallions à cette manière de voir.

Il nous reste à dire quelques mots du cycle géographique actuel, dont les mouvements tectoniques de la deuxième phase ont marqué le début.

Ces mouvements tectoniques ont été intenses et les auteurs qui ont étudié la région des graben dans le Centre et l'Est Africain s'accordent à reconnaître que cette violente activité tectonique a contribué pour une très large part à donner aux vallées de fractures leur caractère actuel. Ces géologues sont unanimes pour assigner à cette activité un âge récent qu'ils situent vers le milieu du Pléistocène.

Pour E. J. Wayland, ces mouvements se sont produits vers le

⁽¹⁾ Voir Geological Survey of Uganda annual Reports. (*Bulletins et annual Reports Department of lands and mines. Geological division Tanganyika territory. The Geographical Journal* et ouvrage déjà cité de Bailey Willis.)

⁽²⁾ M. ROBERT, *Publications relatives à la carte du Katanga*: feuille Sakabinda notices, op. 3, 1926. (Comité Spécial du Katanga.)

milieu du Pléistocène ⁽¹⁾. A. Holmes et H. F. Harwood ⁽²⁾ placent le début de ceux-ci dans l'Ouest de l'Uganda dans le Miocène, mais estiment qu'ils ne se sont marqués d'une manière précise que vers la deuxième moitié du Pléistocène.

A. D. Combe ⁽³⁾ pense que l'activité la plus intense s'est manifestée vers la fin du Pléistocène moyen.

Enfin, selon Bailey Willis ⁽⁴⁾, les mouvements tectoniques ont débuté dans le Pléistocène moyen pour continuer jusqu'à nos jours.

Nous basant sur les considérations précédentes, nous pouvons exposer comme suit l'évolution des cycles géographiques et des pénéplaines dans la région qui nous intéresse et leur relation avec la formation des graben :

Premier cycle géographique, formation de la pénéplaine ancienne. Cette pénéplaine avait atteint un stade d'aplanissement presque parfait à l'époque miocène. Il se produisit à cette époque un gondolement général de la surface pénéplanée, qui mit fin au premier cycle. Ce gondolement donna au réseau hydrographique son allure générale actuelle, produisit des dépressions du lac Victoria, du Bangwelo et du Mweru, et ébaucha d'une manière encore très sommaire les dépressions où devaient se former plus tard les différents graben.

Ces mouvements tectoniques ont marqué le début du deuxième cycle géographique qui a abouti à la formation de la pénéplaine seconde dont on trouve des traces en de nombreux endroits. Celle-ci n'a pas atteint le degré de perfection de la pénéplaine ancienne. Son développement a été arrêté par les mouvements tectoniques de l'époque pléistocène auxquels est due la formation des différents graben. Ces

(1) E. WAYLAND, The geological history of the Great Lakes. (*R. N. Uganda geological Survey annual Report 1928 [1929]*, pp. 41-44.)

(2) A. HOLMES et H. F. HARWOOD, The petrology of the volcanic field of Bufumbira S. W. Uganda. (*Geol. Survey of Uganda*, Mém. III, Part II, p. 5.)

(3) A. D. COMBE, The geology of South. West Ankole and adjacent territories with special reference to the deposits. (*Uganda Geol. Survey*, Mém. 2 : 1932, p. 192.)

(4) BAILEY WILLIS, *op. cit.*

phénomènes tectoniques ont provoqué la fin du deuxième cycle géographique et donné naissance au cycle actuel, qui n'est pas encore terminé.

Après avoir brièvement exposé les arguments sur lesquels on se base pour déterminer l'âge des différents graben, il nous faut examiner la question de savoir comment ceux-ci se sont formés.

Plusieurs hypothèses ont été émises pour expliquer la formation des graben.

Gregory ⁽¹⁾ cherche la cause profonde de ces phénomènes dans l'effondrement du pays de Gondwana, ce vaste continent qui occupait l'endroit où se trouve aujourd'hui situé l'océan Indien. Cet événement qui se produisit vers la fin du Crétacé supérieur, provoqua l'expansion de laves connues sous le nom de « Deccan traps » dans de vastes régions de l'Inde. En Afrique Orientale des phénomènes similaires se produisirent et se manifestèrent sous la forme d'un soulèvement du continent en un arc d'une grande étendue, traversé par des lignes de faible résistance au travers desquelles des laves s'épanchèrent. Ces éruptions volcaniques détruisirent la stabilité du continent, des mouvements tectoniques naquirent qui affaiblirent graduellement le support latéral de l'arc; au sommet de celui-ci se produisit une zone de tension qui provoqua l'affaissement de la clef de voûte entre deux fractures latérales.

Ainsi s'expliquerait, selon Gregory, la formation des « Rift Valleys ».

Au lieu de faire appel à la tension, Wayland ⁽²⁾ attribue, au contraire, la formation des graben à la compression.

La compression latérale qui se produisit par suite de la poussée exercée par l'affaissement du continent de Gondwana eut pour effet, selon Wayland, de relever et de gondoler de vastes étendues de

⁽¹⁾ GREGORY, *The Rift Valleys and Geology of East Africa*. London, 1921, p. 24.

⁽²⁾ E. WAYLAND, Rift valleys and Lake Victoria. (*C. R. Sessions Intern. geol. Congress*, 1929. Pretoria, vol. II, pp. 323-353.)

l'Afrique. Il se forma en Afrique Orientale deux arcs surbaissés, séparés par une dépression où se forma le lac Victoria. Lorsque ce lent mouvement de soulèvement s'accrut à une époque ultérieure, des mouvements tectoniques se produisirent, des fractures eurent lieu, et des failles opposées naquirent, faisant un angle de 45° avec la ligne de direction de la compression. Les deux côtés de l'arc fracturé glissèrent le long des plans de fracture des failles et le bloc compris entre eux s'affaissa.

Pour Bailey Willis (¹), le soulèvement des plateaux de l'Est Africain, qui a précédé la formation définitive des graben et qui est admis en général par tous les géologues, est un phénomène d'ordre intracontinental, dont une hypothèse de ce géologue (que nous ferons connaître plus loin) tente de préciser la nature. La formation des graben, dans son opinion, ne serait pas due à une zone de tension mais devrait être attribuée plutôt à l'action d'une force verticale, agissant de bas en haut, qui aurait relevé les bords du fossé en laissant en place le fond de celui-ci. Il n'exclut pas cependant l'hypothèse de l'affaissement plus ou moins prononcé de ce fond sous l'influence des forces de gravité. Des efforts de compression horizontale ont pu agir en certains cas.

Quant à l'origine intracontinentale de ces mouvements tectoniques, Bailey la trouve dans l'existence en profondeur d'un asthénolithe actif. On entend par là une masse fondue qui s'est formée par un échauffement graduel et la fusion d'une masse rocheuse préalablement solide.

Cette théorie, basée sur de sérieux arguments dont on trouvera les développements dans l'ouvrage déjà cité de cet auteur, nous permet de trouver une explication raisonnable des divers phénomènes tectoniques et volcaniques du Congo Oriental et de l'Est Africain britannique.

Nous adopterons la thèse de ce géologue et nous tenterons, en nous basant sur ces idées, d'interpréter les différents faits d'observation que nous venons d'exposer.

(¹) BAILEY WILLIS, *East African Plateaus and Rift Valley*. Washington, 1936.

Les différents graben que nous avons décrits sont limités soit par des failles d'escarpements, soit par des « Step faults », soit par des flexures. Étant donné l'âge très récent de ces vallées de fractures, on est amené à n'admettre comme faille proprement dite que celles dont la présence se révèle par un accident topographique bien caractérisé, de sorte que beaucoup de ces graben, que l'on considère généralement comme limités par des failles parallèles, ne sont souvent en réalité que des dépressions dont un côté seulement est limité par une faille ou séries de failles, l'autre l'étant par une flexure. Parfois même la dépression est limitée des deux côtés par des flexures. Remarquons aussi que pour déterminer le déplacement relatif du fond et des bords des « Rift Valleys » et estimer les effets de la force verticale qui a relevé ceux-ci, on se rapporte à la pénéplaine ancienne d'âge miocène. Cette pénéplaine est par définition une surface d'érosion sur laquelle s'écoulaient des cours d'eau dont la pente était de $1/5.000$ et de $1/10.000$. Dans ces conditions, la surface du plateau central à 500 km. de la côte n'avait à l'origine qu'une altitude ne dépassant pas 100 m.; elle est aujourd'hui de 1.500 m. Il s'ensuit que la surface de ce plateau a été surélevée de 1.400 m. depuis l'époque miocène.

Par cette méthode, on peut se rendre compte que presque tous les graben du Congo Oriental et de l'Est Africain doivent leur origine à un surélévement de leurs bords, le fond du graben restant en place. Le lac Tanganyika doit sa formation à un surélévement de ses bords et à un affaissement important du fond.

Le haut plateau du Tanganyika possède des limites clairement définies par des « Rift Valleys ». Celles-ci peuvent être considérées comme marginales à l'asthénolithe et provoquées par l'effondrement du mur qui limite celui-ci. Cet effondrement peut provoquer la naissance d'efforts de compression et de couples de torsion.

Le fossé du lac Albert est une dépression définie en partie par des failles de compression. Le fond du fossé est probablement resté en place. La preuve la plus évidente de l'existence de forces de compression dans cette zone c'est le soulèvement du mont Ruwenzori, qui est en relation étroite avec le fossé Albert.

La dépression des lacs Édouard-Kivu est modérément développée

de l'autre côté du mont Ruwenzori. Le lac Tanganyika comprend deux parties rejetées par rapport l'une à l'autre et séparées par une arête submergée. Toutes les deux ont été déprimées d'une manière absolue. Les pentes et les plateaux adjacents montrent des preuves évidentes de fractures produites par des efforts de torsion et de compression.

Le fossé du Rukwa ressemble à celui du Tanganyika au point de vue structure.

Les fossés du Nyassa et de Luangwa se trouvent en dehors des confins de l'asthénolithe central et doivent être attribués probablement à la présence d'un asthénolithe moins actif ou situé plus profondément sous le plateau rhodésien.

Le développement modéré de la dépression Ruhaha et l'absence de manifestations d'efforts de compression indiqueraient que l'activité de l'asthénolithe est moins prononcée dans le segment S.-E. du plateau central. Cette hypothèse trouverait sa confirmation dans le fait qu'au Nord du fossé Ruhaha il n'existe aucune « Rift Valley » et que du plateau central jusqu'à l'océan Indien il n'existe dans cette région que de légères failles de tension, tels l'escarpement Kilimatinde et le groupe de failles près de la côte.

On trouve des preuves de compression dans les segments adjacents de la partie Nord de la « Gregory Rift Valley ».

Les deux demi-dômes situés des deux côtés de cette « Rift Valley » à l'extrême Nord sont de caractère laccolithique. L'extension de laves par fissures ou éruptions des grands volcans de cette région est probablement due à la forte compression exercée sur les masses fondues.

La limite Nord de l'asthénolithe est indiquée par l'étroite dépression du lac Kioga.

La zone annulaire des « Rift Valleys » qui limite le plateau central s'est formée soit par le maintien en place du fond de la « Rift Valley », qui n'a pas participé au mouvement général de soulèvement provoqué par l'asthénolithe, soit par l'affaissement de ce fond. Ces deux effets sont dus au manque de support du mur de l'asthénolithe, qui a empêché une partie de la masse de participer au mouvement de soulèvement ou produit un mouvement négatif vers le bas.

Il y a deux régions en connexion avec les « Rift Valleys » où s'observent des preuves de compressions tangentielles. La première est la périphérie du lac Victoria, la seconde est située au Sud-Est vers l'océan Indien. Il est remarquable qu'en dehors de ces deux régions on ne trouve aucune preuve de compression.

Dans la périphérie du lac Victoria nous observons la poussée vers le haut des deux plateaux en forme de dôme des deux côtés de la « Gregory Rift Valley ». Vers le Nord-Ouest et le Sud-Ouest, le fossé du lac Albert, le mont Ruwenzori et la moitié Nord du lac Tanganyika, où des preuves de compression existent. La direction de ces efforts de compression est radiale par rapport au bassin du lac Victoria et résulteraient de l'expansion du disque de masse fondue existant sous ce bassin.

Les bassins des lacs Mweru et Bangwelu seraient dus à une cause similaire.

On trouve dans l'arc Iringa-Livingstone des preuves de compression. La série de soulèvements et de dépressions qu'on observe dans cette région peut s'expliquer comme le résultat d'une pression active venant du Nord-Ouest ou du Sud-Est ou des deux côtés à la fois. Le soulèvement de Madagascar est dû à l'action de forces compressives. Son bord Est est représenté par une faille d'escarpement au delà de laquelle le bassin, situé dans l'océan Indien, est similaire en forme et en dimensions à celui du lac Victoria : sa limite Est est jalonnée par les îles de la Réunion, Maurice et l'arc des Seychelles. L'expansion de la masse fondue qui a causé l'effondrement de ce bassin a produit la pression requise pour provoquer le soulèvement de Madagascar; elle aura exercé également contre le Sud-Est de l'Afrique un effort de compression qui eut pour résultat de pousser vers le haut l'arc Iringa-Livingstone en le comprimant contre la masse rigide du plateau central. Un mouvement général de rotation se sera produit avec une torsion de la masse entière Est du lac Nyassa et le Sud-Est de l'escarpement Rukwa. Cet effort de torsion se manifeste par les deux failles Rukwa et Fufu se coupant à angle droit et explique la forme rectangulaire du plateau central à cet endroit.

La source de chaleur qui a provoqué la production de l'asthénolithe doit demeurer active durant une période indéfiniment longue, mais doit varier entre des limites comprises entre l'éruptivité et la non-éruptivité, c'est-à-dire entre des conditions de froid et de chaleur. L'élévation de température doit être rapide. L'échauffement radioactif est le seul agent qui semble pouvoir répondre à ces conditions.

Ajoutons, pour terminer l'exposé de cette théorie, qu'elle s'accorde parfaitement avec l'hypothèse que nous avons émise au sujet de l'évolution et de l'âge des graben, hypothèse basée sur l'étude des pénélaines et des cycles géographiques.

En effet, les mouvements tectoniques qui se sont produits à diverses époques et sont en relation avec la formation des graben, peuvent correspondre à des périodes de plus ou moins grande activité de l'asthénolithe.

D'autres hypothèses ont été émises concernant la genèse des graben de l'Est Africain. Il ne nous est pas possible de passer en revue ces diverses théories. Parmi les publications parues sur ce sujet, nous signalons à l'attention du lecteur celle de M. Paul Fontainas ⁽¹⁾.

