

Institut Royal Colonial Belge

SECTION
DES SCIENCES TECHNIQUES

Mémoires. — Collection in-8°.
Tome III, fasc. 1.

Koninklijk Belgisch Koloniaal Instituut

AFDEELING
DER TECHNISCHE WETENSCHAPPEN

Verhandelingen. — Verzameling
in-8°. — T. III, afl. 1.

MESURES HYDROGRAPHIQUES

EFFECTUÉES DANS LA RÉGION DIVAGANTE
DU BIEF MARITIME DU FLEUVE CONGO

OBSERVATION DES MOUVEMENTS DES ALLUVIONS

ESSAI DE DÉTERMINATION DES DÉBITS SOLIDES

PAR

R. SPRONCK

CHARGÉ DE COURS À L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE,
CHARGÉ DE MISSION HYDROGRAPHIQUE AU CONGO.



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 Ituanda, 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.-É., *Dictionnaire kikongo-français* (xciv-1183 pages, 1 carte, 1936) . . . fr. 300 »

Tome III.

1. PLANCQUAERT, 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. MOTTOULE, le Dr 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.

MERIENS, 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 Bakhimba 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) 100 »



R. SPRONCK. Mesures hydrographiques effectuées dans la région divagante du bief maritime du fleuve Congo. Observation des mouvements des alluvions. Essai de détermination des débits solides. Bxl, IRCB, 1941, 56 p., br. (Mém. 3ème Cl., coll. in-8°, t. III.1).

3862 / dac

Prix neuf : 370,-

370,-

Zaire, Sciences techniques, Hydrologie

MESURES HYDROGRAPHIQUES

EFFECTUÉES DANS LA RÉGION DIVAGANTE
DU BIEF MARITIME DU FLEUVE CONGO

OBSERVATION DES MOUVEMENTS DES ALLUVIONS

ESSAI DE DÉTERMINATION DES DÉBITS SOLIDES

PAR

R. SPRONCK

CHARGÉ DE COURS À L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE,
CHARGÉ DE MISSION HYDROGRAPHIQUE AU CONGO.

Mémoire présenté à la séance du 24 novembre 1939.

MESURES HYDROGRAPHIQUES

EFFECTUÉES DANS LA RÉGION DIVAGANTE
DU BIEF MARITIME DU FLEUVE CONGO

OBSERVATION DES MOUVEMENTS DES ALLUVIONS

ESSAI DE DÉTERMINATION DES DÉBITS SOLIDES

INTRODUCTION.

Le bief maritime du fleuve Congo comporte, entre Fetish-Rock et Kisanga, un élargissement considérable encombré d'îles alluvionnaires, où les profondeurs sont relativement faibles et où les fonds meubles sont continuellement remaniés par les eaux.

Au cours des dernières années, les difficultés de la navigation dans cette région ont été remarquablement maîtrisées par une conduite raisonnée des dragages, basée sur une connaissance graduellement plus complète de l'évolution des fonds et du régime du fleuve.

Les mesures décrites ci-après ont eu pour but d'apporter une nouvelle contribution aux études poursuivies à ce sujet par le Service des Voies navigables. Elles ont visé en ordre principal à mettre au point certaines méthodes d'observation des mouvements alluvionnaires en vue de la détermination des débits solides dans les principaux bras du fleuve.

Le problème du transport par un courant des particules solides d'un lit mobile a donné lieu, depuis longtemps, à de nombreuses recherches théoriques et expérimentales et reste l'un des plus difficiles de l'hydraulique fluviale.

Dans les cours d'eau naturels, et particulièrement dans des cas aussi complexes que celui-ci, les considérations déduites de ces études sont impuissantes à embrasser toutes les particularités du phénomène, et des mesures locales restent indispensables à la compréhension du mécanisme des transports solides.

On peut dans une certaine mesure étudier indirectement les mouvements des alluvions par des levés périodiques conjugués avec des observations de vitesses et des analyses d'échantillons prélevés sur les fonds. Cependant, en vue d'analyser de plus près le transport des matériaux de fond, on s'est préoccupé également de capter, sur les fonds et dans les courants, des échantillons représentatifs des débits solides instantanés.

La technique de ces mesures directes est relativement récente; elle a reçu dans divers pays, en Allemagne, aux États-Unis, en Hollande et en France, des applications particulières suivant des procédés assez différents. Les renseignements obtenus à ce sujet nous ont conduit à expérimenter dans le cas actuel un certain nombre d'appareils conçus pour des cas analogues.

Les mesures ont été poursuivies en 1938 et 1939 au cours d'un voyage d'études effectué au Congo, à l'intervention du Ministère des Colonies, du Fonds National de la Recherche Scientifique, de l'Institut Royal Colonial et du Patrimoine de l'Université de Liège. Elles ont été effectuées en collaboration étroite avec la Section du Bas-Congo du Service des Voies Navigables de la Colonie. Le matériel et le personnel nécessaires ont été fournis par la Section du Bas-Congo, les appareils nouveaux ayant été acquis par le Service sur la proposition de l'auteur.

La mise au point des méthodes de mesure et l'interprétation des résultats obtenus ont donné lieu à d'assez grandes difficultés et des conclusions valables ne peuvent être énoncées actuellement que pour un petit nombre de sections de mesure. L'achèvement de ces opérations ne doit

être considéré que comme une première étape dans la recherche d'une meilleure appréciation des mouvements des alluvions dans la région étudiée, région d'une importance prépondérante pour le commerce extérieur de la Colonie.

1. Régime du fleuve.

Le bassin du Congo, d'une superficie d'environ 3.500.000 km², s'étend en latitude de 13° Sud à 8° Nord. L'inversion des saisons de part et d'autre de l'équateur a pour résultat une remarquable stabilité du régime. Les jaugeages effectués dans le Bas-Fleuve, depuis une dizaine d'années, permettent d'évaluer les débits extrêmes à 23.000 et 75.000 m³/sec. Le fleuve subit deux périodes de basses eaux alternant avec deux périodes de hautes eaux : petite décrue en février-mars, correspondant à la saison sèche dans l'hémisphère Nord; petite crue en mai; grande décrue en juillet, correspondant à la saison sèche dans l'hémisphère Sud, et grande crue en décembre. En année moyenne, le débit est de 30.000 m³/sec. environ aux basses eaux de juillet et 60.000 m³/sec. environ aux hautes eaux de décembre (1).

Le zéro de l'échelle d'étiage de Boma correspond aux basses eaux de juillet 1913. L'influence des plus fortes marées se fait encore sentir de façon sensible aux basses eaux jusqu'à quelques kilomètres en amont de Boma. Les jaugeages, effectués au moyen de flotteurs de surface, ont permis d'établir la courbe limnimétrique du débit, exprimant la relation entre le débit du fleuve et la hauteur lue à l'échelle de Boma.

(1) R. VANDERLINDEN, Note sur le régime hydrographique du bassin du Congo (*Bull. des séances de l'Institut Royal Colonial Belge*, 1937). — E. DEVROEY et R. VANDERLINDEN, Le Bas-Congo, artère vitale de notre Colonie (extrait des *Annales des Travaux publics de Belgique*, 1938, Goemaere, éditeur à Bruxelles).

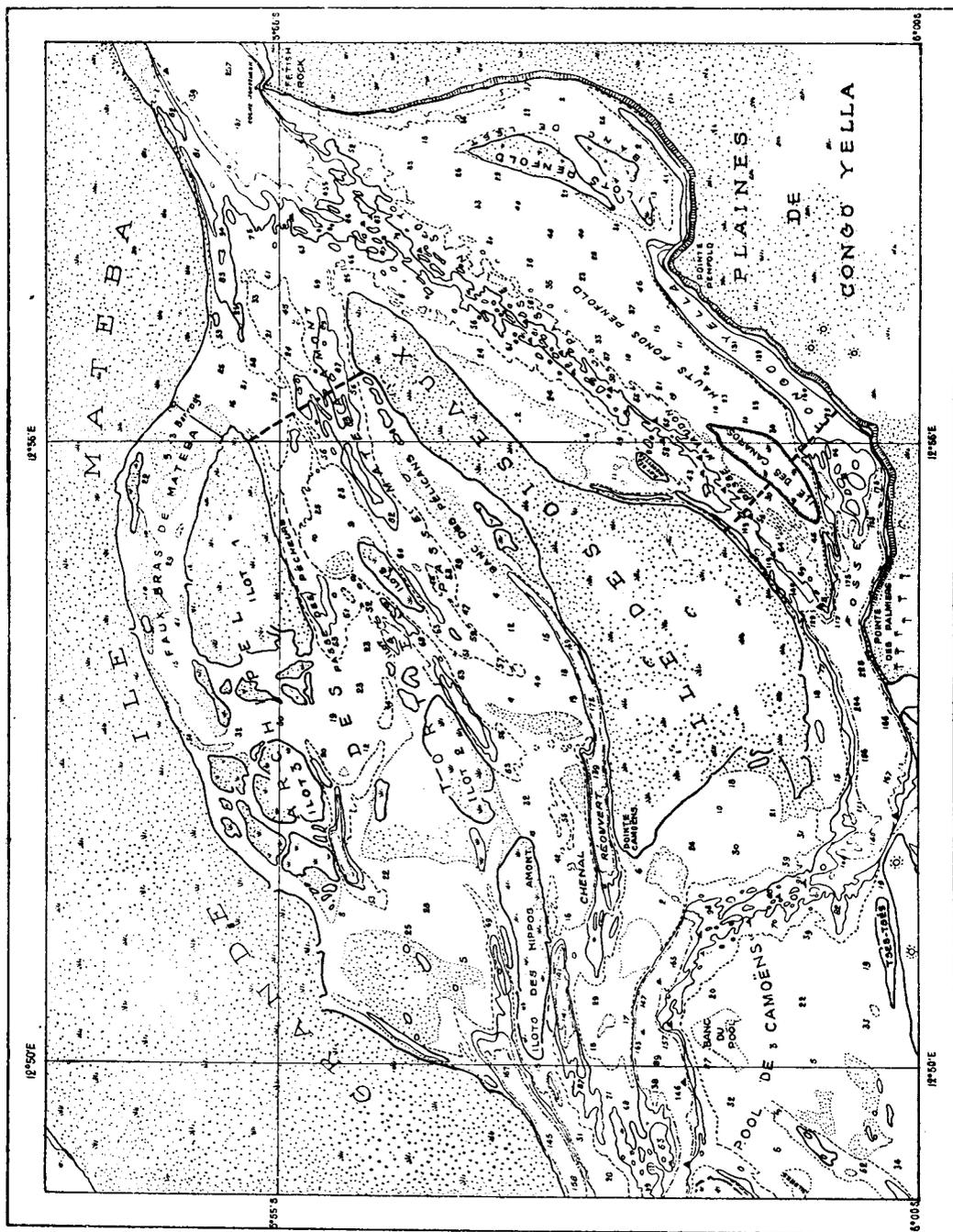


FIG. 1.

De Matadi à Banana, le bief maritime mesure environ 137 km. de longueur. Les 50 premiers kilomètres sont à bras unique de 450 à 2.000 m. de largeur; de l'île des Princes, en amont de Boma, à la Pointe écossaise (60 km. suivant la route de navigation actuelle), le lit du fleuve s'élargit considérablement, pour se rétrécir ensuite. La largeur totale, de 4.600 m. à Boma, atteint 19 km. environ par le travers des plaines de Fetish-Rock et de Congo-Yella. A partir de la Pointe écossaise, le fleuve est formé par une fosse centrale de plus en plus profonde entourée de criques et d'îles basses.

La pente moyenne superficielle du fleuve serait de 4 cm. par km. entre Boma et la mer aux basses eaux et de 7,7 cm. par km. aux hautes eaux.

La carte actuelle de la région divagante au 50.000^e est mise à jour et rééditée annuellement par le Service des Voies Navigables. La figure 1 en donne une reproduction partielle.

L'amplitude maximum de la marée à Banana est de 1^m80. Le retard de la marée est d'environ 1 h. 15 à Convensaingh; 1 h. 50 à Camoens central; 2 heures à Camoens amont; 2 h. 15 à la passe Mayaudon; 3 heures à l'amont de la passe Nisot. L'amplitude relative minimum des marées dans les passes (aux hautes eaux du fleuve, vers 2^m60 à l'échelle de Boma) est de 90 % à Malela; 64 % à Longo; 33 % à Convensaingh; 18 % à Camoens; 9 % à la passe Mayaudon; 4 % à Fetish-Rock. L'amplitude relative maximum des marées (aux basses eaux du fleuve, vers 1^m30 à l'échelle de Boma) est de 100 % à Malela, 80 % à Longo, 55 % à Convensaingh, 35 % à Camoens, 25 % à la passe Mayaudon, 12 % à Fetish-Rock.

Les vitesses superficielles observées dans la route de navigation entre Boma et Malela sont de l'ordre de 4 km./heure (1^m65/sec.) aux hautes eaux. Dans le pool de Camoens, pour des marées de 1 m. d'amplitude à Banana, les variations de vitesses dues à la marée sont de l'ordre

de 15 % environ de part et d'autre de la moyenne; elles s'atténuent rapidement en amont.

La répartition moyenne du débit total dans les divers bras du fleuve, peu variable des basses aux hautes eaux, peut se résumer comme suit, selon les résultats des jaugeages effectués de 1927 à 1938 :

Goulet de Fetish Rock : 85 %				
Chenal Maxwell 15 %	Faux-bras de Mateba	Passe Mateba amont	Passe Nisot	Ancienne passe portugaise
	3 %	35 %	40 %	7 %
			Passe Mayaudon	Passe Congo-Yella
			22 %	25 %

2. Mesures de vitesses.

Au cours des opérations actuelles, des mesures de vitesses approfondies ont été effectuées dans les trois sections représentées sur la figure 1. Il est utile d'examiner en premier lieu les résultats de ces mesures en vue de l'interprétation des résultats des mesures de débits solides.

Ces mesures ont eu lieu dans le courant de décembre 1938 et janvier 1939, et correspondent uniquement à une période de hautes eaux. En raison de l'organisation des mesures de débits solides, les mesures de vitesses aux différents points d'une section transversale ne pouvaient avoir lieu que dans l'intervalle de quelques jours et ne constituent pas à proprement parler des jaugeages du débit, celui-ci variant au cours des mesures. Cependant, en raison du taux relativement faible de cette variation, on peut en déduire des évaluations des débits partiels aux dates moyennes des mesures.

Les mesures s'effectuaient à bord d'une vedette à

moteur, le m. b. *Prince Baudouin*, unité ancienne de 55 tonnes, équipé d'un moteur semi-Diesel de 50 CV et muni des daviers et treuils nécessaires à la manipulation des appareils de mesure.

