



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000302764

Hommage de la C^{ie} du Chemin de Fer du Congo

à

Monsieur Denis

Membre

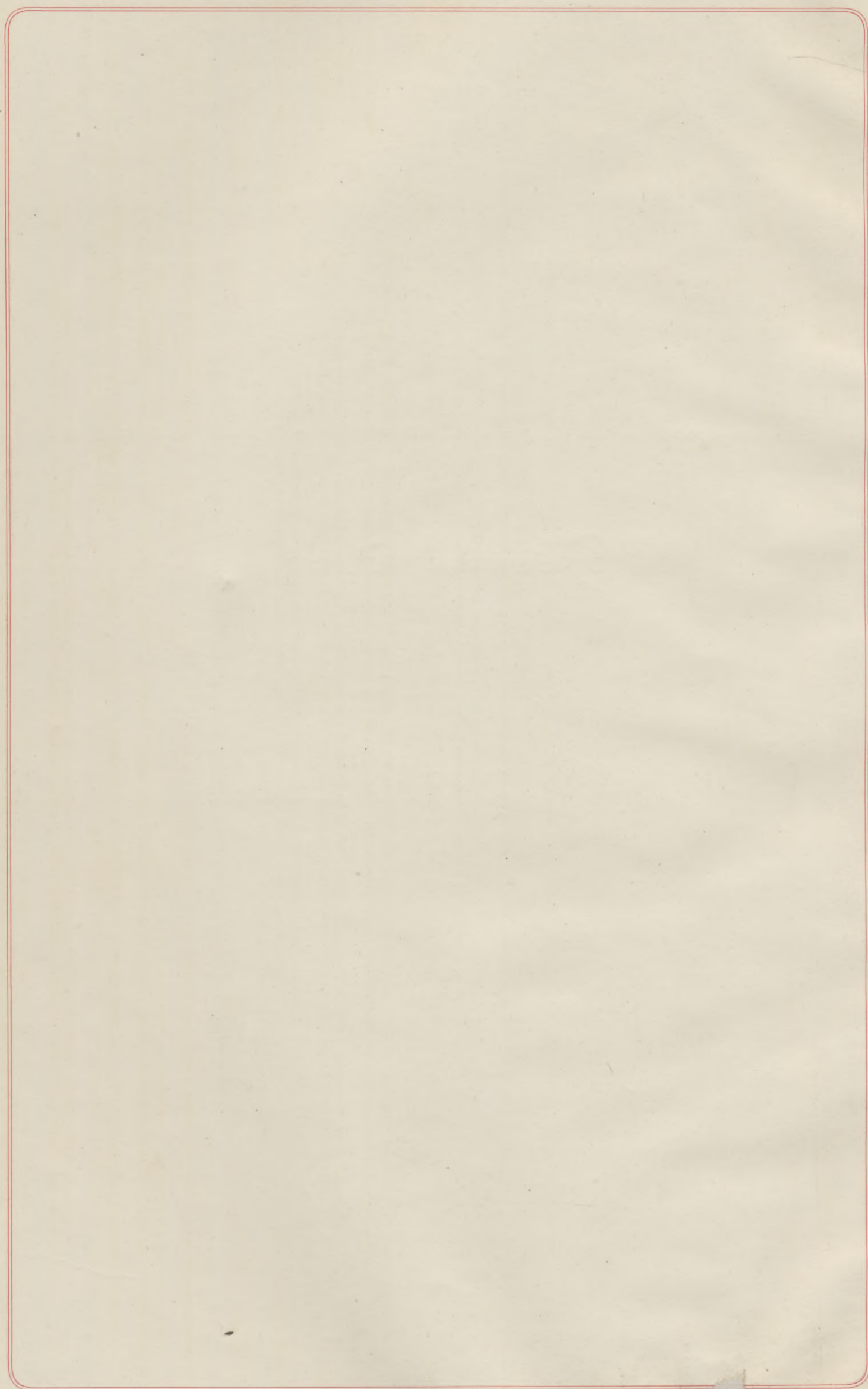
de la

Chambre des Représentants

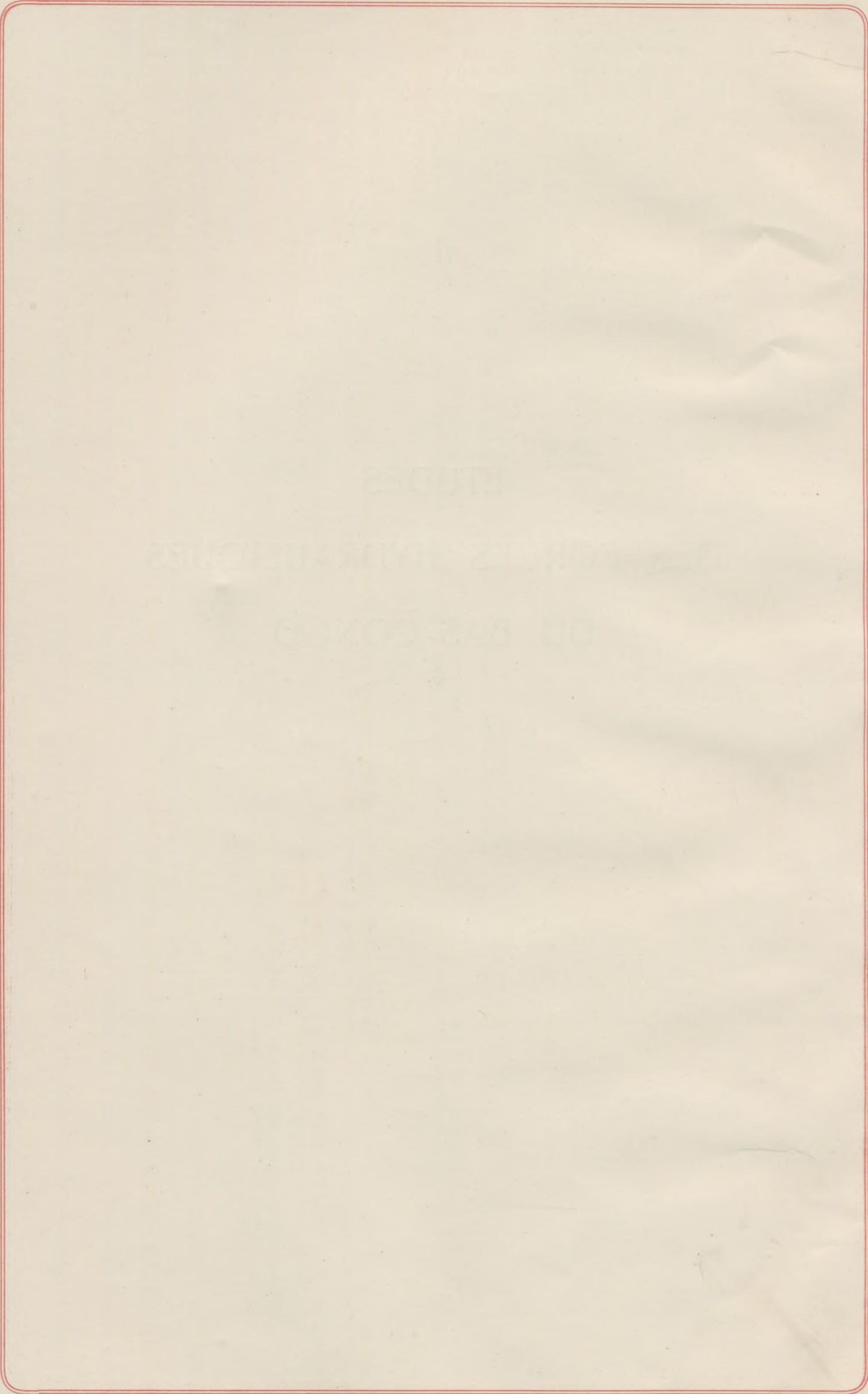
De Président. Administrateur. Directeur. Général

M. Denis

Exemplaire N^o 176



ÉTUDES
DES FORCES HYDRAULIQUES
DU BAS-CONGO



ÉTUDES
DES
FORCES HYDRAULIQUES
DU
BAS-CONGO

1910-1911

JAUGEAGE SUR L'AAR, A BERNE



Les ingénieurs de la Compagnie du Chemin de fer du Congo se mettent au courant
des opérations de jaugeage

ROBERT THYS

Imprimerie Scientifique Charles BULENS, Editeur
Rue Terre-Neuve, 75, Bruxelles

Publié par la Compagnie
du
CHEMIN DE FER DU CONGO
13, rue Bréderode, BRUXELLES

478.



IV 35260

TABLE DES MATIÈRES

	Pages		Pages
INTRODUCTION PAR LE CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA COMPAGNIE DU CHEMIN DE FER DU CONGO.	5	CHAPITRE IV	
PRÉFACE DE L'AUTEUR.	7	ETUDE DU RÉGIME	29
BUT DU SERVICE D'ÉTUDES DES FORCES HYDRAULIQUES DU BAS-CONGO	9	SOMMAIRE. — Description des appareils. — Tarage des moulinets électriques. — Exécution des jauges au moulinet électrique. — Calculs des jauges. — Courbes de débits, graphiques annuels des débits et courbes de fréquence.	
CHAPITRE I		CHAPITRE V	
RECONNAISSANCES GÉNÉRALES	11	ETUDE TOPOGRAPHIQUE	39
SOMMAIRE. — Soins apportés dans la préparation de l'expédition. — Relevés d'itinéraires au podomètre et à la boussole. — Observations d'altitude par l'emploi des hypsomètres et par l'emploi des anéroïdes et des hypsomètres combinés. — Chutes ne convenant pas pour l'électrification du chemin de fer.		SOMMAIRE. — Importance des travaux tachéométriques. — Levés du terrain à l'emplacement de l'usine, du barrage et de la dérivation. — Etude de la capacité des bassins de retenue. — Etude des voies d'accès.	
CHAPITRE II		CHAPITRE VI	
GÉNÉRALITÉS.	21	RENSEIGNEMENTS PLUVIOMÉTRIQUES, GÉOLOGIQUES, THERMOMÉTRIQUES ET ANALYSE DES EAUX.	41
SOMMAIRE. — Organisation générale. — Rivières et chutes étudiées. — Profil en long et disposition spéciale pour l'étude de l'Inkisi.		SOMMAIRE. — Renseignements pluviométriques et régime des différents cours d'eau. — Renseignements géologiques, leur importance, phénomènes d'érosion continentale et orientation des couches du mont Yelala. — Observations thermométriques et analyse des eaux.	
CHAPITRE III		CONCLUSIONS ET TABLEAU DES CHUTES A RÉSERVER POUR L'ÉLECTRIFICATION DU CHEMIN DE FER DE MATADI AU STANLEY-POOL.	47
ETUDE DU NIVEAU DES EAUX	25		
SOMMAIRE. — Repères de nivellement. — Description et installation des appareils (limnimètres, limni-graphes et appareils à maxima). — Graphiques mensuels et annuels des niveaux. — Moyenne de plusieurs années d'observations.			

INTRODUCTION

PAR LE

Conseil d'Administration de la Compagnie du Chemin de fer du Congo

ON peut admettre que les nombreux avantages de la traction électrique sur la traction à vapeur imposeront, dans un délai plus ou moins rapproché, l'électrification de toutes les lignes de chemins de fer importantes. Le moment où la traction électrique devient plus avantageuse que la traction à vapeur dépend d'ailleurs essentiellement des conditions spéciales de chaque cas particulier. Les chemins de fer qui sont établis dans des régions riches en forces hydrauliques seront les premiers à se moderniser; si le pays traversé ne renferme aucun gisement de combustible (charbon ou pétrole), l'utilisation de la houille blanche s'impose encore plus logiquement.

Ces conditions se présentent pour le chemin de fer du Congo, de Matadi au Stanley-Pool et, d'une façon générale, pour la plupart des chemins de fer de notre Colonie. On constatera avec intérêt à ce sujet (1) que la nature a réparti les forces hydrauliques du bassin du Congo aux endroits précis où les besoins d'énergie semblent devoir se faire sentir.

Mais, plus précieuse est la force hydraulique et plus il convient d'en être ménager.

Le problème de la meilleure utilisation d'une rivière exige des études longues et minutieuses. En pareille matière, les moyennes de débit ne sauraient suffire; seules des obser-

vations journalières soigneusement poursuivies pendant plusieurs années peuvent donner sécurité; plus les études et les observations seront prolongées et plus grande sera la certitude des résultats, plus économiques seront les rendements.

Le Conseil d'administration de la Compagnie du Chemin de fer du Congo, pénétré des idées qui viennent d'être exposées et préoccupé d'assurer l'avenir de la ligne qu'il dirige, avait, depuis longtemps, reconnu la nécessité de déterminer avec précision les ressources hydrauliques du bas fleuve. Il chargea M. Robert Thys d'établir un avant-programme des travaux d'études. Se ralliant aux conclusions de cet ingénieur, il décida, dans sa séance du 22 février 1910, d'organiser une mission d'études des forces hydrauliques dans la région du chemin de fer entre Matadi et le Stanley-Pool, et il vota les crédits importants nécessaires à cette fin.

La mission avait pour objet d'établir les ressources en forces hydrauliques de la région des Cataractes et de rechercher parmi les chutes existantes celles qui, par leur situation et leur régime, conviendraient le mieux pour l'électrification du chemin de fer; elle devait, en résumé, poursuivre scientifiquement l'examen de ces chutes de façon à en permettre, en temps opportun, l'utilisation économique et sans risques.

(1) Voir la carte planche 1 de cet ouvrage.

La mission quitta l'Europe au mois de mai 1910. Elle comprenait, outre son chef, M. l'ingénieur Robert Thys, le docteur Bourguignon, les ingénieurs M. Delporte, R. Leuzinger, L. Haass, C. Georgeadis et H. Mettler et les adjoints Mayeur, Van Lancker, Hunin, Maciotta et Rampi; elle emportait avec elle tous les instruments et appareils techniques indispensables à une étude complète des rivières.

Pendant les mois de juillet, août et septembre 1910, il fut procédé à une reconnaissance générale du pays, portant principalement sur la M'Pozo, le Kwilu et l'Inkisi et sur le cours même du Congo, en amont de Matadi et en aval de Léopoldville. Cette reconnaissance générale préalable permit d'établir les bases du service permanent d'observations qui fut ensuite installé dans la région.

Dès le mois d'octobre 1910, les opérations régulières commençaient; elles se sont poursuivies depuis sans interruption. Les résultats obtenus sont, dès maintenant, suffisamment intéressants et concluants pour faire l'objet d'une publication spéciale.

La plupart des gouvernements se préoccupent vivement aujourd'hui de l'utilisation prévoyante et sage des ressources hydrauliques de leur territoire. C'est ainsi qu'on a vu successivement, au cours de ces dernières années, l'Italie (1), la Suisse (2), la Bavière (3) et la France (4) installer des services d'études de leurs forces hydrauliques.

(1) Le rapport du 1^{er} octobre 1898, adressé par le directeur du Corps des Mines, à M. le Ministre de l'Agriculture, fait remonter en Italie l'idée des études hydrographiques méthodiques à l'année 1890.

En septembre 1902, le Ministère des Travaux publics, dans le but d'établir une statistique complète et précise des forces hydrauliques, a mis les bureaux du Génie civil à la disposition des Chambres de commerce.

(2) Par son arrêté du 17 août 1895, le gouvernement fédéral Suisse crée un « service hydrométrique fédéral »

Depuis 1901, le savant docteur Epper, chef de ce service, publie le relevé de ses observations.

(3) L'ordonnance royale du 18 juin 1898 crée en Bavière le « Bureau hydrotechnique » rattaché à l'Administration supérieure des constructions du Ministère de l'Intérieur.

(4) L'arrêté du 25 mars 1903 installe en France le « Service d'Etudes des Grandes Forces Hydrauliques ». La section des Alpes est partagée entre M. R. Tavernier et M. R. de la Brosse.

M. Tavernier est chargé en 1910 d'établir la section des Pyrénées.

Plusieurs gouvernements ont, dès à présent, réservé les chutes nécessaires à l'électrification de certains de leurs chemins de fer : c'est notamment ce qu'ont fait le gouvernement italien (5), les états badois (6) et bavarois (7) et le gouvernement fédéral suisse (8).

S'inspirant de ces exemples, la Compagnie du Chemin de fer du Congo a pris l'initiative de faire étudier les chutes de la région des Cataractes nécessaires à l'électrification de la ligne.

Le Conseil d'administration pense servir les intérêts supérieurs de la Colonie en rendant publics les résultats des travaux qu'il a prescrits.

Il saisit cette occasion pour exprimer aux membres de la Mission d'Etudes des Forces Hydrauliques du Bas-Congo son entière satisfaction pour le beau travail qu'ils ont mené à bonne fin dans des conditions souvent difficiles.

LE CONSEIL D'ADMINISTRATION.

(5) Pour les lignes Rome-Naples et *dirètissima*, une chute d'eau sur l'Aniene et quatre chutes d'eau sur le Volturno, le Rapido et le Liri.

(6) Les chutes d'eau nécessaires à l'électrification de la ligne du Wiesenthal.

(7) Les nombreuses chutes nécessaires à l'électrification de tout le réseau, telles que celle du Saalach près de Reichenhall et celle de 200 mètres entre le Walchensee et le Kochelsee.

(8) Le gouvernement fédéral suisse n'a pas hésité, pour sa part, à acheter aux cantons du Tessin et d'Uri, les chutes du Tessin, de la Reuss et de leurs affluents, pour les réserver en vue de l'électrification du Gothard. Pour le chemin de fer des Alpes bernoises (Berne-Loetschberg-Simplon), les chutes de la Kander (usines de Spiez et de Kandergrund).

PRÉFACE DE L'AUTEUR

Nous n'avons pas cru devoir reproduire dans cet ouvrage l'entière des renseignements réunis par le service d'études des Forces Hydrauliques du Bas-Congo; mais il nous a semblé intéressant de faciliter la critique des résultats de nos études, en publiant l'exposé des méthodes que nous avons employées, les photographies des appareils que nous avons installés et même le nom des fournisseurs avec lesquels nous avons été en rapport.

Nous avons, dans l'accomplissement de notre mission, rencontré de multiples difficultés. Aucun traité scientifique, méthodique et complet n'était à notre disposition.

Ce n'est que grâce à l'extrême obligeance de MM. Tavernier et de la Brosse, chefs du Service d'Études des grandes forces hydrauliques des Alpes en France, et de M. le docteur Epper, chef du Bureau hydrométrique fédéral suisse, qu'il nous a été possible de réunir les données nécessaires pour mener à bien la tâche qui nous avait été confiée. Utilisant les résultats de l'expérience acquise par ces ingénieurs au cours de plusieurs années d'observations, nous avons pu installer, en quelques mois, le service d'études que la Compagnie du Chemin de fer du Congo avait décidé de créer en Afrique.

Ce nous est à la fois un devoir et un plaisir que de remercier ces ingénieurs éminents de l'aide qu'ils ont bien voulu nous accorder. Nous ne pouvons résister au désir d'exprimer

notre gratitude toute spéciale à M. le docteur Epper qui nous a permis de calquer, en quelque sorte, notre service sur celui qu'il a si brillamment installé en Suisse.

Comme on le verra dans la suite de cet ouvrage, presque toutes les méthodes employées sont celles du Bureau hydrométrique fédéral suisse; les appareils installés sont du dernier modèle utilisé par ce même service; le tarage de nos moulinets électriques a été fait à Berne; enfin, M. le docteur Epper a bien voulu, avant notre départ pour l'Afrique, mettre différents de nos agents et, entre autres, M. l'ingénieur Leuzinger, au courant des calculs et des jaugeages.

M. le docteur Epper a poussé l'amabilité jusqu'à nous faire exécuter lui-même un jaugeage sur l'Aar à Berne, en nous donnant personnellement tous les conseils qu'il croyait utiles.

Profondément touché de cette marque d'intérêt et nous rendant compte des services qui ont été ainsi rendus à notre Compagnie, nous avons décidé de dédier cet ouvrage au savant Docteur Epper afin de lui donner un témoignage de notre profonde reconnaissance.

Nous avons principalement consulté deux livres, que nous croyons devoir signaler à l'attention du public. C'est, d'une part, le merveilleux traité de M. l'ingénieur Pacoret sur la *Howille Blanche* et, d'autre part, la publication du docteur Epper sur *le Développement de l'hydrométrie en Suisse*.

La plus grande partie des photographies reproduites dans cet ouvrage ont été prises par M. l'ingénieur Max Delporte; certains clichés nous ont été obligeamment prêtés soit par le Bureau fédéral suisse, soit par les fournisseurs intéressés; les calculs et graphiques ont été principalement faits par M. l'ingénieur Leuzinger. Nous aurons l'occasion, au cours de notre exposé, de citer les différents ingénieurs et agents qui ont fait partie du Service d'études des Forces Hydrauliques du Bas-Congo et nous croyons devoir les remercier ici de leur collaboration dévouée et éclairée.

Les cartes, dressées par M. Manduau, ont été dessinées, ainsi que les nombreux gra-

phiques, par les soins de M. Menger, dont l'aide nous a été particulièrement précieuse. Les photogravures ont été exécutées par M. Malvaux; les zincs des planches à grandeur égale par M. Patesson. Les maisons Goossens et A. Mierro se sont chargées de l'impression des cartes et des planches graphiques, tandis que l'Imprimerie Scientifique Charles Bulens se chargeait du texte, des tableaux et de la mise en page.

L'activité et le dévouement de ces collaborateurs nous ont permis de pousser rapidement l'impression de cet ouvrage. Nous avons à cœur de leur en témoigner notre gratitude.

ROBERT THYS.

BUT
DU
Service d'Etudes des Forces Hydrauliques
du Bas-Congo

Le but assigné au Service d'études des Forces Hydrauliques du Bas-Congo a été :

1° De rechercher les chutes pouvant convenir pour l'électrification du chemin de fer;

2° De procéder aux observations qui permettront dans l'avenir de les aménager économiquement et sans risque.

ÉTUDES DES FORCES HYDRAULIQUES DU BAS-CONGO

CHAPITRE PREMIER

RECONNAISSANCES GÉNÉRALES

SOMMAIRE. — Soins apportés dans la préparation de l'expédition. — Relevés d'itinéraires au podomètre et à la boussole. — Observations des altitudes par l'emploi des hypsomètres ou par l'emploi des anéroïdes et des hypsomètres combinés. — Chutes ne convenant pas pour l'électrification du chemin de fer.

Durant les mois de juillet, août et septembre 1910, la mission d'études des Forces Hydrauliques du Bas-Congo a procédé à une reconnaissance générale des rivières de la région du chemin de fer et a pu ainsi déterminer les bases du service qu'elle devait installer dans la région.

Les renseignements existant au sujet des forces hydrauliques du Bas-Congo étaient si peu nombreux que, pratiquement, il était impossible d'en tenir compte.

Il fut cependant décidé que les reconnaissances générales porteraient tout au moins sur le Kwilu et l'Inkisi, en amont et en aval du chemin de fer, et sur le Congo, immédiatement en amont de Matadi et en aval de Léopoldville.

La préparation de l'expédition fut poussée dans les moindres détails et toutes les mesures furent prises pour permettre de gagner du temps dans cette partie des études.

C'est ainsi que M. Leuzinger s'embarqua par le steamer du 5 mai 1910 qui transportait tout notre matériel, avec mission de le préparer pour le jour de notre arrivée par le bateau suivant. Les porteurs furent choisis à Thysville, parmi les noirs les plus robustes de la Compagnie du Chemin de fer, par le docteur

Bourguignon qui devait accompagner la mission. Un chef de camp et des « capitas » furent nommés pour la surveillance de la caravane. Des sections de ravitaillement furent organisées pour aller chercher hebdomadairement des vivres indigènes aux magasins de la Compagnie. Un convoi de vivres nous accompagnait, permettant de faire des distributions journalières qui eurent pour effet de conserver les porteurs mieux en main et de veiller à ce qu'ils prissent une alimentation journalière suffisante. Le maximum des charges n'a jamais dépassé 25 à 28 kilogrammes. Enfin, de grandes bâches, faisant partie de notre matériel de campement et des couvertures que nous leur avions vendues à notre prix de revient, permettaient aux porteurs de se mettre à l'abri des vents froids de la saison sèche.

MM. Delporte et Haass, qui devaient participer aux travaux de reconnaissance, avaient été mis par nous, en Belgique, au courant des relevés d'itinéraires au podomètre et à la boussole. Grâce à l'extrême obligeance du commandant Charles Lemaire, nous avons pu nous-même relever plusieurs itinéraires, par cette méthode, avant de nous décider à l'employer pour nos reconnaissances générales.

Les quelques dépenses et travaux supplémentaires que cette minutieuse préparation nous ont occasionnés, nous ont permis de commencer nos travaux de reconnaissance huit jours à peine après notre arrivée dans la région et de les terminer en moins de quatre mois. C'est également grâce à cette minutieuse préparation que nous n'avons pas eu le moindre désagrément avec nos porteurs (ni désertion, ni indisposition), que nous n'avons pas eu un seul jour de maladie parmi le personnel blanc et que notre travail a donc pu se poursuivre avec un rendement maximum dans un temps minimum. Ce sont là d'énormes avantages qui se traduisent par une économie pécuniaire rachetant largement les quelques dépenses et travaux préparatoires.