III. — GISEMENTS PÉTROLIFÈRES ET INDICES D'HUILE MINÉRALE DANS LES RÉGIONS VOISINES DES GRABEN.

Nous observons le long des graben africains une série d'indications d'huile et de pétrole. Nous signalerons tout d'abord les gisements pétrolifères de Palestine, qui, géographiquement, sortent de notre sujet, mais doivent cependant retenir notre attention, la zone de fracture qui traverse l'Afrique se poursuivant en Palestine avec les mêmes caractères généraux. Descendant vers le Sud, nous rencontrons les champs pétrolifères d'Égypte, le long du golfe de Suez et de la côte arabique. Puis, ce sont les indices de pétrole dans la mer Rouge méridionale. sur

(¹) P. FONTAINAS, Fossés, Lacs et Volcans de l'Afrique orientale. (*Mémoires de l'Institut géologique de l'Université de Louvain*, t. X, 1936.)

IDEM, Considérations sur la genèse des crevasses de l'Afrique orientale. (*Institut Royal Colonial Belge. Bulletins des séances*, VIII, 1937, 2.)

la rive érythréenne, près de l'île de Bu El Hissar et dans le Somaliland.

Dans le fossé abyssin s'observent quelques indications d'huile minérale.

Au voisinage du lac Albert et du lac Tanganyika on a signalé des suintements de pétrole.

Enfin, à l'extrémité Sud du tracé des graben dans le territoire du Mozambique, plusieurs indications superficielles ont été observées.

Dans ce qui suit, nous ferons un examen détaillé de chacune des régions où apparaissent des manifestations plus ou moins importantes de la présence du pétrole.

Nous diviserons notre étude en cinq parties :

- 1° La Palestine;
- 2° Les champs pétrolifères d'Egypte;
- 3° L'Abessomalie, qui comprend l'Abyssinie, l'Erythrée et la Somalie;
- 4° La région du Grand Graben Central;
- 5° Le Mozambique.

A. — Palestine.

Au point de vue géologique, la Palestine se divise en plusieurs régions :

Les plaines basses du littoral, la région montagneuse à l'Ouest du Jourdain, dont les sommets atteignent 500 à 800 m., la région affaissée de la mer Morte et du Jourdain et la contrée à l'Est de ce fleuve, d'une hauteur moyenne de 800 à 1.000 m. comprenant la région des volcans Djolan et Hauran.

La zone littorale comprend des formations d'âges tertiaire et quaternaire.

La région montagneuse de Judée, de Samarie et de Galilée est traversée par des fractures et comprend une série de petits synclinaux légèrement inclinés vers l'Est; leurs couches sont d'âges crétacé et éocène.

Des basaltes et des tuffs provenant de coulées de laves de volcans situés à l'Est du Jourdain recouvrent au Nord de Tibériade des formations pliocènes d'eau douce.

Le long du bord escarpé du graben du Jourdain s'observent des couches du Trias du Jurassique et du Crétacé inférieur, tandis que sur les hauts plateaux dominant le Cénomanién, le Turonien et le Sénonien.

Nous avons déjà décrit dans ses grandes lignes, le graben qui traverse la Palestine du Sud au Nord et se continue jusqu'en Asie Mineure.

Il présente la même structure que le graben d'Akaba, dont il est le prolongement.

C'est dans la mer Morte que son caractère est le plus prononcé. La région de la mer Morte rappelle par ses aspects celle des grands lacs de l'Est Africain.

L'affaissement du Jourdain commença déjà à se produire au cours du Miocène, comme le graben d'Akaba, et s'approfondit pendant l'époque pliocène et le diluvien. Il ne cessa d'éprouver les effets de mouvements tectoniques jusqu'à notre époque.

A l'époque tertiaire-quaternaire, la vallée se remplit de lacs, au profit desquels furent captés des cours d'eau qui se déversaient anciennement dans la Méditerranée. L'étendue des lacs augmenta ensuite considérablement; puis, à la suite d'affaissements irréguliers, la mer Morte se forma. A l'époque historique, son étendue se développa vers le Sud. Elle est considérée comme l'une des plus remarquables dépressions de la terre.

Depuis 1890, on prétend avoir observé ⁽¹⁾ une lente élévation de son niveau d'eau. Le bitume de Judée est célèbre; il se recueille sur les bords de la mer Morte.

Après avoir recoupé des basaltes dans une gorge très étroite, le Jourdain traverse le lac de Tibériade. De nombreuses indications, sur lesquelles il convient d'attirer l'attention, prouvent que la Palestine, après la formation du grand graben qui la traverse, a été l'objet de

(1) KRENKEL, *Geologie Afrikas*. Première partie, p. 111.

mouvements tectoniques importants qui ont duré jusqu'à nos jours. Cette région n'a donc pas, au point de vue structure géologique, atteint son parfait équilibre.

Des régions volcaniques se trouvent situées près du lac de Tibériade, à l'Est de celui-ci et au Sud de Damas. Des intrusions de basalte provenant de coulées volcaniques d'âge relativement récent sont signalées en de nombreux endroits aux environs du graben.

Des tremblements de terre s'observent dans ces régions.

En 1834 et 1837 de fortes secousses sismiques provoquèrent le jaillissement de masses de bitume à la surface de la mer Morte. Ces venues auraient été causées par des sources thermales provoquées par les tremblements de terre ⁽¹⁾.

On rencontre en Palestine des structures favorables à l'accumulation du pétrole; des roches se présentent dans les conditions exigées pour servir de roches-réservoirs et on y trouve des marnes que l'on peut considérer comme roches mères ⁽²⁾.

Les structures consistent en dômes de surface considérable avec recouvrement important; on rencontre aussi d'autres dômes moins importants et plus profonds, plus propices à l'accumulation du gaz que de l'huile, des structures aplaties favorables à la concentration des gaz, enfin, des structures largement ouvertes et des demi-dômes au voisinage des failles.

Les roches pouvant servir de réservoirs sont les horizons calcaires-dolomitiques et les calcaires de Wadi-Nasb, les grès nubiens et ceux du Carbonifère inférieur.

Les couches puissantes de marnes cénomaniennes surmontent ces formations. La roche mère pourrait être des marnes contenant des hydrocarbures. Leur teneur est faible; elles ne pourraient se prêter à une exploitation rémunératrice, mais ces marnes pétrolifères ont pu

⁽¹⁾ FUCHS et DE LAUNAY, *Traité des gîtes minéraux et métallifères*. Paris, 1893, pp. 161-162.

⁽²⁾ JULIUS FOHS, Possibilities of Palestine and Sinaïstic Penunsula. (*Bulletin of the American Association of Petroleum geologists*. February, 1927, vol. II, n° 2.)

donner naissance à des gisements dans les roches réservoirs que nous venons de décrire.

Ces marnes n'affleurent en Palestine que sur le rivage Est de la mer Morte.

Les champs pétrolifères voisins d'Égypte et de Perse n'ont avec les gîtes hypothétiques de Palestine aucune analogie. Les premiers ont leur origine dans le Miocène, tandis que les seconds l'ont dans le Crétacé.

C'est en Algérie qu'il faudrait chercher une analogie avec ces derniers ⁽¹⁾.

B. — Les champs pétrolifères d'Égypte ⁽²⁾.

L'Égypte est la seule région pétrolifère productrice du Continent Africain. La région des champs pétrolifères égyptiens, située le long du golfe de Suez, mérite donc une attention spéciale.

1° STRUCTURE GÉOLOGIQUE DE L'ÉGYPTE ET FORMATION DU GOLFE DE SUEZ.

Deux théories se trouvent en présence pour expliquer la formation du golfe de Suez. L'une, dite de l'anticlinal, est défendue par les géologues égyptiens, tandis que l'autre hypothèse, celle du graben, est admise par d'autres auteurs tels que Krenkel.

THÉORIE DE L'ANTICLINAL — La région du golfe de Suez peut être considérée comme une longue et profonde rainure comblée par une série de couches de marnes, de sel et de gypse et comprise entre deux zones constituées de granites et de roches métamorphiques probablement d'âge précambrien. Les zones qui forment les collines de la mer Rouge et du Sinaï occupent leur position actuelle grâce à des mouvements tectoniques relativement récents.

(1) JULIUS FOHS, *op. cit.*

(2) La plupart des données utilisées dans ce chapitre, ainsi que les coupes et cartes ont été extraites des deux ouvrages suivants auxquels nous renvoyons le lecteur pour de plus amples détails :

W. F. HUME, *Report on the Oilfields regions of Egypt.*

T. SUTTON BOWMAN, *Report on Boring for Oil in Egypt*, Sect. III. Eastern desert and forming Islands.

Durant une longue période, la région du golfe de Suez fut soumise au même régime que les zones voisines de l'Égypte et du Sinaï. Ces trois régions étaient uniformément composées de granite et de roches métamorphiques qui graduellement s'enfoncèrent sous la mer. L'envahissement de l'Océan provoqua le dépôt des grès nubiens, puis d'argile et enfin de calcaires d'âges crétacé et éocène. Cette succession de terrains s'observe dans ces trois régions.

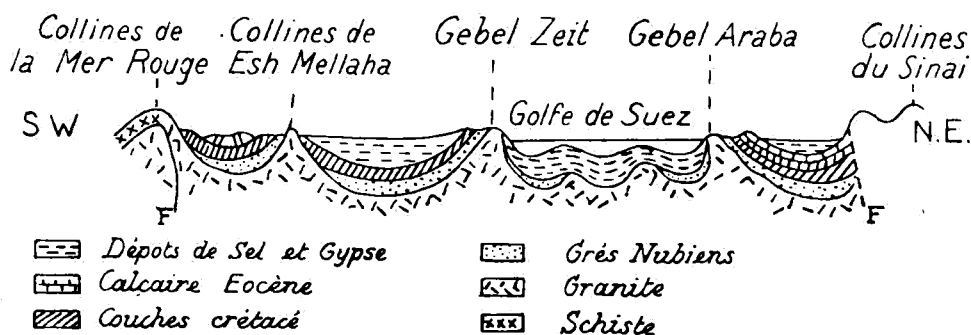


Fig. 2. — Coupe schématique à travers la région des champs pétrolifères du golfe de Suez, d'après Hume.

A la fin de l'époque éocène, un simple plissement provoqua le synclinal qui forme l'Égypte centrale, dont l'axe coïncide approximativement avec celui de la vallée du Nil, et un anticlinal affectant les régions de la mer Rouge et du Sinaï, dont l'axe se confond avec celui de la mer Rouge et du golfe de Suez.

La région de tension que constitue cet axe fut l'objet d'une érosion intense. L'argile fut d'abord enlevée, puis les grès disparurent; il ne subsista plus que le noyau granitique central. Une tranchée, qui coïncide avec l'emplacement actuel du golfe de Suez, fut ainsi creusée dont toute l'argile et le grès furent enlevés, tandis que des deux côtés de ce fossé il en subsistait encore des couches puissantes par suite de l'action moins intense de l'érosion.

A la fin du Miocène inférieur se produisirent de nouveaux mouvements tectoniques qui provoquèrent l'invasion de la mer, probablement du côté de la Méditerranée. La communication avec celle-ci fut ensuite supprimée et des couches de gypse et d'argile salifère de puissance

remarquable se déposèrent. Des calcaires coralliens se formèrent autour des pointes granitiques échappées à l'érosion (fig. 2).

La présence de ces vastes masses de gypse et de sel et les observations faites concernant leur association avec les dépôts de cette époque ont suggéré l'idée qu'à ce moment la région voisine du golfe de Suez était soumise à un régime lagunaire.

THÉORIE DU GRABEN ⁽¹⁾. — Cette théorie s'applique à l'origine de la formation de la mer Rouge, y compris le golfe de Suez, considéré comme le prolongement du graben érythréen.

On désigne sous ce nom la zone affaissée, plus large que le canal de la mer Rouge, qui sépare l'Arabie de l'Egypte et de l'Abyssinie. Il fait partie du système de fractures de l'Est Africain et serait la conséquence de l'orogénèse tertiaire en Eurasie.

Le début de sa formation remonterait à l'époque éocène-oligocène. Après la première phase violente qui provoqua sa création, la Méditerranée pénétra dans le golfe de Suez. Cet envahissement de la mer fut facilité par l'affaissement épeirogénique de l'Afrique du Nord.

Durant le Miocène, l'approfondissement du graben se poursuivait lentement.

Dès l'Oligocène prédominaient déjà dans ces régions des eaux peu profondes et un facies lagunaire, mais on ne peut encore déterminer exactement jusqu'où la Méditerranée pénétra dans le graben érythréen à l'époque miocène.

A l'époque pliocène se produisit une seconde phase violente de mouvements tectoniques qui approfondit la mer Rouge et affecta les couches miocènes du golfe de Suez. L'océan Indien envahit le golfe d'Aden pendant le Pliocène supérieur. A cette époque, le golfe d'Aden était séparé du graben érythréen par l'arête abyssine qui unissait l'Yémen à l'Abyssinie. Les deux systèmes de fractures érythréen et d'Aden se croisaient à l'endroit où se trouve actuellement situé le détroit de Bab el Mandeb. Les eaux de l'océan Indien brisèrent l'obstacle en cet endroit de moindre résistance, se répandirent dans le graben et se

(¹) KRENKEL, *Geologie Afrikas*, première partie. Berlin, 1925, pp. 93-99.

mêlèrent à celles de la Méditerranée. Ce ne fut d'ailleurs que pour peu de temps, car bientôt le soulèvement épeirogénique qui se produisit entre l'Égypte et la Syrie devait les séparer de nouveau.

La formation du graben, qui se poursuivit probablement sans arrêt durant le Tertiaire, paraît s'être arrêtée à l'époque quaternaire et cette région semble jouir à cette époque d'une période de repos, à l'exception toutefois des zones abyssine et du golfe d'Akaba.

Telles sont les deux hypothèses relatives à l'origine du golfe de Suez.

L'adoption de l'une ou l'autre de ces hypothèses ne change rien à l'exposé qui va suivre.

2^e HISTORIQUE.

Avant d'entreprendre l'étude des champs pétrolifères d'Égypte au point de vue géologique, il nous semble utile de donner un court aperçu historique sur la découverte et la mise en valeur de ces gisements et quelques renseignements généraux sur la production et l'exploitation d'huile minérale dans ce pays.

La région qui s'étend le long du golfe de Suez et s'appelle aujourd'hui Gebel Zeit était connue, à l'époque romaine, sous le nom de *Mons Petrolinus*. On pense généralement que les Romains y trouvaient le pétrole pour l'éclairage de leurs mines. Mais, abstraction faite de cette indication caractéristique, on ne trouve jusqu'au XIX^e siècle, dans l'histoire de l'Égypte, aucune autre allusion au rôle qu'aurait joué la présence d'huile minérale dans ce pays. C'est en 1865 que, pour la première fois, l'attention fut attirée sur des suintements d'huile près de Gemsah. Un premier sondage profond produisit à 106 pieds 25 barils d'huile par jour; un deuxième sondage donna à 137 pieds 314 barils.

Un long arrêt suivit ce premier effort. Les travaux ne furent repris qu'en 1908 et amenèrent la découverte à Gemsah d'une source pétrolifère jaillissante. Trois années plus tard, en 1911, on signala la présence d'un calcaire riche en huile minérale dans l'anticlinal Ouest d'Hurgada. Ce fut l'origine de la découverte du champ pétrolifère le plus important d'Égypte qui, depuis 1913, se signala par une production notable.