Au cours de chaque station de mesure, la vedette était maintenue immobile par le mouillage d'une ancre de

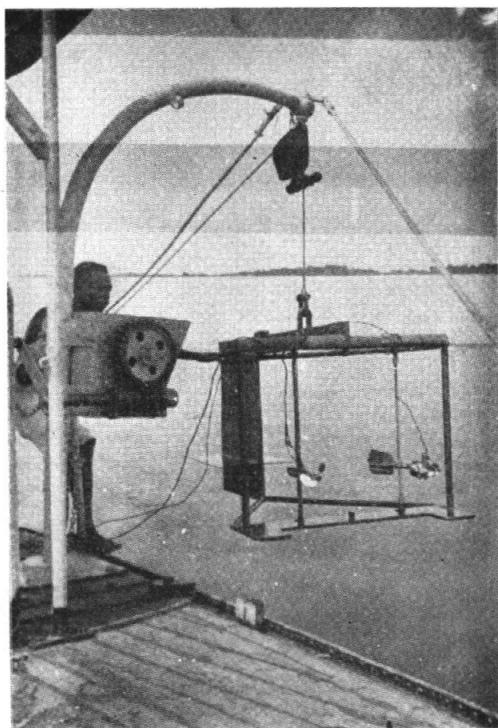


FIG. 2. — Mesures de vitesses.

100 kg. à l'avant et éventuellement d'une autre ancre de 50 kg. à l'arrière.

Sur un cadre lesté de forme appropriée, pesant une centaine de kilogrammes (fig. 2), étaient fixés sur tiges deux moulinets hydrométriques. L'un d'eux était un moulinet Gurley à axe de rotation vertical acquis par le Service des

Voies Navigables depuis un certain nombre d'années et préalablement retardé, par comparaison avec le moulinet suivant (fig. 3). Le second était un moulinet Ott à hélice, à axe de rotation horizontal, contacts dans l'huile et transmission électrique, acquis par le Service des Voies Navigables à l'occasion des mesures actuelles.

Le cadre, suspendu à un davier par un câble gradué, était descendu à une profondeur déterminée. En raison du poids du dispositif et de la conformation du cadre, celui-ci se tenait bien vertical et sensiblement immobile, même dans les courants les plus forts qui ont été mesurés.

La vitesse de rotation des moulinets était déduite de la mesure au chronomètre des intervalles de temps séparant des sonneries actionnées par la fermeture de circuits électriques.

Les vitesses correspondantes résultent des courbes de tarage des deux moulinets.

Près du fond, les vitesses étaient mesurées à 20 et à 50 cm. du fond. On peut déduire de ces mesures la variation approximative des vitesses près du fond. Les tableaux I, II et III donnent les résultats de ces mesures. Les valeurs indiquées résultent de moyennes entre les valeurs extrêmes résultant des fluctuations de vitesse en un point.

Les valeurs obtenues pour la passe Congo-Yella et pour la passe Mayaudon ont subi de légères corrections pour tenir compte de l'influence de la marée.

Les diagrammes figures 4, 5 et 6 traduisent les résultats repris dans les tableaux précédents. On peut en déduire des indications précises sur la répartition des vitesses dans les sections étudiées.

Les débits totaux, dont la précision est moindre en raison de la non-simultanéité des mesures, sont : pour la passe Mateba, amont, 19.035 m³/sec. pour 2^m50 à l'échelle de Boma; pour la passe Mayaudon, 11.715 m³/sec. pour 2^m95 à l'échelle de Boma; pour la passe Congo-Yella, 11.225 m³/sec. pour 2^m20 à l'échelle de Boma. Ces résultats seront utilisés plus loin.

TABEAU I.
Section transversale dans la passe de Congo-Yella.

Dis- tances ΔD (mètres)	Station de mesure Sign. bath. /c. long.	Date	Échelle de Bonna	Profon- deur H (mètres)	$q = \frac{Q}{\Sigma V \Delta H}$	Vitesse moyenne $V_m = \frac{q}{H}$ (mètres/sec.)	$V_m \frac{1}{\sqrt{H}}$	Vitesse superfi- cielle V_s (mètres/sec.)	$V_s \frac{1}{\sqrt{H}}$	$V_f (0,20)$ (mètres/sec.)	$V_f \frac{1}{\sqrt{H}}$	$\frac{V_m}{V_s}$	$\frac{V_f}{V_m}$
230	64°45	9-1-39	2.25	7.20	6.12	0.85	0.31	1.00	0.37	0.47	0.17	0.85	0.55
195	75 40	9-1-39	2.25	10.50	13.76	1.31	0.40	1.50	0.46	0.85	0.26	0.875	0.65
210	93	9-1-39	2.25	12.80	18.89	1.47	0.41	1.50	0.42	0.62	0.17	0.975	0.42
200	117	11-1-39	2.15	12.00	15.78	1.31	0.38	1.42	0.41	0.47	0.14	0.925	0.36
215													
Largeur 1050 m.				$\Omega = \frac{Q}{\Sigma H \Delta D} = 9545 \text{ m}^2$	$\frac{Q}{\Sigma q \Delta D} = 14.225 \text{ m}^3/\text{sec}$	$\frac{V_m}{H} = 11.225$ $\frac{9.545}{1.48}$ m/sec	$\left(\frac{V_m}{\sqrt{H}}\right)_m = 0.375$	$\left(\frac{V_s}{\sqrt{H}}\right)_m = 0.42$	$\left(\frac{V_f}{\sqrt{H}}\right)_m = 0.18$	$\left(\frac{V_m}{V_s}\right)_m = 0.9$	$\left(\frac{V_f}{V_m}\right)_m = 0.49$		

TABLEAU II.

Section transversale dans la passe Mayaudon.

Dis- tances ΔD (mètres)	Angle	Date	Echelle de Bonna	Profon- deur H (mètres)	$q =$ $\Sigma V \Delta H$	Vitesse moyenne $V_m = \frac{q}{H}$ (mètres/sec.)	$V_m \frac{1}{\sqrt{H}}$	Vitesse superfi- cielle V_s (mètres/sec.)	$V_s \frac{1}{\sqrt{H}}$	V_f (0,20) (mètres/sec.)	$\frac{V_f}{\sqrt{H}}$	$\frac{V_m}{V_s}$	$\frac{V_f}{V_m}$
100	78°30	21-12-38	2.89	7.00	8.14	1.16	0.41	1.30	0.49	0.90	0.34	0.89	0.78
200	99 15	21-12-38	2.89	10.80	14.75	1.37	0.42	1.60	0.48	0.80	0.24	0.86	0.59
200	113	22-12-38	2.83	9.00	12.70	1.42	0.37	1.60	0.53	0.70	0.23	0.885	0.49
200	118 20	22-12-38	2.83	10.40	13.90	1.35	0.42	1.56	0.48	0.75	2.23	0.865	0.555
200	127 20	23-12-38	2.80	14.00	14.82	1.06	0.28	1.00	0.27	0.45	0.12	1.06	0.425
Largeur 1000 m.				$Q =$ $\Sigma H \Delta D =$ 9190 m ²	$Q =$ $\Sigma q \Delta D =$ 11.715 m ³ /sec.	$V_m =$ $\frac{Q}{\Sigma H \Delta D} =$ $\frac{11.715}{9.190}$ 1.28 m/sec.	$\left(\frac{V_m}{\sqrt{H}}\right)_m =$ 0.38	$\left(\frac{V_s}{\sqrt{H}}\right)_m =$ 0.45	$\left(\frac{V_f}{\sqrt{H}}\right)_m =$ 0.23	$\left(\frac{V_m}{V_s}\right)_m =$ 0.91	$\left(\frac{V_f}{V_m}\right)_m =$ 0.58		

TABLEAU III.

Section transversale dans la passe Mateba amont.

Dis- tances ΔD (mètres)	Angle	Date	Profon- deur H (mètres)	$q = \Sigma V \Delta H$	Vitesse moyenne $V_m = \frac{q}{H}$ (mètres/sec.)	$V_m \frac{q}{\sqrt{H}}$	Vitesse superfi- cielle V_s (mètres/sec.)	$V_s \frac{q}{\sqrt{H}}$	V_f (0,20) (mètres/sec.)	$V_f \frac{q}{\sqrt{H}}$	$\frac{V_m}{V_s}$	$\frac{V_f}{V_m}$
175	42° 40	24-12-38	2.79	15.95	1.39	0.41	1.60	0.47	0.79	0.235	0.87	0.57
200	46 30	27-12-38	2.69	9.69	1.29	0.47	1.40	0.51	1.08	0.395	0.92	0.84
200	52 00	27-12-38	2.69	7.91	1.58	0.71	1.64	0.73	1.36	0.61	0.96	0.86
200	57 50	30-12-38	2.52	7.37	1.47	0.66	1.63	0.73	1.20	0.54	0.90	0.82
200	64 45	30-12-38	2.52	10.46	1.81	0.75	1.80	0.75	1.48	0.62	1.00	0.82
200	73 45	30-12-38	2.52	8.94	1.48	0.50	1.70	0.58	0.80	0.305	0.87	0.61
200	85 45	5- 1-39	2.35	8.95	1.19	0.435	1.40	0.51	0.62	0.225	0.85	0.51
200	100 00	5- 1-39	2.35	12.19	1.295	0.43	1.45	0.48	0.90	0.30	0.89	0.695
200	E. Q. / Ext. / 45° Pitt. 71° 55	5- 1-39	2.35	16.87	1.48	0.44	1.65	0.49	0.50	0.15	0.90	0.34
Largeur 1925 m.			$\Sigma H \Delta D =$ 13.340 m ²	$\Sigma q \Delta D =$ 19.035 m ³ /sec.	$\frac{V_m}{19.035}$ $\frac{13.340}{1.45 \text{ m/s}}$	$\left(\frac{V_m}{\sqrt{H}}\right) =$ 0.53	$\left(\frac{V_s}{\sqrt{H}}\right) =$ 0.58	$\left(\frac{V_f}{\sqrt{H}}\right) =$ 0.375	$\left(\frac{V_m}{V_s}\right) =$ 0.91	$\left(\frac{V_f}{V_m}\right) =$ 0.67		

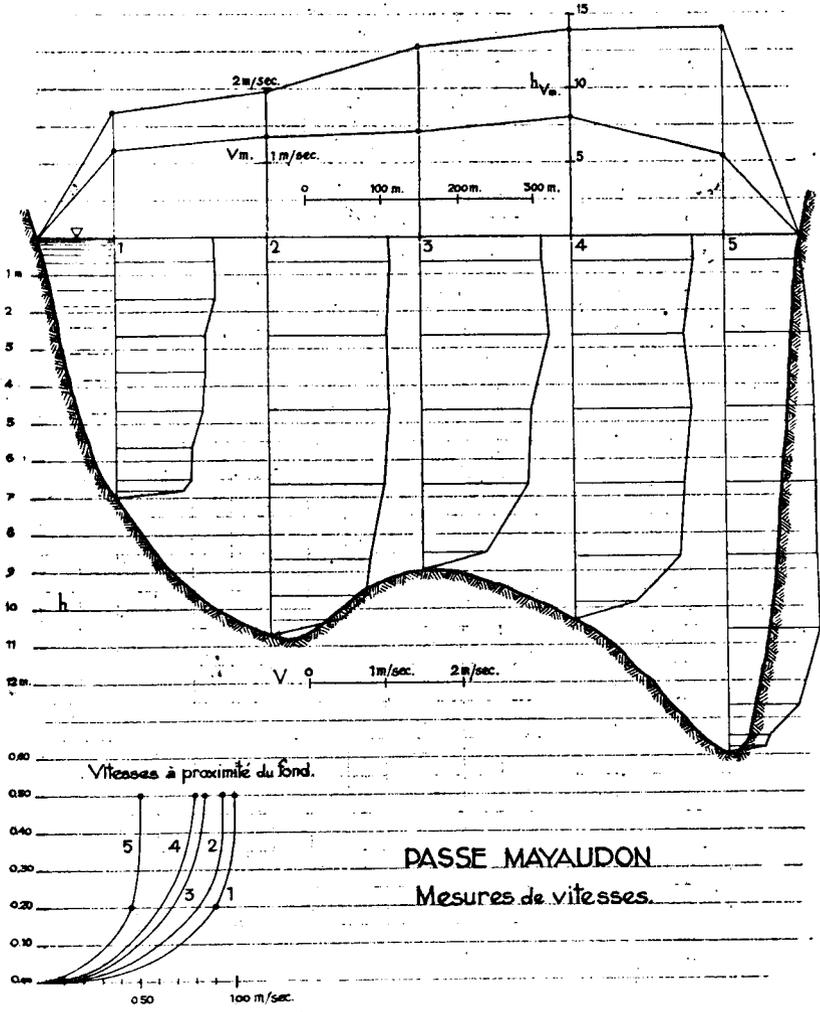
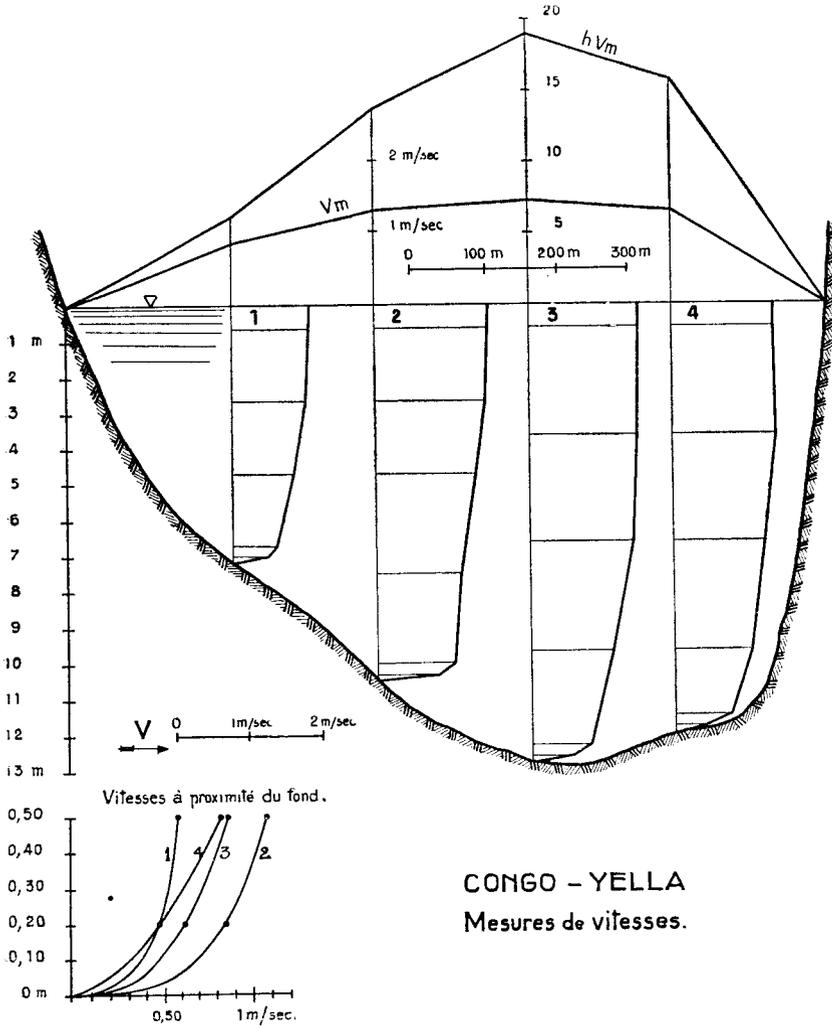


FIG. 5.