Nous avons pu, en moins de quatre mois, relever toutes les parties intéressantes des rivières à utiliser et cela, malgré les très grandes difficultés que nous avons rencontrées à marcher dans les parties boisées du bord de l'eau; tandis que notre caravane, conduite par M. Haass, se rendait directement à un emplacement de campement favorable; plus en aval, M. Delporte et moi explorions la rivière; une équipe de « macheurs » nous était à tout moment nécessaire pour nous frayer un chemin à travers la végétation des rives.

Les itinéraires de M. Haass et les nôtres, mis au net chaque après-midi, se raccordaient si parfaitement aux emplacements des camps, que nous avons pu rapidement nous convaincre de la grande exactitude des relevés d'itinéraires au podomètre et à la boussole (voir carte, planches 2, 3 et 4).

*
* *

Les itinéraires relevés au podomètre et à la boussole donnent une approximation très suffisante, les erreurs de marche (grandeur et nombre de pas) finissant par se compenser, sauf quand une cause systématique importante intervient; il est, dans ce cas, facile d'en tenir compte en changeant la longueur moyenne adoptée pour le pas.

Chaque observateur doit, en effet, admettre pour son pas des valeurs différentes suivant les chemins qu'il parcourt et les conditions spéciales de la marche. Il sera en tout cas nécessaire d'admettre une valeur réduite en terrain très difficile et une valeur moyenne en terrain ordinaire. Il n'arrive que très rarement, aux colonies, de devoir prendre une grande valeur pour la longueur moyenne du pas, la

marche ne se faisant presque jamais sur des routes spécialement bonnes.

L'étalonnage du pas a, comme on le voit, une importance primordiale et doit être soigneusement étudié, en se plaçant dans des conditions analogues à celles que l'on rencontrera au cours des itinéraires futurs.

L'observateur s'efforcera évidemment de garder durant toute l'étape un pas régulier. A condition de se ménager au début et de faire un effort vers la fin de la marche, on arrivera facilement à ce résultat.

Les relevés d'itinéraires ne nécessitent, comme matériel spécial, qu'un podomètre et une boussole carrée.

Nous croyons intéressant d'exposer ci-dessous la façon d'opérer :

On se place bien exactement face dans la direction moyenne de la marche; dans la main gauche largement ouverte on tient un carnet d'étudiant cartonné ou, mieux, fortement broché. On aura eu soin de marquer la direction du nord magnétique suivant le grand côté des pages du carnet et toujours dans le même sens. La boussole, étant carrée, vient tout naturellement se placer dans l'angle du carnet.

On place d'abord le carnet bien en face du milieu de la poitrine et ensuite, par des rotations du poignet, sans déplacer le corps qui doit continuer à faire face au sens de la marche, on amène le grand côté des pages dans la direction du nord magnétique; on trace alors, en regardant droit devant soi, un trait au crayon marquant la direction moyenne de la marche.

La page sur laquelle on dessine doit évidemment être gardée bien horizontalement tandis qu'il est préférable que l'autre page fasse un angle d'environ 45°, le carnet, aux trois quarts ouvert, étant plus facile à manier. Il est nécessaire, en tapant légèrement sur le verre de la boussole, de s'assurer du libre jeu de l'aiguille.

On ne cherchera jamais qu'à noter la direction moyenne de la marche, ce qui s'obtient facilement, même en dehors des chemins, par la vue de la caravane qui précède en file indienne ou, en forêt par exemple, par le bruit des porteurs.

Avant de se remettre en marche, on annote au commencement du trait que l'on vient de tracer le nombre de pas marqué au podomètre. On referme ensuite le carnet sur la boussole afin d'immobiliser l'aiguille par la simple pression des pages.

Arrivé en un point où la direction moyenne de marche change sensiblement, on annote à nouveau le nombre de pas lu au podomètre

et l'on recommence les mêmes opérations sans s'astreindre à proportionner la longueur des traits dans le carnet d'itinéraires à la longueur des chemins parcourus.

Pour un bon usage du podomètre, il faut qu'il soit fixé sur le devant de la poitrine, bien attaché, mais pendant librement. Pour l'empêcher de marquer, durant les courts arrêts ou les légers déplacements en dehors du chemin, on tiendra le podomètre horizontalement.

Il sera toujours nécessaire de posséder plusieurs de ces appareils pour vérifier leur exactitude.

On devra faire usage de podomètres avec « remise à zéro », de façon à n'avoir jamais à lire que des nombres de pas de quatre à cinq chiffres.

Au cours du relevé d'itinéraire, on notera par des signes conventionnels les villages, les bois, les marais, etc., et les remarques spéciales telles que : m = on monte; M = on monte fort; d = on descend; D = on descend fort, etc. La direction de la pente des rivières ou du terrain sera indiquée par une flèche, tandis que quelques courbes de niveau montreront les mamelons, ravins importants, etc.

Dans son carnet, l'observateur dressera ainsi une véritable carte du pays traversé, carte qui lui rappellera, même après plusieurs années, l'image de l'itinéraire parcouru.

Cette méthode graphique annote en quelque sorte « visiblement » les remarques faites en cours de route et conserve, par cela même, une clarté et une sûreté absolues. C'est là un avantage suffisant pour admettre cette méthode à l'exclusion de toute autre.

La mise au net des itinéraires se fera facilement sur papier millimétrique, en prenant une échelle convenable, soit, par exemple, 50 pas = 1 millimètre (pour un pas de 70 centimètres cela correspondrait à une échelle du 35000^e).

Pour faciliter la mise au net des itinéraires, on placera le carnet ouvert sur la feuille de papier millimétrique, la direction du nord magnétique indiquée dans le carnet, parallèlement à l'un des axes du quadrillage; par des rotations successives du papier millimétrique et en ne traçant jamais que des traits perpendiculaires à la poitrine, on recommencera alors à dessiner le chemin parcouru, mais cette fois à une échelle exacte.

Après quelques essais, on obtiendra rapidement une très grande confiance dans ce procédé graphique, en remarquant avec quelle exactitude il est possible de relever des itinéraires fermés. Au cours d'une même étape on

pourra, du reste, souvent établir par recoupement, l'emplacement de points caractéristiques éloignés, tels que pics de montagne, mamelons élevés, villages importants, etc.

* * *

La détermination de l'altitude par l'emploi des hypsomètres ou par l'emploi des anéroïdes et des hypsomètres combinés

donne des résultats satisfaisants aux environs de l'Equateur, grâce à la constance des marées barométriques journalières et annuelles.

Cette constance des marées barométriques a été clairement mise en évidence par les observations de nombreuses personnalités telles que le capitaine Delporte, le docteur Etienne, le commandant Charles Lemaire, etc. Ce dernier a expliqué tout au long, dans son seizième mémoire de la mission scientifique du Ka-Tanga, la méthode directe d'observation des altitudes par une simple lecture de la pression barométrique, et a donné, à ce sujet, une table de Delporte corrigée que nous reproduisons dans le présent ouvrage.

Nous avons pu, grâce à un barographe, observer personnellement, pendant plus d'une année, la marée barométrique journalière dans la région du chemin de fer et mesurer la marée barométrique annuelle à Thysville (voir planche *1bis*) (1).

On remarquera la grande concordance existant entre nos observations de marées barométriques à Thysville et celles faites par le docteur Etienne à Banana et par le commandant Lemaire à Loföi.

Nous basant sur les observations de nos prédécesseurs et sur les nôtres, nous avons adopté pour nos calculs d'altitude une marée barométrique annuelle représentée au haut de la planche *1bis* et une marée barométrique journalière représentée sur la même planche.

La table unique du commandant Lemaire, que nous reproduisons ci-après, donne l'altitude pour une lecture brute de la pression barométrique, corrigée simplement des variations des deux marées barométriques journalières et annuelles.

Ayant fait usage d'hypsomètres et d'anéroïdes qui donnent directement les pressions barométriques à 45° de latitude, au niveau de la mer et indépendamment de la température, nous avons été obligés pour utiliser la table de Lemaire, seule table dont nous disposions, de faire les corrections correspondantes.

(1) La planche *1bis* porte par erreur (b_i - b_j); prière de lire (b_j - b_i).

TABLE UNIQUE

POUR LE CALCUL DES ALTITUDES ABSOLUES DE 0 MÈTRE A 2,100 MÈTRES ENTRE 12° DE LATITUDE NORD
ET 12° DE LATITUDE SUD PAR LE COMMANDANT CHARLES LEMAIRE, D'APRÈS LA TABLE DU CAPITAINE DELPORTE.

$h =$ = lecture du baromètre non ramené à la température de 0° ni à la latitude de 45°	Hauteur pour une température $t' = 15^{\circ}$		Hauteur pour une température $t' = 20^{\circ}$		Hauteur pour une température $t' = 25^{\circ}$		Hauteur pour une température $t' = 30^{\circ}$	
	Différence	Différence	Différence	Différence	Différence	Différence	Différence	Différence
764,8	0,0	9,4	0,0	9,4	0,0	9,4	0,0	9,4
764	9,4		9,4		9,4		9,4	
763	20,7		20,7		20,8		20,9	
762	32,0	11,3	32,0	11,3	32,2	11,4	32,4	11,5
761	43,3		43,3		43,6		43,9	
760	54,6		54,6		55,0		55,4	
760	54,6		54,6		55,0		55,4	
759	66,1		66,2		66,7		67,2	
758	77,6		77,8		78,4		79,0	
757	89,1		89,4		90,1		90,8	
756	100,6		101,0		101,8		102,6	
755	112,1	11,5	112,6	11,6	113,5	11,7	114,4	11,8
754	123,6		124,2		125,2		126,2	
753	135,1		135,8		136,9		138,0	
752	146,6		147,4		148,6		149,8	
751	158,1		159,9		160,3		161,6	
750	169,6		170,6		172,0		173,4	
750	169,6		170,6		172,0		173,4	
749	181,2		182,3		183,8		185,3	
748	192,8		194,0		195,6		197,2	
747	204,4		205,7		207,4		209,1	
746	216,0		217,4		219,2		221,0	
745	227,6	11,6	229,1	11,7	231,0	11,8	232,9	11,9
744	239,2		240,8		242,8		244,8	
743	250,8		252,5		254,6		256,7	
742	262,4		264,2		266,4		268,6	
741	274,0		275,9		278,2		280,5	
740	285,6		287,6		290,0		292,4	
740	285,6		287,6		290,0		292,4	
739	297,6		299,7		302,2		304,7	
738	309,6		311,8		314,4		317,0	
737	321,6		323,9		326,6		329,3	
736	333,6		336,0		338,8		341,6	
735	345,6	12,0	348,1	12,1	351,0	12,2	353,9	12,3
734	357,6		360,2		363,2		366,2	
733	369,6		372,3		375,4		378,5	
732	381,6		384,4		387,6		390,8	
731	393,6		396,5		399,8		403,1	
730	405,6		408,6		412,0		415,4	
730	405,6		408,6		412,0		415,4	
729	417,6		420,7		424,2		427,7	
728	429,6		432,8		436,4		440,0	
727	441,6		444,9		448,6		452,3	
726	453,6		457,0		460,8		464,6	
725	465,6	12,0	469,1	12,1	473,0	12,2	476,9	12,3
724	477,6		481,2		485,2		489,2	
723	489,6		493,3		497,4		501,5	
722	501,6		505,4		509,6		513,8	
721	513,6		517,5		521,8		526,1	
720	525,6		529,6		534,0		538,4	

$h =$ = lecture du baromètre non ramené à la température de 0° ni à la latitude de 45°	Hauteur pour une température $t' = 15^{\circ}$		Hauteur pour une température $t' = 20^{\circ}$		Hauteur pour une température $t' = 25^{\circ}$		Hauteur pour une température $t' = 30^{\circ}$	
	Différence	Différence	Différence	Différence	Différence	Différence	Différence	Différence
720	525,6		529,6		534,0		538,4	
719	537,7		541,9		546,4		550,9	
718	549,8		554,2		558,8		563,4	
717	561,9		566,5		571,2		575,9	
716	574,0		578,8		583,6		588,4	
715	586,1	12,1	591,1	12,3	596,0	12,4	600,9	12,5
714	598,2		603,4		608,4		613,4	
713	610,3		615,7		620,8		625,9	
712	622,4		628,0		633,2		638,4	
711	634,5		640,3		645,6		650,9	
710	646,6		652,6		658,0		663,4	
710	646,6		652,6		658,0		663,4	
709	658,9		664,9		670,4		675,9	
708	671,2		677,2		682,8		688,4	
707	683,5		689,5		695,2		700,9	
706	695,8		701,8		707,6		713,4	
705	708,1	12,3	714,1	12,3	720,0	12,4	725,9	12,5
704	720,4		726,4		732,4		738,4	
703	732,7		738,7		744,8		750,9	
702	745,0		751,0		757,2		763,4	
701	757,3		763,3		769,6		775,9	
700	769,6		775,6		782,0		788,4	
700	769,6		775,6		782,0		788,4	
699	782,1		788,3		794,8		801,3	
698	794,6		801,0		807,6		814,2	
697	807,1		813,7		820,4		827,1	
696	819,6		826,4		833,2		840,0	
695	832,1	12,5	839,1	12,7	846,0	12,8	852,9	12,9
694	844,6		851,8		858,8		865,8	
693	857,1		864,5		871,6		878,7	
692	869,6		877,2		884,4		891,6	
691	882,1		889,9		897,2		904,5	
690	894,6		902,6		910,0		917,4	
690	894,6		902,6		910,0		917,4	
689	907,5		915,6		923,1		930,6	
688	920,4		928,6		936,2		943,8	
687	933,3		941,6		949,3		957,0	
686	946,2		954,6		962,4		970,2	
685	959,1	12,9	967,6	13,0	975,5	13,1	983,4	13,2
684	972,0		980,6		988,6		996,6	
683	984,9		993,6		1001,7		1009,8	
682	997,8		1006,6		1014,8		1023,0	
681	1010,7		1019,6		1027,9		1036,2	
680	1023,6		1032,6		1041,0		1049,4	

mm	$h =$ lecture du baromètre non ramenée à la température de 0° ni à la latitude de 45°		Différence		Différence		Différence	
	Hauteur pour une température $t' = 15°$	Hauteur pour une température $t' = 20°$	Hauteur pour une température $t' = 25°$	Hauteur pour une température $t' = 30°$	Hauteur pour une température $t' = 15°$	Hauteur pour une température $t' = 20°$	Hauteur pour une température $t' = 25°$	Hauteur pour une température $t' = 30°$
680	1023,6	1032,6	1041,0	1049,4				
679	1036,5	1045,6	1054,1	1062,6				
678	1049,4	1058,6	1067,2	1075,8				
677	1062,3	1071,6	1080,3	1089,0				
676	1075,2	1084,6	1093,4	1102,2				
675	1088,1	12,9 1097,6	13,0 1106,5	13,1 1115,4	13,2			
674	1101,0	1110,6	1119,6	1128,6				
673	1113,9	1123,6	1132,7	1141,8				
672	1126,8	1136,6	1145,8	1155,0				
671	1139,7	1149,6	1158,9	1168,2				
670	1152,6	1162,6	1172,0	1181,4				
670	1152,6	1162,6	1172,0	1181,4				
669	1165,5	1175,6	1185,1	1194,6				
668	1178,4	1188,6	1198,2	1207,8				
667	1191,3	1201,6	1211,3	1221,0				
666	1204,2	1214,6	1224,4	1234,2				
665	1217,1	12,9 1227,6	13,0 1237,5	13,1 1247,4	13,2			
664	1230,0	1240,6	1250,6	1260,6				
663	1242,9	1253,6	1263,7	1273,8				
662	1255,8	1266,6	1276,8	1287,0				
661	1268,7	1279,6	1289,9	1300,2				
660	1281,6	1292,6	1303,0	1313,4				
660	1281,6	1292,6	1303,0	1313,4				
659	1294,9	1305,9	1316,5	1327,1				
658	1308,2	1319,2	1330,0	1340,8				
657	1321,5	1332,5	1343,5	1354,5				
656	1334,8	1345,8	1357,0	1368,2				
655	1348,1	13,3 1359,1	13,3 1370,5	13,5 1381,9	13,7			
654	1361,4	1372,4	1384,0	1395,6				
653	1374,7	1385,7	1397,5	1409,3				
652	1388,0	1399,0	1411,0	1423,0				
651	1401,3	1412,3	1424,5	1436,7				
650	1414,6	1425,6	1438,0	1450,4				
650	1414,6	1425,6	1438,0	1450,4				
649	1428,0	1439,2	1451,7	1464,2				
648	1441,4	1452,8	1465,4	1478,0				
647	1454,8	1466,4	1479,1	1491,8				
646	1468,2	1480,0	1492,8	1505,6				
645	1481,6	13,4 1493,6	13,6 1506,5	13,7 1519,4	13,8			
644	1495,0	1507,2	1520,2	1533,2				
643	1508,4	1520,8	1533,9	1547,0				
642	1521,8	1534,4	1547,6	1560,8				
641	1535,2	1548,0	1561,3	1574,6				
640	1548,6	1561,6	1575,0	1588,4				
640	1548,6	1561,6	1575,0	1588,4				
639	1562,3	1575,4	1588,9	1602,4				
638	1576,0	1589,2	1602,8	1616,4				
637	1589,7	1603,0	1616,7	1630,4				
636	1603,4	1616,8	1630,6	1644,4				
635	1617,1	13,7 1630,6	13,8 1644,5	13,9 1658,4	14,0			
634	1630,8	1644,4	1658,4	1672,4				
633	1644,5	1658,2	1672,9	1686,4				
632	1658,2	1672,0	1686,2	1700,4				
631	1671,9	1685,8	1700,1	1714,4				
630	1685,6	1699,6	1714,0	1728,4				

mm	$h =$ lecture du baromètre non ramenée à la température de 0° ni à la latitude de 45°		Différence		Différence		Différence	
	Hauteur pour une température $t' = 15°$	Hauteur pour une température $t' = 20°$	Hauteur pour une température $t' = 25°$	Hauteur pour une température $t' = 30°$	Hauteur pour une température $t' = 15°$	Hauteur pour une température $t' = 20°$	Hauteur pour une température $t' = 25°$	Hauteur pour une température $t' = 30°$
630	1685,6	1699,6	1714,0	1728,4				
629	1699,6	1713,7	1728,2	1742,7				
628	1713,6	1727,8	1742,4	1757,0				
627	1727,6	1741,9	1756,6	1771,3				
626	1741,6	1756,0	1770,8	1785,6				
625	1755,6	14,0 1770,1	14,1 1785,0	14,2 1799,9	14,3			
624	1769,6	1784,2	1799,2	1814,2				
623	1783,6	1798,2	1813,4	1828,5				
622	1797,6	1812,4	1827,6	1842,8				
621	1811,6	1826,5	1841,8	1857,1				
620	1825,6	1840,6	1856,0	1871,4				
620	1825,6	1840,6	1856,0	1871,4				
619	1839,7	1854,9	1870,4	1885,9				
618	1853,8	1869,2	1884,8	1900,4				
617	1867,9	1883,5	1899,2	1914,9				
616	1882,0	1897,8	1913,6	1929,4				
615	1896,1	14,1 1912,1	14,3 1928,0	14,4 1943,9	14,5			
614	1910,2	1926,4	1942,4	1958,4				
613	1924,3	1940,7	1956,8	1972,9				
612	1938,4	1955,0	1971,2	1987,4				
611	1952,5	1969,3	1985,6	2001,9				
610	1966,6	1983,6	2000,0	2016,4				
610	1966,6	1983,6	2000,0	2016,4				
609	1981,0	1998,1	2014,6	2031,1				
608	1995,4	2012,6	2029,2	2045,8				
607	2009,8	2027,1	2043,8	2060,5				
606	2024,2	2041,6	2058,4	2075,2				
605	2038,6	14,4 2056,1	14,5 2073,0	14,6 2089,9	14,7			
604	2053,0	2070,6	2087,6	2104,6				
603	2067,4	2085,1	2102,2	2119,3				
602	2081,8	2099,6	2116,8	2134,0				
601	2096,2	2114,1	2131,4	2148,7				
600	2110,6	2128,6	2146,0	2163,4				

Pour la détermination de l'altitude par l'emploi des hypsomètres, nous avons prescrit d'opérer de la façon suivante :

1° Nos hypsomètres donnant la pression barométrique indépendamment de la température, c'est-à-dire réduite à zéro degré, et la table du commandant Lemaire donnant, comme on l'a vu, les altitudes pour des pressions barométriques de 15 à 30°, nous avons commencé par ramener toutes nos observations hypsométriques à la température de 20° (voir table de réduction ci-après) ;

2° Nos hypsomètres n'étant pas influencés par la gravité et donnant la pression barométrique à 45° de latitude et au niveau de la mer, nous avons dû faire également des

corrections de latitude et d'altitude (voir tables correspondantes ci-après A et B);

3° Tenant compte de la marée barométrique annuelle, nous avons, chaque fois, ajouté ou retranché la grandeur de la correction mesurée sur la courbe supérieure de la planche 1bis;

4° Nous avons ensuite utilisé de même la courbe de correction relative à la marée barométrique annuelle (voir planche 1bis);

5° Nous avons enfin corrigé nos observations en tenant compte des erreurs dues à la graduation de l'appareil. Une table dressée par le *Reichsanstalt*, de Berlin (voir ci-après), donne les corrections à faire pour chaque appareil.

Nous avons pu alors, en tenant compte des cinq corrections ci-dessus, trouver dans la table du commandant Lemaire, l'altitude du point d'observation.

TABLE DE RÉDUCTION (I)

DES OBSERVATIONS BAROMÉTRIQUES A ZÉRO DEGRÉ
(1^{re} CORRECTION)

TEMPÉRATURES	HAUTEUR BAROMÉTRIQUE							
	670	680	700	720	740	760	780	800
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7
10	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3
15	1.6	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.9
20	2.1	2.2	2.3	2.3	2.4	2.5	2.5	2.6
25	2.7	2.7	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.2
30	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.7

TABLE A (I)

RÉDUCTION DE LA PRESSION A LA GRAVITÉ NORMALE
CORRECTION DE LATITUDE (2^e CORRECTION)

Latitude Correction à retrancher	PRESSION								Différence pour 10 millimètres
	450	500	550	600	650	700	750	800	
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0	1,17	1,30	1,42	1,55	1,68	1,81	1,94	2,07	0,0259
2	1,16	1,29	1,42	1,55	1,68	1,81	1,94	2,07	0,0259
4	1,15	1,28	1,41	1,54	1,67	1,80	1,92	2,05	0,0256
6	1,14	1,27	1,39	1,52	1,65	1,77	1,90	2,03	0,0253
8	1,12	1,24	1,37	1,49	1,62	1,74	1,87	1,99	0,0249
10	1,10	1,22	1,34	1,46	1,58	1,70	1,83	1,95	0,0243
12	1,06	1,18	1,30	1,42	1,54	1,66	1,77	1,89	0,0237

(1) Voir « Instructions météorologiques » de M. Angot.

TABLE B (I)

RÉDUCTION DE LA PRESSION A LA GRAVITÉ NORMALE
CORRECTION D'ALTITUDE (2^e CORRECTION)

ALTITUDE	PRESSION MOYENNE	CORRECTION
mètres		millimètres
100	751	-0,01
200	742	-0,03
300	733	-0,04
400	724	-0,06
500	715	-0,07
600	707	-0,08
700	698	-0,10
800	690	-0,11
900	681	-0,12
1,000	673	-0,13
1,500	650	-0,19
2,000	610	-0,24

TABLE DES CORRECTIONS
DE GRADUATION

(5^e CORRECTION)

A APPORTER AUX LECTURES DES HYSOMÈTRES

I. — HYSOMÈTRE N° 1325

Les lectures sont :

Pour 450 millimètres, sans erreur appréciable.
 » 500 » de 0.2 millimètre trop élevées.
 » 550 » de 0.2 millimètre trop basses.
 » 600 » sans erreur appréciable.
 » 650 » sans erreur appréciable.
 » 700 » sans erreur appréciable.
 » 760 » de 0.2 millimètre trop élevées.

II. — HYSOMÈTRE N° 1360

Les lectures sont :

Pour 450 millimètres, de 0.2 millimètre trop basses.
 » 500 » sans erreur appréciable.
 » 550 » sans erreur appréciable.
 » 600 » de 0.2 millimètre trop basses.
 » 650 » sans erreur appréciable.
 » 700 » sans erreur appréciable.
 » 760 » sans erreur appréciable.

III. — HYSOMÈTRE N° 1369

Les lectures sont :

Pour 450 millimètres, de 0.2 millimètre trop élevées.
 » 500 » sans erreur appréciable.
 » 550 » de 0.2 millimètre trop basses.
 » 600 » sans erreur appréciable.
 » 650 » de 0.2 millimètre trop basses.
 » 700 » sans erreur appréciable.
 » 760 » de 0.2 millimètre trop basses.

Reichsanstalt, avril 1910.

(1) Voir « Instructions météorologiques » de M. Angot.