Enfin, en 1921, près d'Abu Durba, fut découvert un troisième champ pétrolifère.

La composition de l'huile minérale extraite dans ces trois zones est très différente.

L'huile d'Hurghada est une huile lourde brun-noir avec mélange de paraffine et d'asphalte. Celle de Gemsah est une huile légère, noire avec paraffine. Enfin, l'huile d'Abu Durba est lourde et asphaltique. On la considère comme un produit épaissi et oxydé.

La production du champ pétrolifère de Gemsah ne fit que décliner depuis 1913 et finit par être nulle en 1928.

Quant au champ d'Abu Durba, sa production fut insignifiante. On peut donc dire que le champ pétrolifère d'Hurghada fournit la production totale d'huile minérale produite durant ces dernières années en Egypte.

A titre documentaire, voici quelle fut la production d'huile minérale de l'Egypte, exprimée en barils, durant ces dernières années :

1934	1935	1936	1937	1938
—	—	—	—	—
1.546.000	1.295.000	1.277.000	1.149.000	1.500.000

Depuis quelques années, on constate dans ce pays une vive recrudescence d'activité dans les travaux d'exploration et de sondages ⁽¹⁾.

Presque toutes les grandes sociétés de pétrole y ont entrepris des travaux de prospection. Plus de cinquante missions géologiques et géophysiques travaillaient en 1938 dans ce pays. Celui-ci constitue à ce point de vue l'un des centres les plus actifs de l'hémisphère oriental.

L'intérêt qui se concentre de toutes parts sur l'Egypte est le résultat d'une nouvelle législation minière qu'a promulguée le gouvernement égyptien. Cette législation est de nature à engager les compagnies pétrolières intéressées au développement du Proche-Orient, à entreprendre dans ce pays des travaux importants de prospection. D'après les nouveaux règlements, aucune compagnie ne peut obtenir plus de

⁽¹⁾ *Oil and Gas*, n° du 26 janvier 1938, 18 août 1938, 15 décembre 1938, 26 janvier 1939.

quarante permis, chacun de 100 km. carrés, ce qui a provoqué la création de nombreuses filiales par les grands trusts américains et anglais.

L'intensification des recherches a déjà obtenu un résultat important. En 1938, l'Anglo Egyptian Oilfields Co a découvert une nouvelle zone productrice : le champ pétrolifère de Ras Gharib. Un premier puits, terminé en avril 1938, fournit à 2.580 pieds de profondeur une production journalière de 1.100 barils. Un deuxième puits, terminé au début de 1939, donna une production de 1.350 barils par jour à une profondeur de 2.490 pieds.

D'après des renseignements provenant de source sérieuse, la région de Ras Gharib s'annonce comme un champ plus étendu et plus producteur que celui d'Hurghada.

• 3^e CARACTÈRES GÉNÉRAUX DE LA RÉGION DES CHAMPS PÉTROLIFÈRES.

Dans l'exposé qui précède, nous avons décrit les grandes lignes de la structure géologique de l'Égypte. Il nous faut à présent étudier plus en détail la zone des champs pétrolifères.

Cette zone, dans son acception la plus limitée, s'étend entre 27° 10' et 28° 10' de latitude Nord et entre 33° et 33° 50' de longitude Nord (fig. 3). Elle comprend les districts du Sinaï situés sur la rive Ouest et Sud-Est de la mer et se développe parallèlement au golfe de Suez. Elle a une longueur de 100 km. environ et une largeur de 5 à 20 km. Elle englobe les nombreuses îles situées à l'embouchure du golfe de Suez.

Comprise dans un sens plus large, cette zone embrasse une vaste étendue de plaines désertiques et de crêtes de collines entre la chaîne élevée des collines de la mer Rouge, les montagnes du Sinaï et le golfe de Suez. Ce territoire s'étend d'Ismalaia à Ras Benas jusqu'à la ligne de rivage occidentale de la mer Rouge. Il comprend une faible portion de la partie Sud-Est du Sinaï. Sa longueur est de 800 km.; sa largeur maxima de 50 km. Le long de la mer Rouge, cette largeur se réduit à 5 km. Les caractères géologiques demeurent invariables dans toute son étendue.

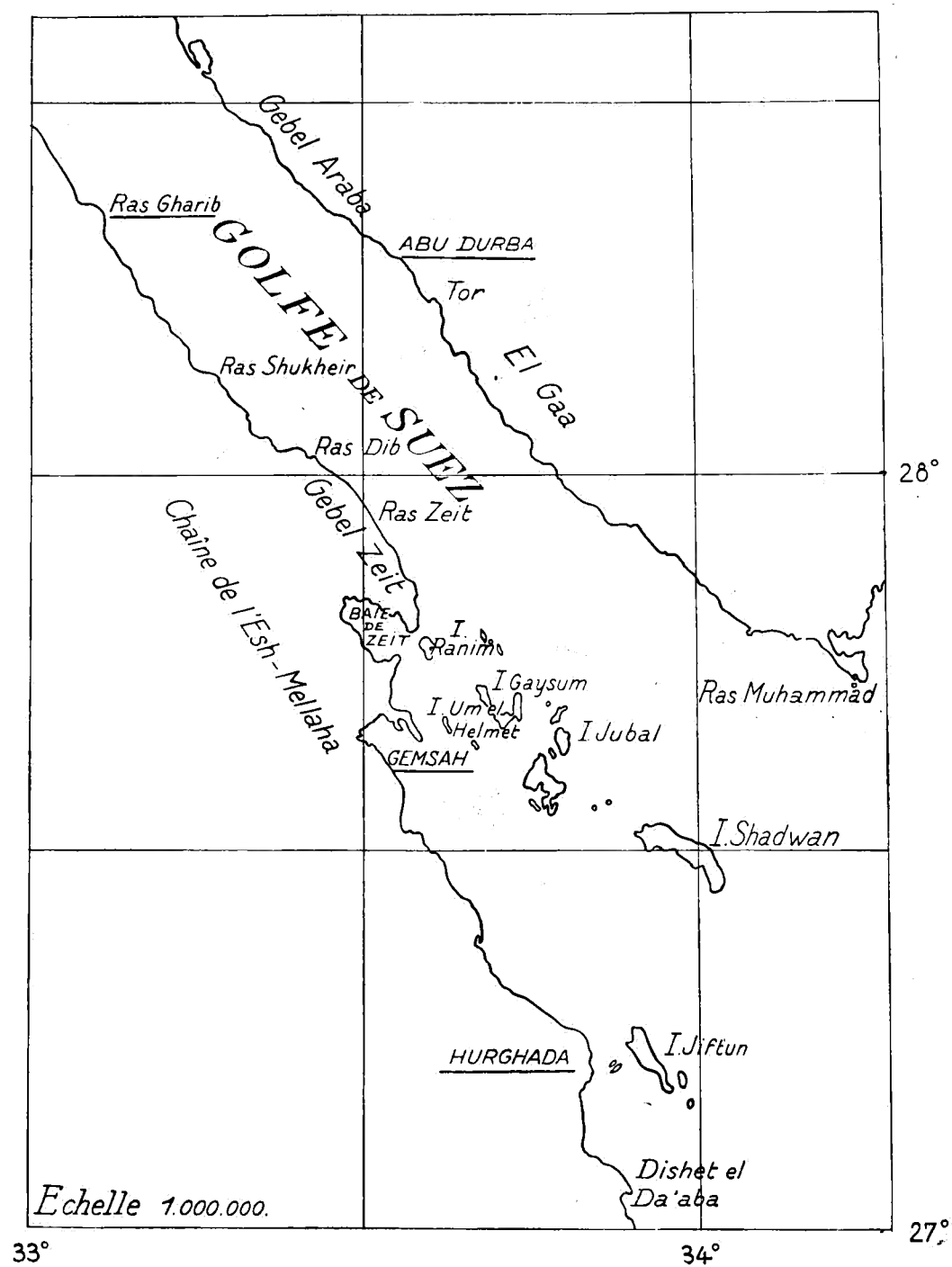


Fig. 3. — Carte de la région des Champs Pétrolière d'Égypte, d'après Sutton Bowman.

a) **Caractères géographiques de la région.**

On y distingue deux chaînes de montagnes caractéristiques. C'est d'abord la chaîne des collines de la mer Rouge, aux sommets multiformes, dont le plus élevé, l'« El Shayb », atteint 2.000 m. d'altitude. Plus à l'Est, s'est la chaîne plus importante des montagnes du Sinaï, s'élevant comme un mur rocheux à une altitude de 2.600 m. aux crêtes de Katerina et Um Shomer.

Entre ces deux chaînes s'étend une zone de larges plaines, alternant avec des crêtes bien définies dont les sommets atteignent 400 m. au-dessus du niveau de la mer. Ces plaines et ces crêtes sont au nombre de trois. Une quatrième dépression est occupée par le golfe de Suez.

Ce sont, par ordre de succession de l'Ouest vers l'Est :

1° La grande plaine, s'étendant du pied des collines de la mer Rouge jusqu'à la chaîne de l'Esh Mellaha, d'une largeur maxima de 50 km.

2° S'élevant brusquement de la plaine, les collines de l'Esh Mellaha, elles-mêmes divisées en deux chaînes longitudinales bien caractéristiques. Ce sont :

a) A l'Est, la chaîne granitique qui constitue les collines de l'Esh Mellaha proprement dites;

b) A l'Ouest, la chaîne calcaire des collines de Sufr, s'étendant parallèlement aux précédentes et séparées d'elles par une longue et étroite vallée.

3° Une plaine côtière prend naissance sur son flanc Est et se prolonge jusqu'aux pentes de Gebel Zeit et, plus au Sud, directement jusqu'à la mer.

4° Les collines de Zeit, longue et étroite chaîne de collines à noyau central de granite de 400 m. d'altitude, comprenant deux lignes de crêtes, séparées par une vallée longitudinale dont les traits caractéristiques sont cachés par de grandes masses de gypse.

5° Le prolongement sous-marin de ces crêtes se manifeste par la présence d'une série d'îles disposées suivant trois lignes distinctes.

6° La chaîne de Zeit se termine brusquement à l'Est du golfe de Suez. Celui-ci, large à cet endroit de 25 km., est borné à l'Est dans la presqu'île de Sinaï par :

a) La partie Sud de la plaine de Gaa, qui s'étend jusqu'au pied des pentes abruptes des montagnes du Sinaï;

b) Plus au Nord, la chaîne d'Araba, qui présente une rigoureuse ressemblance avec les chaînes décrites ci-dessus. Cette chaîne est séparée de la chaîne du Sinaï par la partie Nord de la plaine d'El Gaa.

Tous ces accidents topographiques accusent un parallélisme général de direction Nord-Ouest Sud-Est.

Une étude attentive des plaines a permis d'affirmer que celles-ci ne constituent pas, comme on pourrait le croire à première vue, de vastes étendues plates, mais se présentent au contraire en beaucoup d'endroits sous la forme de dômes aplatis qui peuvent constituer des traits topographiques caractéristiques.

Ces observations ont permis de distinguer plusieurs zones intéressantes au point de vue de la recherche du pétrole. Telles sont notamment les régions de Ras Bahar, de la baie de Jemsa, le district du triple dôme d'Abu Mingar et, plus au Sud, la zone de Deshit el Dubla, etc.

b) **Caractères géologiques.**

STRATIGRAPHIE. — Les couches qu'on rencontre dans cette région sont, dans l'ordre descendant, les suivantes :

Couches d'âge pléistocène;
Couches d'âge pliocène;
Couches d'âge miocène;
Couches d'âge éocène;
Couches d'âge crétacé supérieur;
Grès nubiens;
Roches ignées.

On observe des discordances de stratification entre le Pléistocène et le Pliocène et entre le Miocène et les couches anciennes.

L'Eocène a été généralement enlevé par érosion; aucun sondage ne l'a recoupé jusqu'ici, mais il est vraisemblable, comme nous le ver-

rons plus loin, qu'il a dû échapper à l'érosion dans le synclinal séparant les anticlinaux à noyau igné.

Le Crétacé inférieur comprend les sables et grès nubiens, puis on rencontre des calcaires avec argiles et grès d'âge plus récent variant du Cénomaniens au Maestrichtien.

Le Miocène présente un intérêt spécial à cause de la relation étroite qui le lie aux gisements pétrolifères.

Nous adopterons, comme classification des couches du Miocène, celle proposée par M. Sutton-Bowman. Elle se base sur les conditions de dépôt plutôt que sur les limites stratigraphiques, parce que ce mode de classification coïncide plus exactement avec les caractères lithologiques, dont l'importance, au point de vue des sondages, est évidente. Elle ne présente, d'autre part, aucun inconvénient pour la zone relativement peu étendue à laquelle elle s'applique.

Nous basant sur ces considérations, nous distinguerons donc :

1. Les couches de base (*basal beds*).
2. Les séries à globigérines d'eau profonde.
3. Les séries lagunaires.

Les couches de base (basal beds).— Elles se composent d'un conglomérat de cailloux et de roches ignées, sur lequel on trouve des dépôts assez divers, dont la nature dépend des conditions topographiques dans lesquelles ils se sont formés. On y trouve tantôt une grande quantité de cailloux roulés, des graviers résultant de la présence d'un ancien lit de rivière, tantôt d'épaisses couches de calcaires dolomitiques produites par l'effondrement d'îles sous la mer miocène. Parfois on peut même rencontrer de faibles dépôts lagunaires.

Le caractère lithologique varie donc de région à région, d'après les conditions topographiques. La transgression de la mer miocène s'étant effectuée à toutes les époques sur des îles ou d'autres étendues, il s'ensuit qu'on peut s'attendre à rencontrer des « *basal beds* » à tous les étages de la succession stratigraphique du Miocène.

Les séries à globigérines. — Ces couches se sont déposées dans les zones d'eau profonde. Ce régime prévalut pendant un temps consi-

dérable dans la région que nous étudions. Ces dépôts sont représentés par des marnes d'un caractère uniforme, de couleur bleue ou grise avec, occasionnellement, des cailloux ou de minces couches de calcaire magnésien et des grains de quartz roulés et disséminés.

On y trouve en abondance des foraminifères, dont l'espèce la plus commune est représentée par des globigérines.

La puissance de ces couches est variable. Elle est considérable dans les synclinaux anciens et faible dans les anticlinaux à noyau igné.

Ces renseignements ont été obtenus par les sondages, car les affleurements de ces couches sont rares.

Il n'est pas impossible que dans le fond du golfe de Suez actuel aient existé, à l'époque miocène, des conditions favorables pour le dépôt de ces séries et que celles-ci aient persisté depuis l'apparition de la mer miocène jusqu'à l'époque pliocène. Les séries lagunaires qu'on observe actuellement sur les rives du golfe de Suez résultent du soulèvement qui le contracta pour lui donner ses dimensions actuelles.

Les séries lagunaires. — On y rencontre une alternance de couches d'anhydrite, de sel, de schistes et exceptionnellement des calcaires. L'épaisseur de ces couches est très variable; relativement faible dans les anticlinaux à noyau igné, elle est considérable dans les anciens synclinaux séparant ces structures, où elle atteint et parfois dépasse 4.500 pieds.