CONGO - YELLA
Mesures de vitesses.

FIG. 6.

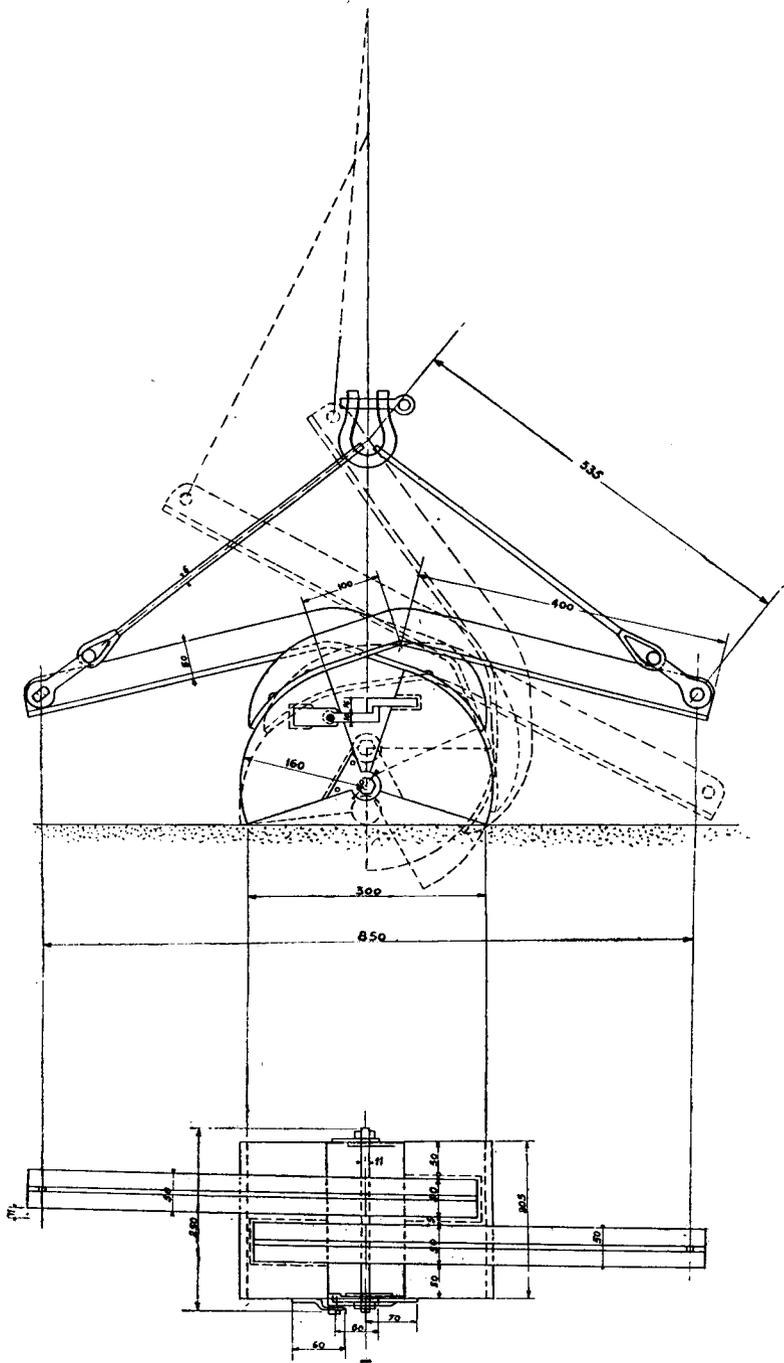


FIG. 7.

3. Nature des sables des fonds.

Il a été procédé dans le courant de novembre 1938 à des prélèvements systématiques d'échantillons dans la couche superficielle des fonds en de nombreux points de la région étudiée. Sauf cas exceptionnels, ces échantillons étaient composés uniquement de sables quartzeux, parfois légèrement micacés, et l'on s'est généralement borné à les analyser au point de vue de la répartition de la grosseur des grains.

Ces analyses granulométriques ont été effectuées sur des échantillons préalablement desséchés, au moyen de tamis métalliques à mailles carrées. Les résultats ont été traduits en courbes granulométriques. On sait que ces courbes sont obtenues en portant sur un diagramme semi-logarithmique, au droit de chaque abscisse représentant le jour du tamis correspondant, la proportion cumulée du poids des grains de grosseur inférieure ou supérieure.

Les échantillons ont été prélevés au moyen d'un petit grapin d'une contenance d'une dizaine de litres, construit sur place (fig. 7). Ce grapin, suspendu à un câble passant sur la poulie d'un davier, est descendu sur le fond, en position ouverte, pendant que l'embarcation dérive de manière que le câble de suspension reste sensiblement vertical.

Au contact du fond, l'appareil enlève en se refermant une certaine quantité de matériaux meubles; un échantillon de 2 kg. environ non délavé par le relèvement de l'appareil est desséché et une prise moyenne de 200 gr. est soumise au tamisage. Les tamis employés en premier lieu étaient des tamis de fortune, construits sur place au moyen de toiles métalliques qui ont été examinées au microscope en vue de s'assurer des dimensions des jours et des fils. Les caractéristiques des tamis utilisés sont reprises dans la liste ci-après.

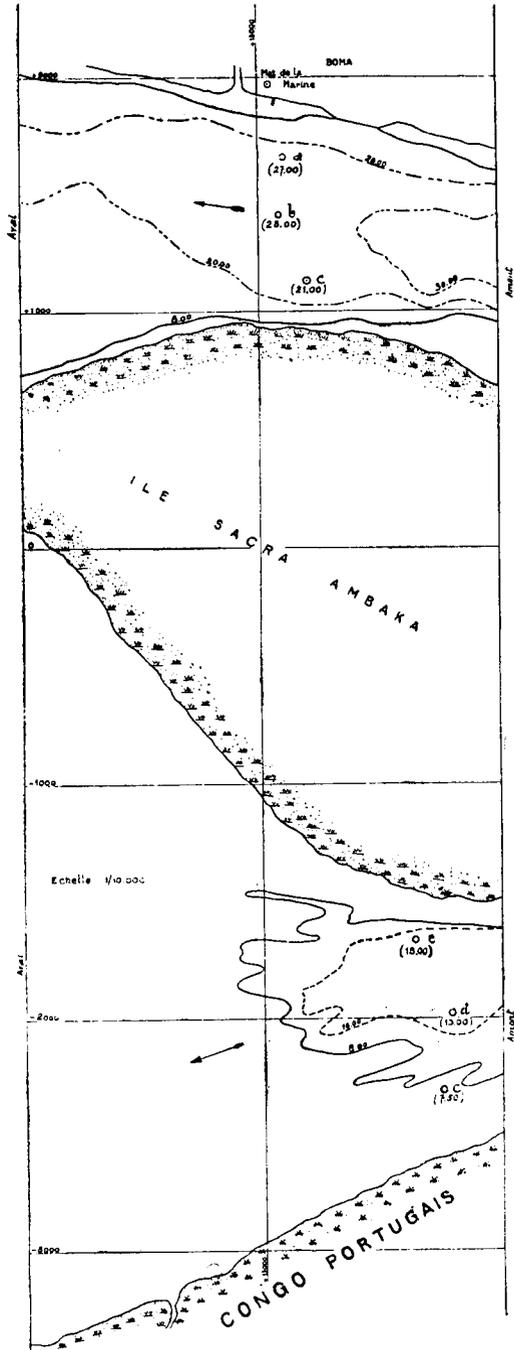


FIG. 8.

Nombre de mailles par cm ² .	Diamètre des fils. (mm.)	Jours entre fils. (mm.)	Rapport des jours (<i>r</i>).	Log <i>r</i> .
16	0,70	1,800	—	—
36	0,50	1,170	1,54	0,187
121	0,31	0,600	1,95	0,290
196	0,26	0,450	1,33	0,124
576	0,17	0,250	1,80	0,255
1.600	0,09	0,160	1,56	0,195
4.900	0,055	0,088	1,81	0,260
6.400	0,045	0,080	1,10	0,041

Les premiers échantillons ont été prélevés dans le fleuve devant Boma, dans les deux bras entourant l'île Sacra-Ambaka (fig. 8). Ils sont décrits ci-après, parce qu'ils donnent un premier aperçu des matériaux qui peuvent être entraînés dans les passe en aval, et participer au cheminement des fonds.

Le tableau ci-après en indique la composition granulométrique.

Jours des tamis. mm.	REFUS CUMULÉS EN %.						Suspension près du fond (<i>s</i>).	
	1 (<i>a</i>).	2 (<i>b</i>).	3 (<i>c</i>).	4 (<i>d</i>).	5 (<i>e</i>).	6 (<i>f</i>).	Jours des tamis.	Refus cumulés en %.
1,800	—	97,6	100	82	86,5	98	0,589	99,4
1,170	—	87	99,6	64,6	66,8	88,8	0,417	98,8
0,600	100	58,6	96,7	53,5	45,4	50,6	0,285	93,2
0,450	98,9	37,3	92,3	47,3	35,6	38,5	0,208	65,2
0,250	16,5	6,4	14,2	11,4	4,1	10,3	0,147	16,8
0,160	23	0,8	1,6	1,8	0,4	0,8	0,104	3,8
0,088	0,1	0	0	0,1	0	0	—	—
0,080	—	—	—	0	—	—	—	—

Il a été joint une analyse d'échantillon de sable fin existant en suspension dans l'eau, à faible distance du fond.

Indiquons que pour transformer les courbes granulométriques usuelles en courbes de répartition beaucoup plus expressives, on porte dans chaque intervalle des abscisses à l'échelle de $1 \text{ cm}^2 = 1 \%$, par exemple, les refus partiels exprimés en %. Pour construire un tel diagramme, si p est le pourcentage et r le rapport des jours correspondants, on trace dans chaque intervalle un rectangle de hauteur

$$h = \frac{p}{12,5 \log r},$$

le facteur 12,5 tenant compte de l'échelle des abscisses. Comme les ordonnées sont portées en divisions de 2 mm., h devient

$$\frac{p}{0,2 \times 12,5 \log r} = \frac{0,4 p}{\log r} \text{ divisions.}$$

On obtient ainsi un diagramme en gradins auquel on peut substituer aisément une courbe continue de surfaces partielles équivalentes.

A titre d'exemple, le tableau ci-après indique les calculs correspondants.

Exemple de calcul de courbe de répartition (Échantillon O).

Jours en mm.	Proportions en %.	Log r .	$k = \frac{0,4}{\log r}$	Hauteurs = kp divisions.
1,800	—	—	—	—
1,170	0,4	0,187	2,14	0,8
0,600	2,9	0,290	1,38	4,0
0,450	4,4	0,124	3,23	14,0
0,250	78,1	0,255	1,57	122,0
0,160	12,6	0,195	2,05	25,8
0,088	1,6	0,260	1,54	5,4
0,080	0	0,041	9,75	0

La figure 9 reproduit les sept courbes de répartition correspondant aux échantillons précités. On voit immédiate-

ment qu'en raison du transport antérieur, les sables en question se présentent en diverses catégories classées d'avance. En réalité, seuls les sables des types *a* et *b*, plus ou moins modifiés dans le sens d'un classement plus

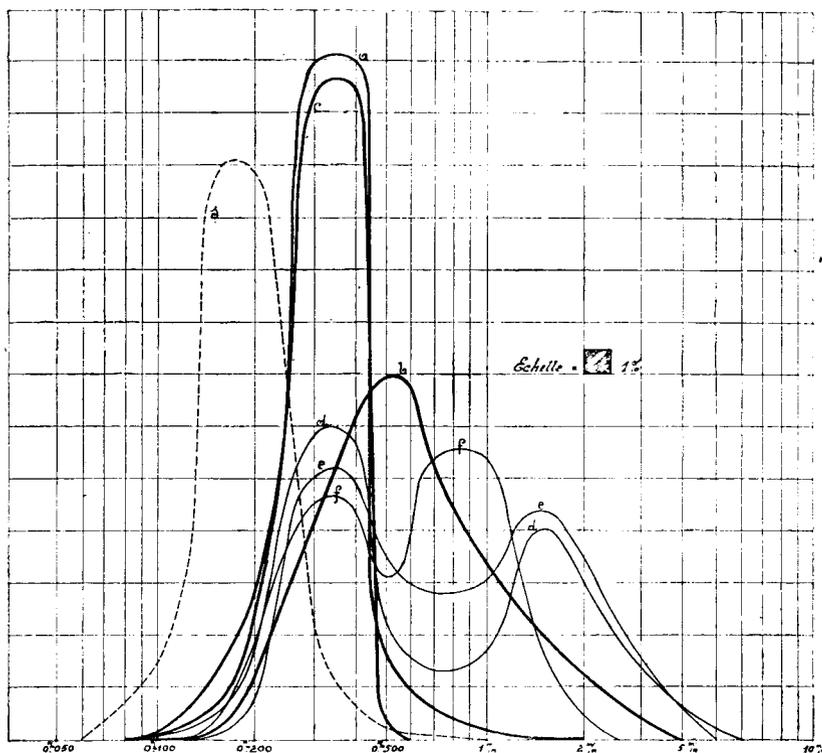


FIG. 9.

accentué, sont vraisemblablement susceptibles d'être entraînés sur le fond vers l'aval.

Les échantillons prélevés dans les passes Nisot et Mayaudon, dans Mateba amont et dans le pool de Camoens, se ramènent tous, en effet, à l'un ou l'autre de ces deux types avec tendance à un classement plus accentué d'amont vers l'aval.

Les tableaux suivants (tableaux IV et V) résument les résultats de leurs analyses granulométriques et la figure 10

TABLEAU IV.

Analyses granulométriques. Passes Nisot et Mayaudon.