EXEMPLE DE DÉTERMINATION D'ALTITUDES
PAR L'EMPLOI DES HYSOMÈTRES

LIEU DE L'OBSERVATION	DATES	HEURES	Nos DES APPAREILS	LECTURE DES APPAREILS	CORRECTIONS						LECTURES CORRIGÉES	ALTITUDES RÉSULTANTES	MOYENNES	ALTITUDES ADOPTÉES
					DE TEMPÉ- RATURE	DE GRAVITÉ	MARÉE BARO- MÉTRIQUE		DE GRA- DUATION	TOTALES				
							Annuelle	Jour- nalière						
Camp IX Pangasi	6 juillet 1910	10.00	1325	734,1	+2,35	+1,92	-1,9	-1,3	-0,1	+1,0	735,1	346 ^m 9	352 ^m 90	353 ⁿ 00
			1360	732,9	+2,35	+1,92	-1,9	-1,3	0	+1,1	734	360 ^m 2		
			1369	733,5	+2,35	+1,92	-1,9	-1,3	+0,1	+1,2	734,7	351 ^m 7		
Camp X Perte du Kwilu	7 juillet 1910	16.30	1325	728,3	+2,35	+1,92	-1,9	+1,6	-0,1	+3,9	732,2	382 ^m 0	392 ^m 3	392 ^m 00
			1369	727,9	+2,35	+1,92	-1,9	+1,6	+0,1	+4,1	732,0	384 ^m 4		
	8 juillet 1910	15.45	1325	727,5	+2,35	+1,92	-1,9	+1,6	-0,1	+3,9	731,4	391 ^m 7		
			1369	725,7	+2,35	+1,92	-1,9	+1,6	+0,1	+4,1	729,8	411 ^m 0		

Les anéroïdes combinés avec les hypsomètres permettent de relever rapidement quelques cotes intéressantes au cours des itinéraires, en opérant de la façon suivante :

On commence par faire des lectures aux anéroïdes, en notant l'heure, en un endroit dont on connaît l'altitude (par exemple par des observations aux hypsomètres).

Arrivé au point dont on veut connaître la cote, on note à nouveau les observations des anéroïdes et l'heure.

Les différences entre les deux séries d'observations, en tenant compte, s'il y a lieu, de l'influence de la marée barométrique journalière donnent, d'après la table du commandant Lemaire, la différence d'altitude entre les deux points d'observations.

Nous avons supposé que les anéroïdes employés étaient « compensés » de façon à ne pas devoir tenir compte des différences de température.

EXEMPLES
DE DÉTERMINATION D'ALTITUDES
PAR L'EMPLOI
DES ANÉROÏDES ET DES HYSOMÈTRES COMBINÉS

Observations anéroïdes au camp de la Pangazi :

Appareil 779	lecture 732,8
» 800	» 731,2
» 6416	» 730,0
» 7086	» 727,5

Observations anéroïdes au confluent de la Pangazi et du Kwilu :

Appareil 779	lecture 734,2
» 800	» 732,6
» 6416	» 731,4
» 7086	» 729,1

Différences entre les observations :

Appareil 779	1,4
» 800	1,4
» 6416	1,4
» 7086	1,6

Différence moyenne : 1,45.

Différence d'altitude : 17,5 mètres.

Altitude au camp d'après les hypsomètres : 353.

Altitude au confluent de la Pangazi et du Kwilu : mètres **335⁵**.

Observations anéroïdes au camp de la Perte du Kwilu :

Appareil 779	lecture 725,5
» 800	» 724,1
» 6416	» 722,5
» 7086	» 716,1

Observations anéroïdes dans la crevasse au niveau de l'eau :

Appareil 779	lecture 730,1
» 800	» 728,5
» 6416	» 727,2
» 7086	» 721,7

Différences entre les observations :

Appareil 779	4,6
» 800	4,4
» 6416	4,7
» 7086	5,6

Différence moyenne : 4,8.

Différence d'altitude : 58 mètres.

Altitude au camp d'après les hypsomètres : 392.

Altitude de l'eau à la Perte du Kwilu : **334** mètres.

Pour obtenir des résultats suffisamment exacts, tant par l'emploi des hypsomètres que par l'emploi des anéroïdes, on aura soin de faire de nombreuses observations qui permettront d'établir des moyennes.

Pour les hypsomètres, on veillera :

1° A ce que la flamme ne couvre que la partie inférieure de la chaudière ;

2° A ce que l'extrémité du thermomètre soit à environ 1 centimètre de la toile métallique empêchant les projections d'eau ;

3° A ce que la partie de la colonne de mercure visible soit la plus petite possible.

Pour les anéroïdes, on veillera à les protéger soigneusement contre les chocs, ces appareils se dérégant facilement. On frappera légèrement sur le verre de l'anéroïde avant de faire la lecture pour combattre l'inertie des pièces mécaniques de l'instrument.

On ne pourra compter sur les observations d'anéroïdes que si les lectures aux points d'altitude inconnue sont très rapprochées de celles faites aux points d'altitude connue. A cet effet, il est de toute nécessité de prendre chaque jour les observations des anéroïdes aux points relevés par les hypsomètres.

Conclusions des observations d'altitude. — Les résultats de nos observations d'altitude ont été concordants et ont permis de se renseigner suffisamment sur la pente des cours d'eau.

Il est bien évident que les résultats de nos exemples, qui donnent pour trois points consécutifs du Kwilu 336 mètres (sous le pont du chemin de fer), 335 mètres et 334 mètres d'altitude, ne doivent pas faire espérer trouver, dans tous les cas, des altitudes à 1 ou 2 mètres près par la méthode des hypsomètres. Ce sont d'heureuses moyennes d'observations qui ont donné une pareille exactitude.

On peut cependant conclure, semble-t-il, qu'aux environs de l'Equateur, contrairement à ce qui se passe en nos pays, on peut se faire *une idée* de la pente d'un cours d'eau et rechercher les chutes *importantes* par de simples observations d'hypsomètres et d'anéroïdes.

Quelques-unes des altitudes calculées, principalement intéressantes au point de vue du Service d'études des Forces Hydrauliques du Bas-Congo, sont renseignées dans le tableau ci-dessous :

Camp de Yelala	90 mètres
Inkisi Camp I (Kimowa)	585 »
» Camp II	600 »
» Camp IV (Kanzi).	495 »
» Camp V (Manenga)	500 »
» Camp VI (Sanga).	475 »
» » (Chimbèque FHBC)	495 »
» Camp VIII (Songo-Matanda).	490 »
Matanda (piquet I du travail tachéométrique)	510 »
Camp XIII Rapides de Kintambo (Congo)	345 »
Congo au confluent de la Budisi	220 »
Rivière Budisi (passage route des Caravanes)	258 »

Rivière Kalamu-Gemba (passage route des Caravanes)	275 mètres
Rivière Luila (passage route des Caravanes)	288 »
Mission catholique de Sona-Bata	600 »
Lembolo-Village (chimbèque de l'Etat)	555 »
Yedi-Village id. id.	550 »
Camp XI (Kwilu)	370 »
Camp XII (Kwilu-Gombe)	375 »
Camp XIII (Kwilu-Sansikua)	315 »
Camp XIV (Kwilu-Kumbi)	350 »
Rapide la Pangazi	335 »
Perte du Kwilu	331 »

*
* *

Les reconnaissances générales faites dans la région des Cataractes nous ont permis de dresser les trois cartes publiées dans cet ouvrage. (Planche 2, environs de Matadi, vallée de la M'Pozo. Planche 3, vallée du Kwilu. Planche 4, carte du pays situé entre l'Inkisi, le Congo et le chemin de fer.)

Nous avons pu également, grâce à ces reconnaissances générales, établir les bases du service d'études à installer dans la région et écarter immédiatement certaines **chutes ne convenant pas pour l'électrification du chemin de fer.**

C'est ainsi que la *partie de l'Inkisi en amont du pont* put être abandonnée à la suite d'un voyage que nous fîmes personnellement à la mission de Lemfu et d'une reconnaissance en pirogue faite avec M. l'ingénieur Delporte.

Au cours de la reconnaissance de l'Inkisi en aval du chemin de fer, nous pûmes décider d'abandonner l'étude des *rapides de Kingo, de Kanzi et de Manenga*, non seulement beaucoup moins importants que ceux de Kilemfu, mais encore plus éloignés de la ligne.

Parmi les petits affluents du Congo, la *Budisi, la Kalamu-Gemba et la Luila* présentent à leur confluent des chutes qui, après avoir arrêté notre attention quelque temps, durent être abandonnées. Nous avons pu reconnaître, en effet, par nos observations combinées d'anéroïdes et d'hypsomètres, que ces rivières ne tombent dans le fleuve que d'une hauteur de 30 à 40 mètres. Nous nous sommes rendu compte de leur très faible débit par de rapides jaugeages par flotteurs. (Jaugeage de la Budisi du 9 août 1910 : 1 mètre cube ; Kalamu-Gemba le 10 août 1910 : 1 mètre cube 4 ; Luila le 11 août 1910 : 3 mètres cubes.)

Ces rivières présentant des emplacements de barrages assez favorables, permettraient cependant, par des retenues importantes, l'installation d'usines hydro-électriques de puissance moyenne.

Nous avons dû également abandonner l'étude de la *rivière Lufu* dont le débit et

la pente ont été reconnus insuffisants. (Le jaugeage exécuté au-dessous du pont de chemin de fer, le 15 septembre 1910, n'a donné que 6 mètres cubes. D'autre part, le « capita » Kanza qui fut envoyé, le 12 octobre 1910, reconnaître tout le cours de la Lufu jusqu'au confluent du Congo n'a rapporté de ce voyage la souvenance d'aucune chute.)

Nous avons dû de même écarter toute la partie du Kwilu en amont du chemin de fer et la partie de cette rivière en aval de la Sansikua, comme ne présentant, en aucun point, une pente suffisante. (Le capita Kanza fut envoyé en mai 1911 reconnaître le pays entre la Sansikua et le Congo.)

Parmi les nombreux rapides du Congo en aval de Léopoldville, nous n'avons poursuivi que l'étude des rapides de Kintambo, immédiatement à la sortie de Stanley-Pool. Ces rapides présentent, en effet, une pente plus forte que ceux en aval (*rapides de Kalulu*) et sont moins éloignés du chemin de fer et dans une partie moins encaissée de la vallée. (Les rapides de Kalulu, nivelés le 13 et le 14 août 1910, n'ont donné que 10 mètres de chute sur 2,600 mètres de parcours; il faut tenir compte de ce fait que la crue du fleuve fait perdre 7 à 8 mètres de chute.)

Nous avons dû enfin cesser l'étude des chutes du Congo à Yelala qui, malgré leur importance, ne peuvent convenir au problème de l'électrification du chemin de fer.

Les planches 2, 5, 6, 7 et 8 et les quelques extraits ci-dessous de notre journal de route permettront de se rendre compte de la situation de ces rapides :

« Le 23 août 1910 une première expédition partit de la station de Kenge, à l'aventure, ne possédant aucun renseignement au sujet des voies d'accès. Après une journée de marche au sud-ouest, la caravane campa en vue du mont Yelala.

» Le pays est extraordinairement bouleversé; ce ne sont que mamelons à pic et ravins profonds, sans vallée nettement marquée. Le sol est aride et désert, une herbe rare et maigre, récemment brûlée, a laissé sur tout le pays une teinte noire d'incendie; la région entière est marquée de blocs de quartz blancs qui endeuillent encore ce spectacle, chaotique et lugubre. » Devant tant de tristesse et de désolation, devant cette nature ravagée et sinistre, on se sent frappé d'une muette émotion; le vent froid de la saison sèche accentue cette impression pénible et le camp s'endort dans un profond silence que le grondement des

» rapides, toujours invisibles, rend encore » plus lugubre.

» Le lendemain, le panorama du fleuve et de la montagne se découvre à nos pieds. Un moment arrêté par le mont Yelala, le fleuve semble hésiter dans la direction à prendre, s'échappe vers l'ouest et disparaît brusquement. Mais le bruit des rapides prouve que derrière cette muraille de 400 mètres de hauteur, le Congo brise le dernier obstacle que la nature avait placé sur son chemin avant l'Océan.

» Nous décidons, ce jour-là, de partager nos efforts; pendant que MM. le docteur Bourguignon et l'ingénieur Delporte tenteront l'ascension de la montagne, M. Haass et moi essayerons d'arriver jusqu'aux rapides, en suivant le bord de l'eau. Partis de grand matin, nous rentrons, M. Haass et moi, à la nuit, au camp, sans être parvenus aux rapides que la montagne continue à nous cacher. MM. le docteur Bourguignon et Delporte ont été plus heureux et sont parvenus au but de leur ascension. Du haut de la montagne, ils ont pu découvrir l'ensemble des rapides et tout le cours du fleuve en aval, jusqu'aux environs de la M'Pozo; dans le lointain, ils ont vu se profiler le pic Cambier, marquant l'emplacement de Matadi. »

En juin 1911, M. l'ingénieur Delporte et son adjoint, M. Mayeur, sont partis de Matadi par la rive nord et, après une nuit passée à la mission de Kionzo, ont établi leur camp en vue des rapides. Les panoramas rapportés par M. Delporte, et que nous publions planches 6, 7 et 8, montrent la grande courbe du fleuve autour du mont Yelala et font comprendre d'une façon saisissante le travail des eaux pour se frayer un passage dans cette région bouleversée. Les rapides donnent par leur étendue et par le fracas de leurs eaux l'impression d'une chute importante.

Pour comprendre l'énorme travail d'érosion du fleuve à Yelala, nous devons réfléchir à sa formidable puissance hydraulique en cet endroit; en admettant un débit moyen de 50,000 mètres cubes par seconde et la chute de 16 mètres constatée par M. Delporte, on voit que les eaux du Congo à Yelala développent un peu plus de 10,600,000 chevaux par seconde.

Ces millions de chevaux, que l'imagination admet avec peine, sont la manifestation d'un fleuve jeune en période de formation. Au cours des siècles à venir, et au fur et à mesure qu'il se creusera un lit à faible pente et qu'il

aplanira les obstacles rocheux, le Congo perdra de son impétuosité. Il deviendra, en vieillissant, un fleuve majestueux par son calme et sa lenteur, là où il étonne maintenant par sa force tumultueuse.

Les photographies, planches 7 et 8, représentent entre les rives à pic la brèche par laquelle les eaux se sont échappées. Il n'y a eu là qu'un phénomène d'érosion, car les rochers au milieu des rapides sont nettement dans la même position que les couches du mont Yelala, sensiblement orientées nord-nord-ouest, sud-sud-est avec un pendage d'environ 30 à 40° Ouest.

Ces photographies montrent, en outre, l'existence d'un synclinal et d'un anticlinal, dont les couches rocheuses alternées se composent d'un poudingue à gros éléments (cailloux roulés), d'une roche verte micachiste à grains de magnétite (rougis par altération) et de filons de quartz irrégulièrement disposés.

La puissance du fleuve à Yelala est malheureusement inutilisable :

Le travail tachéométrique de M. Delporte a démontré que la dénivellation totale des rapides n'est que de 16^m75 sur 2 kil. 200. Comme il serait impossible de conserver, par un barrage à l'amont, un niveau fixe et égal à celui des hautes eaux, comme on devrait, par contre, établir l'usine à l'aval, à l'abri des plus fortes crues (7 à 8 mètres), on ne pourrait guère utiliser que 8 ou 9 mètres de cette chute.

La grande quantité d'eau disponible pourrait compenser la faiblesse de la chute, si les rives du fleuve se présentaient favorable-

ment pour l'installation d'une usine. Malheureusement, la rive droite, la seule à prendre en considération, présente successivement deux parois à pic qui forceraient le canal de dérivation à passer en tunnel (voir planches 7 et 8). Dans ces conditions et comme il s'agit de grandes masses d'eau, les dépenses d'aménagement seraient par trop onéreuses et empêcheraient toute utilisation économique.

Si l'on ajoute à ces circonstances défavorables les difficultés des voies d'accès, lesquelles, par la rive gauche, s'étendraient sur une quinzaine de kilomètres en pays bouleversé et nécessiteraient la création d'un transbordeur au-dessus du fleuve, alors que, par la rive droite, elles comporteraient plus de 25 kilomètres dans un pays tout aussi accidenté, on doit malheureusement considérer les chutes d'Yelala comme pratiquement et économiquement inutilisables.

La montagne d'Yelala aurait pu permettre, par une usine de pompage et une usine à grande chute, l'accumulation d'énergie à 400 mètres de hauteur, mais là encore on eût été arrêté, et par les difficultés d'exécution, et par les sables siliceux contenus dans l'eau du fleuve, lesquels, sous 400 mètres de chute, occasionneraient une usure considérable des roues et de la conduite.

Les chutes d'Yelala, n'étant pas utilisables, retomberont probablement dans l'oubli et resteront, dans un pays presque inaccessible, un spectacle grandiose que seuls quelques pêcheurs indigènes et les hardis touristes de l'avenir pourront contempler.

CHAPITRE II

GÉNÉRALITÉS

SOMMAIRE. — Organisation générale. — Rivières et chutes étudiées. — Profil en long et dispositions spéciales pour l'étude de l'Inkisi.

Les études préliminaires à l'aménagement des chutes portent sur deux facteurs principaux :

1° *La hauteur de chute ;*

2° *Le régime ou débit de la rivière à utiliser.*

Le mesurage de la hauteur de chute a fait partie de l'« Etude topographique » du service. Comme on le verra dans le chapitre V, cette partie des études comportait, en outre, le relevé du terrain aux emplacements du barrage, de la dérivation et de l'usine, l'étude de la capacité du bassin de retenue et, enfin, l'étude des voies d'accès.

Au cours de la reconnaissance générale et de l'étude topographique, de nombreux renseignements géologiques ont été recueillis quant aux bons terrains de fondation, aux matériaux de construction, etc.

Cette partie des travaux sera exposée dans le chapitre VI en même temps que les observations pluviométriques, thermométriques, l'analyse des eaux, etc.

Le régime ou étude du débit de la rivière à utiliser est la partie la plus délicate et la plus importante des travaux préliminaires à l'aménagement des chutes (chapitres III et IV).

Il ne suffit pas de mesurer un ou deux débits de la rivière; il importe, au contraire, de connaître le débit journalier pendant plusieurs années.

Pour les rivières importantes, les mesures des débits s'obtiennent par le relevé de la section et l'observation des vitesses du courant. On établit directement le profit de la section et l'on recherche la vitesse

moyenne par différentes méthodes, telles que méthodes des flotteurs, emploi du tube de Pito, des moulinets électriques, etc.

Nous indiquons dans le chapitre IV pour quelles raisons la méthode des jaugeages par moulinets électriques a seule été employée et nous décrivons tout au long dans ce même chapitre l'exécution et le calcul d'un jaugeage.

On sait qu'une mesure de débit comporte des travaux importants et coûteux qui durent plusieurs jours et nécessitent la collaboration de plusieurs personnes. Dans ces conditions, il est inutile de songer à construire le graphique annuel des débits en jaugeant chaque jour la rivière; il est même désirable de réduire au minimum le nombre de jaugeages.

Il est aisé, au contraire, de relever le niveau de l'eau tous les jours, une ou plusieurs fois, soit par un agent spécial, soit par un appareil enregistreur et l'on peut, par conséquent, construire sans difficulté et à peu de frais le *graphique annuel des niveaux* de la rivière au point étudié (voir planches 35 et 36).

Si, d'autre part, on admet qu'à un niveau déterminé de la rivière correspond toujours le même débit (ce principe ne se vérifiant qu'aux endroits où la section reste fixe et sans changement appréciable), il suffit de construire une courbe donnant la relation entre les débits et les niveaux. En effet, cette courbe — *courbe de débits* — (voir planches 59 et 60) permettant de mesurer le

débit correspondant à un niveau donné, on pourra, en se basant sur les graphiques de niveaux, construire les *graphiques annuels des débits* (voir planches 61 et 62).

Un bureau central d'étude fut installé à Thysville, d'où l'on pouvait, en effet, rayonner plus facilement vers Matadi et vers Kinshasa (voir planche 9). On y a centralisé la partie administrative, les magasins, le travail de bureau, les analyses d'eau, etc., en un mot, la direction générale des études.

Les jaugeages et les différentes observations du service se sont poursuivis dans les vallées de la M'Pozo, du Kwilu, de l'Inkisi, de la N'Guvu et du Congo en aval de Léopoldville.

On peut se rendre compte, par l'examen de la planche 9 (emplacement des appareils du service F. H. B. C.), du nombre important des appareils installés, et des emplacements qui ont été choisis. Douze pluviomètres ont été échelonnés, le long de la ligne du chemin de fer, dans chacun des bassins étudiés; cinq limnigraphes, sept échelles limnimétriques et douze appareils à maxima ont permis de relever les niveaux des rivières, indispensables à la connaissance du régime; enfin, quatre stations de jaugeage ont été complètement installées sur la M'Pozo, le Kwilu, l'Inkisi et la N'Guvu.

*
* *

Les chutes dont l'étude a été poursuivie sont situées sur la M'Pozo, le Kwilu, l'Inkisi et le Congo. Leurs situations, par rapport au chemin de fer, ont été exactement établies par nos reconnaissances générales (voir planches 2, 3 et 4).

Les photographies des planches 10 à 23 donnent une idée très exacte des chutes étudiées et montrent la configuration de chacune des vallées pour les parties intéressantes des cours d'eau.

La M'Pozo est une rivière torrentielle dont la vallée encaissée traverse un pays de pierres, dénudé et sauvage (planche 10), tandis que le Kwilu coule dans une vallée plus large, dans un pays moins mouvementé et couvert d'herbages (planche 11); enfin l'Inkisi est une rivière importante traversant un pays presque entièrement couvert de forêts (planches 19, 20 et 22).

Pour la M'Pozo, on connaissait la cote de l'eau à son confluent avec le Congo et la cote sous le pont (voir planche 2); nous avons, par deux nivellements tachéométriques partant des environs des kilomètres 12 et 20, vers

les confluent des ravins du Diable et de La Mia, déterminé l'altitude de ces deux nouveaux points. Il nous a été ainsi possible de montrer la faible pente de la rivière en amont du ravin du Diable et sa forte pente en aval.

Un emplacement de barrage très favorable existant au confluent du ravin du Diable, et la vallée de la M'Pozo se présentant assez bien pour une dérivation et pour l'établissement d'une usine, nous avons dû, tenant compte de la proximité de Matadi, poursuivre scientifiquement l'étude de cette rivière. La possibilité d'accumuler l'eau à 400 mètres d'altitude, en haut des massifs du Pic Cambier ou de Palabala, rendait du reste également la M'Pozo intéressante malgré son faible débit.

Pour le Kwilu, la partie présentant des chutes et des rapides se trouve, comme on l'a vu, située entre la Pangazi et la Sansikua (voir planche 3). La planche 12 montre un premier emplacement de barrage possible, exactement en amont de la Perte. Malheureusement, en cet endroit, la vallée est assez large et les grandes dimensions horizontales du barrage limiteraient ses dimensions en hauteur. Dans la gorge, immédiatement en aval de la Perte (photographie de la Porte d'Enfer, planche 13), on pourrait, au contraire, construire un barrage de très peu de largeur, 30 à 35 mètres, et de toute la hauteur de la gorge, c'est-à-dire d'une trentaine de mètres. La branche d'arbre au premier plan dans la photographie de la planche 13, étant malheureusement tout contre l'objectif, apparaît avec de si grandes dimensions que la gorge à l'arrière-plan semble de peu d'importance. Les niveaux des plus hautes eaux montrent cependant en noir des crues de 9 à 10 mètres qui permettent de se rendre exactement compte des dimensions générales.

Les rapides de Kilemfu sur l'Inkisi étant situés à faible distance de la ligne du chemin de fer (à moins de 10 kilomètres de Madimba, voir planche 4) et dans une vallée se présentant assez bien pour la dérivation (voir planche 15), ont dû évidemment être pris en considération.

La chute de Sanga sur l'Inkisi, quoique plus éloignée du chemin de fer, est si facilement aménageable, que nous avons cru devoir en poursuivre également l'étude. Cette chute donnerait, en effet, une dénivellation de 24 mètres pour une dérivation d'un peu plus d'un kilomètre.

Enfin, les grandes chutes de Zongo-Matanda et de Sengele (Inkisi) ont dû, malgré leur éloignement du chemin de fer (30 à 35 kilo-

mètres à vol d'oiseau) être étudiées, car leur dénivellation totale, qui atteint 130 mètres, permettra un aménagement spécialement économique. Comme il faudra cependant tenir compte de la longueur des voies d'accès, non seulement dans le coût du premier établissement, mais aussi pour le prix de revient, dans les projets d'exploitation future, il n'est pas certain *a priori* que cet emplacement soit de beaucoup préférable aux autres. La planche 17 permet, avec les planches 18, 19, 20, 21 et 22, de se rendre exactement compte de la situation des chutes de Zongo-Matanda et de Sengele.

Nous extrayons de notre journal de route la description suivante de la chute (voir planche 20) :

« En cet endroit le terrain est extrêmement »
» bouleversé, la chute est complètement encer- »
» clé de montagnes boisées, découpées de »
» ravins en tous sens. Au fond de ce paysage »
» de forêts, la chute n'apparaît presque pas »
» et même le fracas de l'eau reste enseveli »
» dans l'épaisseur des bois.

» L'Inkisi, après quelques mètres de rapi- »
» des, tombe, sur toute sa largeur, d'une hau- »
» teur de 40 mètres environ dans un petit »
» ravin que la nature a mis en travers de son »
» chemin. La puissance de l'eau semble avoir »
» creusé au pied de la chute une formidable »
» rigole de quelque 20 mètres de profondeur, »
» si bien que l'eau tombe en réalité d'une »
» soixantaine de mètres avant de s'écouler »
» brusquement vers la gauche.