La présence du sel est en relation étroite avec l'épaisseur et la structure de la zone. Le sel se trouve là où les séries ont une épaisseur exceptionnellement grande et rarement où elles sont peu puissantes.

La variation du caractère lithologique ne peut servir pour établir une corrélation entre les couches recoupées par des sondages voisins, mais les horizons à diatomées découverts récemment ont permis d'établir des relations entre les couches dans des zones de peu d'étendue.

Il est indiscutable que ces couches sont d'origine lagunaire. Les dépôts de sel ont un caractère sédimentaire sur lequel il convient d'insister. Ces dépôts n'ont aucune analogie avec les blocs de sel rencontrés aux États-Unis ni avec les masses de sel du salifère de Roumanie.

TECTONIQUE. — Les principaux mouvements tectoniques affectant cette région eurent lieu à deux époques différentes :

- a) A la fin de l'époque éocène;
- b) Durant l'époque pliocène.

Le premier de ces mouvements provoqua la production de séries d'anticlinaux parallèles à noyau igné dont l'axe est dirigé N.O.-S.E.

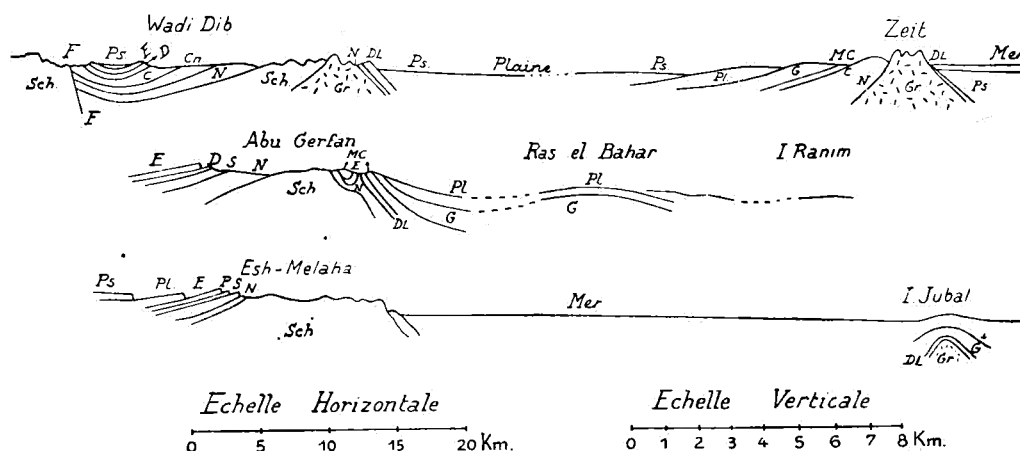
Autant que permettent de l'affirmer les recherches faites jusqu'ici, les couches éocène et en partie, sinon en entier, les couches crétacé ont été enlevées par érosion sur la crête de ces anticlinaux. Ceux-ci sont séparés les uns des autres par une série de synclinaux dans lesquels les couches du Crétacé et celles de l'Eocène ont été préservées de l'érosion.

L'affaissement qui accompagna le dépôt des séries lagunaires affecta spécialement les zones des anciens synclinaux, de sorte que lorsque eut lieu le plissement pliocène, les couches pliocènes furent séparées des couches prémiocènes par un dépôt relativement mince sur les vieux anticlinaux et par une épaisseur plus grande des mêmes couches dans les vieux synclinaux. Le plissement pliocène semble avoir accentué les anciens anticlinaux N.O.-S.E. et probablement aussi l'allure synclinale des couches prémiocènes qui forment les anciens synclinaux. Les phénomènes tectoniques de l'époque pliocène eurent en outre pour effet de produire des rides superficielles dans les couches plus jeunes qui recouvrent les anciens synclinaux et également dans celles qui recouvrent les anticlinaux à noyau igné. On a donné à ces derniers le nom d'anticlinaux fondamentaux pour les distinguer des structures de surface qu'on désigne sous le nom d'anticlinaux superficiels.

Le résultat principal de ces deux séries de mouvements tectoniques fut de produire un certain nombre d'anticlinaux parallèles dont l'axe est de direction N.O.-S.E., généralement du type fondamental. Souvent le noyau igné affleure à la surface. Ces structures sont asymétriques, montrant au Nord-Est des couches escarpées dans lesquelles s'observent le phénomène d'arrachement ou même de véritables failles, tandis qu'au Sud-Est les couches ont des inclinaisons plus faibles : elles prennent des allures du type diapir, les inclinaisons devenant plus faibles au fur

et à mesure qu'on atteint des couches plus jeunes. La figure 4 montre quelques types de structure les plus caractéristiques rencontrés dans cette région ⁽¹⁾.

Entre ces anticlinaux fondamentaux on rencontre des structures dont le caractère superficiel ne peut être établi qu'à l'aide de sondages



Ps. - Pleistocène, graviers alluvions

C.R. - Pleistocène, Récifs coralliens

Pl. - Pliocène

G. - Miocène Gypse

MC. - Miocène calcaire, argile etc.

DL. - Miocène calcaire dolomitique

E. - Eocène

D. - Crétacé, Danien ou Maestrichtien

S. - Crétacé, Sénonien.

C. - Crétacé, couches crétacé de divers étages

Cn. - Crétacé Cénomaniens

N. - Crétacé Sables Nubiens

Gr. - Granite

Sch. - Schistes et roches volcaniques

F. - Faille

Fig. 4. — Sections transversales montrant quelques structures caractéristiques de la région des Champs Pétrolifères égyptiens, d'après Hume.

ou de méthodes géophysiques. La géologie de surface n'est ici d'aucun secours.

Dans cette zone on observe des failles de directions variées dont le rôle a été important. Les failles orientées du Nord au Sud ont été notamment un facteur capital dans la concentration de l'huile en diverses zones des champs pétrolifères égyptiens. Des failles d'autre direction ont joué un rôle analogue.

⁽¹⁾ Cette figure est extraite de l'ouvrage déjà cité de W. F. HUME : *Report on the Oilfields regions of Egypt*.

Indications d'huile. — Dans la presqu'île de Sinaï, les indications d'huile (suintements) s'observent dans les couches éocènes et crétacées, tandis que sur la côte égyptienne on ne rencontre d'indications superficielles d'huile qu'en trois endroits dans les couches miocènes ou d'âge plus jeune encore.

Pour terminer cette étude sur les champs pétrolifères égyptiens, nous croyons utile de faire connaître les traits caractéristiques principaux du champ pétrolifère d'Hurghada, qui, dans ces dernières années, a fourni la production presque totale de l'Égypte en huile minérale.

Bien que beaucoup moins important et ayant cessé toute production depuis 1928, nous dirons également quelques mots du champ pétrolifère de Gernsah.

Quant au champ pétrolifère d'Abu Durba, il présente moins d'intérêt, la production ayant été insignifiante.

Le gisement pétrolifère récemment découvert de Ras Gharib sera, comme tout le fait espérer, un champ pétrolifère très important, mais aucune donnée n'a été publiée jusqu'ici sur les résultats des recherches qui ont amené sa découverte pour permettre d'en faire une description quelque peu détaillée.

4^e LE CHAMP PÉTROLIFÈRE D'HURGHADA.

STRATIGRAPHIE. — On y distingue, par ordre de succession, de haut en bas, les couches suivantes :

	Sables pléistocènes.	
	Discordance.	
	Série de graviers calcaires pliocènes.	
	Discordance.	
	Gypse supérieur	} Séries lagunaires.
	Gravier calcaireux.	
	Principales couches de gypse	
MIOCÈNE.	Calcaires dolomitiques à globigérines	} Séries à globigérines.
	Gypse en place.	
	Marnes à globigérines	
	Basals beds.	
	Discordance.	
	Schistes crétacés et sables.	
	Roches ignées.	

Les schistes charbonneux se rencontrent à quelques pieds au-dessus de la roche ignée.

Au-dessus des schistes charbonneux se trouve une zone de schistes et de sables micacés avec intercalations de sables à grains angulaires.

Les « basal beds » se composent en général de gypse et calcaire, schistes et marnes, graviers et conglomérats.

Les marnes à globigérines présentent un caractère uniforme de couleur verte prédominante. Leur épaisseur varie de 23 à 575 pieds.

Les couches de calcaire dolomitique relativement peu puissantes qui forment en réalité la partie supérieure des marnes à globigérines ont été signalées séparément à cause de la régularité de leur présence à la base des séries de gypse et parce qu'elles contiennent les principaux horizons aquifères. Leur puissance atteint en moyenne 85 pieds.

Les séries lagunaires sont divisées, d'après leur caractère lithologique, en couches de gypse à la base de la série et en couches de marnes gypsifères à la partie supérieure.

Le gypse de la partie inférieure représente des conditions de calme dans une ou plusieurs lagunes avec des zones de peu de profondeur en relation directe avec la mer. Les dépôts de sel indiquent au contraire un trouble dans ces conditions, la fermeture de la communication avec la mer et un degré suffisant de salinité pour permettre le dépôt du sel.

Les marnes de la partie supérieure représentent soit une communication périodique avec la mer, produite par des mouvements oscillatoires ou un afflux considérable de terres dans la lagune. Cette dernière hypothèse paraît la plus vraisemblable. Leur épaisseur moyenne atteint 820 pieds.

Le gypse de la partie supérieure est généralement calcaireux et est en grande partie composé d'anhydrite. Un horizon à diatomées apparaît dans le gypse principal.

Les couches surmontant ces séries sont d'âge incertain et séparées des précédentes par une discordance de stratification. On y distingue :

1. Des graviers calcaireux { Miocène ou
2. Séries supérieures de gypse . . } Pliocène.
3. Graviers pliocènes, calcaires et sables.
4. Sables pléistocènes.

L'épaisseur des graviers calcaireux varie d'une manière caractéristique; leur disparition complète vers l'Ouest et le Nord-Ouest suggère l'idée qu'ils représentent un ancien lit de rivière du Miocène supérieur ou Pliocène.

Les séries supérieures de gypse montrent les couches suivantes (de bas en haut) :

- a) Couches à diatomées;
- b) Gypse et ou schistes gypsifères et marnes;
- c) Terres à diatomées;
- d) Gypse et ou schistes gypsifères et marnes.

Les couches à diatomées recouvrent partout directement les graviers calcaireux.

Les terres à diatomées sont ordinairement rose pâle, gris clair ou blanches.

L'épaisseur du gypse ou marnes gypsifères qui séparent les deux horizons à diatomées est difficilement estimable.

L'horizon des *terres* à diatomées est caractérisé par une ponctuation de « coxinodiscus ».

Les couches supérieures de gypse ont une épaisseur variable.

TECTONIQUE. — Les trois principales structures géologiques observées dans cette zone, l'anticlinal occidental, oriental et d'Abu Mingar, sont toutes du même type. Elles se composent de couches relativement minces du Miocène, de couches du Postmiocène et d'un noyau igné.

Le soulèvement prémiocène explique la faible épaisseur relative des couches du Miocène inférieur.

Grâce aux mouvements tectoniques miocènes, les principales séries de gypse furent faiblement développées, et à cause des mouvements tectoniques subséquents les couches plus jeunes, elles aussi n'eurent qu'une faible puissance ou furent même complètement enlevées par érosion. Les anticlinaux actuellement observés à la surface ayant été produits par les mouvements tectoniques qui affectèrent le noyau igné, reflètent, déduction faite des discordances possibles, le plissement général des lits anciens qu'ils recouvrent. A cet heureux concours de circon-

stances est dû le succès des sondages d'Hurghada pour la recherche des couches du Crétacé contenant de l'huile dans des structures favorables à l'accumulation du pétrole et à des profondeurs raisonnables.

A l'absence de ces circonstances favorables doit être attribué l'échec des sondages sur des structures de surface dans lesquelles les couches plus jeunes ont acquis une grande puissance grâce à une longue prédominance des conditions lagunaires, accompagnées d'un lent affaissement et dans lesquelles n'existe pas, comme on le croit, de noyau igné en profondeur.

Les horizons qui, par leur association avec la présence d'huile et d'eau, présentent un intérêt particulier pour le géologue du pétrole sont les suivants :

1. La base du gravier et des cailloux du Pliocène qui offre la dernière possibilité d'eau de surface.
2. Les séries principales de gypse, horizon d'eau, d'huile et de gaz.
3. Les calcaires dolomitiques au sommet des marnes à globigérines (l'une des principales couches aquifères de la région).
4. Les « basal miocène beds », à cause de leur corrélation avec la production d'huile et d'eau.
5. Les sables productifs du crétacé en relation avec la production d'huile et l'invasion de l'eau.

La faille principale dans cette région a une direction Nord-Sud.

L'huile et le gaz se rencontrent dans une proportion plus ou moins grande dans les couches sédimentaires de presque toutes les époques présentes à Hurghada.

Les productions de caractère économique sont cependant limitées à trois séries principales dont l'importance relative peut être appréciée par les chiffres suivants :

- | | |
|--|-------------------|
| a) Horizons dans les séries principales de gypse | 22,450 tonnes. |
| b) « Miocène basals beds » (1) | 109.370 tonnes. |
| c) Couches crétacées | 1.297.131 tonnes. |

(1) On estime que 76.000 tonnes de cette huile proviennent des couches du Crétacé supérieur par une faille Est-Ouest et l'intermédiaire d'un puits.

5° LE CHAMP PÉTROLIFÈRE DE GEMSAH.

Nous avons dit que c'est dans cette zone que fut attirée la première fois l'attention en 1865 sur l'existence d'huile minérale en Egypte et comment, en 1908, les travaux furent couronnés de succès. Ceux-ci avaient été entrepris par l'« Egyptian Oil Trust », qui obtint, dès 1909, une production d'huile minérale dans ce district. « La Red Sea Oilfields Co », puis, plus tard, l'« Anglo Egyptian Oilfields Co » exploitèrent ce champ pétrolifère. Mais si celui-ci fut découvert le premier, il eut, d'autre part, une vie courte, car l'eau faisant son apparition avec l'huile arrêta bientôt l'exploitation. La production atteignit son apogée en 1914, année pendant laquelle elle fut de 88.000 tonnes; vers 1917 elle descendit au-dessous de 10.000 tonnes par an et depuis 1923 elle reste inférieure à 1.000 tonnes.

L'exploitation de ce champ fut définitivement arrêtée en 1928.

Dans ce qui suit, nous décrirons les traits caractéristiques de ce champ au point de vue géologique.

Les couches se succèdent à partir du sommet dans l'ordre suivant :

- a) Sables récents et pléistocènes;
- b) Calcaire dolomitique supérieur (pliocène et miocène);
- c) Séries lagunaires miocènes;
- d) Calcaire dolomitique inférieur (probablement miocène);
- e) Sables de base;
- f) Les roches ignées apparaissent, estime-t-on, d'après les échantillons recueillis dans certains sondages.

Cette succession s'applique à la région située le long du côté Nord-Est de la péninsule de Gamsah et l'on ignore la succession au-dessous des séries lagunaires puissantes des autres parties de cette région.