Jours des tamis en mm.	Refus cumulés en % du poids.								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Dimensions maxima en mm.	12	12	8	10	6	2	12	6	2
1,800	92.4	88.5	84.9	97.1	98.5	99.4	96.8	97.5	99.7
1,170	77.3	79.1	69.3	94.1	95.0	98.9	89.0	92.8	99.2
0,600	42.5	43.9	35.3	78.0	75.1	90.5	57.9	77.4	91.6
0,450	14.8	20.5	14.6	48.3	47.4	66.1	29.3	55.2	67.2
0,250	1.3	1.7	0.1	2.3	3.1	4.6	1.0	3.9	25.0
0,160	0.1	0.3	0	0.3	1.1	1.0	0.1	0.4	0.3
0,088	0	0	—	0	0	0	0	0	0
0,080	—	—	—	—	—	—	—	—	—

reproduit quelques-unes des courbes de répartition choisies parmi les plus caractéristiques. Les échantillons prélevés dans les passes Nisot et Mayaudon l'ont été avant le début de la campagne de dragage de 1939. La composition des sables du fond dans l'axe des passes Mayaudon et Mateba amont est à rapprocher des valeurs des vitesses mesurées dans ces deux bras. Quoique les vitesses moyennes et les vitesses de fond soient notablement plus élevées dans la passe Mateba amont, les sables des fonds situés en aval des sections de mesures y sont plus fins que dans la passe Mayaudon. Ceci nous amène à examiner en détails le mécanisme des transports solides.

TABEAU V.

Analyses granulométriques.

Jours des lavis en mm.	Mateba amont.					Camcens.										
	Refus cumulés en % du poids.					Refus cumulés en % du poids.										
	1	2	3	4	5	10	11	12	13	14	15	16	17			
Dimensions maxima en mm.	—	—	—	—	—	10	5	5	10	10	4	—	3			
1,800	100	100	100	—	—	95.5	87.6	99.7	98.9	96.2	98.8	—	99.9			
1,170	99.6	99.2	99.7	100	100	88.9	73.1	98.8	97.1	92.1	98.0	100	99.7			
0,600	96.6	95.1	98.2	99.5	96.9	63.6	44.7	90.5	88.5	82.3	92.7	99.9	98.8			
0,450	87.3	86.6	91.5	95.9	79.8	35.9	30.0	71.0	71.4	67.7	83.9	98.3	96.6			
0,250	16.4	22.3	4.7	20.5	6.1	1.5	3.0	7.7	6.1	12.0	17.3	20.2	16.6			
0,160	1.3	3.4	0	5.4	0	0.4	0.9	1.5	1.2	2.6	1.6	1.6	1.8			
0,088	0	0.1	—	0.1	—	0	0.1	0.8	0.1	0.1	0	0	0			
0,080	—	0	—	0	—	—	0	—	0	0	—	—	—			

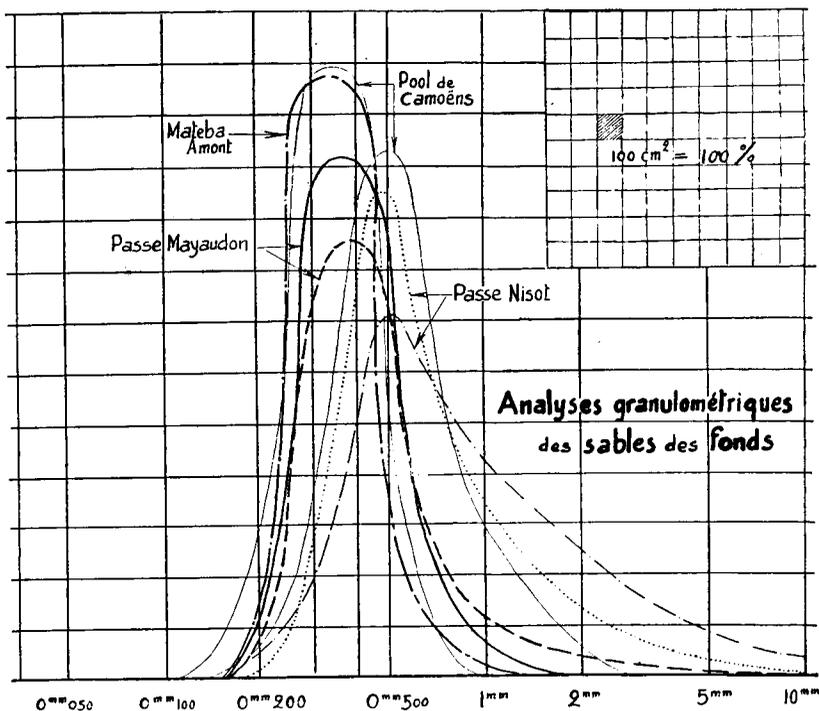


FIG. 10.

4. Mécanisme des transports solides.

Les cours d'eau transportent des matières solides sous trois formes :

1. Matières dissoutes, principalement sulfates et carbonates de chaux. Le transport de matières colloïdales peut y être assimilé.

2. Graviers et sables charriés sur le fond, transports surtout importants en crue, accompagnés d'usure par frottement.

3. Alluvions transportés en suspension dans le courant.

Le processus de l'entraînement des matériaux solides des fonds par les cours d'eau est si complexe que l'on ne

peut guère s'en représenter une image simplifiée que dans des cas schématisés à l'extrême. Si l'on considère un écoulement uniforme de pente I dans un lit rectangulaire de largeur L et de profondeur h , et si l'on admet que l'écoulement est nourri en mesure suffisante en grains de grosseur uniforme définie par le « diamètre » d , un régime de transport solide pourra s'établir de façon permanente, à condition que les vitesses d'écoulement et notamment les vitesses à proximité du fond soient suffisamment élevées.

Les nombreuses recherches effectuées sur ce sujet conduisent à admettre que l'intensité du transport et le mode de transport qui lui correspond sont définis soit par le rapport

$$\frac{hI}{d},$$

soit par le rapport

$$\frac{v_f^2}{d},$$

où v_f est la vitesse à une distance du fond égale au minimum compatible avec une mesure correcte, de l'ordre de 0^m15 à 0^m20.

Malgré l'imprécision de cette dernière notion, il est commode de s'y rapporter pour apprécier le mécanisme du transport près du fond, qui peut s'effectuer soit par charriage sur le fond et formation de vagues régulières, soit par écoulement d'une couche inférieure d'eau fortement chargée de matériaux solides, soit par suspension intermittente ou saltation, etc. Bien que le passage d'un mode de transport à un autre ne puisse être discontinu, et que la gradation ascendante soit différente en l'occurrence de la gradation descendante, on peut se représenter schématiquement le processus du transport comme l'indique la figure 11.

Dans la réalité le courant peut être alimenté en grains d'une ou plusieurs catégories, chacune de grosseurs

échelonnées, mais cependant relativement peu différentes, comme on l'a vu plus haut, et donner lieu à un ou plusieurs des modes de transport précédents.

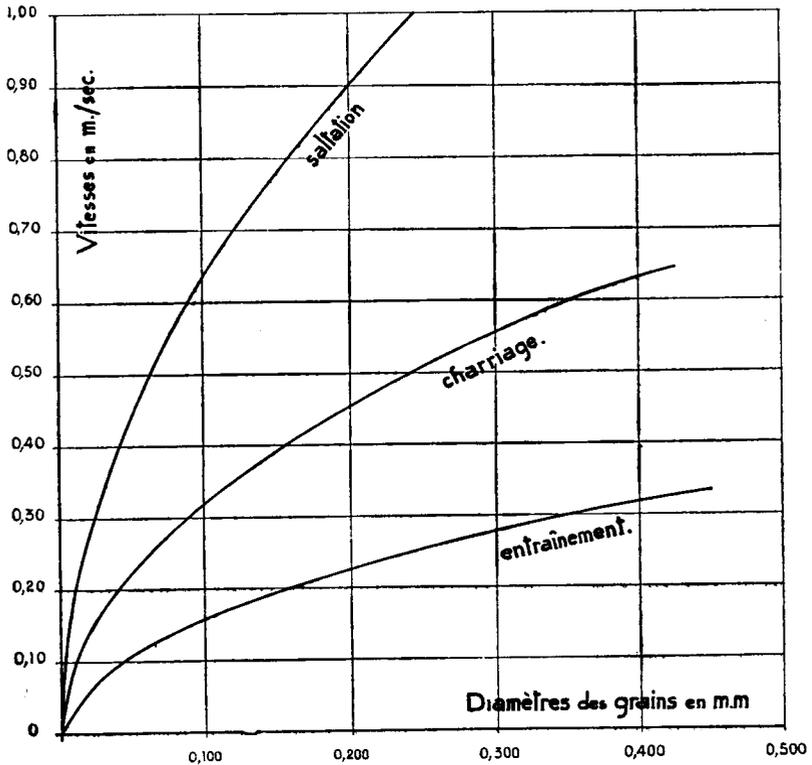


FIG. 11.

La force motrice du courant par unité de longueur du lit est

$$F = \bar{\omega} \Omega I,$$

où $\bar{\omega}$ est le poids spécifique de l'eau,

Ω la section transversale, et

I la pente superficielle.

Une partie de cette force est utilisée à vaincre le frottement sur le fond et à opérer le transport sur le fond.

La force nécessaire pour vaincre les frottements sur le fond peut être assimilée à

$$F_0 = \varpi I \Omega_0,$$

Ω_0 étant la section pour laquelle le transport solide serait nul.

La puissance utilisée au transport sur le fond est donc égale à une certaine fraction de la puissance restant disponible :

$$\varpi I V_m (\Omega - \Omega_0).$$

Le débit solide sur le fond est proportionnel à cette fraction de la puissance; les recherches expérimentales les plus récentes conduisent à lui donner la forme ⁽²⁾

$$F = k I^n (Q - Q_0),$$

où k est un coefficient qui dépend des caractères du mélange des grains transportés et caractérise le mode de transport atteint; n varie selon les auteurs entre 1 et 2; Q_0 est le débit pour lequel commence le transport sur le fond.

Dans un cours d'eau réel, les circonstances sont beaucoup plus compliquées. Les profondeurs varient beaucoup dans une même section; le courant peut se diviser en plusieurs bras; la forme du lit varie d'une section à l'autre; le débit, loin d'être constant, varie avec l'état des eaux, parfois assez rapidement pour que l'écoulement perde tout caractère de permanence; l'alimentation en matériaux

⁽²⁾ Cfr. P. DU BOYS, Le Rhône et les rivières affouillables (*Annales des Ponts et Chaussées*, 1879). — A. SCHOCKLITSCH, *Über Schleppkraft und Geschiebebewegung*, Leipzig, 1914. — G. K. GILBERT, The transportation of debris by running water (*United States geological Survey, Professional paper 86*, 1914). — F. SCHAFFERNAK, *Neue Grundlagen für die Berechnung der Geschiebeführung in Flussläufen*, Wien, 1922. — A. SCHOCKLITSCH, *Geschiebebewegung in Flüssen und an Stauwerken*. Wien, 1926. — C. H. MAC DOUGALL, An experimental determination of bed sediment transportation (*Massachusetts Institute of Technology*, 1934). — A. JORISSEX, Étude expérimentale du transport solide des cours d'eau (*Revue Universelle des Mines*, mars 1938).

solides est elle-même variable dans le temps et dans l'espace. Cependant on en est réduit à se référer à des formules telles que la précédente, au moins pour l'obtention d'une vue globale des phénomènes.

Le mécanisme du transport des grains très fins par suspension est beaucoup plus compliqué encore. L'aptitude d'un courant à donner naissance aux composantes ascendantes favorables à la suspension croît avec la vitesse du courant, mais aussi avec les autres facteurs déterminant la turbulence de ce courant. La difficulté de soulèvement des grains augmente avec la profondeur. De plus, même dans le cas d'un régime statistiquement permanent, où la théorie de la turbulence permet en principe d'établir la loi du débit solide, les teneurs en particules solides n'atteignent pas toujours les valeurs de saturation correspondant à la capacité totale de transport du courant. Il en résulte que l'on ne peut guère énoncer de loi analogue aux précédentes pour ce qui concerne ce mode de transport.

La question présente, d'ailleurs, en général, moins d'intérêt, car les modifications des fonds sont dues en ordre principal au transport de fond et non au transport des particules en suspension, qui sont généralement entraînées en tout état de cause vers l'aval.

L'incertitude des connaissances relatives à ces questions montre à suffisance la nécessité de mesures directes dans l'étude du débit solide d'un fleuve.

On verra que ces mesures directes ne peuvent elles-mêmes fournir que des ordres de grandeur, en raison des difficultés pratiques de leur réalisation.

5. Mesures des débits solides.

La technique des mesures des débits solides est relativement récente. Elle a été perfectionnée au cours des dernières années en divers pays, suivant des procédés assez différents.

On peut classer les méthodes de mesure en mesures indirectes et mesures directes. On peut étudier dans une certaine mesure les mouvements des alluvions par des levés périodiques conjugués avec l'observation des débits et des vitesses et des analyses d'échantillons de sables prélevés sur les fonds. En vue d'analyser de plus près le mécanisme du transport des alluvions, on s'est préoccupé de bonne heure de tenter de capter sur le fond et à diverses profondeurs des échantillons représentatifs du débit solide instantané.

Parmi les appareils destinés à prélever des échantillons d'eau chargée de matériaux en suspension, on peut citer les dispositifs imaginés par Forshey, Ekman, Gluckschoff, Höchstetter, Rigli, Kalitin, Van Veen, ainsi que les appareils utilisés sur le Mississipi et le Missouri.

En ce qui concerne les matériaux transportés sur le fond, divers appareils ont été conçus successivement par Möller, Canter Cremers, Van Veen, Lüders, Mülhofer, Schaank, etc.

En France des mesures de ce genre sont poursuivies dans l'estuaire de la Gironde par les services du port autonome de Bordeaux.

En Allemagne, outre de nombreuses mesures sur divers fleuves, des recherches importantes ont été poursuivies dans le golfe de Jade, par la Direction des Chantiers de la Marine à Wilhemshaven.

Aux États-Unis des observations des teneurs en matériaux en suspension sont effectuées sur une très grande échelle par le corps des ingénieurs sur le Mississipi et le Missouri.

Aux Pays-Bas plusieurs campagnes de mesures ont été poursuivies par le Rijkswaterstaat sur les côtes de la mer du Nord ainsi que sur le Rhin et la Meuse.

En Belgique, le Service hydrographique du Littoral, à Ostende, et le Service maritime de l'Escaut, à Anvers,

poursuivent également depuis plusieurs années des mesures de ce genre.