» L'épais brouillard d'eau pulvérisée qui »
» sort du fond de la crevasse est chassé en »
» avant par le fort courant d'air dû au mou- »
» vement des eaux. Toute une partie de la »
» forêt est ainsi perpétuellement noyée et, »
» les arbres disparus, il n'est plus resté sur »
» les tables de roche qu'une remarquable »
» végétation aquatique. Parmi les algues, la »
» mousse et les orchidées, d'énormes crabes »
» circulent en compagnie d'étranges reptiles, »
» tandis qu'une sorte d'étoile de mer assez »
» curieuse attire spécialement notre atten- »
» tion... »

« Après cette chute verticale de 60 mètres, »
» l'Inkisi, qui a brusquement changé sa direc- »
» tion de 90°, coule dans une gorge à parois »
» verticales. Grâce aux pierres que la saison »
» sèche a mises à découvert, nous pouvons, »
» après nous être laissé descendre à l'aide »
» d'un câble en chanvre, circuler au fond de »
» la crevasse, le long des rapides. Nous arri- »
» vons ainsi au pied même de la chute de »
» Zongo-Matanda, où le spectacle formidable

» de l'eau attaquant la falaise comme une »
» mer en tempête, nous arrête un long mo- »
» ment.

» Nous redescendons ensuite, toujours sau- »
» tant de pierre en pierre, jusqu'à la chute de »
» Sengele, que nous atteignons vers 4 heures »
» de l'après-midi, après plus de six heures de »
» continuel efforts.

» Nous pouvons enfin sortir de la gorge de »
» l'Inkisi par les pentes raides, non boisées, »
» de la rive droite, situées immédiatement »
» après le ravin de Kinkelideli. Ce ravin »
» pourra convenir pour l'établissement d'une »
» usine, à moins que l'on ne choisisse le ravin »
» de Sengi, plus en aval, qui permettrait »
» d'utiliser la chute de Sengele.

» Nous rentrons facilement au camp qui »
» n'est qu'à 3 ou 4 kilomètres vers l'est. »
(Voir planche 4.)

Le panorama des *rapides de Kintambo en aval de Léopoldville* (planche 23) donne une parfaite idée de la situation du Congo en cet endroit. Il faut, pour regarder ce panorama, s'imaginer les immenses dimensions du fleuve et admettre que les vagues des rapides atteignent 6 à 8 mètres de hauteur sans qu'on puisse seulement les apercevoir sur la photographie. Un bras latéral du fleuve, sur la rive gauche, semble indiquer naturellement la dérivation la plus facile à exécuter et amène, en aval des rapides, en un emplacement favorable pour l'installation d'une usine hydroélectrique.

* * *

La planche 23bis, qui donne le **profil en long de l'Inkisi**, depuis le pont du chemin de fer jusqu'au Congo, montre la situation toute spéciale de la rivière dont la pente, à l'encontre de l'ordre habituel des choses, va en augmentant de la source vers le confluent.

Ce profil a pu être exactement établi par les relevés tachéométriques de certaines parties de la rivière (emplacements de chutes étudiés) et par les observations hypsométriques dont nous avons parlé au chapitre I.

Les débits de la Wungu, de la Lukusu et de la Vini-Kiamfu ont été immédiatement jugés négligeables en comparaison du débit de l'Inkisi. La N'Guvu, au contraire, ayant un débit aux basses eaux de plusieurs mètres cubes, pouvait présenter des crues importantes et a dû être prise en considération.

Il nous a semblé très difficile d'installer une station de jaugeage sur l'Inkisi en aval de la N'Guvu et de poursuivre, à cette distance

dans la brousse, des observations régulières et exactes. Nous avons cru préférable d'étudier les deux rivières à leur point de passage du chemin de fer et d'installer des stations de jaugeage aux ponts de l'Inkisi et de la N'Guvu. Le même agent a, du reste, pu s'occuper de ces deux stations, grâce aux nombreux trains circulant journellement.

Nous pensons que cette façon d'opérer ne donne lieu à aucune critique, car les temps mis par l'eau de chacune des deux rivières, pour se rendre du pont du chemin de fer à leur confluent, ont été constatés sensiblement égaux. Trois jaugeages exécutés à des heures correspondantes ont, d'ailleurs, donné des résultats concordants.

CHAPITRE III

ÉTUDE DU NIVEAU DES EAUX

SOMMAIRE. — Repères de nivellement. — Description et installation des appareils (limnimètres, limnigraphes et appareil à maxima). — Feuilles limnigraphes, graphiques mensuels et annuels des niveaux. — Moyenne de plusieurs années d'observations.

Quand M. le docteur Epper, actuellement chef du Service hydrométrique fédéral suisse, fut chargé, en 1895, de faire une étude spéciale et approfondie de l'hydrométrie de son pays, il fut amené à constater qu'un nombre considérable d'observations anciennes ne pouvaient malheureusement plus donner de renseignements utilisables, la cote du zéro des échelles limnimétriques étant impossible à retrouver.

Des affaissements, dont on ne pouvait déterminer l'importance, avaient modifié peu à peu, non seulement l'altitude des limnimètres, mais encore celle des repères placés antérieurement dans certaines stations et celle des marques des plus hautes eaux encore visibles, qui avaient été faites au cours des siècles.

Le placement de nombreux **repères de nivellement** en des endroits convenablement choisis a été trop souvent négligé, comme on le voit, malgré sa haute importance.

Il est indispensable, si l'on veut conserver aux observations leur valeur et ne pas perdre le fruit d'un travail laborieux, de fixer définitivement, pour l'avenir, l'altitude du zéro.

Nous avons donné à la planche 24 des croquis de situation de la plupart des repères importants établis par notre service. D'autres repères fort nombreux, dont nous ne pensons pas devoir donner les situations, ont été placés, entre autres pour les appareils à maxima et pour les travaux tachéométriques.

*
* *

La planche 25 montre le type de **limnimètre** qui a été employé au Service d'études des Forces Hydrauliques du Bas-Congo; il

est exactement semblable à celui du Bureau hydrométrique fédéral suisse.

Cette échelle, extrêmement robuste et ne présentant aucune inscription en couleur qui puisse disparaître à la longue, est parfaite à tous les points de vue; on ne devrait jamais reculer devant le coût de son établissement, eu égard au travail considérable que représentent les lectures journalières du niveau des eaux et l'annotation de ces lectures.

La même planche montre également le type d'appareil **limnigraphe** utilisé. Le principe de cet appareil est fort simple : un flotteur qui monte et descend avec le niveau de la rivière, fait, par l'intermédiaire d'un jeu de poulies réductrices, mouvoir un index suivant une génératrice verticale d'un tambour qui tourne à raison d'un tour en huit jours. L'index pique un point dans le papier du tambour toutes les demi-heures (voir planche 30); un cadran d'horloge indique l'heure à celui qui vérifie la marche régulière du limnigraphe.

Les difficultés résident dans la construction compliquée de cet appareil, qui doit cependant être des plus robuste. Pour le Congo, les constructeurs ont dû, sur notre demande, prendre des précautions particulières contre l'humidité, les hautes températures et les insectes. C'est ainsi que tout l'appareil est placé dans une forte cabine en fer, à fermeture hermétique.

Nous avons pu, grâce à l'amabilité du docteur Epper et de la maison Hasler, faire construire, suivant nos données, un nouvel **appareil à maxima** (planche 26).

Cet appareil spécial présente, à l'intérieur d'une colonne tubulaire, un flotteur qui fait monter, sur une crémaillère en bronze,

un indicateur de niveau sans que celui-ci puisse redescendre au moment de la baisse des eaux.

Il suffit d'aller, au cours de la saison sèche de chaque année, mesurer le niveau de l'indicateur pour obtenir le niveau maximum atteint par les eaux durant la saison des pluies précédentes.

Cet appareil nous a semblé, dès les premiers mois de notre séjour en Afrique, absolument nécessaire pour permettre d'enregistrer le niveau maximum atteint par les eaux aux emplacements d'usine et de barrage, qui se trouvaient complètement en dehors de notre surveillance.

L'installation des appareils en Afrique a donné lieu à des travaux importants, souvent plus considérables qu'en Europe, vu la difficulté de trouver un emplacement convenable (mur de quai, pile ou culée de pont).

A la M'Pozo et à la N'Guvu, les appareils ont été placés directement contre les culées du côté de Matadi, celles-ci restant continuellement mouillées, même aux plus basses eaux (voir planche 27).

Il n'en a malheureusement pas été de même pour le Kwilu et l'Inkisi, où l'on a été forcé, pour placer les appareils à l'abri des arbres entraînés par les crues, de creuser des tunnels de communication avec les rivières. Les travaux ayant dû être conduits sous eau ont été spécialement délicats (voir planche 28).

Le placement des limnimètres, qui peut se faire par parties, et des appareils à maxima, qui peuvent être situés en dehors du lit habituel de la rivière, dans les parties inondées, n'a donné lieu à aucune difficulté spéciale (voir planche 29).

*
* *

Nous donnons, à titre d'exemple, dans les planches 30 et suivantes, une **feuille limni-graphe** et quatre **graphiques mensuels des niveaux** qui montreront sur quelles données nous avons pu nous baser pour construire les **graphiques annuels des niveaux**.

On remarquera, par l'examen de la planche 30, avec quelle exactitude la rapidité des crues est observée; ces renseignements auront une réelle importance pour le calcul des vannes de décharge et des déversoirs.

Les planches 31, 32 et 33, qui donnent les graphiques mensuels présentant le maximum de l'année, montrent les dénivellations brusques de la rivière, au cours d'un même mois, et font comprendre combien la force hydraulique des cours d'eau est irrégulière et, par ce fait, délicate à capter.

La planche 34 montre, par opposition, la constance des niveaux au moment des basses eaux et la faiblesse de la rivière pendant cette longue période.

Les planches 35 et 36, graphiques annuels des niveaux, donnent *pour l'année 1911* :

Le *niveau moyen* ou moyenne arithmétique des niveaux (Module).

Le *niveau caractéristique moyen* ou niveau en dessous duquel le cours d'eau n'est pas descendu plus de cent quatre-vingts jours, consécutifs ou non.

Le *niveau caractéristique d'étiage* ou niveau en dessous duquel le cours d'eau n'est pas descendu plus de dix jours consécutifs ou non.

Le *niveau maximum* et le *niveau minimum* de chacune des saisons des pluies et saisons sèches.

Il y a chaque année, dans la région de Matadi au Stanley-Pool, deux saisons sèches et deux saisons des pluies; la saison sèche de juillet-août et la saison des pluies de novembre-décembre sont plus fortement marquées et présentent les minima et maxima de l'année.

On pourra, en comparant les différents graphiques annuels des niveaux, constater les différences de régime des rivières étudiées; c'est ainsi que l'on remarquera le caractère torrentiel de la M'Pozo et la rapidité de ses crues, tandis que le Kwilu et l'Inkisi frapperont par leur moins grande irrégularité. (Différence de niveau constatée en 1911 entre le minimum et le maximum : pour la M'Pozo, 8 mètres; pour le Kwilu, 2^m54; pour l'Inkisi, 3^m33, et pour la N'Guvu, 1^m71.)

*
* *

L'importance de plusieurs années d'observation est manifeste et, si personne ne peut se baser sur une ou deux mesures de niveau pour juger du caractère d'une rivière, personne ne peut non plus se croire fixé par une seule année d'observation.

Nous avons pu construire, en utilisant les observations faites par la Compagnie du chemin de fer, les graphiques des niveaux mensuels du fleuve Congo pour Matadi pendant les années 1909, 1910 et 1911 (voir planche 37bis).

Nous avons pu également, en nous basant sur les observations faites par le gouvernement de la Colonie, établir les mêmes graphiques pour Léopoldville pendant les six années 1905 à 1910. (Voir planche 37.)

Le niveau maximum absolu à Léopoldville, en décembre 1908, a été de 300,07 mètres,

et le niveau minimum absolu, en juillet 1905, a été de 294,39 mètres, la dénivellation la plus forte n'a donc été que de 5,68. Pour Matadi, cette même dénivellation a été de 8,90.

Ces exemples montrent déjà des différences importantes de niveau. Et cependant, le Congo, dans son cours inférieur, possède un régime d'une remarquable régularité parce qu'il provient d'un bassin énorme qui subit

les saisons des pluies et saisons sèches des deux hémisphères, saisons toujours opposées.

Il ne peut en être de même des cours d'eau que nous avons étudiés dans la région des Cataractes; ceux-ci doivent forcément subir plus fortement les variations climatiques locales de chaque année.

On verra, à ce sujet, avec intérêt, au chapitre VI, les renseignements pluviométriques que nous avons déjà pu recueillir.

CHAPITRE IV

ÉTUDE DU RÉGIME

SOMMAIRE. — Choix de la méthode de jaugeage. — Description des appareils. — Tarage des moulinets électriques. — Exécution d'un jaugeage par moulinet électrique. — Calculs d'un jaugeage. — Courbes de débits, graphiques annuels des débits et courbes de fréquence.

Nous avons fixé notre **choix de la méthode de jaugeage** d'après les conditions spéciales de nos études en Afrique.

La *méthode par réservoir étalonné*, de beaucoup la plus exacte et la plus simple, ne pouvait convenir, puisqu'il s'agissait de débits importants.

De même, *l'emploi du tube de Pitot*, surtout pratique pour les faibles débits, devait être écarté. Cet appareil devient en effet absolument insuffisant lorsqu'on se trouve en présence d'eaux profondes et de vitesses importantes. Il est, du reste, nécessaire de constater que les tubes hydrométriques n'indiquent pas la valeur moyenne des vitesses, ces dernières variant constamment par suite de la pulsation de l'eau, mais indiquent seulement la vitesse au moment même de l'observation.

La *méthode de jaugeage par déversoir*, qui donne le débit par simple lecture de la hauteur d'eau, ne pouvait convenir davantage. Cette méthode n'est, en effet, possible que pour les petits cours d'eau où l'aménagement d'un barrage déversoir n'est pas trop onéreux; elle ne peut être appliquée, pour les cours d'eau de quelque importance, que s'il existe déjà des barrages convenant parfaitement.

Enfin la *méthode de jaugeage par flotteurs*, qui, à première vue, semblait devoir convenir parfaitement, a dû être rejetée pour les motifs suivants :

1° Il nous était impossible de recruter en Afrique un personnel bien entraîné en nombre suffisant. Or, des observateurs peu sûrs et sur lesquels on ne peut compter, compromettent totalement l'exactitude du jaugeage et prolongent outre mesure la durée des travaux. Si l'on dispose d'un pont pour les jaugeages par flotteurs, trois observateurs sont encore nécessaires : un premier, pour lancer le flot-

teur au bon endroit et observer sa marche régulière; un deuxième, pour signaler l'heure du passage du flotteur à la base d'amont, et un troisième pour signaler l'heure du passage du flotteur à la base d'aval et, à la fois, diriger et annoter le jaugeage;

2° Il est souvent impossible, à moins d'exagérer le nombre des flotteurs, de répartir également les observations sur toute la largeur du cours d'eau. Dans la plupart des cas, il est très difficile d'obtenir un nombre de points suffisants vers les bords, car il n'est pas rare de voir les flotteurs arrêtés par les saillies des rives ou être entraînés vers le milieu du fleuve.

Les jaugeages par flotteurs en Afrique n'auraient donc donné que des résultats approximatifs et auraient, cependant, nécessité des dépenses considérables, si l'on tient compte du salaire des trois observateurs nécessaires, de l'installation du câble gradué et du prix des flotteurs qui sont entraînés par l'eau.

Seule, la *méthode de jaugeage par moulinet électrique*, ne nécessitant qu'un observateur compétent, s'adaptait, comme on le voit, aux circonstances spéciales de notre service. Elle a été généralement utilisée; quelques jaugeages par flotteurs ont cependant permis de mesurer les vitesses superficielles au moment des crues.

*
* *
*

La planche 38 montre le type de **moulinet à hélice protégée** utilisé par le Service d'études des Forces Hydrauliques du Bas-Congo; trois moulinets de ce type ont été en service, tandis qu'un moulinet du type **à hélice non protégée** (planche 39) restait

au bureau de Thysville comme moulinet étalon.

Nous avons pu ainsi, en comparant assez fréquemment les moulinets en service au moulinet étalon, nous assurer du bon état des appareils et de la constance de leurs coefficients de tarage.

Le dispositif compteur est formé d'un disque de cent dents (voir détails planche 39), qui présente, sur deux diamètres perpendiculaires, quatre petits cylindres de contact dont une moitié est composée de matière isolante. On peut, en disposant convenablement les cylindres de contact, amener le signal de la sonnerie à fonctionner tous les vingt-cinq, cinquante ou cent tours de l'hélice et opérer ainsi avec la même facilité dans les courants lents que dans les courants rapides.

La tige du moulinet, qui porte une graduation en centimètres, a une section en forme de lentille convenant mieux que la forme circulaire primitivement utilisée. Elle mesure 6 mètres de longueur et est composée d'un premier tronçon inférieur, de 4 mètres, généralement utilisé et d'une prolonge de 2 mètres pour les cas exceptionnels.

La tige du moulinet coulisse dans un support spécial renfermant, à sa partie supérieure, un petit niveau sphérique qui permet de vérifier sa position verticale (voir planche 38). Le docteur Epper écrit, avec raison, dans son livre sur l'hydrométrie, « qu'un moulinet sans support est un couteau sans manche ».

Il est excessivement intéressant de prévoir, à la partie inférieure de la tige, un dispositif de sûreté qui permet d'être averti, sans erreur possible, du contact avec le sol; nous avons pu, en effet, remarquer plusieurs fois que, la tige du moulinet se coinçant sous l'effort de l'eau à grande profondeur, l'opérateur croyait, à tort, avoir atteint le fond de la rivière. Les moulinets de notre service ne comportaient malheureusement pas ce dispositif de contact.

*
* *

Le **tarage des moulinets**, qui est évidemment de la plus haute importance, nécessite une installation spéciale et coûteuse.

Le laboratoire fédéral pour l'essai des moulinets, où ont été exécutés les tarages de nos appareils, a été créé, aux environs de Berne, en 1896, et fonctionne depuis ce jour sous la direction du savant docteur Epper. Nous lisons, à ce sujet, dans le livre du *Développement de l'hydrométrie en Suisse*, ce qui suit :

« Cette installation consiste en un canal en béton de 130 mètres de longueur, 1^m20 de largeur et 1^m40 de profondeur; celui-ci est rempli d'eau dormante jusqu'à une hauteur de 1^m20 du fond (voir planche 40). Les murs latéraux sont surmontés d'une voie posée sur des longrines et dont l'écartement est de 1^m435. Sur cette voie peut être déplacé, sur des distances plus ou moins grandes, un wagonnet pourvu d'un appareil moteur que l'on fait fonctionner à la main et qui imprime à volonté au véhicule des vitesses différentes, mais dont la constance n'est malheureusement pas toujours absolue.

» Les vitesses imprimées au wagonnet peuvent varier elles-mêmes de 3 centimètres à 5 mètres par seconde. La tige du moulinet est fixée à un support placé à la partie antérieure du wagonnet, de telle façon que l'axe du moulinet se trouve au milieu du canal et généralement à une profondeur d'environ 40 centimètres au-dessous du niveau de l'eau. Mais il importe de veiller avec soin à ce que l'appareil soit exactement taré dans les mêmes conditions que lorsqu'on l'emploie pour des jaugeages; en aucun cas, la tige utilisée pour le tarage ne doit avoir un diamètre différent de celui de la tige employée dans les jaugeages.

» L'une des parois latérales de la longrine à proximité immédiate du trottoir est pourvue d'une division métrique continue, à côté de laquelle se trouve encore une planche étroite ou lame de sapin posée horizontalement sur toute la longueur de la voie. Au côté longitudinal du wagonnet qui correspond à la division métrique, deux fusils à air comprimé peuvent être placés sur une table verticale, de façon que leurs bouches ne soient éloignées que de quelques centimètres de la lame de sapin. Les axes des canons des deux fusils convergent de manière que, le wagonnet étant arrêté, les projectiles (deux flèches empennées) frappent exactement au même point. Il existe en outre un mécanisme dont l'agencement permet de décharger les armes par une simple pression sur un bouton. Le moulinet qu'il s'agit de tarer est relié par un fil conducteur, à un électro-aimant, dont l'ancre fait mouvoir un signal optique (1). Au moment même où le wagonnet étant en marche, la pointe du compteur denté dont est pourvu le moulinet vient toucher le ressort de contact, l'ancre est attirée; celle-ci redevient libre, dès que le ressort n'est plus en contact avec la pointe.

(1) Le signal lui-même se compose d'un petit disque qui apparaît dans l'ouverture circulaire d'une boîte ou cage, dès que l'ancre est attirée par l'électro-aimant, et qui disparaît quand l'ancre n'est plus actionnée.

» Supposons maintenant que l'on procède au tarage d'un moulinet qui donne un signal électrique à chaque centaine de tours; la course expérimentale s'effectue de la manière suivante. Quand le wagonnet a atteint la vitesse voulue, qui doit demeurer constante dans la mesure du possible, on presse, d'une main, à l'instant où l'ancre est attirée, sur le bouton du fusil I et l'on met en marche, de l'autre main, un chronoscope dont l'aiguille des secondes est à zéro. Aussitôt que l'ancre est attirée une seconde fois, on presse, d'une part, sur le bouton du fusil II et, d'autre part, au même moment, l'on arrête l'aiguille des secondes du chronoscope. La montre indique la durée de la marche; la différence des longueurs marquées par la division métrique entre les points atteints par les flèches représente la distance parcourue, l. Ces deux données permettent alors de déterminer sans peine les résultats qu'il importe habituellement de connaître dans le tarage des moulinets.

» Pour augmenter le degré d'exactitude des expériences dans les vitesses plus grandes, on ne se contente pas de 100 tours, mais on en emploie 200, 300 ou même 400, de telle sorte qu'un nombre correspondant de contacts électriques doit être sauté durant la course d'essai.

» Dès qu'une expérience est terminée, les résultats en sont portés tout d'abord sur un formulaire *ad hoc*. On calcule ensuite, à l'aide de la règle à calcul, la vitesse en mètres par secondes, ainsi que le nombre de tours du moulinet par mètre de parcours, puis les valeurs respectives sont portées dans un système de coordonnées. On prend alors les vitesses pour abscisses et les nombres de tours du moulinet pour ordonnées.

» Ce procédé permet de découvrir rapidement les erreurs éventuelles d'observation et leurs causes, et il a en même temps l'avantage de pourvoir à une répartition régulière des expériences entre la plus petite et la plus grande des vitesses dont on a fait usage. Les points ainsi obtenus (voir la planche 41) forment une courbe d'allure hyperbolique, dont la branche de gauche, qui correspond aux petites vitesses, monte rapidement, tandis que l'autre est d'ordinaire à peu près horizontale.

» Considérée au point de vue purement théorique, cette seconde branche devrait être absolument horizontale quand le moulinet est bien construit; en conséquence, à partir d'une certaine vitesse où le frottement des parties mobiles du moulinet et la force d'inertie de celui-ci n'exercent plus qu'une

influence insignifiante, le nombre de tours du moulinet pour un parcours donné devrait demeurer constant, quelle que soit la vitesse imprimée au wagonnet.

» Or, en juin 1896, aux premiers tarages exécutés à la station fédérale d'essai des moulinets, on a déjà constaté qu'à partir d'une certaine vitesse, généralement 2^m5 en chiffres ronds, les tours du moulinet commencent à diminuer d'une façon sensible; mais après avoir atteint une valeur minimum, ils augmentent de nouveau et ils reviennent à un chiffre normal dans les vitesses plus grandes dépassant d'ordinaire 3^m5. Dans les limites de vitesse que nous venons d'indiquer (2^m5 à 3^m5), le moulinet n'a plus, pour ainsi dire, le même rendement.

» Au cours de nombreux essais qui furent alors exécutés, on put constater avant tout que la déviation s'accroissait sensiblement à mesure que la tige devenait plus épaisse et que le pied de cette dernière était plus rapproché du moulinet; mais cette déviation disparaissait presque complètement dès que le moulinet était suspendu librement à un fil vertical ou qu'il était fixé à une tige horizontale. On avait donc tout lieu d'en conclure que l'anomalie dans la marche du moulinet est en relation étroite avec l'effet refoulant de la tige et du moulinet lui-même.

» Le Bureau hydrométrique fédéral suisse s'est surtout appliqué plus tard à construire les moulinets et les pièces accessoires de manière à supprimer, si possible, toute cause de perturbation dans le mouvement de rotation des hélices; aussi est-on parvenu, comme le démontre le tarage du moulinet n° 1517 (planche 41), à réduire la déviation de la courbe dans une mesure telle que cette irrégularité est devenue à peine visible.