Donnons quelques détails sur ces divers dépôts. Les sables récents et pléistocènes, d'une puissance remarquable, se composent de graviers calcaires avec intercalation de marnes et d'argile.

Les séries lagunaires se composent de sel, d'anhydrite, de schistes

et de marnes avec, accidentellement, des bandes de calcaires. Un horizon à diatomées apparaît à la partie supérieure de ces séries.

Les calcaires dolomitiques inférieurs sont durs, poreux; ils sont souvent caverneux, crevassés; on y trouve parfois de la pyrite.

Les sables de base sont des grès calcaireux souvent très feldspathiques, d'un âge incertain, probablement miocène.

La structure de cette région est très compliquée. La structure générale consiste en un anticlinal à parois très escarpées s'élevant d'un synclinal profond. L'axe de l'anticlinal semble suivre une direction générale Nord-Ouest vers Sud-Est.

L'absence complète des calcaires dolomitiques supérieurs à l'Ouest d'une ligne Nord-Sud rend vraisemblable l'hypothèse d'une faille le long de cette ligne avec rejet vers l'Est. D'autres indications font supposer l'existence d'une faille transversale.

Des indications d'huile minérale ont été recueillies dans toutes les couches depuis le Pléistocène jusque dans le calcaire dolomitique inférieur. Cependant, la production reste limitée à deux horizons.

Le phénomène de la production s'accuse dans ces deux horizons par de violents afflux d'huile et l'apparition rapide de l'eau. Ces deux horizons sont les suivants :

1° Dans les séries lagunaires, l'huile apparaît en relation étroite avec une couche d'argile à 700 pieds sous la surface.

2° Dans les calcaires dolomitiques inférieurs (partie supérieure). Presque tous les puits foncés dans ces terrains furent envahis par l'eau.

L'étude des traits caractéristiques de ces couches et l'évolution de la production dans ce champ pétrolifère tendent à prouver que la nappe relativement faible d'huile minérale trouvée au sommet de cette structure représente une accumulation secondaire, produite par la migration du pétrole.

Cette huile aurait atteint sa position actuelle par deux voies :

a) Par migration des bords érodés des anciennes couches, supposées existantes en profondeur sur le bord Sud-Ouest du plissement ou,

latéralement, des marnes à globigérines estimées, elles aussi, exister au-dessous des séries lagunaires dans le synclinal du Sud-Ouest.

b) Par migration à travers les nombreuses failles de cette structure.

L'huile appartient au type à base de paraffine et est plus légère que n'importe quelle huile d'Hurghada. Elle doit avoir, soit une origine indépendante, ou bien être une huile crétacée fortement filtrée qui aurait cheminé au travers de calcaires dolomitiques par l'intermédiaire des failles diverses qui s'y rencontrent.

6° ORIGINE DE L'HUILE MINÉRALE DES CHAMPS PÉTROLIFÈRES ÉGYPTIENS.

Cette origine a été l'objet de controverses nombreuses. Parmi les théories qui ont été proposées, nous choisirons celle qui a été émise par M. Sutton-Bowman et publiée dans l'ouvrage déjà cité de cet auteur.

Il y a lieu tout d'abord d'examiner quels sont les matériaux contenus dans les couches de la région considérée, dont l'huile aurait pu être formée et étudier les conditions dans lesquelles se sont déposées ces couches.

Voici tout d'abord les restes organiques les plus abondants qu'on trouve dans ces dépôts :

1. Dans les couches crétacées une quantité importante de matière végétale carbonisée y est observée. L'horizon qui les contient tend à s'élever dans les couches plus jeunes au fur et à mesure qu'on s'avance vers le Sud.

2. Les marnes à globigérines sont remplies de nombreux restes de foraminifères et, de plus, contiennent une quantité abondante de restes de poissons.

3. De faibles quantités de matière charbonneuse ont été observées dans les séries lagunaires en certains endroits.

4. Les séries lagunaires contiennent une quantité considérable de diatomées.

Comme nous l'avons dit, on admet généralement qu'une relation existe entre la présence du pétrole et d'anciennes lignes de rivage.

Ces conditions se sont présentées dans cette contrée à deux époques :

Premièrement, durant la transgression de la mer crétacée et ensuite pendant la période qui s'étend de l'époque miocène jusqu'à nos jours.

L'origine de l'huile de Gemsah doit avoir une origine différente de celle d'Hurghada. Ce serait une huile crétacée filtrée.

On ne considérera ici que l'origine de l'huile dans un champ qui, comme c'est le cas pour celui d'Hurghada, présente des conditions stratigraphiques, tectoniques et de concentration d'huile normales.

On admet généralement que les huiles du type trouvé dans les séries lagunaires et les « Basal beds » du Miocène peuvent provenir, par migration, à travers des couches argileuses, d'huile du Crétacé avec adsorption de matières asphaltiques.

Si une série d'huiles a une commune origine, la migration a lieu hors des couches contenant l'huile la plus lourde vers celles contenant l'huile la plus légère. Une telle migration peut s'effectuer vers le haut, vers le bas ou par voie latérale.

A Hurghada, si l'on admet une commune origine pour les huiles du Miocène et du Crétacé, il paraît évident de placer cette origine dans les couches du Crétacé, où se trouvent en abondance les matières végétales nécessaires à la formation de l'huile.

Mais une grave objection semble s'opposer à l'admission de cette hypothèse : c'est l'érosion sévère qu'ont éprouvée les couches du Crétacé dans les trois structures sondées à Hurghada. On a tout lieu de supposer que les couches du Crétacé supérieur et de l'Eocène avaient dans cette région, au moment de leur dépôt, une puissance aussi grande que celle observée en d'autres endroits. D'autre part, on peut se rendre compte de l'énorme période de temps pendant laquelle l'érosion fit sentir ses effets par l'enlèvement total, sauf une mince couche de Crétacé inférieur, de ces formations dans les anticlinaux Est et Ouest, et la disparition complète de ces mêmes couches dans celui d'Abu Minghar.

Cependant, malgré cette érosion, nous pouvons supposer, pour les raisons exposées ci-après, que l'huile formée dans les couches crétacées

fut conservée, au moins en partie, et nous émettrons l'hypothèse suivante concernant l'origine et la formation des dépôts pétrolifères d'Hurghada :

L'huile fut à l'origine formée dans les couches d'eau peu profonde du Crétacé, qui contiennent une abondante quantité de matières végétales.

Durant le plissement, et l'érosion qui le suivit à l'époque de l'Eocène supérieur, l'huile, dans la zone synclinale à l'Ouest de l'anticlinal d'Hurghada, fut conservée grâce au suintement et à l'épaississement de l'huile dans les couches d'affleurement.

Durant le Miocène et les périodes plus récentes, les phénomènes stratigraphiques et tectoniques tendirent à produire une accentuation de la différence de niveau entre les couches crétacées sous la plaine côtière et les restes de ces couches laissées sous les couches plus jeunes dans le soulèvement même.

Cela provoqua la concentration de l'huile crétacée dans l'anticlinal Ouest, mais non pas dans celui de l'Est, dont l'accès était probablement barré par la faille prémiocène au Sud et à l'Est du champ principal.

Une migration vers le haut de l'huile crétacée produisit l'huile trouvée actuellement dans les « Basal beds » du Miocène et les séries lagunaires du Miocène. Au Sud d'une faille dirigée Est-Ouest, ces dernières couches ont emprunté leur huile directement au Crétacé par l'action de cette faille. Il n'est pas improbable que des migrations latérales aient eu lieu également à la suite de mouvements secondaires produits le long de l'ancienne faille prémiocène.

La voie par laquelle semble s'être produite la migration latérale de l'Ouest vers l'anticlinal Est semble avoir été les calcaires dolomitiques (au sommet des séries à globigérines).

C. — Abyssinie-Erythrée-Somalie.

Ces trois régions sont parfois désignées sous le nom d'Abessomalie.

On y distingue trois zones caractéristiques : les hauts plateaux abyssins, le plateau des Somalis et la région profonde de l'Arar.

Ces trois districts ne formaient autrefois qu'un seul et même plateau qu'entama pour la première fois, à l'époque tertiaire, le système de fracture de l'Est Africain.

Nous avons décrit le tracé des graben dans ce pays lors de l'exposé général que nous avons fait des grands graben africains.

La constitution géologique de l'Abessomalie peut, à grands traits, se résumer comme suit ⁽¹⁾ :

L'Abyssinie et la Somalie présentent au point de vue géologique une étroite analogie avec l'Arabie méridionale.

Sur les roches paléozoïques fortement plissées reposent en discordance de stratification de puissantes couches sédimentaires. A leur base, on observe les importantes couches terrestres d'Adigrat dont la masse principale doit être d'âge triasique. Ces couches sont l'équivalent du Karoo moyen de l'Afrique du Sud. En concordance avec elles, ou parfois directement sur le socle des roches paléozoïques, repose le Jurassique marin. Sur celui-ci on observe des grès de même nature que les grès nubien de l'Afrique du Nord, grès qui passent au Crétacé de Somalie.

Blanford a donné au Jurassique de la Haute Abyssinie le nom de calcaires d'Antalo.

Dans la vallée de l'Abai existent des couches, dites couches d'Abai, composées de calcaires jaunes avec couches de gypse et de dolomites. Elles constituent des horizons intermédiaires entre les couches d'Adigrat et d'Antalo et sont la première manifestation certaine de la transgression marine du Jurassique sur le Trias. La mer jurassique recouvre de larges espaces à l'Ouest et au Nord.

Sur le Crétacé supérieur n'existent que des données incertaines. Un complexe gréseux, qu'on rapporte au Crétacé inférieur, s'observe dans le Tigré, à Schoa et Kaffa, au-dessus du Jurassique supérieur. Le Crétacé inférieur existe dans certains graben où l'on peut constater le passage du Jurassique au Crétacé.

⁽¹⁾ KRENKEL, *Geologie Afrikas*, première partie. Berlin, 1925, pp. 178-220.

En général, le Crétacé inférieur se développe dans le Nord et le centre de la Somalie.

Le Tertiaire et le Quaternaire ne s'observent que dans les régions littorales de la mer Rouge et du golfe d'Aden. On y trouve un complexe de roches en partie d'origine sédimentaire, en partie d'origine éruptive. Sur les hauts plateaux abyssins se rencontrent des gîtes de décomposition noirs, bruns, rouges, d'âge indéterminé.

En Érythrée, Balducci a décrit plusieurs types de formations appartenant à ces époques, notamment des marnes de diverses couleurs, sables verts d'origine terrestre, riches en gypse impur, argiles avec gypse et concrétions calcaires, sables jaunes, calcaires coralliens de Massaoua. Ces couches sont mêlées à des roches volcaniques, basaltes, andésites, liparites. Elles seraient, d'après Balducci, d'âge miocène. Au-dessus de celles-ci se trouveraient d'autres couches d'âge pliocène et des conglomérats post-pliocènes.

L'affaissement d'Afar est recouvert de couches d'âges tertiaire et quaternaire.

Les couches appartenant au système d'Adigrat ont des facies assez différents. Les couches de Lugh, appartenant à ce système, méritent de retenir spécialement notre attention à cause de leurs caractères littoraux et lagunaires.

Elles apparaissent dans le Sud de la Somalie, d'abord entre Lugh et Dolo; elles suivent le cours du Web vers le Nord jusqu'au mont Mata; à l'Ouest elles occupent la vallée de Dawa jusqu'au Maddo Grelle.

Il est probable que leur développement s'étend encore plus loin. Sacchi a relevé ce profil à l'Est de Lugh :

- a) Grès verts clairs;
- b) Argiles diverses rouges avec gypse;
- c) Argiles et gypse impur;
- d) Gypse et couches terrestres.

Ces couches doivent être rapportées au trias supérieur. Elles se déposèrent sur le littoral aux limites variables de la transgression marine de cette époque.

Suivant Hennig, il faudrait voir dans les couches de Lugh l'accès par l'Abessomalie de l'Océan vers la grande mer triasique intérieure du bassin du Congo.

STRUCTURE. — Les graben Est Africains séparent la Haute Abyssinie en deux parties : une zone méridionale composée des régions d'Arussi, Harar, Sedano, Ogaden et une orientale qui est à proprement parler la Haute Ethiopie. La haute région du Sud-Ouest, dont quelques cimes atteignent 4.000 m. au voisinage des graben, s'incline par échelons vers la mer. La partie Ouest est découpée par des vallées d'érosion et, d'autre part, supporte des montagnes d'origine éruptive d'âge récent. Les cours d'eau de direction Nord-Sud, tels que l'Omo, le Didessa, l'Hawash doivent leur formation à l'affaissement des graben, tandis que ceux dont le cours est Est-Ouest, comme le Baro, l'Abai, coulent dans des vallées d'érosion.

Les graben abyssins et la basse région d'Afar sont le plus souvent recouverts de roches éruptives qui, par endroits, forment de petits massifs montagneux.

L'Abessomalie a été soumise à une intense activité volcanique, en étroite relation avec les phénomènes tectoniques dont elle a été le théâtre.

On peut distinguer dans l'histoire du volcanisme abyssin deux périodes principales :

La première appartient à l'époque de l'éruption des « Trapps » du Sud-Ouest de l'Arabie et du Deccan, dont l'âge remonte au Crétacé supérieur.

La seconde période, d'âge tertiaire-quaternaire, est en rapport direct avec l'existence du grand système de fracture de l'Afrique Orientale.

Des roches d'origine éruptive s'observent dans la plus grande partie de l'Abyssinie.

Des roches éruptives de la première période recouvrent principalement les zones de la Haute Abyssinie. Mais c'est dans les graben et dans la zone affaissée d'Afar que s'est manifestée avec le plus d'inten-

sité l'activité volcanique. On a mentionné en Abyssinie et en Somalie un nombre énorme de volcans tertiaires et quaternaires.

Le long du fossé dancalien sont les volcans Jalua, Aled Maraho, Erla Ale et Afdera. Certains de ces volcans ont manifesté de l'activité à notre époque.

La côte d'Adar est jalonnée par de petits volcans. Le long de l'Hawash, dans les graben, se trouvent l'Adjelu, Dabila, Dufane et une série de jeunes volcans; le groupe du Fancalle, à l'entrée des graben, et une autre série de volcans accompagnent les lacs jusqu'au lac Rodolphe.

D'autre part, l'Abyssinie est l'une des régions du monde les plus riches en sources thermales. Ces sources se présentent dans la région affaissée d'Adar et dans les graben.

Tous ces faits démontrent que ce pays a été soumis à des mouvements tectoniques très intenses dont l'action s'est manifestée à diverses époques et a continué jusqu'à des temps très récents.

Très peu de renseignements existent au sujet de l'existence d'indications d'huile minérale. Les gisements de pétrole d'Aussa, dans la région affaissée d'Adar, dont on a beaucoup parlé au début de la guerre italo-éthiopienne, auxquels s'intéressait un financier anglais du nom de Rickett, n'ont pas fait jusqu'ici, à notre connaissance, l'objet d'un examen sérieux. La découverte de ces gisements aurait été faite par un aventurier italien qui dans d'autres domaines miniers n'aurait causé que des déceptions.