Jusqu'ici on ne possédait aucun résultat expérimental concernant le débit solide du Bas-Fleuve. Les mesures actuelles ont été effectuées à bord de la vedette *Prince*

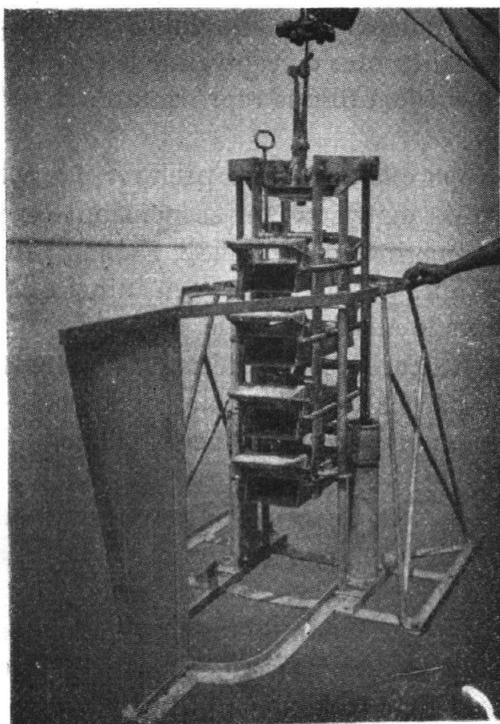


FIG. 12. — Appareil Van Veen à quatre récipients.

Baudouin, au moyen des appareils spécialement acquis dans ce but par le Service des Voies Navigables. Ces appareils étaient les suivants :

1. Un appareil de prises d'échantillons du type conçu par M. J. Van Veen, ingénieur en chef du Rijkswaterstaat, et utilisé aux mesures du débit solide dans les passes maritimes du Rhin et de la Meuse et sur les côtes néerlandaises.

L'appareil comporte quatre récipients de 5 litres de capacité, en forme de couloirs horizontaux superposés, de section rectangulaire et dont l'avant et l'arrière peuvent être obturés instantanément par deux couvercles étanches à ressorts. L'appareil est descendu ouvert sur le fond. Des

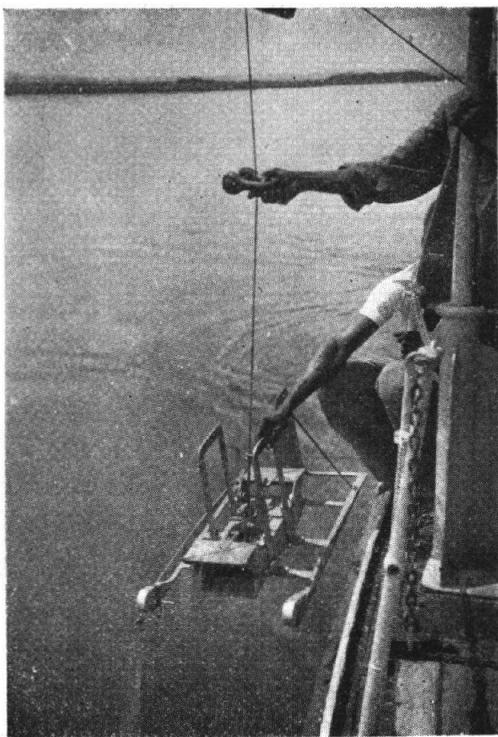


FIG. 13. — Appareil Van Veen à un récipient.

amortisseurs de fin de descente peuvent servir à l'amener sans heurt au contact du fond. La fermeture est commandée par la chute d'un cavalier le long du câble de suspension. L'appareil est muni d'un gouvernail approprié (fig. 12).

2. Un second appareil du même type, mais ne comportant qu'un seul récipient et pouvant être utilisé à toutes les profondeurs (fig. 13).

3. Un appareil de captage des alluvions charriées sur le fond, du système conçu par le D^r K. Lüders et utilisé à des mesures de transports de fond sur la côte allemande de la mer du Nord (fig. 14). Cet appareil est conformé de façon à recueillir pendant un temps déterminé les alluvions entraînées par la couche inférieure du courant, tout en permettant l'évacuation de l'eau claire. A cet effet, l'appareil

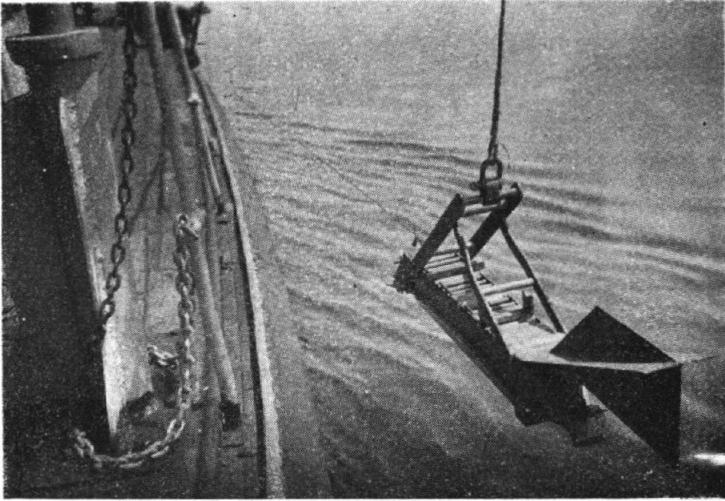


FIG. 14. — Piège à sable système Lüders.

reil comporte des ouvertures supérieures en forme de fentes. Ces ouvertures, de même que l'ouverture d'entrée, se ferment automatiquement au relevage de l'appareil, pour éviter le délavage de l'échantillon prélevé.

Les dispositifs destinés à la prise d'échantillons d'eau chargée de particules en suspension ne donnent lieu à aucune remarque. Aussi longtemps qu'ils ne viennent pas au contact du fond, ils permettent en principe de mesurer avec certitude la teneur de l'eau en alluvions à la profondeur considérée. Bien entendu, ces mesures doivent être répétées un certain nombre de fois au même endroit et fournir des valeurs moyennes. La seule difficulté résulte

des quantités relativement très petites de matières solides à recueillir. Les prises d'échantillons de 5 litres étaient recueillies, décantées presque complètement, puis séchées. Les plus fortes teneurs mesurées étant de l'ordre de 1 à 2 gr. par 5 litres, ces opérations devaient être conduites avec beaucoup de soins.

L'appareil à un seul récipient, du système Van Veen, avait été fixé sur son cadre de manière à se trouver à 2 cm. seulement du fond lorsque l'appareil était descendu sur le fond. Il permettait donc de mesurer le transport de fond à l'exclusion des matériaux charriés sur les 2 cm. inférieurs. Toutefois, en raison de la légèreté de l'appareil et de sa descente irrégulière, les résultats de mesures ont été assez discordants.

Le piège à sable du système du D^r Ing. K. Lüders a fait l'objet de tarages approfondis au laboratoire des Chantiers de la Marine allemande à Willemshaven. Ces tarages permettent d'affirmer que l'appareil placé constamment sur le fond recueille bien tout le débit solide transporté sur le fond sur la largeur de l'appareil, soit sur 1 dm., dans les circonstances des essais de laboratoire.

Dans la pratique, l'appareil ouvert dans la position horizontale est immergé à l'arrière de l'embarcation et descendu lentement sur le fond. Il est retenu vers l'avant par un câble attaché à un plomb immergé à l'avant. Une bouée immergée relève le câble devant l'appareil. Selon la configuration du fond à l'endroit de l'immersion, l'appareil peut prendre sur le fond une position défectueuse conduisant à un captage trop faible ou trop fort. Rien ne permet de contrôler le placement de l'appareil sur le fond. Aussi les résultats de mesures répétées accusent-ils souvent des différences considérables. Ces causes d'erreurs pourraient être éliminées dans tous les cas par de très nombreuses répétitions des mesures; malheureusement, ces mesures prennent beaucoup de temps, surtout lorsque les profondeurs sont assez grandes.

L'appareil utilisé, d'une construction assez sommaire, avait été réalisé aux Ateliers de la Marine à Boma. Il n'a pas été possible de le soumettre à un tarage rigoureux. Tout au plus a-t-on pu réaliser quelques essais plutôt qualitatifs dans un chenal malheureusement trop étroit où le placement de l'appareil donnait lieu à une trop forte obstruction. Ces essais semblent cependant indiquer que les quantités recueillies pèchent plutôt par défaut et que les débits solides mesurés sont légèrement inférieurs à la réalité.

Il est évident, d'autre part, que si on laissait l'appareil en place trop longtemps il s'obstruerait graduellement et finalement ne recueillerait plus rien. Pratiquement, comme l'indiquent de nombreux essais sur ce point, la quantité recueillie cesse d'être proportionnelle au temps après un petit nombre de minutes, en rapport avec le débit solide. Un essai préliminaire suffit à fixer le temps de mesure. La quantité recueillie est ramenée uniformément à 5 minutes.

Le récipient inférieur de l'appareil du système Van Veen, descendu lentement sur le fond, recueille le sable en mouvement au contact immédiat du fond, sur une hauteur de 7 cm., sensiblement égale à la hauteur de l'orifice d'entrée de l'appareil précédent. On peut en déduire la « densité » de la couche inférieure transportée, mais la détermination du débit solide exigerait la connaissance de la vitesse moyenne de transport de cette couche. Cette vitesse est certainement inférieure à la vitesse de l'eau à mi-hauteur de l'appareil, en raison surtout des matériaux roulant sur le fond, qui avancent à une vitesse notablement moindre que les couches d'eau immédiatement supérieures.

Dans la pratique, l'appareil est déposé sur le fond d'une manière qui dépend de la configuration du fond et de la vitesse du courant. Il peut arriver que le récipient inférieur entaille le fond à la façon d'une bêche; il peut aussi

arriver que l'entrée du récipient inférieur ne repose pas sur le fond. Dans les deux cas, les résultats de la mesure seront complètement faussés. De même que pour l'appareil précédent les causes d'erreur ne peuvent être élimi-

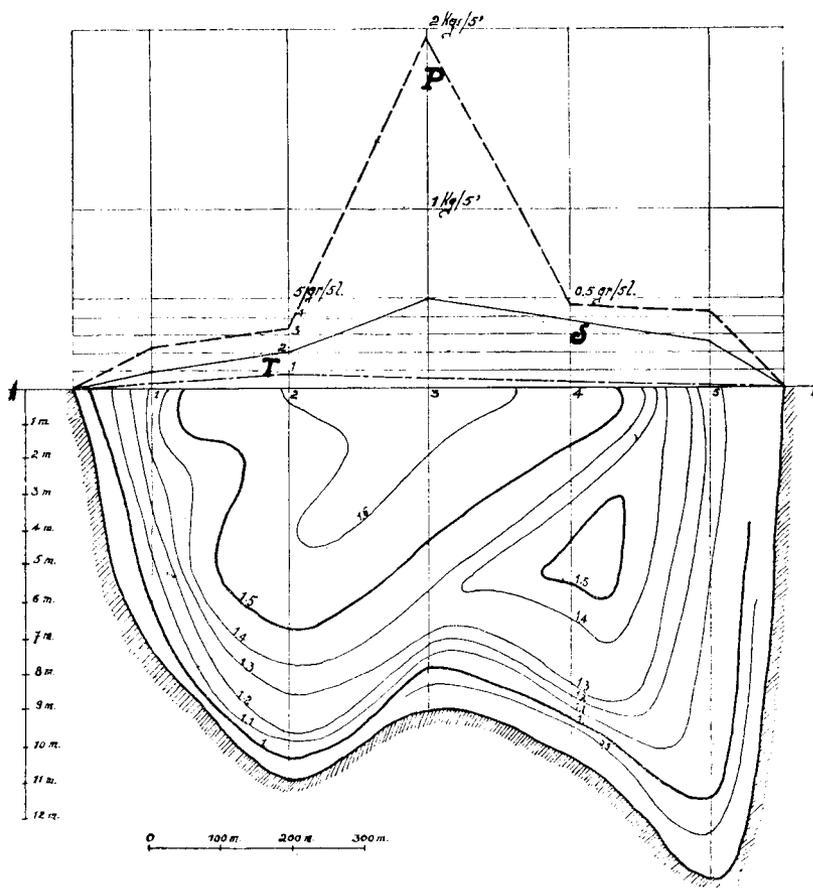


FIG. 15

nées que par la répétition des mesures, et celles-ci donnent lieu à plus de pertes de temps encore que dans le dernier cas.

Le tableau suivant résume les résultats des mesures effectuées en chaque station des sections de mesures définies plus haut (tableau VI).

TABLEAU VI.

Sections et stations.	Date.	P (gr.) Poids de sable recueilli en 5 minutes dans l'appareil Lüders.	T (gr.) Poids de sable con- tenu dans les 5 litres d'eau du récipient inférieur l'appareil Van Veen.	T' (gr.) Poids de sable con- tenu dans les 5 litres d'eau du récipient unique du second appareil Van Veen.	Appareil Van Veen.		
					Récipient 2 (capacité 5 l.) (gr.)	Récipient 3 (capacité 5 l.) (gr.)	Récipient 4 (capacité 5 l.) (gr.)
Section dans la passe de Congo-Yella.							
Station 1 . . .	9-1-39	495	1.6	—	0.1	0.15	0.15
Station 2 . . .	9-1-39	—	3.5	3.2	0.3	0.2	0.2
Station 3 . . .	9-1-39	385	2.0	0.4	1.4	0.7	0.8
Station 4 . . .	11-1-39	1975	2.3	—	0.8	0.7	0.5
Section dans la passe Mayaudon.							
Station 1 . . .	16-12-39	220	0.2	—	0.3	0.3	0.4
Station 2 . . .	6-12-38	300	3.4	—	0.35	0.3	0.2
Station 3 . . .	22-12-38	1900	2.0	2.0	1.2	0.4	0.5
Station 4 . . .	22-12-38	430	0.8	—	0.3	0.3	0.3
Station 5 . . .	8-12-38	415	1.0	—	0.9	0.6	0.3
Section dans la passe Mateba amont							
Station 1 . . .	27-12-38	2130	56.0	53.2	0.9	0.7	0.7
Station 2 . . .	27-12-38	2100	96.0	107.8	1.7	0.9	0.3
Station 3 . . .	27-12-38	2550	46.2	37.7	0.8	0.8	0.4
Station 4 . . .	30-12-38	3160	60.0	—	2.4	1.5	1.3
Station 5 . . .	30-12-38	4800	—	—	1.7	1.2	1.2
Station 6 . . .	30-12-38	3940	109.2	96.5	2.5	1.9	1.9
Station 7 . . .	7- 1-39	700	50.0	40.0	1.4	1.2	1.1
Station 8 . . .	5- 1-39	901	16.9	17.7	1.3	1.3	1.1
Station 9 . . .	5- 1-39	6918	—	—	1.5	1.3	1.0

Les figures 15, 16 et 17 traduisent ces résultats en diagrammes. Les extrémités des ordonnées ont été jointes par des droites, sans pour cela qu'il soit préjugé de la variation des débits solides entre les points de mesure.