» Dans la règle, le Bureau hydrométrique fédéral se contente de compenser chaque fois la série des points obtenus par un certain nombre de droites formant une ligne brisée par la méthode des moindres carrés. Si la série des points n'accuse pas une déviation très prononcée, anomalie qui ne se produit guère quand on fait usage de moulinets bien construits et ajustés à des tiges ovalisées de faible diamètre, on se tire d'affaire, dans la pratique aussi bien à l'aide de deux droites qu'au moyen d'une courbe du deuxième degré ou d'un degré supérieur. »

L'étude des anomalies constatées au cours du tarage des moulinets a été spécialement faite au ministère prussien. Ces essais ont été répartis en cinq groupes de la manière suivante :

1° Influence exercée par le diamètre de la

tige et par le refoulement de l'eau par cette tige (1);

2° Influence exercée par la *hauteur d'immersion du moulinet* en dessous du niveau de l'eau en modifiant proportionnellement la longueur de la tige (2);

3° Influence exercée par la *longueur variable de la tige, lorsque le moulinet demeure à la même profondeur*, au-dessous du niveau de l'eau (3);

4° Influence exercée par la *hauteur d'immersion variable du moulinet quand la tige demeure de même longueur* (4);

5° Influence exercée par la *hauteur variable du point d'attache de la tige au-dessus de l'eau*, en d'autres termes par la longueur variable de la partie libre de la tige (5).

*
* *

En étudiant les constatations du ministère prussien, rapportées ci-dessus, on comprend les soins qu'il faut apporter à l'**exécution d'un jaugeage** par moulinet pour obtenir de bons résultats.

Pour construire un point de la courbe de débit on mesure au même moment le niveau et le débit correspondant du cours d'eau.

Un choix judicieux de la station de jaugeage importe en tout premier lieu; il est absolument nécessaire, pour que la courbe de débit reste exacte, que le lit du cours d'eau reste fixe et sans changement appréciable.

Il est à remarquer que l'exécution du jaugeage ne doit pas forcément se faire dans la section du limnimètre : rien n'empêche en effet, de mesurer dans une section voisine le débit correspondant au niveau lu à l'échelle limnimétrique; ce qui importe, c'est d'avoir un lit fixe et sans changement sensible à

(1) On constata qu'« en augmentant le diamètre de la tige, le mouvement de rotation du moulinet est de plus en plus entravé par suite du refoulement progressif de l'eau par la tige ».

(2) On constata que « la profondeur où se trouve le moulinet n'influe pas comme telle sur le nombre de tours de l'instrument, mais qu'en modifiant la longueur de la tige il se produit dans la rotation du moulinet une perturbation qui augmente, dans de plus grandes vitesses, proportionnellement à la longueur de la tige et à l'augmentation de vitesse ».

(3) On constata que « l'augmentation de longueur de la partie immergée de la tige a pour effet d'accélérer un peu le mouvement de rotation du moulinet dans les petites vitesses, et de le ralentir, au contraire, dans les vitesses plus grandes ».

(4) Les résultats ne sont pas d'une sûreté absolue, mais il semble pourtant qu'on ait pu constater que le « moulinet placé près de la surface subit dans son mouvement de rotation des perturbations plus faibles dans les petites vitesses et plus fortes dans les grandes que lorsqu'il est plongé plus profondément. De plus, si les oscillations de la tige et l'obliquité de l'axe du moulinet sont d'une certaine importance, elles produisent dans les plus grandes vitesses des perturbations plus fortes quand le moulinet est à une plus grande profondeur que lorsqu'il est près de la surface ».

(5) On constata que « les vibrations et les positions obliques du moulinet sont une cause évidente de perturbation dans la marche régulière de l'hélice ».

l'emplacement de cette échelle et non dans la section du jaugeage. C'est ainsi que nous avons été amenés, pour des facilités d'installation, à séparer la section de jaugeage, de la section limnimétrique, à la M'Pozo (voir planche 24) et à l'Inkisi.

On choisira pour l'emplacement du limnimètre une section du cours d'eau plutôt de peu de largeur, pour qu'à des différences de débits faibles, correspondent cependant des différences de niveau appréciables.

Pour le choix de la section de jaugeage, on se préoccupera, au contraire, de n'avoir à mesurer que des courants de vitesse moyenne, les vitesses en dessous de 0^m3 et au-dessus de 3 mètres par seconde donnant au moulinet des résultats moins exacts. Il sera toujours préférable d'exécuter les jaugeages dans une partie du cours d'eau sensiblement rectiligne et présentant une section régulière, la répartition des vitesses étant, dans ce cas, plus normale et la mesure de la pente permettant, comme nous le verrons plus loin, de vérifier, avec le coefficient de rugosité, l'exactitude des opérations.

Nous avons prescrit, pour l'exécution des jaugeages par moulinets électriques, de suivre les instructions suivantes :

1° On installera pour faciliter les opérations du jaugeage, un *câble de mesure divisé en mètres et en décimètres*, exactement dans la section du jaugeage et deux autres câbles pour les manœuvres à 2 mètres en amont et en aval. Ces deux derniers câbles serviront à la manœuvre du ponton sur lequel sera installé le moulinet. Le câble taré servira de mesure pour repérer les verticales dans lesquelles on observera les vitesses.

Les barques formant ponton pour la manœuvre du moulinet doivent être écartées d'au moins 2 mètres pour éviter les remous occasionnant des variations dans la vitesse du courant.

2° La première opération consiste à faire un *relevé complet de la section de la rivière* à l'emplacement du jaugeage.

On opérera avec le plus d'exactitude possible et on comprendra dans la section toute la partie de la vallée qui peut être occupée par les eaux, même au moment des plus fortes crues. La partie mouillée sera relevée, à l'aide de la tige du moulinet, en prenant un point tous les 50 centimètres par exemple; la partie non mouillée sera relevée au niveau et à la mire. On indiquera, au cours de ce relevé, la position exacte des clous Cg et Cd dont il est parlé plus loin, la position du câble de mesure, du point fixe B et du zéro du câble. (Voir croquis 1, planche 41bis.)

Il est nécessaire, au cours du relevé de la section, de bien s'assurer du contact de la plaque terminant la tige du moulinet vers le bas, avec le fond de la rivière; la tige se cale parfois en donnant l'impression d'être arrivée au fond.

Le relevé de la section, tout au moins pour la partie mouillée, devra être fait, avant chaque jaugeage, pour s'assurer qu'aucun changement sensible n'est survenu dans le lit de la rivière.

3° Avant de commencer le jaugeage (au besoin la veille) on établira sur chaque rive les piquets *A B C D E*, comme l'indique le croquis de la carte jaune (voir planche 43).

Après avoir établi la cote absolue des clous des piquets, on pourra, en mesurant la distance de l'eau à ces mêmes clous, déterminer la pente superficielle de l'eau à la rive gauche et à la rive droite ainsi que la pente transversale dans la section de jaugeage.

Pour établir la cote absolue des clous des piquets, on fera un parcours de nivellement en partant des points de repères scellés. Ce parcours se fera en double, c'est-à-dire qu'à la première station, après avoir visé successivement la mire sur le repère scellé et sur le premier clou, ou sur un point intermédiaire, on déplacera un peu le niveau et l'ayant remis en station, on revisera une seconde fois la mire placée sur les deux mêmes points. En continuant de la sorte, on exécutera en une fois un nivellement double qui permettra de calculer des moyennes pour chaque point.

Il est nécessaire, pour se mettre à l'abri d'une légère crue, de placer les clous à environ 50 centimètres au-dessus des eaux; il ne faudra pas dépasser cette hauteur si l'on veut obtenir des lectures suffisamment exactes. Il sera, dans ces conditions, prudent de placer immédiatement des piquets pour les niveaux supérieurs, de façon à n'avoir qu'à clouer et niveler les clous au moment des jaugeages futurs.

4° Chaque fois, avant de commencer un jaugeage, on fera un cheminement aux piquets sur chaque rive de *A* vers *E* et retour en indiquant sur la carte jaune les distances observées en millimètres entre l'eau et les faces supérieures des clous. Au cours de ce cheminement, on aura grand soin de faire une lecture au limnimètre.

5° Le jaugeage proprement dit sera exécuté sans arrêt, sauf dans les cas tout à fait exceptionnels.

Il sera fait un jaugeage chaque fois que le niveau de l'eau aura varié suffisamment ou que le temps le permettra et, cela, sans recevoir d'ordre préalable.

Suivant la nature du fond, et pour ne pas

endommager le moulinet, on placera l'axe de celui-ci à 10 ou 15 centimètres de la plaque d'appui qui termine la tige vers le bas. Cette distance sera, à chaque jaugeage, renseignée dans la colonne « Remarques et croquis » (exemple 14 centimètres, voir planche 41bis).

Pour le numérotage des verticales où doivent se faire les observations de vitesses du courant, on commencera à la rive gauche.

Les verticales où l'on fera des observations seront plus ou moins écartées suivant le cas; nous pouvons, dans les conditions présentes, fixer approximativement ces intervalles au $1/20$ de la largeur totale de l'eau pour les rivières de 40 mètres et plus, au $1/15$ pour les rivières de 15 à 40 mètres et au $1/10$ pour celles de moins de 15 mètres. On ne prendra, comme distances entre les verticales, que des multiples de 0^m50 et l'on ne devra, bien entendu, jamais opérer que dans les verticales qui ont été mesurées lors du relevé de la section (voir 2°); il est à remarquer enfin que les verticales du bord devront toujours être plus rapprochées que celles du milieu.

6° Pour chaque verticale il sera opéré de la façon suivante :

On commencera par placer la plaque inférieure de la tige du moulinet à fleur d'eau, on lira le nombre sur la tige et on l'inscrira dans la colonne « lecture à la tige » (voir planches 41bis et 41ter). Admettons, par exemple, que le nombre inscrit soit 473. On enfoncera la tige du moulinet jusqu'à ce que la plaque touche le fond de la rivière et on inscrira, toujours dans la même colonne, le nombre lu à la tige, soit par exemple 327.

La différence, $473 - 327$ ou 1^m46, donne la profondeur de la rivière. On divisera cette profondeur par cinq pour obtenir approximativement l'intervalle devant exister entre les points où la vitesse sera observée sur la verticale. C'est ainsi que, dans notre exemple, on relèvera chaque fois le moulinet de $1/5$ environ de 1^m46, soit de 30 centimètres. Au cas où une division par 5 amènerait un intervalle plus grand que 50 centimètres, on devrait diviser successivement par 6, 7, 8, etc., jusqu'à obtention d'un quotient inférieur à 50 centimètres.

L'observation du point le plus bas (point du fond) se fera la tige ayant été relevée de quelques centimètres pour se mettre à l'abri des chocs. C'est ainsi que, dans notre exemple, on a relevé la tige du moulinet de 6 centimètres; on lira donc sur la tige $327 + 6 = 333$ et on inscrira cette lecture dans la colonne de « Lecture à la tige ».

On commencera alors une observation de vitesse en ce point. On inscrira, dans la

colonne « signal électrique », le nombre de secondes mis par le moulinet pour faire vingt-cinq, cinquante ou cent tours suivant le cas. On devra observer pendant une minute au moins pour obtenir une valeur moyenne de la vitesse en ce point (1).

Pour passer directement au point immédiatement supérieur, on aura soin de placer à l'avance une fiche dans la tige à la distance voulue (dans notre exemple 30 centimètres); on ordonnera, sitôt la sonnerie arrêtée, au noir qui tient la tige du moulinet de la relever vivement. Si l'on opère de cette façon avec quelque rapidité, on peut continuer les observations aux points supérieurs sans arrêts.

On opérera ainsi successivement, en quatre ou cinq points, jusqu'au moment où il ne sera plus possible de relever le moulinet de la même quantité que précédemment (2).

On placera alors le moulinet affleurant par son arête supérieure et l'on observera ainsi la vitesse à la surface.

On terminera les observations, pour une verticale, en ramenant la plaque à fleur d'eau et en relisant le nombre correspondant à la tige. On inscrira ce nombre dans la colonne « lectures à la tige » et l'on s'assurera ainsi que rien d'anormal n'est venu troubler les opérations.

7° On terminera le jaugeage ou la moitié du jaugeage, si celui-ci a dû être interrompu, par un *cheminement aux piquets le long de chaque rive* donnant les renseignements demandés par la carte jaune.

8° *Prise d'échantillon d'eau.*

Après chacun des jaugeages, on prendra des échantillons d'eau à une distance suffisante des rives et du fond. Ces échantillons devront nous être envoyés pour analyse à Thysville, dans des bouteilles de verre blanc transparent, soigneusement bouchées.

9° *Observations thermométriques et renseignements divers.*

On aura soin de fournir à chacun des jaugeages les renseignements suivants :

1. La température de l'eau : $T_e =$
2. La température de l'air : $T_a =$
3. Etat de la rive gauche : roches, gravier, sable, argile, etc.
4. Etat de la rive droite : roches, gravier, sable, argile, etc.

(1) Il est à remarquer que des *pulsations* se font toujours sentir dans les mesures de vitesse en un point quelconque d'un cours d'eau. Des expériences faites à ce sujet ont montré que s'il était absolument nécessaire d'observer pendant au moins une minute, il n'y avait pas grand intérêt à faire durer les observations, au même point, plus de deux minutes.

(2) Le nombre total de points où l'on observe la vitesse du courant dans une verticale doit au moins être égal à 5, la courbe des vitesses étant au moins du deuxième degré.

5. Etat du fond.

6. Remarques sur le transport des galets, état de l'eau, état atmosphérique, etc.

On aura soin, au cours de chaque jaugeage, de tenir compte des *remarques* suivantes :

REMARQUE I. — On n'oubliera aucun des renseignements demandés par le carnet, tels que numéro du moulinet, numéro de l'hélice, date, profil de jaugeage, etc. (voir planche 41ter).

REMARQUE II. — Il est de toute nécessité, pour que le ponton de manœuvre reste dans la même position par rapport à la surface de l'eau, que tout le personnel reste parfaitement immobile (un homme debout, par exemple, ne peut s'asseoir, ou inversement). Pour arriver à ce résultat, il sera désirable de n'avoir sur le ponton que les hommes indispensables à la manœuvre (deux hommes pour le câble amont, deux pour le câble aval et un pour le câble de mesure et la tige du moulinet) et de leur faire prendre une position confortable.

REMARQUE III. — Le temps d'observation pour une verticale sera d'environ six à sept minutes; pour une rivière de 60 mètres de largeur cela donnerait, pour la mesure des vitesses, une durée de deux heures et demie à trois heures. On pourra donc toujours s'arranger pour ne pas interrompre le jaugeage proprement dit.

REMARQUE IV. — Si une crue ou décrue importante se manifestait au cours du jaugeage, il faudrait avoir soin de mesurer les ordonnées aux piquets, régulièrement toutes les demi-heures par exemple. Il vaut mieux opérer quand la rivière est à un niveau constant (1).

REMARQUE V. — Pour l'emploi du moulinet, il est intéressant de signaler que les deux hélices ont été tarées entre les mêmes vitesses 3 centimètres à 5 mètres par seconde, mais que l'hélice n° 1 convient mieux, par sa forme, aux courants lents, tandis que l'hélice n° 2 convient mieux aux courants rapides.

REMARQUE VI. — Il ne faudra changer les hélices du moulinet que sur la terre ferme, aucune pièce, dont la perte serait irréparable, ne devant se trouver sur le ponton au cours du jaugeage.

REMARQUE VII. — On recommencera, dès qu'on en aura le temps, des jaugeages à la

(1) On a prétendu que le débit était plus fort quand un cours d'eau est en hausse que lorsqu'il est en baisse, pour le même niveau. En réalité, la question est encore ouverte et le problème n'est pas résolu.

même cote que ceux déjà exécutés. On vérifiera ainsi les premières observations et l'on établira une moyenne plus exacte.

REMARQUE VIII. — L'observateur pourra s'écarter des instructions ci-dessus dans les cas exceptionnels, mais devra toujours indiquer, dans la colonne « remarques et croquis », les modifications qu'il aura cru nécessaires.

REMARQUE IX. — Pour obtenir une compensation des erreurs expérimentales personnelles à l'observateur, des jaugeages aux mêmes niveaux seront exécutés par des opérateurs différents.

REMARQUE X. — On prendra le plus grand soin des moulinets, et c'est ainsi qu'on devra cesser d'opérer dès qu'on s'apercevra qu'une crue trop importante amène des arbres et corps flottants à la dérive.

Il est à noter que des bois lourds peuvent être roulés au fond de la rivière sans attirer l'attention.

Au commencement des crues, l'eau charrie, en général, de grandes quantités de feuilles, branches, etc., et il sera préférable d'attendre la fin de la crue et même le commencement de la décrue.

REMARQUE XI. — Des vérifications du moulinet seront régulièrement exécutées par comparaison avec le moulinet étalon du bureau, pour s'assurer de la constance des coefficients.

Pour l'entretien des moulinets, on suivra *scrupuleusement* les prescriptions suivantes :

1° Tenir les instruments bien à sec, les essuyer soigneusement après chaque opération.

2° Graisser à la vaseline toutes les parties oxydables.

3° Huiler les colliers et pivots des parties tournantes : il est nécessaire de le faire après chaque jaugeage.

4° Combattre par tous les moyens possibles l'introduction des sables qui amènent vite l'usure par frottement.

5° Nettoyer de temps en temps les colliers et pivots avec du pétrole et ne pas oublier ensuite de les graisser.

N. B. — Ces précautions sont nécessaires pour conserver la constance des coefficients. La moindre négligence peut rendre inutile un tarage laborieusement exécuté et empêcher l'emploi du moulinet.

La planche 5I montre quelques-unes des dispositions adoptées pour l'exécution des jaugeages. Comme on le voit, les opérations au moulinet ont été exécutées à la M'Pozo, au

Kwilu et à l'Inkisi, au moyen de pontons et de câbles de manœuvre. Pour la M'Pozo, le ponton avait été formé par deux pirogues, assemblées, pour le Kwilu et l'Inkisi on a fait usage de pontons en fer.

Pour la N'Guvu il a été possible d'installer, en encorbellement sur la face aval du pont du chemin de fer, une passerelle en bois d'où se sont faites les observations aux moulinets.

La quatrième photographie de la planche 5I montre un jaugeage à la Luila sur une passerelle de fortune.

*
* *

Pour le **calcul des jaugeages**, qui se fait à la fois graphiquement et algébriquement, nous avons suivi la méthode suivante :

1° Nous basant sur les renseignements du carnet de jaugeage (planche 41^{ter}), nous avons dessiné les *polygones verticaux des vitesses* (planche 42), en ayant soin, pour le dessin de ces polygones, de répartir entre les verticales la différence entre le niveau de l'eau au commencement du jaugeage rive gauche et le niveau de l'eau à la fin du jaugeage rive droite. Pour chaque verticale nous avons déterminé, dans ces conditions, la *vitesse moyenne* V_m en surfaçant au planimètre chacun des polygones et en divisant la surface f ainsi obtenue par la hauteur t correspondante. (Voir planimétrage planche 43.)

Nous avons relevé ensuite sur chaque polygone la *vitesse superficielle* V_o et calculé le produit $f \frac{V_m}{V_o}$.

Pour obtenir la *valeur moyenne du rapport* $\frac{V_m}{V_o}$ nous avons divisé la somme des $f \frac{V_m}{V_o}$ par la somme des f , et trouvé ainsi $e = \frac{\sum (f \frac{V_m}{V_o})}{\sum f}$ (Voir planche 44.)

Ce rapport $\frac{V_m}{V_o}$ moyen, qui reste sensiblement constant pour chaque rivière, permet de déterminer les vitesses moyennes si l'on connaît les vitesses superficielles par la méthode des flotteurs ou par des observations au moulinet.

Nous avons tracé ensuite, à une échelle convenablement choisie, le *profil de la section du cours d'eau et le plan moyen de l'eau* durant le jaugeage. Le niveau de ce plan est obtenu en prenant la moyenne entre les deux niveaux moyens établis pour chaque rive. Il est, en effet, à remarquer que le niveau de l'eau sur l'une des rives peut être plus élevé que sur l'autre, et que sur chacune des deux rives les niveaux peuvent changer au cours du jaugeage.

Nous avons pu alors construire la courbe des V_m en prenant la trace du plan d'eau

ainsi déterminé comme axe des abscisses, une verticale comme axe des ordonnées, et en portant des longueurs proportionnelles aux vitesses moyennes calculées par les polygones verticaux des vitesses. (Planche 42.)

2° Nous avons calculé (voir planche 45) les profondeurs t^* en répartissant cette fois, entre les verticales, la différence entre le niveau moyen de la rive gauche et le niveau moyen de la rive droite. Il est à remarquer que dans notre exemple, aucun mouvement de crue n'étant survenu au cours du jaugeage, les différences à répartir entre les verticales pour le dessin et pour le calcul, sont les mêmes et les profondeurs calculées t^* (planche 45) sont identiques à celles dessinées t (planche 42). Pour chaque verticale, l'élément l , égal à la somme des moitiés des distances entre cette verticale et les voisines a été calculé; le produit lt^* , qui est un des éléments de la section d'écoulement, a pu ainsi être établi. La somme des produits lt^* est égale à F^* , la surface totale d'écoulement.

Pour contrôler le calcul de F^* , on calcule les t_1 , distances entre les points du profil de la section et un plan horizontal de comparaison (voir croquis planche 45) et l'on établit la valeur de la surface $F_1 = lt_1$. La somme $F_1 + F^*$ doit être sensiblement égale à la surface du rectangle $L(t^* + t_1)$.

Nous avons calculé alors la valeur de $f^* = V_m t^*$ et des produits $f^* l$. La somme de ces produits donne le débit calculé. $Q = f^* l$. (Voir planche 45.)

La planche 45 montre encore comment on détermine le périmètre mouillé p .

3° En portant sur chaque verticale des longueurs proportionnelles aux valeurs de f^* calculées et en planimétrant la surface comprise entre le plan d'eau et la courbe des f^* ainsi obtenue, on trouve graphiquement une valeur du débit qui doit correspondre à la valeur calculée. (Voir planche 42.)

4° La planche 46 donne tous les croquis relatifs aux calculs des pentes et montre la disposition de la carte jaune, qui renseigne au sujet des observations à faire au cours des jaugeages.

La détermination des pentes superficielles est en général difficile à effectuer; même dans un cours d'eau à pente régulière, on rencontre des complications en dépouillant les données du levé.

En combinant les cotes absolues des clous (voir dans ce chapitre le 3° des instructions relatives à l'exécution d'un jaugeage) et les ordonnées lues au piquet (voir carte jaune planche 46), nous avons obtenu les cotes absolues de l'eau aux points $A B C D E$ (voir planche 47).

Nous avons alors dessiné les croquis des pentes entre ces points. (Planche 46.)

Par la méthode des moindres carrés nous avons établi pour chaque croquis l'équation de la droite répondant le mieux aux cinq points de cotes absolues observées ($A B C D E$); la pente superficielle correspondante a été ainsi obtenue (voir planche 48). n et v sont dans l'application de la méthode des moindres carrés les coordonnées des cinq points de cotes absolues de l'eau correspondant aux piquets $A B C D E$. Le croquis au bas de la planche 48 montre quels sont les axes de coordonnées qui ont été adoptés.

Les pentes superficielles avant et après le jaugeage, pour la rive gauche et la rive droite, obtenues dans notre exemple par les calculs de la planche 48, sont au nombre de quatre.

On aurait pu trouver un plus grand nombre de pentes superficielles si le jaugeage avait été interrompu ou si une crue s'était manifestée.

Ces résultats obtenus, nous avons recherché la pente superficielle moyenne de l'eau sur chaque rive : à cet effet, on calcule par la méthode des moindres carrés l'équation de la droite donnant la relation entre le niveau de l'eau et la pente (voir planches 46 et 47, calcul 1) et l'on obtient, en introduisant dans cette équation la valeur moyenne du niveau de l'eau, la pente moyenne correspondante.

Dans notre exemple, la pente superficielle de la rive gauche n'a pas changé et celle de la rive droite n'a que deux valeurs distinctes, une avant et une après le jaugeage. Dans ces conditions, les calculs sont inutiles et on peut immédiatement admettre que la pente superficielle moyenne de la rive gauche est égale à la pente avant ou après le jaugeage; celle de la rive droite étant égale à la moyenne arithmétique des deux pentes superficielles de la rive droite. Nous avons cependant cru intéressant de donner les calculs au complet pour permettre au lecteur de mieux les comprendre.

Il suffit enfin, pour avoir la pente superficielle moyenne du cours d'eau, de prendre la moyenne arithmétique des deux pentes superficielles moyennes rive gauche et rive droite, ainsi calculées.

La planche 49 donne également, toujours par la méthode des moindres carrés (calcul 2), la relation existant entre le niveau de l'eau au limnimètre et le niveau de l'eau dans le profil de jaugeage.

5° La planche 44 montre comment on peut calculer par la formule de Ganguillet et Kutter le coefficient de rugosité n et la constante c .

On vérifie ainsi dans une certaine mesure l'exactitude du jaugeage en comparant le

coefficient de rugosité trouvé, à ceux déjà calculés pour différents cours d'eau.

Des jaugeages exécutés dans l'Elbe (1883-1886) ont cependant démontré que le coefficient de rugosité n n'est pas constant; il varie non seulement sur tout le parcours du fleuve mais aussi dans une même section de jaugeage. On a trouvé, pour l'Elbe, des valeurs variant entre 0,021 et 0,030, suivant augmentation de la pente et de la profondeur dans le profil. On a toutefois montré que le coefficient de rugosité allait en diminuant de la source à l'embouchure.

La planche 50 réunit en un tableau tous les résultats du jaugeage n° 25 pris comme exemple.