Des indices de gisements pétrolifères ont été signalés dans la mer Rouge méridionale à peu près à la hauteur du 15° parallèle de latitude Nord. On y observe des suintements bitumineux près de la rive érythréenne dans le voisinage de Massaoua et aux environs de l'île de Bu El Hissar, à l'extrémité de l'archipel Dahlac.

Près de la côte arabe, dans les îles Farsan, des indications ont été également signalées.

On a fait observer ⁽¹⁾ l'analogie qui existe, malgré son éloigne-

(1) A. BIBOLINI, Contribution à l'étude de la géologie de l'Afrique orientale italienne. (*Congrès international de Géologie*, XIII^e session.)

ment, entre la constitution géologique de cette région et celle des champs pétrolifères d'Egypte le long du golfe de Suez. D'autre part, la même allure tectonique, alignements de dômes et anticlinaux suivant la direction de la mer Rouge s'observent dans les deux régions.

Dans le Somaliland, à Daga Shabel, dans le Gouban, dans la zone affaissée d'Afar, des traces d'hydrocarbures furent observées.

Quelques recherches ont été effectuées. Le gisement se compose de sables ou de grès bitumineux.

Les argiles voisines ne contiennent aucune trace de pétrole. L'huile est concentrée dans les grès aux endroits fracturés. L'épaisseur de ces grès atteint 850 pieds, leur teneur en pétrole augmenterait avec la profondeur.

On rapporte à la période tertiaire et jurassique l'âge des couches de Daga Shabell. La roche mère serait un schiste bitumineux jurassique dont on a reconnu la présence dans la Somalie occidentale.

D. — La région du Grand Graben Central.

Les Anglais ont signalé des suintements de pétrole dans le voisinage des lacs Albert, George, Kivu, Edouard. On a trouvé également des indications d'huile minérale sur la rive Nord-Est du Tanganyika, à environ 13 km. au Sud d'Usumbura.

Diverses recherches ont été entreprises par les Anglais en Uganda dans le voisinage du lac Albert.

Plusieurs hypothèses ont été émises au sujet de l'origine de ce pétrole. Les uns l'attribuent à l'existence de sapropèles dans les couches de Kisegi et de Kaiso. Les autres verraient plutôt son origine dans les couches du Lualaba descendues en profondeur, lors de la formation du graben.

Examinons avec quelques détails ces deux hypothèses :

On connaît peu de choses au sujet du lac Édouard où existent des indications d'huile; des manifestations de gaz auraient été constatées au lac Kivu (des explosions auraient été observées dans le lac par les indigènes).

Dans la dépression albertine, Wayland signale dans l'Uganda trois indications superficielles d'huile ⁽¹⁾ :

- Celle du Sud de Mswa;
- Celle de Kibero;
- Celle de Kibuku.

Dans le graben du lac Albert et dans la plaine de la Semliki inférieure, on observe une formation puissante d'âges tertiaire et quaternaire, composée de deux séries distinctes :

1. Les Kisegi beds ou série inférieure.
2. Les Kaiso beds ou série supérieure.

Wayland ⁽¹⁾ rapporte la première série à l'époque miocène ou oligocène supérieure et la seconde au Pliocène ou au Pléistocène inférieur.

On peut établir comme suit la succession de bas en haut des sédiments dans cette dépression :

1. Kisegi beds.
2. Kaiso beds.
3. Terres rouges.
4. Dépôts modernes.

Les Kisegi beds se présentent en couches sableuses et en conglomérats.

Des argiles parfois pyriteuses et fréquemment gypsifères forment la partie supérieure de cette série, tandis que, d'après Wayland, il y a des raisons de supposer que des schistes existent à la partie inférieure. On y observe une altération des roches persistant dans toute l'épaisseur de la formation, ce qui porte à penser que ces couches se sont déposées dans des eaux peu profondes sur un fond qui s'affaisse lentement.

Les Kaiso beds ont une très grande puissance. Ils se distinguent par leur caractère argileux avec intercalations de sables et de grès. Vers le sommet on observe des argiles avec quartz.

La puissance de ces deux séries est inconnue, mais elle est sans

⁽¹⁾ E. WAYLAND, *Petroleum in Uganda*.

aucun doute considérable. Des terrains parfois très riches en sel se rencontrent dans les zones qui bordent le lac Albert. Le gypse s'y trouve sous forme de sélénite (régions de Semliki-Toro), mais ni le gypse ni le sel n'existent en fortes couches. Voici comment Wayland expose la succession des phénomènes qui ont accompagné le dépôt de ces séries :

- a) Fracture originelle avec formation du graben;
- b) Lent affaissement durant l'accumulation des Kisegi beds;
- c) Affaissement et inclinaison du « Rift bloc » et des Kisegi beds causés par de grands mouvements tectoniques;
- d) Affaissements discontinus du « Rift block » durant l'accumulation des « Kaiso beds »;
- e) Nouvelle dépression à la suite de nouveaux et importants mouvements tectoniques.

STRUCTURES. — On observe dans ces couches un pli monoclinal auquel se superposent des structures en dômes surbaissés. Le Waki dôme est connu, mais il doit exister, d'après certaines indications, d'autres dômes de même nature.

Wayland déclare que lithologiquement et au point de vue structural les conditions sont favorables à la présence du pétrole. La puissante couche d'argile et de sables argileux de la série des « Kaiso beds » constitue un excellent recouvrement imperméable tandis que les grès et les sables de ces deux séries peuvent servir de roches-réservoirs. L'huile peut, dans ces conditions, apparaître à divers horizons. D'après cet auteur, il semble probable que les Kisegi beds constituent la roche mère et que les Kaiso beds fournissent le manteau imperméable.

Wayland fait observer qu'étant données les conditions spéciales dans lesquelles se sont déposés les sédiments de la dépression albertine, on ne peut maintenir l'opinion, comme c'est le cas pour beaucoup de lacs, que les conditions lacustres en elles-mêmes s'opposent à l'accumulation de l'huile.

La sédimentation dans la dépression albertine s'est faite de façon à reproduire très exactement les conditions dans lesquelles s'effectue

la sédimentation au bord de la mer et telles que l'exige l'étude de la géologie du pétrole.

Quant à la matière qui aurait donné naissance à l'huile, Wayland n'apporte aucune indication précise. L'étude de la géologie locale et des expériences faites sur la flore lacustre actuelle le poussent à penser, sans cependant avoir aucune preuve sérieuse, que le pétrole du lac Albert a été produit par des microorganismes qui pourraient être des diatomées. Des terres à diatomées, d'après certains observateurs, seraient en rapport avec des vallées de fractures dans l'Est Africain.

D'autre part, on peut se demander si le pétrole ne proviendrait pas des couches du Lualaba, dont le fond de la cuvette albertine serait constitué. Suivant cette hypothèse, ces couches pourraient être les roches mères du pétrole ⁽¹⁾.

Voici, d'après M. Passau ⁽²⁾, l'ordre de succession des couches dans la stratigraphie de la région Stanleyville-Ponthierville :

Grès zonaires psammitiques.

Zone gréseuse avec couches bitumineuses à la base.

Zone d'argilites et schistes verts avec couches bitumineuses et calcaires à ostracodes et poissons.

Zone gréseuse; conglomérat de base et schistes bitumineux au sommet.

La puissance des couches argilo-marneuses et de la zone gréseuse atteint 100 à 125 m.

L'allure presque horizontale des couches bitumineuses et l'absence de grands mouvements tectoniques ont empêché la transformation des boues sapropéliennes en pétrole. Celles-ci se sont produites dans une mer intérieure et dans les lagunes qui communiquaient avec elle. Les parties profondes du bassin sont pauvres en huile tandis que les bords du lac sont plus riches. Il n'est pas impossible que le lac lualabien ait

⁽¹⁾ P. FOURMARIER, Carte géologique du Congo. (*Revue universelle des Mines*, 15 juin 1930.)

⁽²⁾ G. PASSAU, La géologie du bassin de schistes bitumineux de Stanleyville (Congo belge). (*Ann. Soc. géol. de Belgique*, publication spéciale relative au Congo belge, année 1921-1922.)

eu une communication avec la mer vers le Nord-Est. En effet, M. Fourmarier signale ⁽¹⁾ que les fossiles de l'étage de Lualaba sont d'eau saumâtre, indiquant une communication plus ou moins directe vers le Nord-Est avec l'Océan.

D'autre part, Hennig, nous l'avons dit, voit dans les couches de Lugh en Somalie l'indication de la communication de l'océan Pacifique avec la mer triasique intérieure du Congo.

D'ailleurs, on a signalé la présence de couches lualabiennes à Irumu, à l'Est du lac Albert, ainsi qu'à Entebbe (Uganda), où un sondage foré au bord du lac Victoria a recoupé une épaisseur de 1.000 pieds de schistes argileux gris ou noirs, dépôts caractéristiques de la base de ces formations ⁽²⁾.

Ces diverses considérations rendent très vraisemblable l'hypothèse que le fond de la cuvette albertine est constitué de couches bitumineuses du Lualaba, qui pourraient y avoir subi, dans certaines conditions de température et de pression, une transformation et une distillation qui aurait produit l'huile minérale. Il ne s'agirait donc pas, dans ce cas, d'une formation « in situ » d'huile minérale, suivant le processus classique que nous avons indiqué au début de cette étude, mais, si l'on peut s'exprimer ainsi, d'une opération en deux temps : la formation lagunaire des boues sapropéliennes en schistes bitumineux et la transformation de celles-ci dans le graben en huile minérale.

On remarquera que la théorie admise par Wayland concernant la formation du pétrole dans la région du lac Albert repose sur l'hypothèse que le graben s'est formé par suite d'un affaissement progressif de sa base, hypothèse qui est en contradiction avec les idées émises par M. Bailey Willis concernant la genèse de la dépression albertine. Comme nous l'avons dit, cet auteur estime que le fond du graben

⁽¹⁾ *Revue universelle des Mines*, 8^e série, t. III, n^o 12, 15 juin 1930. Carte géologique du Congo.

⁽²⁾ A. JAMOTTE, Sur la vaste extension géographique au Congo belge de l'assise des schistes noirs de l'étage de la Lukuga. (*Bull. de la Soc. belge de Géol.*, t. XLIII [1933], fasc. 2.)

Albert est resté en place ou s'est très légèrement affaissé, tandis que seuls les bords du fossé ont été soulevés. Notons que le mouvement relatif, étant resté le même, on peut admettre que le raisonnement de Wayland concernant la formation du pétrole reste vrai; si les bords du fossé se sont lentement soulevés, la sédimentation a pu se faire quand même d'une manière continue et dans des eaux peu profondes.

E. — Mozambique.

Le graben du Chiré fait partie du système de fractures du lac Nyassa. Il est borné à l'Ouest par le plateau du Chiré avec les monts Mlandji, à l'Est par le plateau Nano. Le tracé du graben suit ensuite la vallée du Zambèze, la vallée de l'Urema entre le plateau de Cherin-goma et le massif de Gorongoza, puis atteint la zone affaissée du fleuve Pungwe et le graben Busi qui surplombent à l'Est le plateau de Sofala et à l'Ouest le massif de Spungabera.

Le géosynclinal du Mozambique occupe l'emplacement du canal actuel du Mozambique entre la côte d'Afrique et Madagascar. Sa formation débuta à l'époque liasique.

Il est important d'attirer l'attention sur la jeunesse des mouvements tectoniques dans cette région ⁽¹⁾.

Des indications de pétrole y furent signalées déjà depuis longtemps; elles motivèrent les travaux entrepris dans ce pays il y a une trentaine d'années.

L'attention des géologues s'est portée de nouveau sur cette question. Nous extrayons d'une communication faite au Congrès des Mines, de la Métallurgie et de la Géologie appliquée à Paris en 1935 ⁽²⁾, par le Service géologique du Mozambique, les principaux renseignements qui vont suivre :

Les régions intéressantes au point de vue pétrole sont celles de Mangela et d'Inhaminga.

⁽¹⁾ KRENKEL, *Geologie Afrikas*, première partie. Berlin, 1925, p. 270.

⁽²⁾ A. BORGES, Deux champs de recherches pétrolifères sont de nouveau en activité. (*C. R. Congrès International des Mines, de la Métallurgie et de la Géologie appliquée*, VII^e session. Paris, 1935, p. 7075.)

La première de ces régions est située à 12 ou 24 km. de Inharime, à 86 km. d'Inhabam et à 430 km. de Lourenço-Marquès.

On y observe plusieurs indications d'huile minérale dont les principales sont les suivantes :

La présence d'un lac d'eau salée, à la surface duquel on observe une substance huileuse. L'existence d'un produit solide de couleur noire et inflammable qui recouvre les lits de sable et que les indigènes emploient comme combustible. Au Sud du lac, on constate la présence d'une arête anticlinale. La région est constituée de couches du Tertiaire inférieur.

Trois sondages ont été forés il y a environ 28 ans. Ces sondages, poussés jusqu'à 204 et 304 pieds de profondeur, ont recoupé des alternances de sables, de grès et d'argiles. Plusieurs niveaux donnèrent des indications de pétrole et de gaz.

Inhaminga est situé sur le plateau de Cheringoma, entre la rivière Busi, le Zambèze, le graben de l'Urema et la côte.

Ici, les recherches ne reposent sur aucune indication superficielle. Seules des considérations basées sur des facteurs géologiques favorables ont fait émettre l'hypothèse de la présence du pétrole dans cette région.

Ces considérations sont les suivantes :

On rencontre ici des roches sédimentaires relativement peu métamorphiques de plusieurs milliers de mètres de puissance. L'âge de ces couches est éocène ou crétacé.

Au point de vue tectonique, on observe des structures anticlinales favorables à l'accumulation du pétrole.

Plusieurs sondages ont été effectués dans le but de déterminer les structures. Des travaux géophysiques (prospection sismique et gravimétrique) confirmèrent les résultats de l'examen géologique. Les études entreprises en 1934 ne sont pas encore terminées.

Des précisions manquent au sujet du facies des couches crétacées dans lesquelles le pétrole aurait pu prendre naissance. Quelques indications permettraient d'attribuer à ces couches le caractère d'un dépôt littoral, mais aucune indication précise n'existe encore à ce sujet.

IV. — CONCLUSIONS.

De l'ensemble des considérations exposées dans ce mémoire, nous croyons pouvoir tirer les conclusions suivantes :

Il est incontestable que les indications d'huile minérale et les exploitations pétrolières qu'on observe dans l'Afrique Orientale se trouvent toutes situées à proximité des zones de graben. Comme nous l'avons montré, ces gisements ou indices de gisements se présentent dans des conditions très différentes, n'ayant entre eux aucune autre analogie que celle de leur situation à proximité des graben. Ainsi, les gîtes de Palestine se rapprocheraient plutôt des conditions observées en Algérie que de celles des champs pétrolifères égyptiens. Ceux-ci ne présentent aucun caractère commun avec la région où l'on observe des indices d'huile minérale en Afrique Orientale britannique et au Congo.