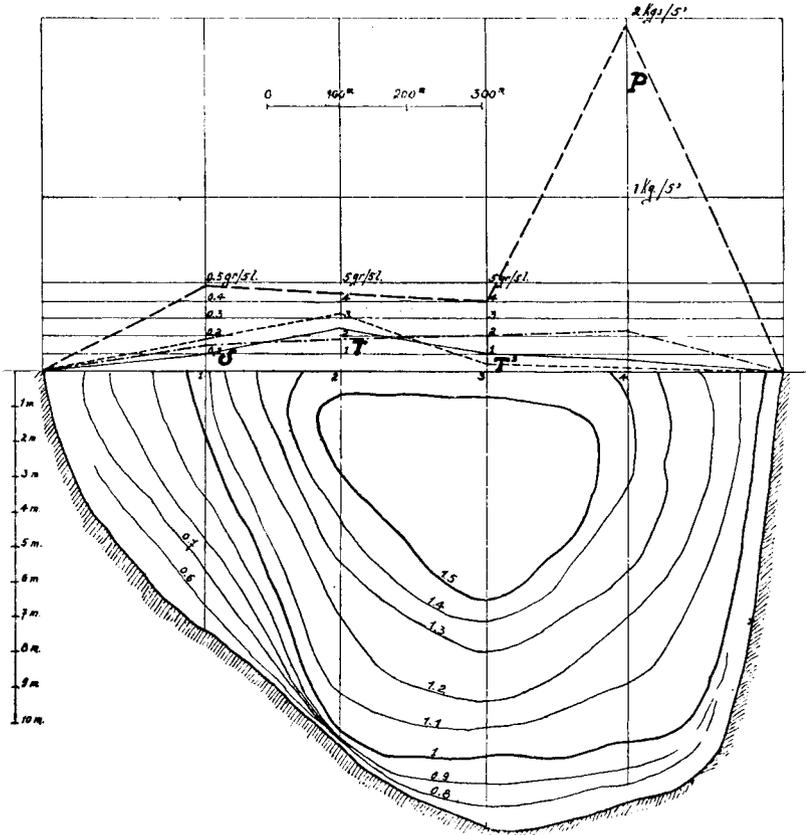


FIG. 16.

Avant d'examiner les résultats de ces mesures, il est utile d'examiner la manière dont elles se complètent naturellement.

La teneur en matériaux en suspension, σ en gr./dm³, augmente sur chaque verticale de la surface au fond. On peut déduire de cette variation la teneur moyenne sur chaque verticale (σ_m), ou mieux, en multipliant chaque

teneur par la vitesse locale en dm./sec., le diagramme du transport solide par suspension σV en gr./dm² sur la verticale. L'intégrale de cette courbe sur la profondeur H

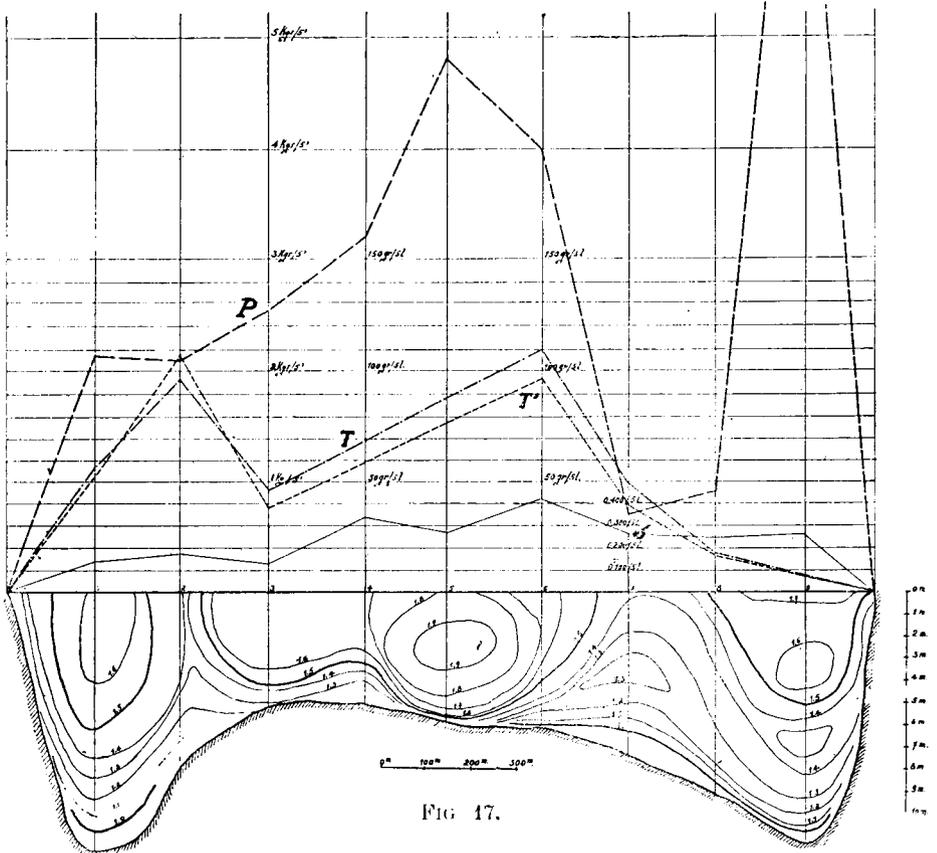


FIG. 17.

(en dm.) donne le transport solide total s en gr./dm. de largeur à l'endroit de la mesure.

Si le récipient inférieur de l'appareil du système Van Veen recueille T grammes de sable, comme sa section horizontale moyenne est de $6,7$ dm², la densité de la couche en mouvement est

$$d = \frac{T}{6,7} \text{ gr.dm}^2.$$

La vitesse moyenne d'avancement v de cette couche est

donnée par le poids du sable P (en grammes) recueilli en 5 minutes par l'appareil du système Lüders. On a

$$v = \frac{P}{5 \times 60 \times d} = \frac{P \times 6,7}{380 T} = \frac{P}{45 T} \text{ dm/sec.}$$

La compatibilité des mesures s'exprime par le fait que cette vitesse doit être inférieure ou au plus égale à la vitesse du courant dans la couche inférieure d'un décimètre d'épaisseur, laquelle peut s'évaluer au moyen des mesures de vitesse précédemment décrites.

D'autre part, le poids T de sable recueilli doit être en principe supérieur au poids T' recueilli dans le récipient unique du second appareil Van Veen placé à 2 cm. au-dessus du fond.

Dans le cas où ces conditions ne sont pas remplies, les résultats des mesures discordantes doivent être éliminés.

Il reste d'ailleurs que le débit solide par transport de fond dans la couche inférieure de 7 cm. d'épaisseur est donné par

$$f = dv = \frac{T}{6,7} \times \frac{P}{45 T} = \frac{P}{300} \text{ gr./dm. sec.}$$

La figure 18 représente, pour une station de mesure, le détail du calcul des divers éléments du débit solide. On a (Mateba amont, station 3)

$$\sigma(0,20) = \frac{0,8}{5} = 0,16 \text{ gr./dm}^3,$$

$$T = 46,2 \text{ gr.} \quad P = 2550 \text{ gr.}$$

$$T' = 37,7 \text{ gr.}$$

$$s = H \times \frac{\sigma \times V f(0,20)}{2} = 50 \times \frac{0,16 \times 14}{2} = 54,5 \text{ gr./dm. sec.}$$

$$d = \frac{T}{6,7} = \frac{46,2}{6,7} = 6,9 \text{ gr./dm}^2,$$

$$v = \frac{P}{45 T} = \frac{2550}{45 \times 46,2} = 1,09 \text{ dm/sec.}$$

$$f = dv = \frac{P}{300} = \frac{2550}{300} = 7,5 \text{ gr./dm. sec.}$$

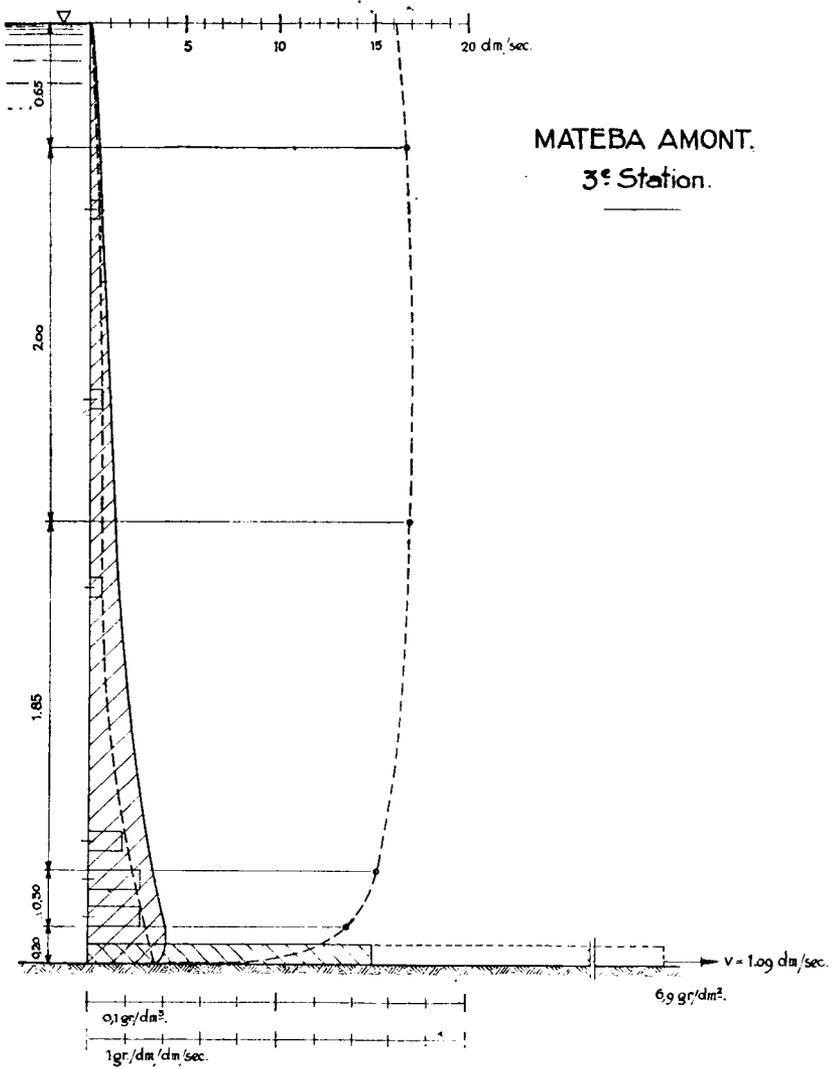


FIG. 48.

Les tableaux suivants donnent les résultats de calculs analogues effectués pour chaque station de mesures (tableaux VII, VIII, IX).

TABEAU VII.

Section transversale dans la passe de Congo-Yella.

(du 9 au 11 janvier 1939). (Echelle de Boma : 2 m. 20).

Distances ΔD (m.)	H (m)	$V_{100,30}$ (dm./sec.)	σ (0.20) (gr./dm ³)	σV_f	$s = \frac{40 H \sigma V_f}{2}$ (gr./dm./sec.)	$V_{100,10}$ (dm./sec.)	$d = \frac{T}{6,7}$ (gr./dm ²)	$c = \frac{P}{45T}$ (dm./sec.)	$f = cd = \frac{P}{300}$ (gr. dm./sec.)
230	7.20	4,7	0,02	0.095	3.4	3.8	0.24	3.8 (*)	0.90 (*)
195	10.50	8,5	0,06	0.51	26.8	6.8	0.48	6.0 (*)	1.50 (*)
210	12.80	6,2	0,30	1.86	12.3	4.7	0.31	4.3	1.28
200	12.0	4,7	0,16	0.75	4.5	3.2	0.34	3.2 (*)	1.00
215									
$F = \frac{\Sigma f(10 \Delta D)}{1000}$ <p>= 98,67/sec. soit 10 kg/sec.</p>									
$S = \frac{\Sigma s(10 \Delta D)}{1000}$ <p>= 405^{kg}/9. sec. soit 405kg/sec.</p>									
$L = 1050 \text{ mètres}$									

TABLEAU VIII.

Section transversale dans la passe Mayandon.

(du 16 au 23 décembre 1938). (Echelle de Boma : 2 m. 85).

Distances ΔD (m.)	H (m)	$V_{10,20}$ (dm. sec.)	σ (0,20) (gr. dm ³)	$\sigma V f$	$s = \frac{10H\sigma V f}{2}$ (gr. dm. sec.)	$V_{10,40}$ (dm./sec.)	$d = \frac{T}{6,7}$ (gr./dm ³)	$r = \frac{P}{45T}$ (dm./sec.)	$f = \frac{P}{300}$ (gr./dm. sec.)
100	7.00	9	0.06	0.54	18.9	7	0.105 (*)	7 (*)	0.735
200	10.80	8	0.07	0.56	30.2	6	0.51	1.96	1.00
200	9.00	7	0.24	1.68	77.6	5	1.27 (*)	5 (*)	6.35
200	10.40	7.5	0.06	0.45	23.4	4.5	0.31 (*)	4.5 (*)	1.43
200	14.00	4.5	0.18	0.81	56.7	3	0.49 (*)	3 (*)	1.48
Largeur = 1000 m.					$S = \frac{\sum s(10\Delta D)}{1000}$ = 370 kg/sec.				$F = \frac{\sum f(10\Delta D)}{1000}$ = 21.25 kg/sec. soit 21 kg/sec.

TABLEAU IX.

Passe Mateba amont.

(du 27 décembre 1938 au 5 janvier 1939). (Echelle de Boma : 2 m. 50).

Distances ΔD (m.)	H (m)	$V_{r0.20}$ (dm./sec.)	σ (0,20) (gr./dm ³)	σV_f	$s = \frac{1011\sigma V_f}{2}$ (gr./dm./sec.)	$V'_{(0,10)}$ (dm./sec.)	$d = \frac{T}{6,7}$ (gr./dm ²)	$c = \frac{P}{45T}$ (dm./sec.)	$f = cd = \frac{P}{300}$ (gr./dm./sec.)
175	11.50	7.9	0.18	1.42	81.5	6.3	8.35	0.85	7.1
200	7.50	10.8	0.37	4.00	150.0	10.3	14.3	0.49	7.0
200	5.00	13.6	0.16	2.18	54.5	12.0	6.9	1.09	7.5
200	5.00	12.0	0.50	6.00	150.0	11.4	8.9	1.17	10.4
200	5.80	14.8	0.37	5.48	159.0	13.2	16.0 (*)	1.00 (*)	16.0
200	6.00	9.0	0.50	4.50	135.0	7.5	16.4	0.80	13.1
200	7.50	6.2	0.28	1.71	64.0	5.2	7.45	0.31	2.3
200	9.20	9.0	0.26	2.34	107.5	7.5	2.52	1.18	3.0
200	11.40	5.0	0.30	1.50	85.5	5.4	16.0 (*)	0.5 (*)	8.0 (*)
$S = \frac{\sum s (10 \Delta D)}{1000}$ = 1943 kgs/sec. soit 1950 kgs/sec.									
$F = \frac{\sum f (10 \Delta D)}{1000}$ = 146 kgs/sec.									