REMARQUE I. — Il a été fait usage, pour les nombreux calculs et planimétrages, de la machine à calculer « Peerles » maison Bäuerb, St Georgen (Schwarzwald Baden) et du planimètre Amsler-Laffon, Schaffhouse (Suisse).

REMARQUE II. — Il a été impossible, pour certains jaugeages, de faire le relevé de la section avant les observations de vitesse.

Pour le calcul de ces jaugeages on a dû se rapporter au dernier relevé exécuté, ce qui n'offrait pas d'inconvénient, vu la constance remarquable du lit des cours d'eau étudiés. Il est, en tout cas, préférable de relever chaque fois la section avant le jaugeage et de se baser exclusivement sur ce relevé.

REMARQUE III. — Des tables, que nous avons calculées grâce à l'équation des moulinets, et qui donnent les vitesses correspondant aux nombres de secondes mises par l'hélice pour faire vingt-cinq, cinquante et cent tours, ont permis aux opérateurs des jaugeages de calculer les vitesses observées.

Nous avons cru devoir donner tous les calculs et dessins relatifs à un des jaugeages exécutés, afin de montrer l'importance du travail que comporte un jaugeage complet.

Nous n'avons du reste pas trouvé nécessaire, pour le but que notre Service d'études des Forces Hydrauliques poursuivait en Afrique, de calculer les pentes superficielles et les coefficients c et n pour tous nos jaugeages. Cette dernière partie des calculs n'a été faite que pour les jaugeages dont nous désirions vérifier l'exactitude.

*
* *

Les courbes de débit ont pu être construites et calculées après la première année d'observations.

Les planches 59 et 60 renseignent complètement le lecteur au sujet des calculs par la méthode des moindres carrés et du tracé de ces courbes.

Se basant sur les courbes de débit et grâce aux observations de niveau faites au cours de l'année 1911 (voir planches 35 et 36), on a pu construire **les graphiques annuels des débits** (planches 61 et 62). Ceux-ci donnent pour l'année 1911 et pour les rivières étudiées :

Le débit moyen ou module : moyenne arithmétique des débits.

Le débit caractéristique moyen : débit en dessous duquel le cours d'eau n'est pas descendu plus de cent quatre-vingts jours consécutifs ou non.

Le débit caractéristique d'étiage : débit en dessous duquel le cours d'eau n'est pas descendu plus de dix jours consécutifs ou non.

Les débits maximum et minimum.

On remarquera, en étudiant les différents graphiques annuels des débits, les variations durant les saisons sèches et les saisons des pluies, les particularités de chaque rivière, l'importance des crues et des périodes d'étiage, etc., etc.

C'est ainsi qu'on remarquera qu'à la M'Pozo le débit maximum de l'année 1911 pour la plus forte crue est égal à 84 fois le débit minimum d'étiage.

Pour le Kwilu ce même rapport pour l'année 1911 n'est que de 9.2; pour l'Inkisi 7.3 et pour la N'Guvu 5.5.

La M'Pozo a, comme on le voit, un régime torrentiel; le Kwilu, beaucoup plus régulier, l'est cependant encore moins que l'Inkisi et la N'Guvu. Nous verrons au chapitre VI (observations pluviométriques) comment ces remarques concordent avec les observations pluviométriques et la nature du pays.

Le graphique annuel des débits de l'Inkisi à Kilemfu (planche 63) a été obtenu, comme on l'a vu à la fin du chapitre II, en additionnant les débits sous le pont du chemin de fer, de l'Inkisi et de la N'Guvu.

La planche 63 donne également les **courbes de fréquence** pour la M'Pozo, le Kwilu et l'Inkisi, courbes qui renseignent sur les puissances de chacune des rivières.

Ces courbes montrent par leur allure plus ou moins ascendante le caractère plus ou moins torrentiel de la rivière.

CHAPITRE V

ÉTUDE TOPOGRAPHIQUE

SOMMAIRE. — Importance des travaux topographiques exécutés. — Levés tachéométriques du terrain aux emplacements de l'usine, du barrage et de la dérivation. — Etude de la capacité des bassins de retenue. — Etude des voies d'accès.

Les travaux topographiques que nous avons été amenés à poursuivre dans la région du Bas-Congo, ont de beaucoup dépassé nos prévisions. Nous avons dû, en effet, poursuivre l'étude de six emplacements de chute, des voies d'accès correspondant à ces emplacements et de trois bassins de retenue.

Même en réduisant au minimum l'emploi du tachéomètre, nous nous sommes trouvés vis-à-vis d'un travail considérable qui a exigé, à certaines époques, jusqu'à sept opérateurs en même temps.

La lenteur du travail tachéométrique s'est spécialement fait sentir au cours de ces travaux, les rives des cours d'eau étant, en général, boisées même dans les pays de brousse. Les photographies de la planche 65 renseignent suffisamment à cet égard.

La planche 64 montre les types de tachéomètres utilisés. Nous avons pu nous convaincre, au cours de nos travaux, de l'utilité des tachéomètres puissants qui permettent des visées plus grandes, la lunette des petits et des moyens modèles étant, à notre avis, insuffisante.

*
* *

La première partie de nos travaux topographiques (**levés du terrain aux emplacements de l'usine, du barrage et de la dérivation**) a dû être poursuivie complètement au tachéomètre. Nous avons décidé de travailler avec cette exactitude, car nous avons cru préférable de recueillir dès maintenant les renseignements nécessaires à l'élaboration de projets définitifs pour les usines hydro-électriques futures; il aurait, en effet, été fort désavantageux de devoir y revenir dans la suite. Les avant-projets que l'on aurait pu faire, sans posséder de levé tachéomé-

trique des emplacements d'usine, n'auraient du reste pas répondu au but sérieux de nos études.

La planche 66, que nous donnons à titre d'exemple, montre le relevé tachéométrique fait par M. l'ingénieur Haass à l'emplacement des grandes chutes de Zongo-Matanda-Sengele; l'original au 1/1000 de cette planche permettra, comme on le voit, de faire le projet d'aménagement avec exactitude.

La planche 65bis montre le petit levé de terrain exécuté à la station de jaugeage de la M'Pozo. Il a été, en effet, jugé nécessaire de fixer complètement, pour l'avenir, la position exacte des appareils de mesure et des sections de jaugeage avec leur plan de comparaison et leurs repères; on a pu ainsi accessoirement s'assurer des connaissances tachéométriques parfaites des nouveaux opérateurs, que l'on devait envoyer isolément aux emplacements d'usines.

La surveillance et la conduite de ces différents travaux tachéométriques ont été des plus difficiles, les opérateurs étant fortement distants les uns des autres et n'étant que peu au courant des questions relatives à l'aménagement des chutes.

*
* *

Outre le relevé tachéométrique des six chutes étudiées, nous avons été amenés à faire une **étude rapide de la capacité des bassins de retenue.**

Nous avons cru, en effet, devoir nous préoccuper de cette question, nous rendant compte de son importance capitale dans l'aménagement des chutes.

On sait qu'il est en général possible, de créer, soit une *retenue momentanée* qui permette de passer les pointes de fortes charges à

l'usine, soit une *retenue journalière* qui restitue pendant les heures de jour le débit du cours d'eau retenu durant les heures de nuit. Les *retenues annuelles* qui régularisent d'une façon complète le débit de la rivière, en retenant toutes les eaux supplémentaires au-dessus du débit moyen, ne sont, en général, possibles que dans l'aménagement de quelques hautes chutes privilégiées.

Il nous a semblé que des *retenues journalières* seraient possibles pour la M'Pozo et pour le Kwilu, tandis qu'une *retenue momentanée* serait aménageable à Kilemfu sur l'Inkisi.

L'étude de la capacité des trois bassins de retenue correspondants nous a entraînés à un travail considérable, même en réduisant la partie tachéométrique à un simple cheminement. (Ce cheminement remonte, en effet, pour chaque cas, par l'une des rives jusqu'à la limite du remous pour redescendre par l'autre rive jusqu'à l'emplacement du barrage.)

Les études de capacité étant toujours en cours d'exécution (M. l'ingénieur Bisschops s'occupe actuellement de ce travail), nous ne pouvons en donner les résultats dans le présent ouvrage. Nous pensons être complètement fixés à cet égard avant octobre prochain.

*
* *

Nous avons cru devoir donner une assez grande importance à l'**étude des voies d'accès** aux emplacements des chutes, cette question étant capitale pour l'étude du coût de premier établissement. L'envoi à pied d'œuvre des matériaux de construction et du matériel d'exploitation dans les pays de montagnes présente, en effet, de grandes difficultés dans les passages abrupts et à déclivité considérable ou parmi les éboulis de gros blocs.

La construction des voies d'accès entraîne parfois celle de ponts, d'aqueducs, dont le coût augmente d'une façon notable celui de l'installation générale; c'est ainsi que dans

l'aménagement du système des trois chutes d'Orlu (17,000 HP), la chute d'amont, dont l'installation n'a coûté que 815,000 francs, comporte un plan incliné à crémaillère avec treuil pour l'ascension du matériel, qui est revenu à 140,000 francs. (Voir la *Houille blanche*, par Etienne Pacoret.)

L'importance de l'étude des voies d'accès est, à notre avis, encore plus grande au Congo qu'en tout autre pays. Il est, en effet, à remarquer que l'on ne possède, en Afrique, aucun renseignement sur le pays traversé, que la question des transports y est plus difficile à solutionner que partout ailleurs, et qu'enfin l'exécution des moindres travaux prend immédiatement, dans ce pays, une plus grande importance.

L'étude des voies d'accès aux emplacements d'usine est encore actuellement poursuivie par M. l'ingénieur Max Delporte. Cet ingénieur a pour mission de recueillir sur le terrain, par des reconnaissances approfondies, tous les renseignements topographiques, géologiques, particuliers (ouvrages d'art, prise d'eau, etc.) et généraux (main-d'œuvre, climat, etc.) nécessaires à l'élaboration des projets approximatifs des voies d'accès. M. Delporte ne doit faire sur le terrain qu'un piquetage au tachéomètre avec grandes visées, de la voie telle qu'il l'aura repérée après de nombreuses reconnaissances du pays. Il n'est, en effet, pas nécessaire, à notre avis, de faire un relevé à courbes de niveau du terrain, pour rapporter tous les renseignements utiles à l'élaboration des projets de routes ou de chemins de fer à voie étroite que l'on sera amené, suivant le cas, à exécuter.

Les derniers résultats des travaux topographiques du Service d'études des Forces Hydrauliques du Bas-Congo seront réunis, pensons-nous, avant la fin de novembre 1912, et les projets d'usines hydro-électriques pourront être commencés en janvier 1913.

CHAPITRE VI

RENSEIGNEMENTS PLUVIOMÉTRIQUES, GÉOLOGIQUES, THERMOMÉTRIQUES ET ANALYSE DES EAUX

SOMMAIRE. — Renseignements pluviométriques et régime des différents cours d'eau. — Importance des renseignements géologiques, phénomènes d'érosion continentale et orientation des couches du mont Yelala. — Observations thermométriques et analyse des eaux.

Dans la région du Bas-Congo située entre Matadi et le Stanley-Pool, deux saisons des pluies et deux saisons sèches annuelles sont nettement marquées. Les trois graphiques du bas de la planche 70 montrent l'influence relativement faible de la petite saison sèche sur les précipitations atmosphériques.

Nous avons vu, aux chapitres III et IV, l'influence des quatre saisons sur le niveau et le débit des rivières. Nous allons pouvoir ici, grâce aux observations pluviométriques recueillies en 1910-1911, nous rendre exactement compte de cette influence, comparer entre elles les différentes observations et montrer nettement le caractère de chacun des cours d'eau étudiés.

Il est bien évident que, pour une station donnée, la quantité d'eau tombée varie d'année en année et qu'en conséquence, les conclusions que nous pourrions tirer de la comparaison de nos différentes observations pluviométriques ne sont pas forcément vraies pour les années à venir.

C'est ainsi que le tableau de la planche 69, nous indiquant les hauteurs de pluies annuelles à Thysville, nous montre en 1909-1910 un maximum de 2.283 millimètres et un minimum de 1.169 millimètres en 1910-1911. Pendant la saison des pluies 1889-1890, le docteur Étienne a trouvé pour la hauteur d'eau tombée à Banane 620 millimètres, tandis qu'il n'enregistrait en 1890-1891 qu'une hauteur de 382 millimètres; une année de sécheresse exceptionnelle faisait suite à une année fortement pluvieuse, comme cela a été le cas pour les années 1909-1910 et 1910-1911 à Thysville.

Le graphique du haut de la planche 70 montre que la quantité annuelle d'eau tombée

va en croissant de Matadi vers le Stanley-Pool.

C'est du reste la confirmation d'une règle générale déjà constatée pour les stations de même latitude, de la côte vers l'intérieur (1).

Le deuxième graphique de la planche 70 montre qu'il pleut toujours plus dans la vallée du Kwilu que dans celle de la M'Pozo, et plus encore dans celle de l'Inkisi.

Il est, en effet, à remarquer que les altitudes moyennes des vallées sont, pour la M'Pozo, 100 à 200 mètres, pour le Kwilu 350 à 450 mètres, pour l'Inkisi 550 à 650 mètres, qu'en outre, ces vallées sont situées de plus en plus vers l'intérieur et qu'enfin, le pays environnant la M'Pozo est un pays de roches dénudé, sans aucune végétation, celui du Kwilu un pays de brousse et celui de l'Inkisi un pays de forêts.

Les trois graphiques au bas de la planche 70 montrent que les saisons sont plus fortement marquées vers Matadi que vers le Stanley-Pool.

C'est ainsi que l'on a constaté 8 mois sans pluie à la M'Pozo, 4 mois sans pluie au Kwilu et seulement 3 mois à l'Inkisi. Les stations d'observations de la vallée de l'Inkisi sont, en effet, à une latitude moindre que celles de la vallée du Kwilu et de la M'Pozo.

Le nombre de jours de pluie est relativement faible dans toute la région. Il va en augmentant de Matadi vers le Stanley-Pool. (Voir tableau planche 68.)

On n'a constaté en 1910-1911 que 24 jours de pluie au kilomètre 29 du chemin de fer, dans la vallée de la M'Pozo. Cette même année, on comptait cependant jusqu'à 96 jours de pluie dans la vallée de la N'Guvu (kilo-

(1) J. CORNET : L'érosion continentale dans le Bassin du Congo. (Société belge de Géologie, t. X, année 1896.)

mèt. 286). En 1890-1891, le docteur Etienne a compté 29 jours de pluie à Banane.

La presque totalité de la hauteur annuelle de la pluie, tombe, en général, pendant un ou deux mois de l'année, en pleine saison des pluies.

La planche 67 nous permet de calculer la somme des pluies tombées en novembre et mars pour la M'Pozo et l'Inkisi, et en novembre et avril pour le Kwilu; si l'on fait alors la proportion avec la chute annuelle, on trouve que durant les deux mois de plus fortes pluies il est tombé à la M'Pozo en moyenne les 59 p. c. de la chute totale annuelle, au Kwilu les 44 p. c. et à l'Inkisi les 41 p. c.

On remarquera avec étonnement que le mois de mars a été le plus pluvieux de l'année dans les bassins de la M'Pozo et de l'Inkisi, tandis que le mois d'avril donnait le maximum pour le bassin du Kwilu.

Les précipitations atmosphériques du côté de Matadi sont, comme on le voit, beaucoup plus rares que du côté de Thysville et du Stanley-Pool, mais sont beaucoup plus fortes dans un temps plus court.

Dans ces conditions et surtout si l'on se rappelle que le pays aux environs de la M'Pozo est absolument dénudé de toute végétation et formé d'un sol imperméable, que le pays dans la vallée du Kwilu est couvert de brousse et qu'enfin celui de l'Inkisi est un pays de forêts s'étendant sur un sol perméable, on comprend que le régime des rivières de Matadi au Stanley-Pool soit très nettement de plus en plus régulier.

C'est ainsi que nous avons pu constater de juin 1910 à avril 1912 des différences de niveau entre le minimum et le maximum, pour la M'Pozo de 8 mètres, pour le Kwilu de 4^m87, pour l'Inkisi de 3^m95 et pour la N'Guvu de 2^m36. D'après nos observations, le débit maximum à la M'Pozo est 84 fois plus fort que le débit minimum, celui du Kwilu 21 fois, de l'Inkisi 9 fois et de N'Guvu 8 fois seulement.

En nous basant sur des constatations faites par la Compagnie du Chemin de fer avant l'installation du service d'études des forces hydrauliques, nous avons trouvé, pour les dénivellations maxima des niveaux pour chaque rivière, respectivement 9^m04, 7^m67, 5^m65 et 2^m36. Dans ces conditions, les plus grands débits maxima seraient respectivement 108 fois, 41 fois, 15 et 8 fois plus grands que les plus petits débits minima.

Les crues de la M'Pozo sont extrêmement rapides et devront nécessiter des précautions spéciales pour les déversoirs, vannes de décharge, barrages, etc. Le limnigraphe installé a indiqué en décembre 1911 une crue de

4 mètres en six heures. (Voir planche 30.)

En décembre 1911 nous avons observé un débit maximum de 800 mètres cubes par seconde à la M'Pozo, tandis que nous n'observions dans les mêmes conditions, en avril 1912, que 615 mètres cubes au Kwilu et 546 à l'Inkisi. Cette dernière rivière est cependant sensiblement plus importante que le Kwilu et plus encore que la M'Pozo. Son débit caractéristique moyen pour 1911 a été de 124 mètres cubes tandis que celui du Kwilu n'était que de 54 mètres cubes et celui de la M'Pozo de 20 mètres cubes seulement. Cette remarque s'explique par le caractère plus torrentiel de la M'Pozo et du Kwilu et par le fait que l'Inkisi s'étend très considérablement vers le sud et traverse ainsi des régions dont les saisons se présentent à des moments assez différents. Il est à remarquer que la M'Pozo coule dans un pays de roches imperméables et que le Kwilu reste épanoui en de nombreux affluents dans un pays de même latitude et peut ainsi subir l'influence d'une pluie d'orage s'étendant sur la presque totalité de son bassin.

Quant au Congo, sa situation à cheval sur l'Equateur tend à régulariser son régime dans son cours inférieur. Comme on peut le voir aux planches 37 et 37bis, la saison sèche de l'hémisphère nord diminue l'effet de la saison des pluies dans l'hémisphère sud et réciproquement. C'est ainsi que certaines années la petite crue du fleuve, en mars et avril, n'est pas sensible. (Voir planche 37bis, année 1905).

Les deux tiers du bassin du Congo s'étendant dans l'hémisphère sud, l'effet de la crue du Kasaï et du Lualaba en novembre et décembre est de beaucoup la plus importante.

La différence maximum entre les niveaux extrêmes du Fleuve Congo constatée à Léopoldville en 1905 et 1908 est de 5^m68. Nous pensons que cette même différence au Stanley-Pool à Kinshasa sera de 4 mètres environ. A Matadi, d'après des constatations faites en 1890 et 1908, elle a été de 8^m90.

*
* *

Pour montrer l'importance des renseignements géologiques, citons ce que dit M. le commandant Audebrand dans ses *Etudes préliminaires à l'aménagement des chutes d'eau, leur importance et leur nécessité* :

« Parmi ces renseignements (renseignements à recueillir pour l'aménagement des chutes), il en est d'un ordre tout particulier, sans lesquels l'étude topographique est incomplète et peut, malgré une exactitude

mathématique parfaite, conduire à de graves mécomptes. Nous voulons parler de la constitution géologique du sol; son influence est tellement évidente, qu'on a scrupule et presque mauvaise grâce à y insister. Il est bien évident, par exemple, qu'un tunnel à eau, percé dans le gypse, n'aura aucune solidité et, qu'au contraire, celui qui traversera des calcaires compacts pourra donner toute satisfaction. Il faut bien reconnaître cependant que, trop souvent, on a négligé de s'enquérir à ce sujet. La prospérité ou la ruine d'une affaire peuvent dépendre d'un pareil détail, et qu'on ne se récrie pas que l'oubli en pareil cas est impossible, nous le répétons, il y a des exemples du contraire trop nombreux et en tous pays. »

Les renseignements géologiques que nous avons été amenés à recueillir dans la région du Bas-Congo n'ont donc pas eu pour but d'apporter une contribution sérieuse à la géologie de ces régions, mais bien de déterminer la constitution du sol en certains endroits (emplacements des barrages, tunnels, canaux de dérivation, etc.) et de rechercher les matériaux de construction existant à pied d'œuvre (pierre à bâtir, pierre à chaux, calcaire à ciment, bois de charpente, sable, etc.).

Au sujet des conclusions géologiques à tirer des échantillons recueillis par nous dans la région du Bas-Congo, nous reportons les lecteurs à la note que M. le professeur Cornet a bien voulu faire paraître dans le « Bulletin de la Société belge de Géologie » (1).

Nous avons pu, au cours de nos reconnaissances, dans la région entre Matadi et le Stanley-Pool, constater les **curieux effets de l'érosion continentale** (2).

Nous reportons nos lecteurs à l'étude que le même professeur a fait paraître à ce sujet en 1896 et nous nous bornons à indiquer les nouvelles constatations faites par nous dans la région du Bas-Congo :

« La vallée de la M'Pozo, écrit M. Cornet, et celles de ses affluents inférieurs, constituent de véritables gorges très encaissées, séparées par des massifs étroits, donnant lieu ainsi à un district extraordinairement accidenté présentant un terrain en pente très raide. »

« La structure géologique se combine aux effets de l'érosion pour donner au relief un caractère particulier très frappant dans les environs de Matadi et de Palabala. »

(1) J. CORNET. Contribution à la géologie du bassin du Congo. Sur quelques échantillons de roches récoltés dans le Bas-Congo par M. Robert Thys. (*Société belge de Géologie*, t. XXV, 1911.)

(2) J. CORNET. L'érosion continentale dans le bassin du Congo. (*Société belge de Géologie*, t. X, 1896.)

« Les terrains qui forment les rives du Congo aux environs de Matadi et que l'on rencontre dans la vallée de la M'Pozo consistent essentiellement en couches puissantes de roches très résistantes se présentant comme des grès et des psammites ou quelquefois comme des quartzites et des mica-schistes; des zones de roches schisteuses amphiboliques moins dures y sont intercalées. »

« Ces couches affectent une disposition très simple; elles sont simplement relevées, à peu près vers le nord-ouest, d'un angle variant de 15 à 30°.

» Il résulte de cette disposition et de la résistance relativement grande des roches, que là où une profonde vallée d'érosion est creusée parallèlement à la direction des couches, elle présente un versant abrupt du côté de la tranche des strates et un versant en pente beaucoup plus douce du côté du plat.

» Quand une vallée court perpendiculairement à la direction, ses deux versants sont en pente très forte et offrent sur leurs parois la coupe des couches inclinées.

» Ainsi, le Congo, devant Matadi, est à peu près parallèle à la direction des bancs; sa rive gauche présente une pente relativement modérée, tandis que sur la rive droite il est bordé par l'escarpement raide qui mène au plateau du Kionzo. En aval du confluent de la M'Pozo le fleuve offre sur sa rive gauche du côté des Echelles aussi bien que sur la rive droite, à Vivi, des versants escarpés laissant voir par place l'inclinaison des bancs; en cet endroit, son cours est perpendiculaire à la direction des couches.

» Près du pont du chemin de fer, sur la M'Pozo, la rive gauche de la rivière présente les tranches des couches et forme le versant escarpé du massif du Pic Cambier; du côté opposé sont des pentes plus modérées sur lesquelles la voie s'élève en décrivant les lacets de Matadi-Mapembé. »

Vérifiant complètement l'inclinaison des couches, simplement relevées avec pendage vers le nord-ouest, nous avons trouvé un emplacement de barrage exceptionnellement favorable sur la M'Pozo, immédiatement en aval du ravin du Diable. (Voir planche 2.) En cet endroit, en effet, la rivière attaque normalement les couches et possède de ce fait des parois à pic sur les deux rives.

Par contre, M. l'ingénieur Delporte a constaté que **les couches du mont Yelala** sont orientées nord-nord-ouest — sud-sud-est avec un pendage de 30° à 40° ouest et, par conséquent, assez sensiblement différentes, en

orientation de celles des environs de Matadi et avec un pendage légèrement supérieur.

Les deux rives du fleuve au plus fort des rapides, quand l'eau coule vers le sud-ouest, sont du reste fortement en pente, la rive gauche étant cependant moins verticale que la droite. (Voir photographie III, planche 7.) En amont des rapides, là où le fleuve coule vers l'ouest-nord-ouest, la rive gauche seule est à pic. (Voir photographie V, planche 8.)

La photographie V nous montre du reste nettement le pendage ouest et l'orientation nord-nord-ouest — sud-sud-est.

Il est intéressant de remarquer à la planche 6 la visibilité parfaite d'un synclinal et d'un anticlinal qui montrent les bouleversements géologiques de la région aux environs du mont Yelala.