Le long de l'immense ligne de graben qui s'étend du Nord au Sud de l'Afrique, les indications d'huile ne sont en réalité pas très nombreuses. Il faut, pour qu'elles apparaissent, que les conditions géologiques favorables au dépôt de sapropèles coïncident avec des conditions également propices à leur transformation en huile minérale d'abord, puis à la conservation des gisements ainsi produits. C'est dans les mouvements tectoniques qui ont donné naissance aux graben qu'il faut chercher, semble-t-il, les conditions nécessaires à cette transformation.

Les gisements pétrolifères égyptiens ont profité d'une situation extrêmement favorable pour la production d'huile minérale; dépôts lagunaires spécialement abondants dans une zone où les mouvements tectoniques ayant produit la dépression du golfe de Suez ont été relativement modérés.

Notons enfin que les conditions favorables à la conservation des gisements ont également varié d'une région à l'autre. En Afrique Orien-

tale britannique et au Congo, des tremblements de terre plus ou moins fréquents et violents, des sources hydrothermales et des éruptions volcaniques actuelles ou récentes prouvent que cette région n'a pas encore trouvé, au point de vue tectonique, son équilibre parfait. Il en est de même de l'Abyssinie, où ces mêmes manifestations apparaissent.

Par contre, la région voisine du golfe de Suez, où sont situés les champs pétrolifères d'Egypte, ne témoignent pas d'une activité sismique ou volcanique spéciale et l'on n'y signale pas la présence de sources hydrothermales. L'absence ou la rareté de ces phénomènes semble indiquer que cette région a atteint un certain équilibre au point de vue tectonique.

Quant aux gisements de l'Afrique Orientale britannique et du Congo, nous avons exposé les diverses hypothèses qu'on peut émettre pour expliquer la présence d'huile minérale dans ces régions. Etant données les recherches superficielles qui ont été faites jusqu'ici pour la prospection du pétrole, il est impossible de décider d'une manière certaine quelle est, parmi ces hypothèses, celle qui est la plus probable.

Il y a cependant un fait qui nous paraît important à signaler; c'est que les indications d'huile minérale dans ces régions apparaissent là où des efforts de compression particulièrement intenses ont été observés. C'est ainsi que les suintements du lac Albert et du voisinage du lac Tanganyika se trouvent situés dans les régions du lac Albert en rapport avec la masse comprimée du Ruwenzori et dans la partie Nord du Tanganyika où des effets de compression ont été constatés. Ces zones de compression ont pu créer en profondeur des conditions favorables de température et de pression pour la transformation en huile minérale des sapropèles qui ont pu s'y déposer. Notons que dans le voisinage des deux régions, des couches lualabiennes sont observées. Ce fait tend à rendre vraisemblable l'hypothèse que ces couches constituent le fond de ces deux dépressions.

Cependant, ces considérations ne peuvent donner aucune indication sur l'importance des gisements qu'on pourrait y trouver.

On a des raisons de croire qu'étant donnés les derniers mouvements tectoniques mi-quaternaires qui ont donné aux graben Albert et Tanganyika leur allure définitive, l'érosion des couches lualabiennes, qui a dû être très intense, devait être déjà très avancée lors de la formation des graben et que la puissance de ces couches, constituant le fond de ces dépressions, n'a pas dû être très importante.

On peut aussi voir dans l'existence des gîtes pétrolifères à Madagascar une confirmation de l'hypothèse d'une relation entre la présence du pétrole et les zones de compression. Comme nous l'avons dit, l'île de Madagascar doit en effet sa formation à l'action de forces compressives.

TABLE DES MATIÈRES

I. CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR L'ORIGINE ET LA GÉOLOGIE DU PÉTROLE .	4
II. LES GRANDS GRABEN AFRICAINS	9
A. — Description générale des graben africains	9
B. — Détails complémentaires sur les graben de l'Est Africain bri- tannique et du Congo Oriental	13
1° La « Rift Valley » du lac Albert	16
2° Bassins des lacs Édouard, George et Kivu	17
3° Le graben du Tanganyika	17
4° Le fossé du Rukwa	18
5° Le système Nyassa-Luangwa	19
6° La « Gregory Rift Valley »	20
7° Graben de l'Upemba	23
8° Activité volcanique	24
9° Activité sismique	26
10° Sources hydrothermales	27
C. — Age et formation des graben	28
III. GISEMENTS PÉTROLIFÈRES ET INDICES D'HUILE MINÉRALE DANS LES RÉGIONS VOISINES DES GRABEN	37
A. — Palestine	38
B. — Les champs pétrolifères d'Égypte.	41
1° Structure géologique de l'Égypte et formation du golfe de Suez	41
2° Historique	44
3° Caractères généraux de la région des champs pétrolifères.	46
a) Caractères géographiques de la région.	48
b) Caractères géologiques	49
4° Le champ pétrolifère d'Hurghada	54
5° Le champ pétrolifère de Gernsah.	58
6° Origine de l'huile minérale des champs pétrolifères égyptiens.	60
C. — Abessomalie	62
D. — La région du grand graben central	67
E. — Mozambique	72
IV. CONCLUSIONS	74

Tome VII.

1. STRUYF, le R. P. I., *Les Bakongo dans leurs légendes* (280 pages, 1936) . . . fr. 55 »
2. LOTAR, le R. P. L., *La grande chronique de l'Ubangi* (99 pages, 1 figure, 1937) . 15 »
3. VAN CAENEGHEM, de E. P. R., *Studie over de gewoontelijke strafbepalingen tegen het overspel bij de Baluba en Ba Lulua van Kasai* (Verhandeling welke in den Jaarlijkschen Wedstrijd voor 1937, den tweeden prijs bekomen heeft) (56 bl., 1938) . 10 »
4. HULSTAERT, le R. P. G., *Les sanctions coutumières contre l'adultère chez les Nkundó* (Mémoire couronné au Concours annuel de 1937) (53 pages, 1938) . 10 »

Tome VIII.

- HULSTAERT, le R. P. G., *Le mariage des Nkundó* (520 pages, 1 carte, 1938) . . . fr. 100 »

Tome IX.

1. VAN WING, le R. P. J., *Études Bakongo. — II. Religion et Magie* (301 pages, 2 figures, 1 carte, 8 planches, 1938) . . . fr. 60 »
2. TIARKO FOURCHE, J. A. et MORLIGHEM, H., *Les communications des indigènes du Kasai avec les âmes des morts* (78 pages, 1939) . 12 »
3. LOTAR, le R. P. L., *La grande Chronique du Bonu* (163 pages, 3 cartes, 1940) . 30 »
4. GELDERS, V., *Quelques aspects de l'évolution des Colonies en 1938* (82 pages, 1941) . 16 »

Tome X.

1. VANHOVE, J., *Essai de droit coutumier du Ruanda* (Mémoire couronné au Concours annuel de 1940) (125 pages, 1 carte, 13 planches, 1941) . . . fr. 33 »
2. OLBRECHTS, F. M., *Bijdrage tot de kennis van de Chronologie der Afrikaansche plastiek* (38 blz., X pl., 1941) . 15 »
3. DE BEAUCORPS, le R. P. R., *Les Basongo de la Luniungu et de la Gobari* (Mémoire couronné au Concours annuel de 1940) (172 pages, 15 planches, 1 carte, 1941) . 50 »

SECTION DES SCIENCES NATURELLES ET MÉDICALES

Tome I.

1. ROEYNS, W., *La colonisation végétale des laves récentes du volcan Rumoka (laves de Kateruzi)* (33 pages, 10 planches, 1 carte, 1932) . . . fr. 15 »
2. DUBOIS, le Dr A., *La lèpre dans la région de Wamba-Pawa (Uele-Nepoko)* (87 pages, 1932) . 13 »
3. LEPLAE, E., *La crise agricole coloniale et les phases du développement de l'agriculture dans le Congo central* (31 pages, 1932) . 5 »
4. DE WILDEMAN, E., *Le port suffrutescent de certains végétaux tropicaux dépend de facteurs de l'ambiance* (51 pages, 2 planches, 1933) . 10 »
5. ADRIAENS, L., CASTAGNE, E. et VLASSOV, S., *Contribution à l'étude histologique et chimique du Sterculia Bequaerti De Wild.* (112 pages, 2 planches, 28 fig., 1933) . 24 »
6. VAN NITSEN, le Dr R., *L'hygiène des travailleurs noirs dans les camps industriels du Haut-Katanga* (248 pages, 4 planches, carte et diagrammes, 1933) . 45 »
7. STEYAERT, R. et VRYDAGH, J., *Étude sur une maladie grave du cotonnier provoquée par les piqûres d'Helopeltis* (55 pages, 32 figures, 1933) . 20 »
8. DELEVOY, G., *Contribution à l'étude de la végétation forestière de la vallée de la Lukuga (Katanga septentrional)* (124 pages, 5 planches, 2 diagr., 1 carte, 1933) . 40 »

Tome II.

1. HAUMANN, L., *Les Lobelia géants des montagnes du Congo belge* (52 pages, 6 figures, 7 planches, 1934) . . . fr. 15 »
2. DE WILDEMAN, E., *Remarques à propos de la forêt équatoriale congolaise* (120 p., 3 cartes hors texte, 1934) . 26 »
3. HENRY, J., *Étude géologique et recherches minières dans la contrée située entre Ponthierville et le lac Kivu* (51 pages, 6 figures, 3 planches, 1934) . 16 »
4. DE WILDEMAN, E., *Documents pour l'étude de l'alimentation végétale de l'indigène du Congo belge* (264 pages, 1934) . 35 »
5. POLINARD, E., *Constitution géologique de l'Entre-Lulua-Bushimaie, du 7^e au 8^e parallèle* (74 pages, 6 planches, 2 cartes, 1934) . 22 »

Tome III.

1. LEBRUN, J., <i>Les espèces congolaises du genre Ficus L.</i> (79 pages, 4 figures, 1934).	12 »
2. SCHWETZ, le Dr J., <i>Contribution à l'étude endémiologique de la malaria dans la forêt et dans la savane du Congo oriental</i> (45 pages, 1 carte, 1934).	8 »
3. DE WILDEMAN, E., TROLLI, GREGOIRE et OROLOVITCH, <i>A propos de médicaments indigènes congolais</i> (127 pages, 1935).	17 »
4. DELEVOY, G. et ROBERT, M., <i>Le milieu physique du Centre africain méridional et la phytogéographie</i> (104 pages, 2 cartes, 1935).	16 »
5. LEPLAE, E., <i>Les plantations de café au Congo belge. — Leur histoire (1881-1935). — Leur importance actuelle</i> (248 pages, 12 planches, 1936).	40 »

Tome IV.

1. JADIN, le Dr J., <i>Les groupes sanguins des Pygmées</i> (Mémoire couronné au Concours annuel de 1935) (26 pages, 1935).	5 »
2. JULIEN, le Dr P., <i>Bloedgroeponderzoek der Efé-pygmeeën en der omwonende Negerstammen</i> (Verhandeling welke in den jaarlijkschen Wedstrijd voor 1935 eene eervolle vermelding verwierf) (32 bl., 1935).	6 »
3. VLASSOV, S., <i>Espèces alimentaires du genre Artocarpus. — 1. L'Artocarpus integrifolia L. ou le Jacquier</i> (80 pages, 10 planches, 1936).	18 »
4. DE WILDEMAN, E., <i>Remarques à propos de formes du genre Uragoga L. (Rubiacees). — Afrique occidentale et centrale</i> (188 pages, 1936).	27 »
5. DE WILDEMAN, E., <i>Contributions à l'étude des espèces du genre Uapaga BAILL. (Euphorbiacées)</i> (192 pages, 43 figures, 5 planches, 1936).	35 »

Tome V.

1. DE WILDEMAN, E., <i>Sur la distribution des saponines dans le règne végétal</i> (94 pages, 1936).	16 »
2. ZAHLBRUCKNER, A. et HAUMAN, L., <i>Les lichens des hautes altitudes au Ruwenzori</i> (31 pages, 5 planches, 1936).	10 »
3. DE WILDEMAN, E., <i>A propos de plantes contre la lèpre (Crinum sp. Amaryllidacées)</i> (58 pages, 1937).	10 »
4. HISSSETTE, le Dr J., <i>Onchocercose oculaire</i> (120 pages, 5 planches, 1937).	25 »
5. DUREN, le Dr A., <i>Un essai d'étude d'ensemble du paludisme au Congo belge</i> (86 pages, 4 figures, 2 planches, 1937).	16 »
6. STANER, P. et BOUTIQUE, R., <i>Matériaux pour les plantes médicinales indigènes du Congo belge</i> (228 pages, 17 figures, 1937).	40 »

Tome VI.

1. BURGEON, L., <i>Liste des Coléoptères récoltés au cours de la mission belge au Ruwenzori</i> (140 pages, 1937).	25 »
2. LEPERSONNE, J., <i>Les terrasses du fleuve Congo au Stanley-Pool et leurs relations avec celles d'autres régions de la cuvette congolaise</i> (68 pages, 6 figures, 1937).	12 »
3. CASTAGNE, E., <i>Contribution à l'étude chimique des légumineuses insecticides du Congo belge</i> (Mémoire couronné au Concours annuel de 1937) (102 pages, 2 figures, 9 planches, 1938).	45 »
4. DE WILDEMAN, E., <i>Sur des plantes médicinales ou utiles du Mayumbe (Congo belge), d'après des notes du R. P. WILLEMS † (1891-1924)</i> (97 pages, 1938).	17 »
5. ADRIAENS, L., <i>Le Ricin au Congo belge. — Etude chimique des graines, des huiles et des sous-produits</i> (206 pages, 11 diagrammes, 12 planches, 1 carte, 1938).	60 »

Tome VII.

1. SCHWETZ, le Dr J., <i>Recherches sur le paludisme endémique du Bas-Congo et du Kwango</i> (164 pages, 1 croquis, 1938).	28 »
2. DE WILDEMAN, E., <i>Dioscorea alimentaires et toxiques (morphologie et biologie)</i> (262 pages, 1938).	45 »
3. LEPLAE, E., <i>Le palmier à huile en Afrique, son exploitation au Congo belge et en Extrême-Orient</i> (108 pages, 11 planches, 1939).	30 »

Tome VIII.

1. MICHOT, P., *Etude pétrographique et géologique du Ruwenzori septentrional* (271 pages, 17 figures, 48 planches, 2 cartes, 1938) . . . fr. 85 »
2. BOUCKAERT, J., CASIER, H., et JADIN, J., *Contribution à l'étude du métabolisme du calcium et du phosphore chez les indigènes de l'Afrique centrale* (Mémoire couronné au Concours annuel de 1938) (25 pages, 1938) . . . 6 »
3. VAN DEN BERGHE, L., *Les schistosomes et les schistosomoses au Congo belge et dans les territoires du Ruanda-Urundi* (Mémoire couronné au Concours annuel de 1939) (154 pages, 14 figures, 27 planches, 1939) . . . 45 »
4. ADRIAENS, L., *Contribution à l'étude chimique de quelques gommes du Congo belge* (100 pages, 9 figures, 1939) . . . 22 »

Tome IX.