Ces valeurs ont été intégrées pour les sections entières par surfacage des trapèzes représentatifs. Les tableaux donnent également les résultats totalisés pour chaque section.

Ces résultats sont récapitulés ci-après :

Echelle de Boma :		Transport de matériaux en suspension.	Transport de fond.
Passé Congo-Yella	2 ^m 20	400 kg./sec. (35,5 gr./m ³).	10 kg./sec.
Passé Mayaudon (avant période de dragage)	2 ^m 94	370 kg./sec. (32 gr./m ³).	20 kg./sec.
Passé Mateba (amont)	2 ^m 50	1.950 kg./sec. (100 gr./m ³).	150 kg./sec.

6. Evaluation de l'intensité des transports solides dans les passes aux divers états des eaux.

Cherchons en premier lieu à nous rendre compte plus exactement de la répartition des débits dans les trois passes considérées aux divers états des eaux. Les jaugeages précédemment décrits ne nous aideront que médiocrement en l'occurrence, malgré leur précision, car une telle étude nécessiterait un grand nombre de mesures.

On dispose à ce sujet des résultats des mesures effectuées depuis 1927 par le Service des Voies Navigables. Ces mesures ont été faites au moyen de flotteurs de surface. Le rapport admis entre la vitesse moyenne et la vitesse de surface est 0,85. Les mesures actuelles donnent en général pour ce rapport des valeurs moyennes voisines de 0,9, ce qui est plus conforme aux observations antérieures sur les cours d'eau de grande largeur, à fonds constitués d'éléments fins. Il ne faut cependant pas en conclure immédiatement que les débits obtenus sont erronés. La mesure des vitesses superficielles par flotteurs peut, en effet, comporter des erreurs en sens opposé.

En nous servant des valeurs admises par le Service des Voies Navigables, nous avons tenté de représenter sur la figure 19 l'évolution probable des débits dans les trois sections étudiées (figures 20, 21 et 22) en fonction de la hauteur lue à l'échelle d'étiage de Boma. Il a été tenu compte des dates de mesure correspondantes, de manière

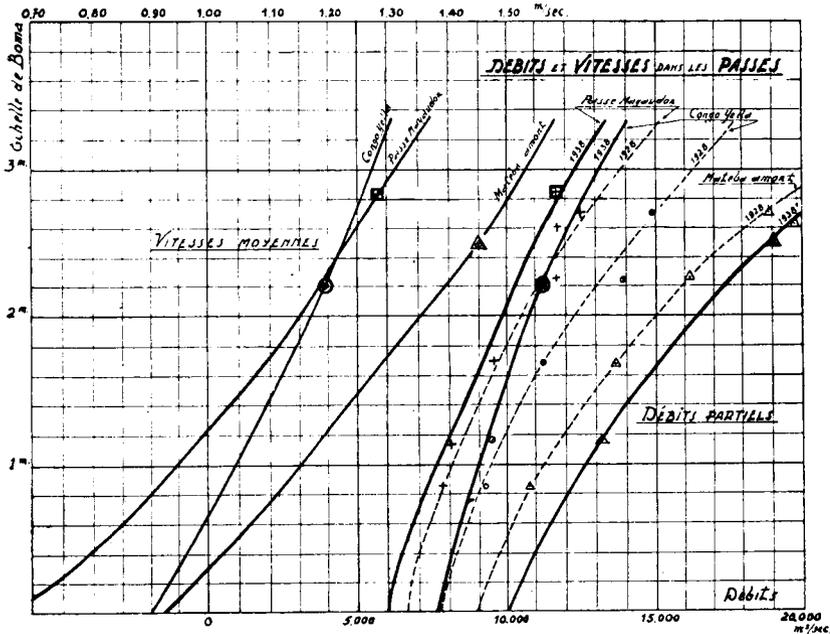


FIG. 19.

à déceler éventuellement une évolution possible de la répartition des débits dans le temps. Les courbes tracées n'ont actuellement guère qu'une valeur indicative et il serait prématuré de les discuter en détails. Des coefficients de crue établis pour les trois régions intéressées, on peut déduire les sections correspondantes et les diagrammes des vitesses moyennes dans les trois sections en fonction de la hauteur lue à l'échelle de Boma.

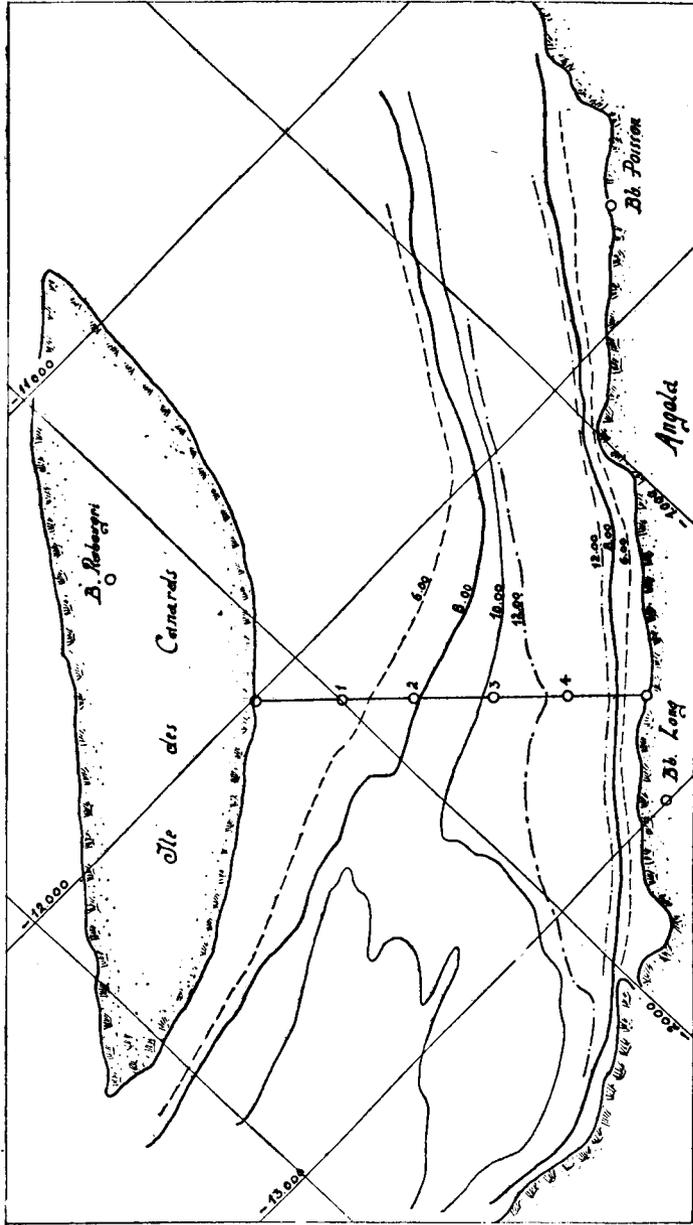


FIG. 20.

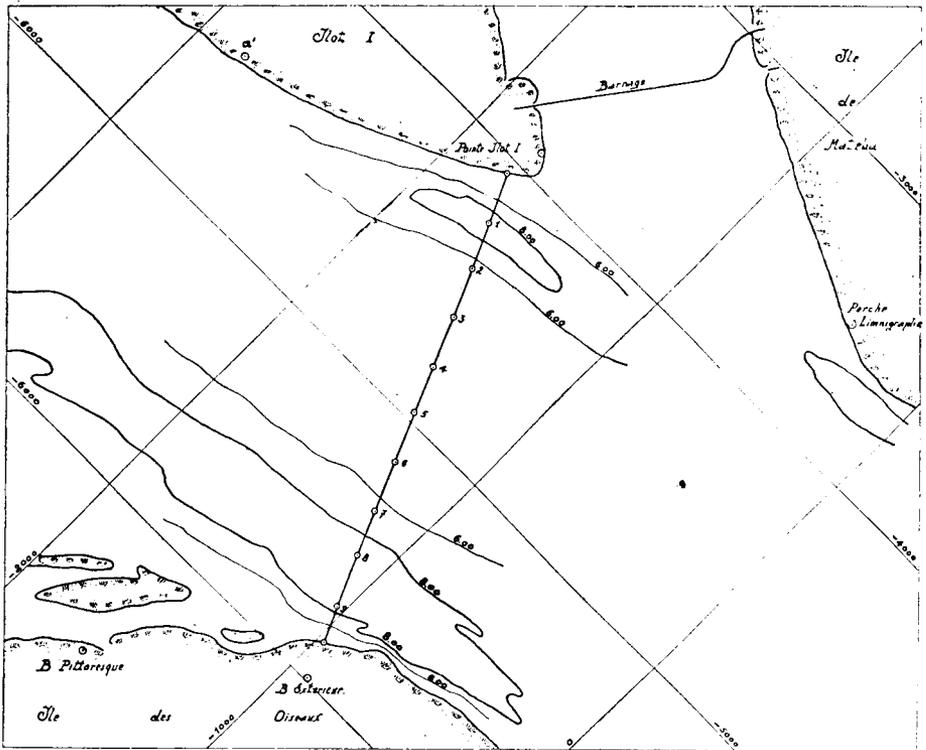


FIG. 22.

On a pour la passe Congo-Yella :

h Boma = 2,20	$Q = 11.225 \text{ m}^3/\text{sec.}$	$\Omega = 9.545 \text{ m}^2$	$V_m = 1,18 \text{ m./sec.}$
2	12.900	10.070	1,28
1,50	10.000	9.020	1,11
0,80	8.700	8.495	1,02

Pour la passe Mayaudon :

h Boma = 2,85	$Q = 11.715 \text{ m}^3/\text{sec.}$	$\Omega = 9.490 \text{ m}^2$	$V_m = 1,28 \text{ m./sec.}$
2,15	10.250	8.690	1,18
1,35	8.000	8.190	0,98
0,65	7.150	7.690	0,93

Pour Mateba amont :

h Boma = 2,50	$Q = 19.035 \text{ m}^3/\text{sec.}$	$\Omega = 13.340 \text{ m}^2$	$V_m = 1,45 \text{ m./sec.}$
1,85	15.850	12.387	1,29
1,20	13.350	11.424	1,16
0,55	11.400	10.461	1,09

L'examen du diagramme montre que dans la section de Mateba amont, la vitesse moyenne croît plus rapidement que les précédentes en crue, au point d'atteindre des valeurs notablement supérieures aux hautes eaux.

La teneur en matériaux en suspension croît sans nul doute dans de fortes proportions en hautes eaux, et les valeurs obtenues, relatives à une période de hautes eaux, doivent être considérées comme des maxima. Il ne serait pas difficile de les compléter par des mesures en basses eaux. Dans l'état actuel, quoique cette évaluation soit assez hasardeuse, on peut proposer sur la base des mesures effectuées la formule suivante :

$$t = 7,5 Vm^7,$$

où t est la teneur en alluvions en grammes/m³, et Vm la vitesse moyenne en m./sec.

On a, en effet :

pour $Vm = 1,18$	$t = 35,5$ gr./m ³
1,45	101 "
1,28	32 "

Il en résulterait

$$S = 0,0075 Q Vm^7 = 0,0075 \Omega Vm^8$$

où Q est le débit en m³/sec.

La forme de l'expression proposée est identique à celle de la formule proposée, notamment par G. Gilboy, en 1928 ⁽³⁾.

⁽³⁾ Cfr. H. KREY, Die rechnerische Behandlung der Schwebestoffbewegung in unseren flüssen (*Zentralblatt der Bauverwaltung*, 1931). — M. WELIKANOFF, Theorie der Suspension fester Stoffe in Flüssen (*Wassertransport*, 1923). — G. GILBOY, *Proceedings of the American Society of civil Engineers*, février 1928. — P. JAKUSCHOFF, Die Schwebestoffbewegung in Theorie und Praxis (*Die Wasserwirtschaft*, Wien, 1932). — W. TOLLMIEX, Turbulente Strömungen (*Handbuch der Experimental Physik*, Bd. 4, T. I, Leipzig, 1931). — L. G. STRAUB, Observation and analysis of the suspended load of rivers (*Ass. Intern. Recherches pour Trav. Hydr.*, Berlin, 1937).

En ce qui concerne le transport de fond, on doit en premier lieu évaluer pour chaque section étudiée le débit pour lequel commence le transport solide. En se basant sur la connaissance des vitesses d'entraînement, la grosseur des grains transportés et les rapports moyens des vitesses de fond aux vitesses moyennes dans chaque section, on peut admettre les valeurs suivantes pour les vitesses moyennes Vm_0 et les débits Q_0 correspondants :

Passé Congo-Yella :

$$Vm_0 = 0^m51/sec. \quad Q_0 = 6.500 \text{ m}^3/sec.$$

Passé Mayaudon :

$$0^m42/sec. \quad 4.500 \text{ m}^3/sec.$$

Passé Mateba amont :

$$0^m375/sec. \quad 8.500 \text{ m}^3/sec.$$

Ces valeurs ne sont d'ailleurs jamais atteintes, même aux plus basses eaux; elles ne peuvent résulter que d'une extrapolation.

Si l'on adopte la formule :

$$F = k I^{3/2} (Q - Q_0),$$

et si l'on remarque que selon les mesures du service des Voies Navigables, la pente moyenne dans le Bas-Fleuve paraît sensiblement proportionnelle au débit, on peut écrire

$$F = K Q^{3/2} (Q - Q_0).$$

Sur la base des mesures effectuées, on peut alors admettre :

Pour la section dans la passe Congo-Yella :

$$F = 1,8 \cdot 10^{-9} Q^{3/2} (Q - 6.500) \text{ kgs/sec.},$$

Pour la section dans la passe Mayaudon :

$$F = 2,2 \cdot 10^{-9} Q^{3/2} (Q - 4.500) \text{ kgs/sec.},$$

Pour la section dans la passe Mateba amont :

$$F = 5,25 \cdot 10^{-9} Q^{3/2} (Q - 8.500) \text{ kgs/sec.}$$

La figure 23 traduit ces équations et permet, par combinaison avec la figure 19, de déduire le débit solide sur les fonds dans les trois sections considérées pour chaque hauteur lue à l'échelle d'étiage de Boma.