Nous lisons, toujours dans l'article de M. Cornet :

« Les calcaires purs et même les calcschistes peu inclinés présentent aussi la propriété de former des escarpements verticaux sous l'influence de l'érosion fluviale. On trouve de beaux exemples de falaises de calcaire sur les rives du Congo en amont d'Isanghila et dans l'escarpement qui délimite le plateau du Bangu vers la vallée de la Lukunga, aux environs de Kimpesé. La rivière Kwilu, en aval du pont du chemin de fer, coule dans une gorge étroite à parois verticales creusée dans les calcschistes devoniens. »

C'est en cet endroit, comme nous avons pu le vérifier, que commence la partie intéressante du Kwilu au point de vue de ses forces hydrauliques.

A 7 kilomètres environ, en aval du confluent de la Pangazi, le Kwilu se réduit à une largeur de 3 à 4 mètres et coule rapidement dans une crevasse où l'eau est à peine visible en saison sèche.

La perte du Kwilu est montrée d'une façon caractéristique par la dernière photographie de la planche 12. On remarquera sur ces photographies la parfaite horizontalité des couches de calcschistes, horizontalité qui a provoqué l'érosion verticale des deux rives.

Quelques centaines de mètres plus loin, le lit de la rivière, qui s'était légèrement élargi, se resserre à nouveau et le Kwilu coule dans une gorge à parois verticales de 20 à 30 mètres de hauteur, véritable cañon que nous avons cru pouvoir dénommer *Porte d'Enfer* par ses roches aux aspects bizarres et menaçants. (Voir planche 13.)

Nous avons récolté, entre le pont du chemin de fer sur le Kwilu et le confluent de cette rivière avec la Pangazi, deux « haches en pierre » que nous avons remises à M. le pro-

fesseur Cornet, et dont l'une a été reconnue unique en son genre dans le préhistorique du Bas-Congo. C'est une « hache polie » d'une roche amphibolique gris verdâtre.

« Aux environs de Kimpesé, écrit M. Cornet, on rencontre à la surface du sol, ordinairement sur les hauteurs, une quantité considérable de pierres taillées; nous en avons récolté plusieurs centaines entre le Kwilu et le village de Kimpesé. Ces instruments, affectant l'aspect de plusieurs des types connus en Europe, sont mêlés à des marteaux formés de galets arrondis portant des traces de percussion, à des blocs matrices, etc. Ils sont fabriqués aux dépens des bancs de roches siliceuses dures intercalées dans les schistes et les calcschistes devoniens. L'abondance de ces ustensiles dans un pays où se présente le calcaire en bancs épais n'est-elle pas de nature à faire supposer que les populations qui les ont fabriqués ont pu habiter des cavernes aujourd'hui disparues par suite de l'érosion ou simplement masquées par les dépôts superficiels? »

Nous croyons intéressant de signaler, à ce sujet, les deux cavernes encore existantes au sud de la voie du chemin de fer, dans la descente de Kimpesé. Nous n'avons pas eu malheureusement l'occasion de les visiter.

Nous citons encore ici ce que le savant géologue écrit au sujet de l'érosion en entonniers si caractéristique dans la région de l'Inkisi et dont notre carte, planche 4, montre le nombre considérable :

« On voit les eaux ruisselantes creuser dans les dépôts meubles des sillons profonds, des rigoles qui, s'approfondissant, se ramifiant et se réunissant, deviennent bientôt de véritables gorges étroites aboutissant souvent à des cirques ou entonniers aux parois escarpées et garnies de pyramides de terre, d'obélisques, de tours, etc., dont chaque pluie tend à modifier l'aspect. On voit fréquemment ces ravinelements entamer des collines jusqu'à leur centre où ils peuvent se réunir à un entonnoir analogue formé de l'autre côté. Il est incontestable qu'ils doivent leur origine à l'action érosive des eaux ruisselantes et non à des effondrements du sol, comme l'ont cru certains voyageurs. On peut observer tous les intermédiaires entre une simple rigole creusée sur la pente d'une colline et des gouffres profonds de plus de 50 mètres aboutissant souvent à la vallée voisine par une gorge tellement étroite et tortueuse qu'ils paraissent fermés de toutes parts.

« Le creusement des entonniers est très rapide; on voit souvent des sentiers encore nettement tracés coupés net par les progrès du

phénomène. (Voir notre carte planche 4, tout le long du sentier de Madimba à Kilemfu, entonnoirs au nord et au sud du chemin.)

» Ce mode d'érosion est extrêmement actif dans les régions occupées par les grès rouges feldspathiques horizontaux. Ces roches, altérées en un produit meuble sur une épaisseur considérable, fournissent une prise facile au ravinement. Le pays formé par ces grès horizontaux a dû être primitivement un plateau continu couvert de forêts favorisant l'altération en place. »

« Actuellement, le pays traversé est fortement mamelonné; de nombreux ravinements en entonnoirs montrent bien l'origine de ce mode de relief, et en certains endroits, on distingue encore des collines de forme tabulaire que les ravinements attaquent énergiquement. »

La carte que nous avons dressée (planche 4) montre l'aspect extraordinairement découpé et raviné du pays; les sources de chaque rivière sont formées, comme on le voit, par un entonnoir en marche régressive, qui explique l'enchevêtrement du système hydrographique. (Voir sources de la « Matari », affluent de gauche de la « Luila »; source de la « Kiamfu », affluent de droite de la « Vinia », etc.)

Notre carte indique également de nombreux marécages dans les vallées des affluents rive droite de l'Inkisi, entre les kilomètres 265 et 285 du chemin de fer. Ces séries de marécages montrent que l'argile d'altération existe nombreuse en sous-sol dans ces parages.

Les assises de grès rouges de l'Inkisi, sensiblement horizontales, donnent, comme les calcschistes de la vallée du Kwilu, également naissance à de véritables gorges là où l'érosion du cours d'eau devient énergique.

C'est ainsi que les sept derniers kilomètres de l'Inkisi, avant son confluent avec le Congo, ne sont que chutes et rapides au fond d'un véritable cañon. La rivière en cet endroit descend sur un peu moins de sept kilomètres de la cote 415 à la cote 210 au niveau du fleuve, soit une chute de 205 mètres.

La photographie VII, planche 22, montre la gorge de l'Inkisi avec ses parois à pic de 90 mètres de hauteur verticale.

*
* *

Les renseignements thermométriques recueillis par notre service ne sont malheureusement pas encore très considérables. Nous pouvons cependant, dès maintenant, en tirer quelques renseignements intéressants.

Pour Thysville, où nous avons déjà plu-

sieurs années d'observations sérieuses, nous avons pu enregistrer un maximum de température de l'air de 34° seulement, un minimum de 13° et une température moyenne de 21° centigrades à l'ombre. La température à Thysville (750 mètres d'altitude) est toujours, comme on le voit, de plusieurs degrés inférieure à celle des autres stations de la région.

Dans les parties d'altitude moins élevée et dépourvues de végétation, la température moyenne du sol en saison chaude varie de 50 à 60° et monte parfois par insolation à 75 et même 80°. Le docteur Etienne a pu observer à Banane des températures de plus de 80° au thermomètre à boule noire.

Il est dès maintenant intéressant de signaler, pour les calculs de transport de force par conducteur aérien, que ces températures élevées obtenues par insolation peuvent être ramenées en quelques secondes, par les fortes pluies d'orage, à 20 et 25° seulement. Il faudra, en effet, tenir compte de ces écarts brusques de température dans le calcul des conducteurs.

Les observations de température de l'eau prise au cours des jaugeages ont montré que l'insolation journalière n'a pas d'influence, mais que la saison chaude élève de quelques degrés la température des eaux des rivières. C'est ainsi qu'à l'Inkisi on a trouvé pour 1911 une température moyenne en saison chaude de 26°5 tandis qu'on n'observait que 23°5 seulement en saison sèche.

*
* *

Le Service d'études des Forces Hydrauliques du Bas-Congo s'est enfin préoccupé de l'analyse des eaux, c'est-à-dire des matières en suspension ou en dissolution charriées par les différents cours d'eau.

Cette question, qui n'a pas une importance capitale pour l'utilisation proprement dite des forces hydrauliques et qui, pour les basses chutes, peut même parfois être négligée, acquiert cependant une grande importance pour les hautes chutes par l'usure anormale qu'elle provoque dans les conduites sous pression et les turbines.

Dans ce dernier cas, deux sortes d'usure bien distinctes sont facilement reconnaissables. La première est une usure purement mécanique, due au frottement du sable entraîné par les eaux. Elle se manifeste toujours par un poli mat, parfois sillonné de rainures. La seconde provient d'action chimique; elle est due à l'oxygène de l'air contenu dans l'eau et se reconnaît à la scorification de certaines parties des turbines, notamment des aubes,

qui prennent un aspect spongieux. Il arrive parfois que l'usure est tellement rapide que les roues des turbines doivent être changées chaque année.

Parmi les échantillons d'eau recueillis au cours des jaugeages, plus de quarante ont été analysés soigneusement.

Nous n'avons pu tirer aucune conclusion de ces analyses, sinon qu'aucun rapport n'existe apparemment entre le débit et la quantité de matériaux charriés. A la fin d'une crue, par exemple, l'eau est en général fort claire, malgré un débit important. Certains jours de saison des pluies, principalement à la M'Pozo, sont remarquables par la clarté relative des eaux des rivières.

Nous avons pu observer des minima de 100 grammes environ de matières charriées par mètre cube sur chacune des rivières et des maxima de 600 grammes à la M'Pozo, 720 grammes au Kwilu, 920 grammes à la N'Guvu et jusqu'à 1 kg. 212 à l'Inkisi. Il est à remarquer que ces dernières rivières coulent dans un pays de roches perméables plus fortement altérées.

Le poids de la silice par mètre cube a varié de 30 grammes, à 130 pour la M'Pozo, 340 pour le Kwilu et 430 pour l'Inkisi. Enfin, la N'Guvu s'est signalée par sa faible quantité de silice en suspension (20 à 80 grammes seulement par mètre cube d'eau).

CONCLUSIONS

ET

Tableau des Chutes à réserver pour l'Électrification du Chemin de fer de Matadi au Stanley-Pool

La Compagnie du Chemin de fer du Congo pourra établir, en se basant sur les observations relatives au régime, sur les renseignements topographiques et géologiques recueillis par notre service d'études, les avant-projets d'usines hydroélectriques et le prix de revient du kilowatt-heure dans la région du Bas-Congo.

Il sera possible alors de juger des avantages de la traction électrique sur la traction à vapeur et de solutionner le problème de l'électrification du Chemin de fer du Congo.

Nos travaux ont permis d'établir le tableau de la planche 71 qui conclut, pour l'année 1911, à une puissance totale disponible aux périodes d'étiage, pour les six chutes étudiées, d'environ 113,000 chevaux.

Il est à remarquer qu'une année présentant des minima de débit inférieurs à ceux que nous avons constatés en 1911 pourrait se présenter dans l'avenir. C'est une des raisons pour lesquelles il sera sage de poursuivre les observations du régime des six chutes.

La traction électrique du chemin de fer de Matadi au Stanley-Pool et les services publics des villes existantes constituent, dans la région du Bas-Congo, les premiers et les plus importants besoins d'énergie.

Les usines hydroélectriques nécessaires pour satisfaire à ces besoins permettront peut-être, par l'utilisation de leurs chevaux pério-

diques (1), l'installation d'entreprises électrochimiques ou électrométallurgiques.

Ces entreprises, vu l'importance des transports de la Colonie, et pour des raisons techniques trop longues à développer ici, ne doivent, en tout cas, être considérées que comme un *résultat accessoire de l'électrification du chemin de fer et des services publics*.

Quoi qu'il en soit, le tableau de la planche 71 montre que les ressources en forces hydrauliques (*chevaux permanents*) faciles à aménager dans la région du Bas-Congo sont *extrêmement limitées et suffiront, sans laisser d'excédents*, aux besoins futurs des villes et des transports de la Colonie.

Il faut, en effet, remarquer que les forces hydrauliques (*chevaux permanents*) nécessaires à l'électrification du chemin de fer ne peuvent être limitées aux besoins présents, mais doivent suffire aux *besoins futurs d'un trafic toujours croissant* et dont le développement paraît illimité.

Nous pensons, dans ces conditions, qu'il est indispensable de réserver, en vue de l'électrification du chemin de fer de Matadi au Stanley-Pool, les six chutes qui font l'objet de nos études.

ROBERT THYS.

Juin 1912.

(1) Énergie résiduelle, pendant les heures de faible charge à l'usine (heures de nuit) et en dehors des périodes d'étiage.

TABLE DES PLANCHES

Planches

1. Carte des grandes forces hydrauliques du Congo belge.
- 1^{bis}. Marées barométriques mensuelles et journalières.
2. *Carte du Bas-Congo* : environs de Matadi, vallée de la M'Pozo.
3. *Carte du Bas-Congo* : vallée du Kwilu.
4. *Carte du Bas-Congo* : carte du pays situé entre l'Inkisi, le Congo et le chemin de fer.
5. Croquis des rapides de Yelala.
6. Panoramas des rapides du fleuve Congo à Yelala.
7. Photographies des rapides de Yelala.
8. Photographies des rapides de Yelala.
9. Carte d'ensemble (emplacement des appareils).
10. Photographies de la vallée de la M'Pozo.
11. Photographies du camp du Kwilu.
12. Photographies de la Perte du Kwilu.
13. Photographies de la gorge du Kwilu.
14. Photographies des chutes du Kwilu.
15. Photographies des rapides de Kilemfu (Inkisi).
16. Photographies de la chute de Sanga (Inkisi).
17. Croquis d'ensemble des chutes de Zongo-Matanda et de Sengele (Inkisi).
18. Photographies de la chute de Zongo-Matanda (Inkisi).
19. Photographies de la chute de Zongo-Matanda (Inkisi).
20. Panorama de la chute de Zongo-Matanda (Inkisi).
21. Panorama de la chute de Zongo-Matanda (Inkisi).
22. Photographies de la gorge de l'Inkisi et de la chute de Sengele.
23. Panorama des rapides de Kintambo (Léopoldville).
- 23^{bis}. Profil en long de la rivière Inkisi.
24. Croquis de situations des repères de nivellements.
25. Limnimètres. Appareil limnigraphe.
26. Appareils à maxima.
27. Photographies des limnigraphes de la M'Pozo et du Kwilu.
28. Photographies du limnigraphe de l'Inkisi.
29. Photographies du limnimètre de l'Inkisi, du limnimètre et de l'appareil à maxima de Léopoldville.
30. Type de feuille limnigraphe hebdomadaire.
31. Graphique mensuel des niveaux à la M'Pozo (maximum).
32. Graphique mensuel des niveaux au Kwilu (maximum).
33. Graphique mensuel des niveaux à l'Inkisi (maximum).
34. Graphique mensuel des niveaux à la M'Pozo (minimum).
35. Graphiques annuels des niveaux à la M'Pozo et au Kwilu.
36. Graphiques annuels des niveaux à l'Inkisi et à la N'Guvu.
37. Graphiques des niveaux mensuels moyens du fleuve Congo à Léopoldville de 1905 à 1910.

Planches

- 37^{bis}. Graphiques des niveaux mensuels moyens du fleuve Congo à Matadi de 1909 à 1911.
38. Type de moulinet à hélice protégée.
39. Type de moulinet à hélice non protégée.
40. Photographies d'un taragè de moulinet par le docteur Epper.
41. Courbe de taragè de moulinet.
- 41^{bis}. Croquis relatif à l'exécution d'un jaugeage par moulinet.
- 41^{ter}. Type de carnet de jaugeage.
42. Calcul graphique d'un jaugeage de faible débit à l'Inkisi.
43. Calcul au planimètre.
44. Calcul des coefficients e, n, c.
45. Calcul de $F^* Q p$.
46. Croquis relatifs au calcul des pentes.
47. Calcul des cotes absolues de l'eau aux points A B C D E.
48. Calcul des pentes.
49. Calcul de la pente moyenne de l'eau.
50. Résultats du jaugeage.
51. Photographies de jaugeages au moulinet électrique.
52. Graphique d'un jaugeage de faible débit à la M'Pozo.
53. Graphique d'un jaugeage de fort débit à la M'Pozo.
54. Graphique d'un jaugeage de faible débit au Kwilu.
55. Graphique d'un jaugeage de fort débit au Kwilu.
56. Graphique d'un jaugeage de fort débit à l'Inkisi.
57. Graphique d'un jaugeage de faible débit à la N'Guvu.
58. Graphique d'un jaugeage de fort débit à la N'Guvu.
59. Courbes de débit de la M'Pozo et du Kwilu.
60. Courbes de débit de l'Inkisi et de la N'Guvu.
61. Graphiques annuels des débits pour la M'Pozo et le Kwilu.
62. Graphiques annuels des débits pour l'Inkisi et la N'Guvu.
63. Graphique annuel des débits pour l'Inkisi à Kilemfu et courbes de fréquence.
64. Types de tachéomètres du service F H B C.
65. Photographies prises au cours des travaux tachéométriques.
- 65^{bis}. Plan tachéométrique de la station de jaugeage de la M'Pozo.
66. Plan tachéométrique à courbe de niveau des chutes de Zongo-Matanda-Sengele.
67. Tableau des hauteurs de pluies mensuelles (année 1910-1911).
68. Hauteurs de pluies annuelles, nombre de jours de pluies (année 1910-1911).
69. Hauteurs des pluies pour les années précédentes et comparaisons avec l'année 1910-1911.
70. Représentation graphique des observations pluviométriques.
71. Tableau des chutes à réserver pour l'électrification du chemin de fer du Congo.

TABIE DES MATIÈRES

Imprimerie Scientifique Charles BULENS, Editeur
Rue Terre-Neuve, 75, Bruxelles

CARTE DES GRANDES FORCES HYDRAULIQUES DU CONGO BELGE

ÉTUDES DES FORCES HYDRAULIQUES DU BAS-CONGO.

Planche No 1

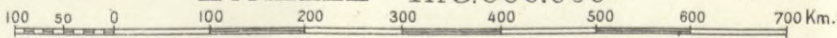


L. Menger, dess.
R. Thys.

LÉGENDE

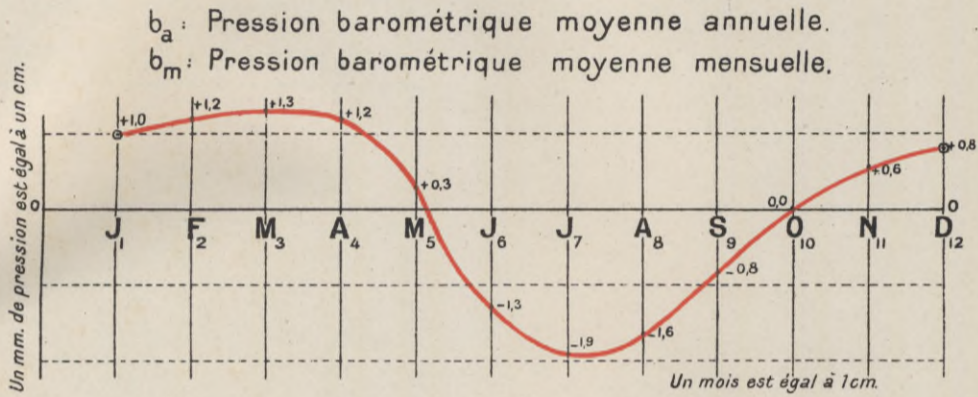
- | | | |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Cours d'eau navigable Cours d'eau non navigable Rapides et chutes Chemins de fer, construits, en construction et à l'état de projets Limite d'État | <ul style="list-style-type: none"> Limite du bassin du Congo Grande dépression équatoriale Mines de cuivre Mines d'étain Mines d'or | <ul style="list-style-type: none"> Mines de charbon Mines de fer Pierres Gisement de calcaire Altitudes en mètres |
|---|---|---|

ÉCHELLE : 1:8.000.000



MARÉE BAROMÉTRIQUE ANNUELLE

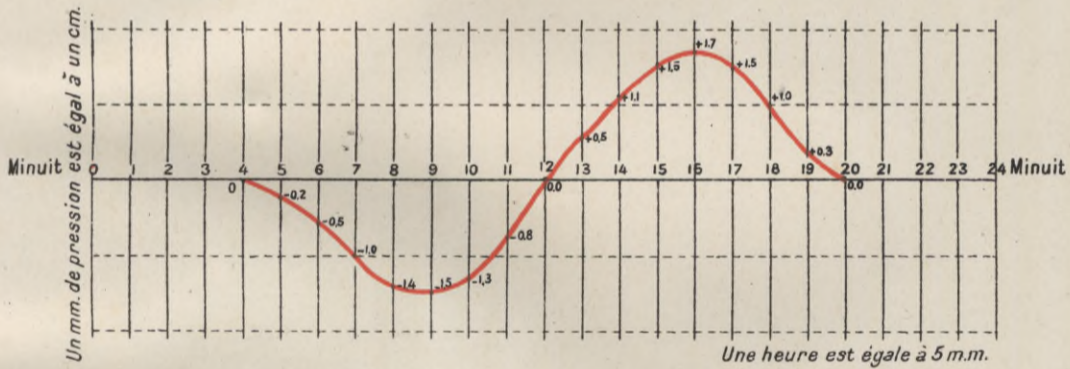
Courbe de correction ($b_a - b_m$) adoptée d'après les observations faites à Saint-Paul-de-Loanda, Banane, Kwai (Ousambara-Ouest), Daar-es-Salam et Thysville.



MARÉE BAROMÉTRIQUE JOURNALIÈRE

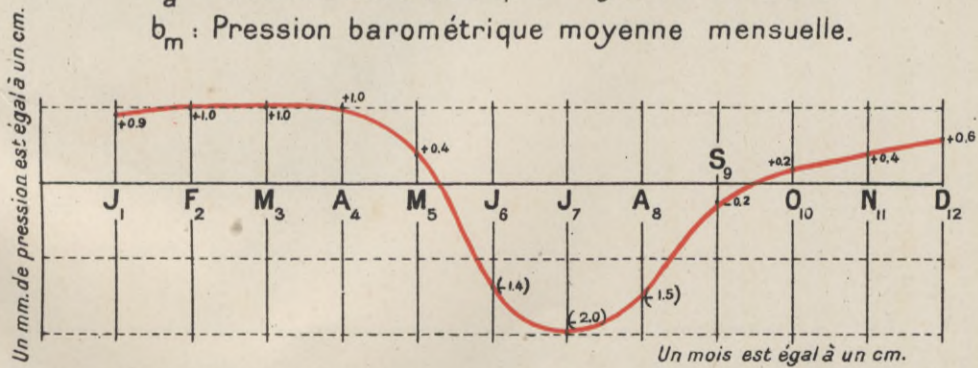
Courbe de correction ($b_i - b_j$)

b_i : Pression barométrique à un instant donné.
 b_j : Pression barométrique moyenne de la journée.



MARÉE BAROMÉTRIQUE ANNUELLE THYSVILLE 1910-1911

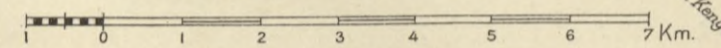
b_a : Pression barométrique moyenne annuelle.
 b_m : Pression barométrique moyenne mensuelle.



Les observations continues manquent en Juin, Juillet et Août ; aussi les valeurs de ces mois sont elles sujettes à caution. La marée barométrique annuelle est cependant nettement sensible.

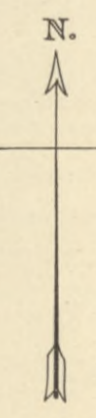
CARTE DU BAS-CONGO VALLÉE DU KWILU

ÉCHELLE : 1:100.000



LÉGENDE

- Chemin de fer
- Itinéraire de la Mission R. Thys
- Sentier
- Cours d'eau
- Village
- Cote d'altitude en mètres

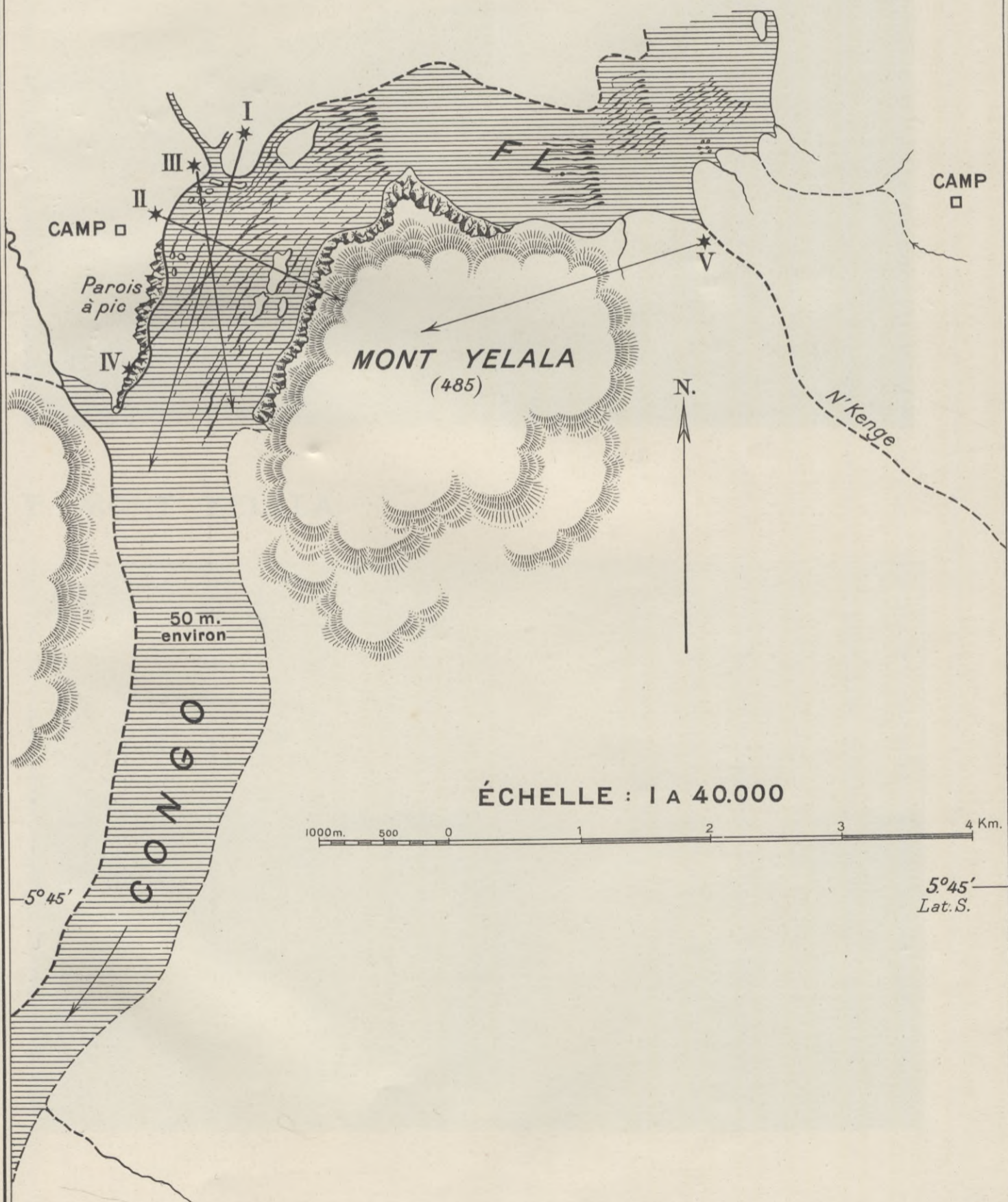


NB. Les itinéraires ont été relevés au podomètre et à la boussole par MM. R. Thys, Delporte et Haass
La carte a été dressée par M. Mandouau

RAPIDES DE YELALA

CROQUIS D'ENSEMBLE

Emplacement de l'appareil photographique et direction moyenne de l'axe de l'objectif



E.M.