1. POLINARD, E., *La bordure nord du socle granitique dans la région de la Lubi et de la Bushimai* (56 pages, 2 figures, 4 planches, 1939) . . . fr. 16 »
2. VAN RIEL, le Dr J., *Le Service médical de la Compagnie Minière des Grands Lacs Africains et la situation sanitaire de la main-d'œuvre* (58 pages, 5 planches, 1 carte, 1939) . . . 13 »
3. DE WILDEMAN, E., Drs TROLLI, DRICOT, TESSITORE et M. MORTIAUX, *Notes sur des plantes médicinales et alimentaires du Congo belge* (Missions du « Foréami ») (VI-356 pages, 1939) . . . 60 »
4. POLINARD, E., *Les roches alcalines de Chianga (Angola) et les tufs associés* (32 pages, 2 figures, 3 planches, 1939) . . . 12 »
5. ROBERT, M., *Contribution à la morphologie du Katanga; les cycles géographiques et les pénéplaines* (59 pages, 1939) . . . 10 »

Tome X.

1. DE WILDEMAN, E., *De l'origine de certains éléments de la flore du Congo belge et des transformations de cette flore sous l'action de facteurs physiques et biologiques* (365 pages, 1940) . . . fr. 60 »
2. DUBOIS, le Dr A., *La lèpre au Congo belge en 1938* (60 pages, 1 carte, 1940) . . . 12 »
3. JADIN, le Dr J., *Les groupes sanguins des Pygmoides et des nègres de la province équatoriale (Congo belge)* (42 pages, 1 diagramme, 3 cartes, 2 planches, 1940) . . . 10 »
4. POLINARD, E., *Het doleriet van den samcloop Sankuru-Bushimai* (42 pages, 3 figures, 1 carte, 5 planches, 1941) . . . 17 »
5. BURGEON, L., *Les Colasposomia et les Euryope du Congo belge* (43 pages, 7 figures, 1941) . . . 10 »
6. PASSAU, G., *Découverte d'un Céphalopode et d'autres traces fossiles dans les terrains anciens de la Province orientale* (14 pages, 2 planches, 1941) . . . 8 »

Tome XI.

1. VAN NITSEX, le Dr R., *Contribution à l'étude de l'enfance noire au Congo belge* (82 pages, 2 diagrammes, 1941) . . . fr. 16 »
2. SCHWETZ, le Dr J., *Recherches sur le Paludisme dans les villages et les camps de la division de Monghuralu des Mines d'or de Kilo (Congo belge)* (75 pages, 1 croquis, 1941) . . . 16 »
3. LEBRUN, J., *Recherches morphologiques et systématiques sur les cafés du Congo* (Mémoire couronné au Concours annuel de 1937) (184 pages, 19 planches, 1941) . . . 80 »
4. RODHAIN, le Dr J., *Etude d'une souche de Trypanosoma Cazalbouti (Vivax)* (38 pages, 1941) . . . 11 »
5. VAN DEN ABEELE, M., *L'Erosion. Problème africain* (30 pages, 2 planches, 1941) . . . 7 »
6. STANER, P., *Les Maladies de l'Herce au Congo belge* (42 pages, 4 planches, 1941) . . . 10 »
7. RESSELER, R., *Recherches sur la calcémie chez les indigènes de l'Afrique centrale* (54 pages, 1941) . . . 15 »

SECTION DES SCIENCES TECHNIQUES

Tome I.

1. FONTAINAS, P., *La force motrice pour les petites entreprises coloniales* (188 pages, 1935) . . . fr. 19 »
2. HELLINCKX, L., *Etudes sur le Copal-Congo* (Mémoire couronné au Concours annuel de 1935) (64 pages, 7 figures, 1935) . . . 11 »
3. DEVROEY, E., *Le problème de la Lukuga, exutoire du lac Tanganika* (130 pages, 14 figures, 1 planche, 1938) . . . 30 »
4. FONTAINAS, P., *Les exploitations minières de haute montagne au Ruanda-Urundi* (59 pages, 31 figures, 1938) . . . 18 »
5. DEVROEY, E., *Installations sanitaires et épuration des eaux résiduaires au Congo belge* (56 pages, 13 figures, 3 planches, 1939) . . . 20 »
6. DEVROEY, E., et VANDERLINDEN, R., *Le lac Kivu* (76 pages, 51 figures, 1939) . . . 30 »

Tome II.

1. DEVROEY, E., *Le réseau routier au Congo belge et au Ruanda-Urundi* (218 pages, 62 figures, 2 cartes, 1939) . . . fr. 60 »
2. DEVROEY, E., *Habitations coloniales et conditionnement d'air sous les tropiques* (228 pages, 94 figures, 33 planches, 1940) . . . 65 »
3. LEGRAYE, M., *Grands traits de la Géologie et de la Minéralisation aurifère des régions de Kilo et de Moto (Congo belge)* (135 pages, 25 figures, 13 planches, 1940) . . . 35 »

Tome III.

1. SPRONCK, R., *Mesures hydrographiques effectuées dans la région divagante du bief maritime du fleuve Congo. Observation des mouvements des alluvions. Essai de détermination des débits solides* (56 pages, 1941) . . . fr. 16 »
2. BETTE, R., *Aménagement hydro-électrique complet de la Lufira à « Chutes Cornet » par régularisation de la rivière* (33 pages, 10 planches, 1941) . . . 27 »
3. DEVROEY, E., *Le bassin hydrographique congolais, spécialement celui du bief maritime* (172 pages, 6 planches, 4 cartes, 1941) . . . 50 »

COLLECTION IN-4°

SECTION DES SCIENCES MORALES ET POLITIQUES

Tome I.

1. SCHEBESTA, le R. P. P., *Die Bambuti-Pygmäen vom Ituri* (tome I) (1 frontispice, XVIII-440 pages, 16 figures, 11 diagrammes, 32 planches, 1 carte, 1938) . . . fr. 250 »

Tome II.

1. SCHEBESTA, le R. P. P., *Die Bambuti-Pygmäen vom Ituri* (tome II) (XII-284 pages, 189 figures, 5 diagrammes, 25 planches, 1941) . . . fr. 135 »

SECTION DES SCIENCES NATURELLES ET MEDICALES

Tome I.

1. ROBYNS, W., *Les espèces congolaises du genre Digitaria Hall* (52 pages, 6 planches, 1931) . . . fr. 20 »
2. VANDERYST, le R. P. H., *Les roches oolithiques du système schisto-calcaire dans le Congo occidental* (70 pages, 10 figures, 1932) . . . 20 »
3. VANDERYST, le R. P. H., *Introduction à la phytogéographie agrostologique de la province Congo-Kasai. (Les formations et associations)* (154 pages, 1932) . . . 32 »
4. SCAËTTA, H., *Les jaminees périodiques dans le Ruanda. — Contribution à l'étude des aspects biologiques du phénomène* (42 pages, 1 carte, 12 diagrammes, 10 planches, 1932) . . . 26 »
5. FONTAINAS, P. et ANSOTTE, M., *Perspectives minières de la région comprise entre le Nil, le lac Victoria et la frontière orientale du Congo belge* (27 pages, 2 cartes, 1932) . . . 10 »
6. ROBYNS, W., *Les espèces congolaises du genre Panicum L.* (80 pages, 5 planches, 1932) . . . 25 »
7. VANDERYST, le R. P. H., *Introduction générale à l'étude agronomique du Haut-Kasai. Les domaines, districts, régions et sous-régions géo-agronomiques du Vicariat apostolique du Haut-Kasai* (82 pages, 12 figures, 1933) . . . 25 »

Tome II.

1. THOREAU, J., et DU TRIEU DE TERDONCK, R., *Le gîte d'uranium de Shinkolobwe-Kasolo (Katanga)* (70 pages, 17 planches, 1933) . . . fr. 50 »
2. SCAËTTA, H., *Les précipitations dans le bassin du Kivu et dans les zones limitrophes du fossé tectonique (Afrique centrale équatoriale). — Communication préliminaire* (108 pages, 28 figures, cartes, plans et croquis, 16 diagrammes, 10 planches, 1933) . . . 60 »
3. VANDERYST, le R. P. H., *L'élevage extensif du gros bétail par les Bampombos et Baholos du Congo portugais* (50 pages, 5 figures, 1933) . . . 14 »
4. POLINARD, E., *Le socle ancien inférieur à la série schisto-calcaire du Bas-Congo. Son étude le long du chemin de fer de Matadi à Léopoldville* (116 pages, 7 figures, 8 planches, 1 carte, 1934) . . . 40 »

Tome III.

- SCAËTTA, H., *Le climat écologique de la dorsale Congo-Nil* (335 pages, 61 diagrammes, 20 planches, 1 carte, 1934) . . . fr. 100 »

Tome IV.

1. POLINARD, E., *La géographie physique de la région du Lubilash, de la Bushimate et de la Lubi vers le 6^e parallèle Sud* (38 pages, 9 figures, 4 planches, 2 cartes, 1935) fr. 25 »
2. POLINARD, E., *Contribution à l'étude des roches éruptives et des schistes cristallins de la région de Bondo* (42 pages, 1 carte, 2 planches, 1935). 15 »
3. POLINARD, E., *Constitution géologique et pétrographique des bassins de la Kotto et du M'Bari, dans la région de Bria-Yalinga (Oubangui-Chari)* (160 pages, 21 figures, 3 cartes, 13 planches, 1935) 60 »

Tome V.

1. ROBYNS, W., *Contribution à l'étude des formations herbeuses du district forestier central du Congo belge* (151 pages, 3 figures, 2 cartes, 13 planches, 1936) . fr. 60 »
2. SCAETTA, H., *La genèse climatique des sols montagnards de l'Afrique centrale. — Les formations végétales qui en caractérisent les stades de dégradation* (351 pages, 10 planches, 1937) 115 »

Tome VI.

1. GYSIN, M., *Recherches géologiques et pétrographiques dans le Katanga méridional* (259 pages, 4 figures, 1 carte, 4 planches, 1937) fr. 65 »
2. ROBERT, M., *Le système du Kundelungu et le système schisto-dolomitique (Première partie)* (108 pages, 1940). 30 »
3. ROBERT, M., *Le système du Kundelungu et le système schisto-dolomitique (Deuxième partie)* (35 pages, 1 tableau hors-texte, 1941) 13 »

SECTION DES SCIENCES TECHNIQUES

Tome I.

1. MAURY, J., *Triangulation du Katanga* (140 pages, figure, 1930) fr. 25 »
2. ANTHOINE, R., *Traitement des minerais aurifères d'origine filonienne aux mines d'or de Kilo-Moto* (163 pages, 63 croquis, 12 planches, 1933) 50 »
3. MAURY, J., *Triangulation du Congo oriental* (177 pages, 4 fig., 3 planches, 1934). . 50 »

Tome II.

1. ANTHOINE, R., *L'amalgamation des minerais à or libre à basse teneur de la mine du mont Tsi* (29 pages, 2 figures, 2 planches, 1936) fr. 10 »
2. MOLLE, A., *Observations magnétiques faites à Elisabethville (Congo belge) pendant l'année internationale polaire* (120 pages, 16 figures, 3 planches, 1936). . 45 »
3. DEHALU, M., et PAUWEN, L., *Laboratoire de photogrammétrie de l'Université de Liège. Description, théorie et usage des appareils de prises de vues, du stéréoplanigraphe C, et de l'Aéromultiplex Zeiss* (80 pages, 40 fig., 2 planches, 1938) 20 »
4. TONNEAU, R., et CHARPENTIER, J., *Etude de la récupération de l'or et des sables noirs d'un gravier alluvionnaire* (Mémoire couronné au Concours annuel de 1938) (95 pages, 9 diagrammes, 1 planche, 1939) 35 »
5. MAURY, J., *Triangulation du Bas-Congo* (41 pages, 1 carte, 1939) 15 »

Tome III.

- HERMANS, L., *Résultats des observations magnétiques effectuées de 1934 à 1938 pour l'établissement de la carte magnétique du Congo belge* (avec une introduction par M. Dehalu) :
1. Fascicule préliminaire. — *Aperçu des méthodes et nomenclature des Stations* (88 pages, 9 figures, 15 planches, 1939) fr. 40 »
 2. En préparation.
 3. Fascicule II. — *Kivu. Ruanda. Région des Parcs Nationaux* (20 janvier 1935-26 avril 1936) (138 pages, 27 figures, 21 planches, 1941) 75 »
 4. Fascicule III. — *Région des Mines d'or de Kilo-Moto, Ituri, Haut-Uele* (27 avril-16 octobre 1936) (71 pages, 9 figures, 15 planches, 1939). 40 »

Tome IV.

1. ANTHOINE, R., *Les méthodes pratiques d'évaluation des gîtes secondaires aurifères appliquées dans la région de Kilo-Moto (Congo belge)* (218 pages, 56 figures, planches, 1941) fr. 75 »
2. DE GRAND RY, G., *Les grabén africains et la recherche du pétrole en Afrique orientale* (77 pages, 4 figures, 1941) 25 »

Sous presse.

- HERMANS, L., *Résultats des observations magnétiques effectuées de 1934 à 1938 pour l'établissement de la carte magnétique du Congo belge* (fase. I) (in-4°).
- MERTENS, le R. P. J., *Les chefs couronnés chez les Ba Kongo orientaux. Etude de régime successoral* (in-8°).
- DE BOECK, le R. P. L., *Premières applications de la géographie linguistique aux langues bantoues* (in-8°).
- DEVROEY, E., *Réglementation sur les constructions au Congo belge* (in-8°).
- HERMANS, L. et MÖLLE, A., *Observations magnétiques faites à Élisabethville (Congo belge) pendant les années 1933-1934* (in-4°).
- VAN DER KERKEN, G., *Le Mésolithique et le Néolithique du Bassin de l'Uele* (in-8°).

BULLETIN DES SÉANCES DE L'INSTITUT ROYAL COLONIAL BELGE

	Belgique.	Congo belge.	Union postale universelle.
Abonnement annuel. . . .	fr. 60.—	fr. 70.—	fr. 75.— (15 Belgas)
Prix par fascicule	fr. 25.—	fr. 30.—	fr. 30.— (6 Belgas)

Tome I (1929-1930) . . .	608 pages	Tome VII (1936) . . .	626 pages
Tome II (1931) . . .	694 »	Tome VIII (1937) . . .	895 »
Tome III (1932) . . .	680 »	Tome IX (1938) . . .	871 »
Tome IV (1933) . . .	884 »	Tome X (1939) . . .	473 »
Tome V (1934) . . .	738 »	Tome XI (1940) . . .	598 »
Tome VI (1935) . . .	765 »		

M. HAYEZ, Imprimeur de l'Académie royale de Belgique, rue de Louvain, 112, Bruxelles.
(Domicile légal: rue de la Chancellerie, 4) N° réf. 2019

Made in Belgium.