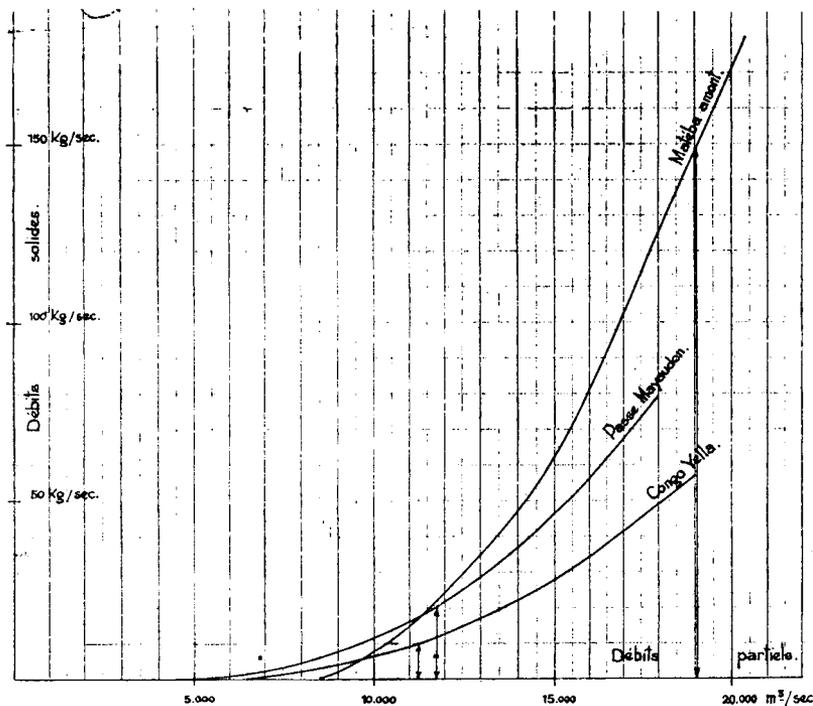


FIG. 23.

7. Evolution probable des transports solides dans les passes au cours d'une année.

Nous avons tracé (fig. 24) le diagramme des débits solides sur le fond, déduits des formules précédentes, à partir du diagramme des hauteurs lues à l'échelle d'étiage de Boma au cours d'une année moyenne.

On peut en déduire l'ordre de grandeur du poids total de matériaux solides traversant en principe la région divagante au cours d'une année, l'intervention dans ce transport du faux-bras de Mateba se réduisant à peu de chose

depuis la fermeture de ce faux-bras. La courbe inférieure est relative à la passe de Congo-Yella, les courbes relatives à la passe Mayaudon et à la passe Matcha-amont s'y superposent.

On trouve comme hauteur moyenne du diagramme : 100 kg./seconde environ.

Le débit solide correspondant est de

$$\frac{100 \times 60 \times 60 \times 24}{1.000} = 8.700 \text{ tonnes/jour,}$$

soit 3.000.000 tonnes/an.

Si l'on admet que 1 tonne de sable sec occupe, lorsqu'il est saturé d'eau, un volume de 0 m³ 75, les matériaux transportés représentent un volume d'environ 2.000.000 m³/an.

Ce volume est relativement très faible. Pour s'en convaincre, il suffit de le comparer au cube dragué en une année : 1.670.000 m³ en 1936. On voit également que ce cube se répartit probablement dans les trois passes étudiées d'une façon très inégale, et qu'il reste faible dans la passe actuelle de navigation, circonstance favorable au maintien des profondeurs nécessaires.

La même opération faite sur les matériaux en suspension donnerait 1.500 kg./sec., soit 47.000.000 T/an, soit 35.000.000 m³/an.

Les matériaux en suspension sont probablement emportés vers l'aval et traversent la région divagante sans influencer notablement sur l'allure des fonds, ce qui explique la petitesse relative des modifications des fonds, malgré le cube considérable d'alluvions mis en jeu.

Les causes générales de modification des fonds doivent être cherchées moins dans les variations du débit solide dans le temps que dans le déséquilibre variable qui existe dans la capacité de transport de sections successives de chaque bras.

Cette vue d'ensemble ne permet d'ailleurs pas de pénétrer le mécanisme des creusements ou de comblement de

chenaux et d'enlèvement ou d'engraissement des seuils qui résultent de la mobilité des fonds et du transport solide. L'évolution du transport solide dans une même section varie, en effet, avec la profondeur locale et sou-

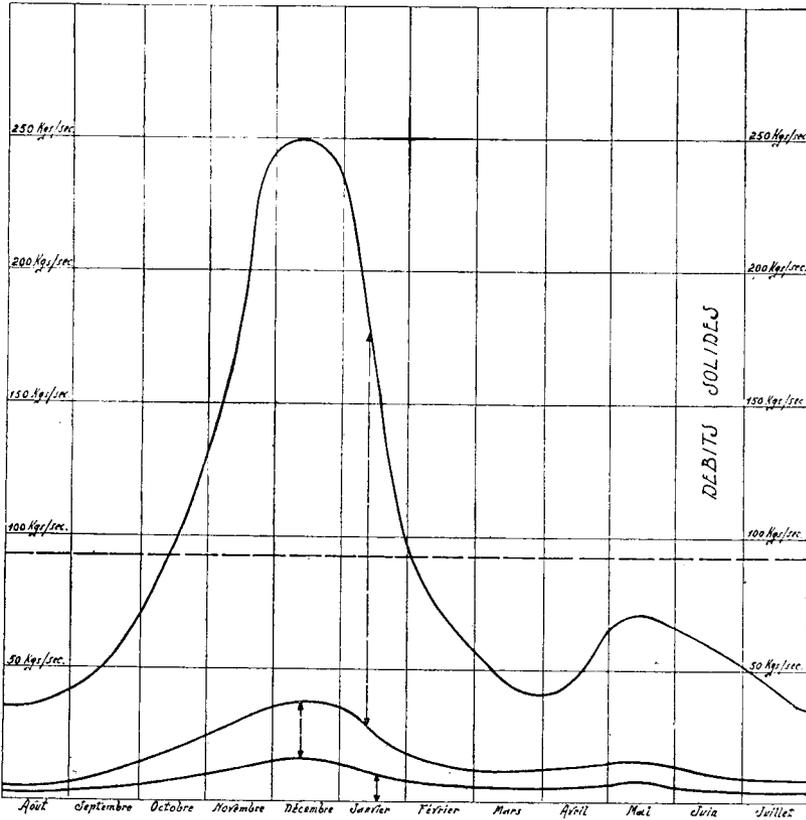


FIG. 24.

lève des problèmes beaucoup plus compliqués nécessitant l'étude distincte des divers éléments de chaque section.

Il paraît plus indiqué dans l'état actuel d'orienter les recherches ultérieures dans le sens de l'étude des variations du fond dans une région assez étendue, étude liée à celle de la répartition des vitesses et de l'évolution des débits.

Quelques tentatives ont été faites dans cette voie au cours des opérations actuelles; elles ne constituent encore, toutefois, que des essais préliminaires.

En raison de l'intérêt que présentent ces questions, il est hautement souhaitable que ces études soient poursuivies. Elles permettront de pénétrer et d'observer utilement l'évolution des fonds dans la région étudiée et de veiller au maintien des profondeurs nécessaires à la navigation.

Nous nous faisons, en terminant, un agréable devoir de souligner l'importance des concours qui nous ont été apportés dans ces recherches et d'en remercier particulièrement M. Devroey, ingénieur en chef honoraire de la Colonie; M. E. Vanderlinden, ancien directeur du Service des Voies Navigables, et M. J. Dewert, ingénieur, chef de la Section du Bas-Congo du dit Service.

Nous nous plaignons à reconnaître également l'efficacité de l'aide qui nous a été apportée par le personnel de la Section du Bas-Congo, et tout spécialement par M. l'hydrographe-adjoint, Hanesse, qui a pris part à toutes les opérations rapportées.



Tome VII.

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

Tome VIII.

- | | |
|---|-------|
| HULSTAERT, le R. P. G., <i>Le mariage des Nkundó</i> (520 pages, 1 carte, 1938) | 100 » |
|---|-------|

Tome IX.

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

SECTION DES SCIENCES NATURELLES ET MÉDICALES

Tome I.

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

Tome II.

- | | |
|---|------|
| 1. HAUMAN, L., <i>Les Lobelia géants des montagnes du Congo belge</i> (52 pages, 6 figures, 7 planches, 1934) | 15 » |
| 2. DE WILDEMAN, E., <i>Remarques à propos de la forêt équatoriale congolaise</i> (120 p., 3 cartes hors texte, 1934) | 26 » |
| 3. HENRY, J., <i>Étude géologique et recherches minières dans la contrée située entre Ponthierville et le lac Kivu</i> (51 pages, 6 figures, 3 planches, 1934). | 16 » |
| 4. DE WILDEMAN, E., <i>Documents pour l'étude de l'alimentation végétale de l'indigène du Congo belge</i> (264 pages, 1934) | 35 » |
| 5. POLINARD, E., <i>Constitution géologique de l'Entre-Lulua-Bushimaie, du 7° au 8° parallèle</i> (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, GRÉGOIRE 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-pygmeëën 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. HISSETTE, 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. WELLENS † (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</i> (morphologie et biologie) (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. MICHOI, P., <i>Etude petrographique et géologique du Ruwenzori septentrional</i> (271 pages, 17 figures, 48 planches, 2 cartes, 1938)	85 »
2. BOUCKAERT, J., CASIER, H., et JADIN, J., <i>Contribution à l'étude du métabolisme du calcium et du phosphore chez les indigènes de l'Afrique centrale</i> (Mémoire couronné au Concours annuel de 1938) (25 pages, 1938)	6 »
3. VAN DEN BERGHE, L., <i>Les schistosomes et les schistosomoses au Congo belge et dans les territoires du Ruanda-Urundi</i> (Mémoire couronné au Concours annuel de 1939) (154 pages, 14 figures, 27 planches, 1939)	45 »
4. ADRIAENS, L., <i>Contribution à l'étude chimique de quelques gommés du Congo belge</i> (100 pages, 9 figures, 1939)... ..	22 »

Tome IX.

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

Tome X.

1. DE WILDEMAN, E., <i>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</i> (365 pages, 1940)	60 »
2. DUBOIS, A., <i>La lèpre au Congo belge en 1938</i> (60 pages, 1 carte, 1940)	12 »
3. JADIN, J., <i>Les groupes sanguins des Pygmoides et des nègres de la province équatoriale (Congo belge)</i> (42 pages, 1 diagramme, 3 cartes, 2 planches, 1940)	10 »
4. POLINARD, E., <i>Hel doleriet van den samenloop Sankuru-Bushimai</i> (42 pages, 3 figures, 1 carte, 5 planches, 1941)	17 »
5. BURGEON, L., <i>Les Colasposoma et les Euryoje du Congo belge</i> (43 pages, 7 figures, 1941)	10 »
6. PASSAU, G., <i>Découverte d'un Céphalopode et d'autres traces fossiles dans les terrains anciens de la Province orientale</i> (14 pages, 2 planches, 1941)	8 »

Tome XI.

1. VAN NITSEN, le Dr R., <i>Contribution à l'étude de l'enfance noire au Congo belge</i> (82 pages, 2 diagrammes, 1941)	16 »
2. SCHWETZ, J., <i>Recherches sur le Paludisme dans les villages et les camps de la division de Mongwalu des Mines d'or de Kilo (Congo belge)</i> (75 pages, 1 croquis, 1941)	16 »
3. LEBRUN, J., <i>Recherches morphologiques et systématiques sur les caféciers du Congo</i> (184 pages, 19 planches, 1941)	80 »
4. RODHAIN, J., <i>Etude d'une souche de Trypanosoma Cazalboui (Vivax)</i> (38 pages, 1941)	11 »

SECTION DES SCIENCES TECHNIQUES

Tome I.

1. FONTAINAS, P., <i>La force motrice pour les petites entreprises coloniales</i> (188 p., 1935)	19 »
2. HELLINCKX, L., <i>Etudes sur le Copal-Congo</i> (Mémoire couronné au Concours annuel de 1935) (64 pages, 7 figures, 1935)	11 »
3. DEVROEY, E., <i>Le problème de la Lukuga, exutoire du lac Tanganika</i> (130 pages, 14 figures, 1 planche, 1938)	30 »
4. FONTAINAS, P., <i>Les exploitations minières de haute montagne au Ruanda-Urundi</i> (59 pages, 31 figures, 1938)	18 »
5. DEVROEY, E., <i>Installations sanitaires et épuration des eaux résiduaires au Congo belge</i> (56 pages, 13 figures, 3 planches, 1939)	20 »
6. DEVROEY, E., et VANDERLINDEN, R., <i>Le lac Kivu</i> (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) 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) 16 »

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) 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) 135 »

SECTION DES SCIENCES NATURELLES ET MÉDICALES

Tome I.

1. ROBYNS, W., *Les espèces congolaises du genre Digitaria Hall* (52 p., 6 pl., 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 famines 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 p., 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* (16 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) 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) 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). 60 »
2. SCAËTTA, 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) 65 »
2. ROBERT, M., *Le système du Kundelungu et le système schisto-dolomitique* (108 pages, 1940) 30 »

SECTION DES SCIENCES TECHNIQUES

Tome I.

1. MAURY, J., *Triangulation du Katanga* (140 pages, fig., 1930) 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) 60 »
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) 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) 40 »
 3. En préparation.
 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 »

Sous presse.

- BETTE, R., *Aménagement hydro-électrique complet de la Lufira à « Chutes Cornet » par régularisation de la rivière* (in-8°).
- MERTENS, le R. P. J., *Les chefs couronnés chez les Ba Kongo orientaux. Etude de régime successoral* (in-8°).
- HERMANS, L., *Résultats des observations magnétiques effectuées de 1934 à 1938 pour l'établissement de la Carte magnétique du Congo belge (fascicule II)* (in-4°).
- DEVROEY, E., *Le bassin hydrographique congolais, spécialement celui du bief maritime* (in-8°).
- DE BEAUCORPS, R., S. J., *Les Basongo de la Lunigu et de la Gobari* (in-8°).
- VAN HOVE, J., *Essai de droit coutumier du Ruanda* (in-8°).
- ROBERT, M., *Le système du Kundelungu et le système schisto-dolomitique (2^e partie)* (in-4°).
- RESSELER, R., *Recherches sur la calcémie chez les indigènes de l'Afrique centrale* (in-8°).
- STANER, P., *Les maladies de l'Hévéa au Congo belge* (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 VI (1935) 765 pages
Tome II (1931) 694 »		Tome VII (1936) 626 »
Tome III (1932) 680 »		Tome VIII (1937) 895 »
Tome IV (1933) 884 »		Tome IX (1938) 871 »
Tome V (1934) 738 »		Tome X (1939) 473 »

M. HAYEZ, imprimeur de l'Académie royale de Belgique, rue de Louvain, 112. Bruxelles.

Made in Belgium.