R.Thys

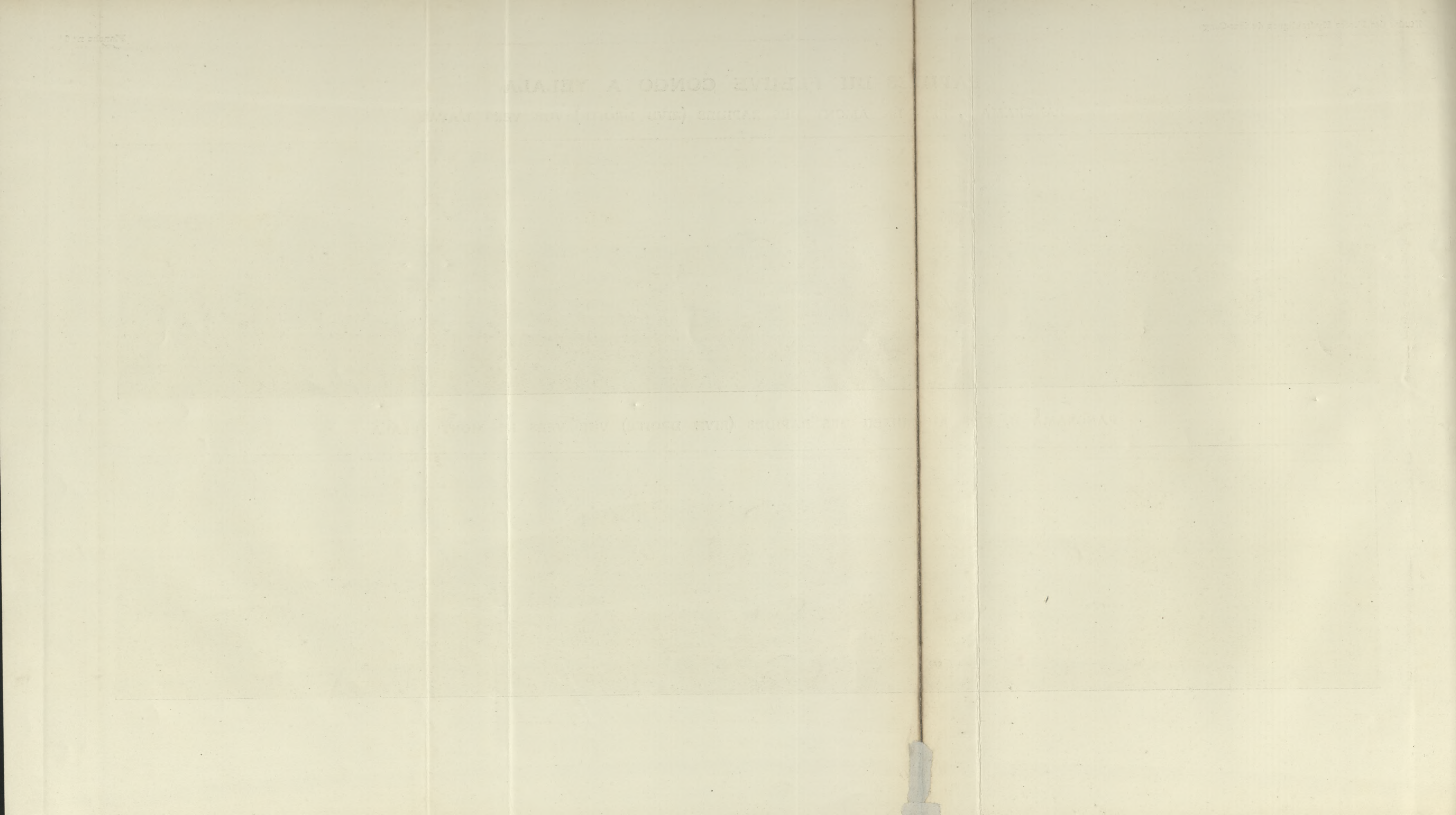
RAPIDES DU FLEUVE CONGO A YELALA

PANORAMA I, PRIS EN AMONT DES RAPIDES (RIVE DROITE) VUE VERS L'AVAL

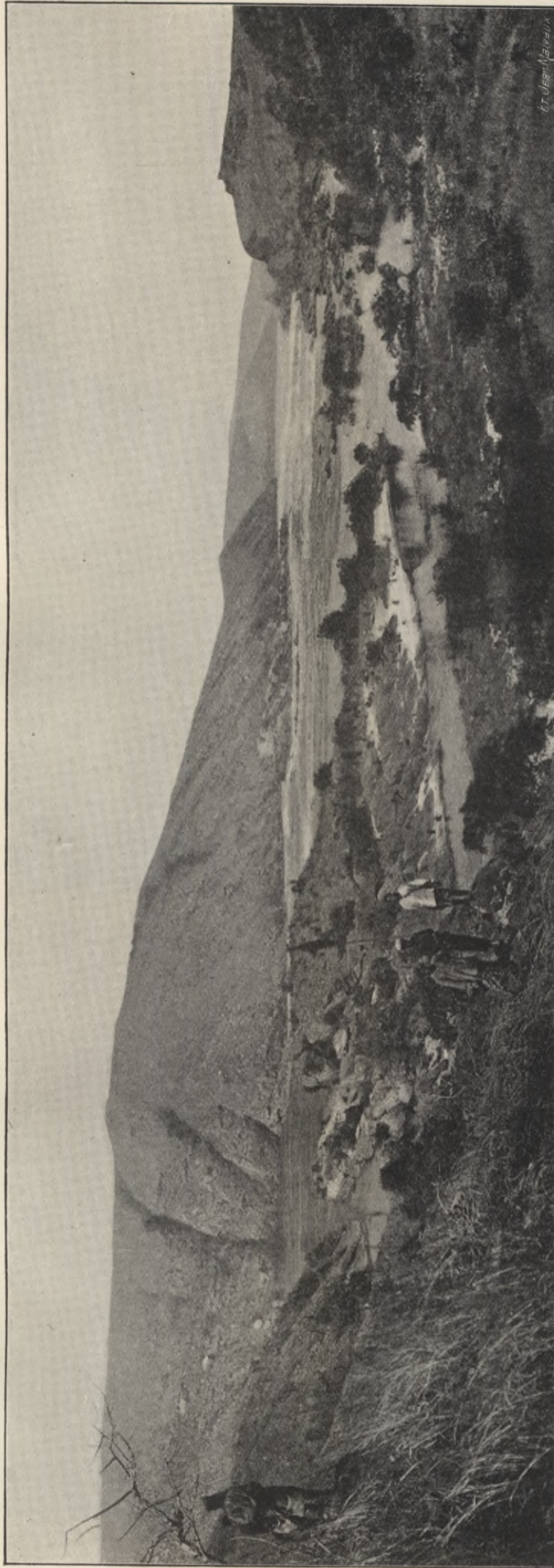


PANORAMA II, PRIS AU MILIEU DES RAPIDES (RIVE DROITE) VUE VERS LE MONT YELALA



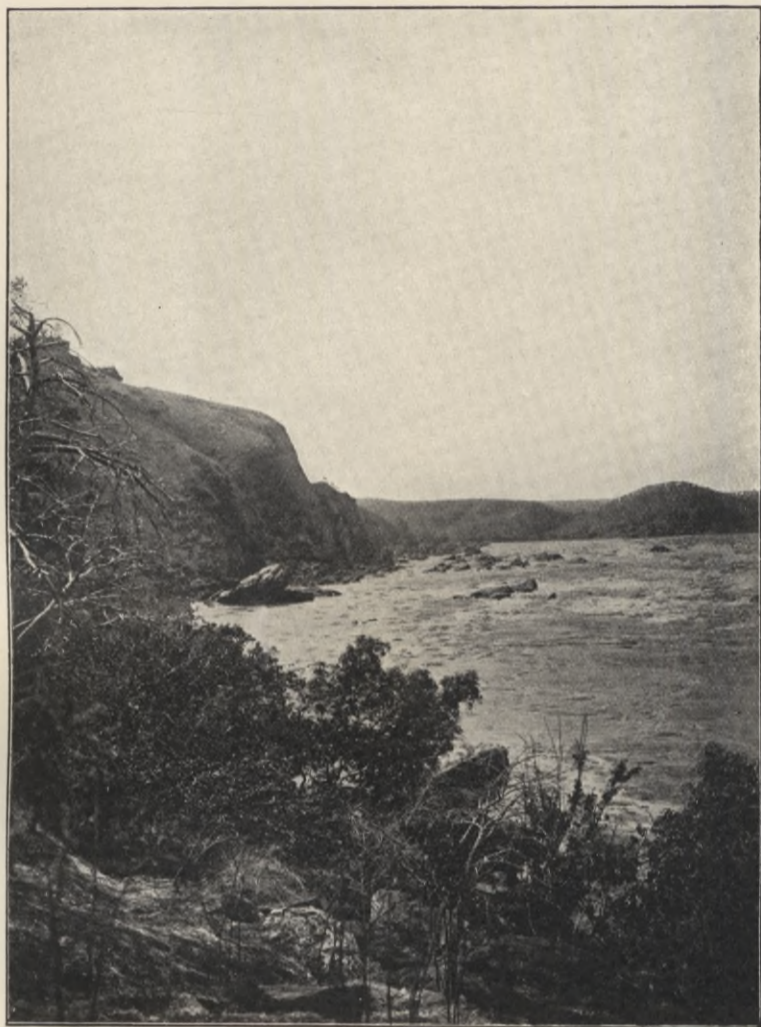


RAPIDES DE YELALA



III. — Photographie montrant la brèche taillée par le fleuve dans la montagne
(Parois à pic sur la rive droite)

RAPIDES DE YELALA



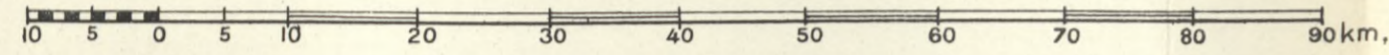
IV. — Parois à pic sur la rive droite



V. — Le Mont Yelala
(Vue prise en amont des premiers rapides)

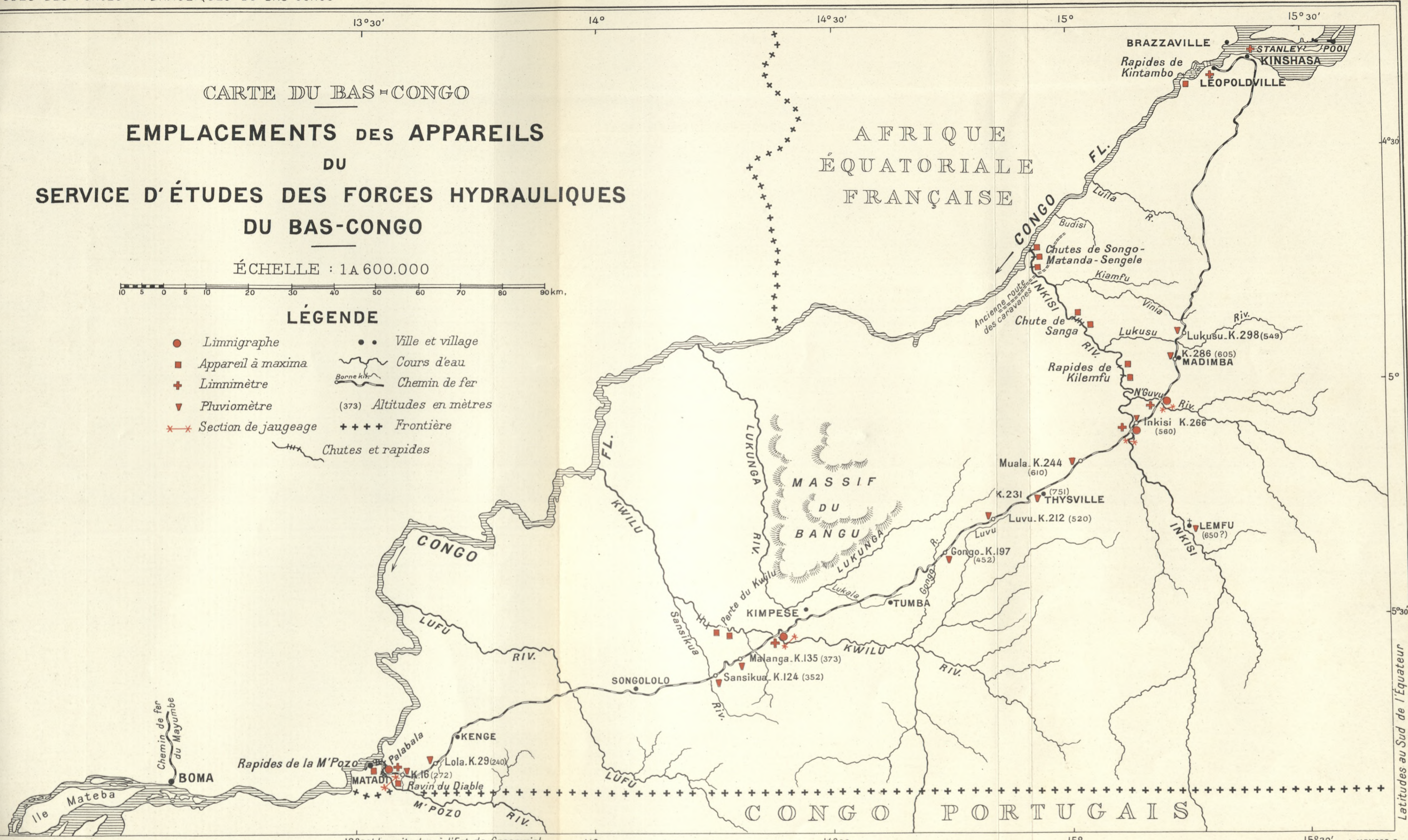
CARTE DU BAS-CONGO
 EMPLACEMENTS DES APPAREILS
 DU
 SERVICE D'ÉTUDES DES FORCES HYDRAULIQUES
 DU BAS-CONGO

ÉCHELLE : 1A 600.000



LÉGENDE

- Limnigraphe
- Appareil à maxima
- ✚ Limnimètre
- ▼ Pluviomètre
- ✖ Section de jaugeage
- Ville et village
- ~ Cours d'eau
- Chemin de fer
- (373) Altitudes en mètres
- +++ Frontière
- Chutes et rapides



13°30' Longitudes à l'Est de Greenwich. 14° 14°30' 15° 15°30' L.MENGER, Dessin

VALLÉE DE LA M'POZO



Parois à pic (Rive G.)



Le pont du chemin de fer et le Pic Cambier



Vallée encaissée

CAMP DANS LA VALLÉE DU KWILU

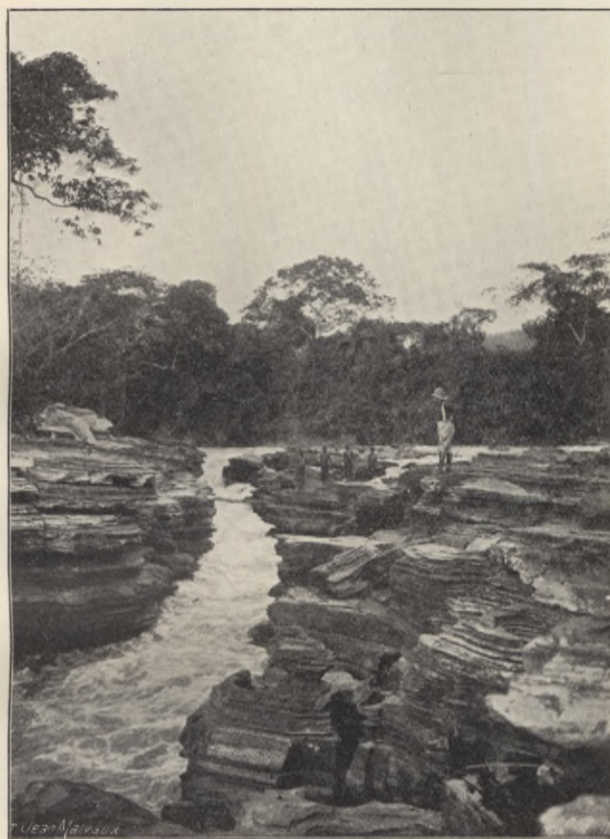


Aspect général du pays

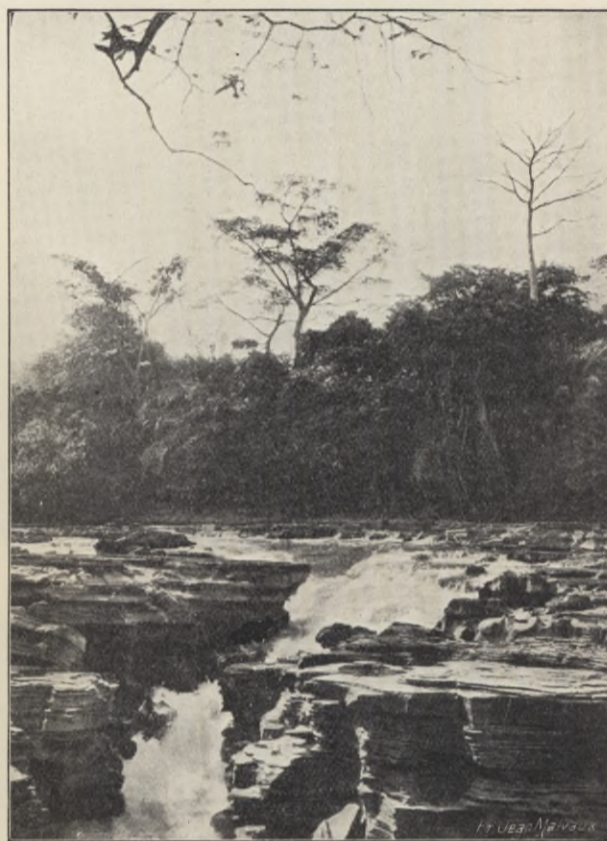


Le camp à l'heure du déjeuner

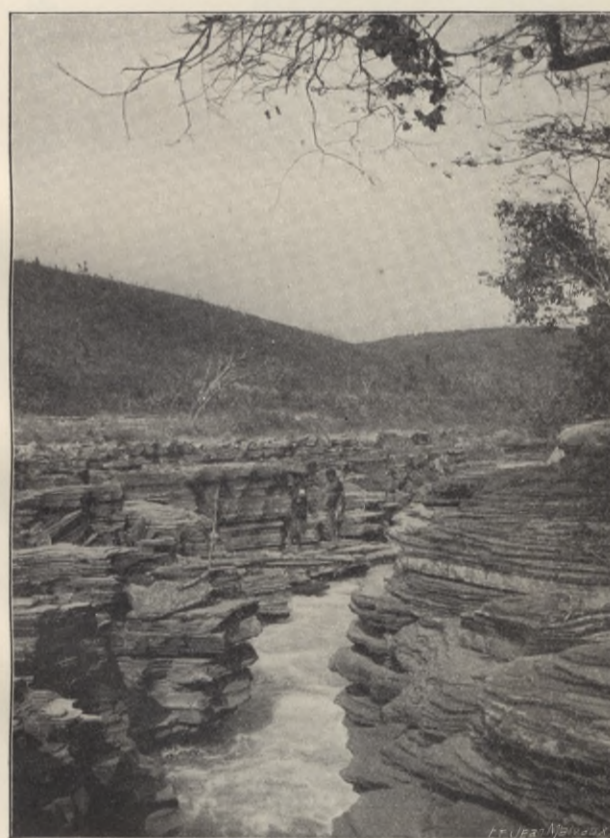
PERTE DU KWILU



Vue d'ensemble



Chute dans la Perte



Pont indigène sur la Perte



La Perte du Kwilu (couloir de 3 à 4 m.)

LA GORGE DU KWILU



Rapide

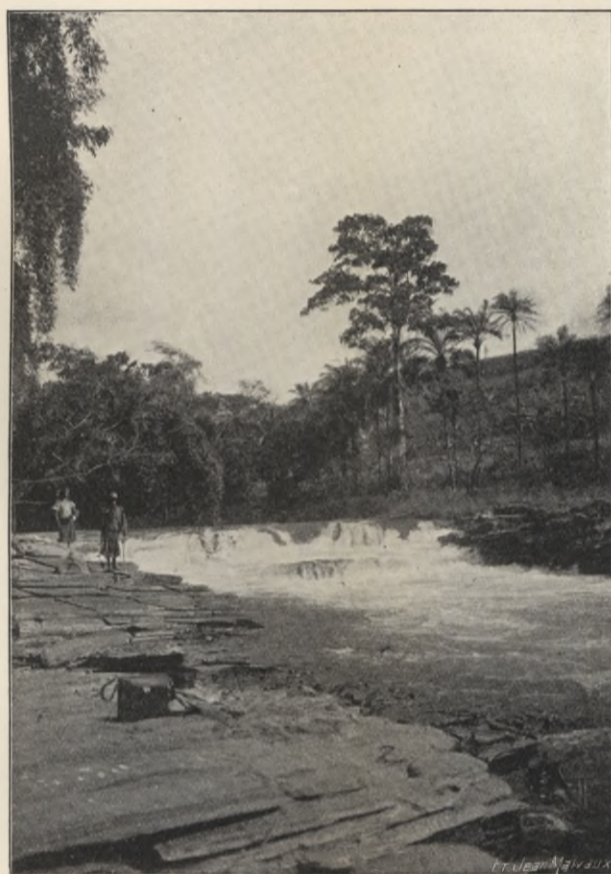
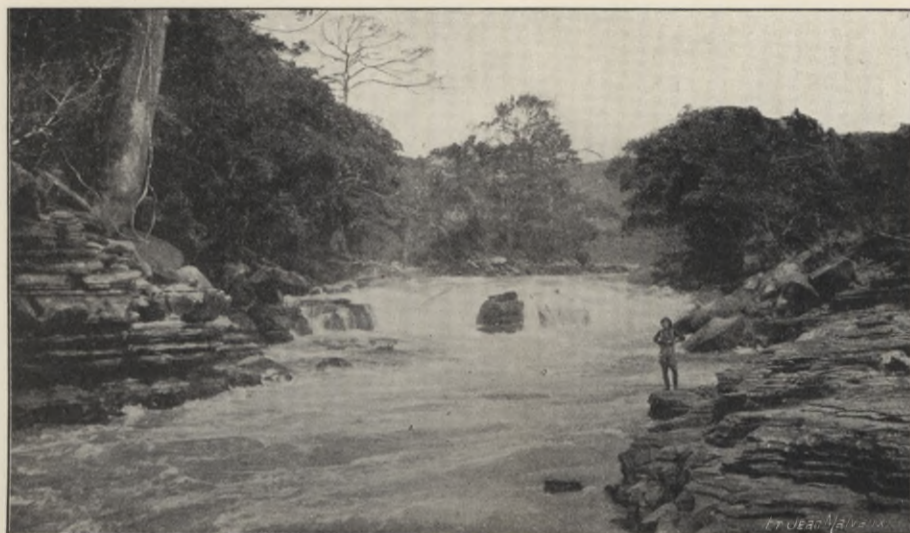


(En aval de la Perte)



La Porte d'Enfer

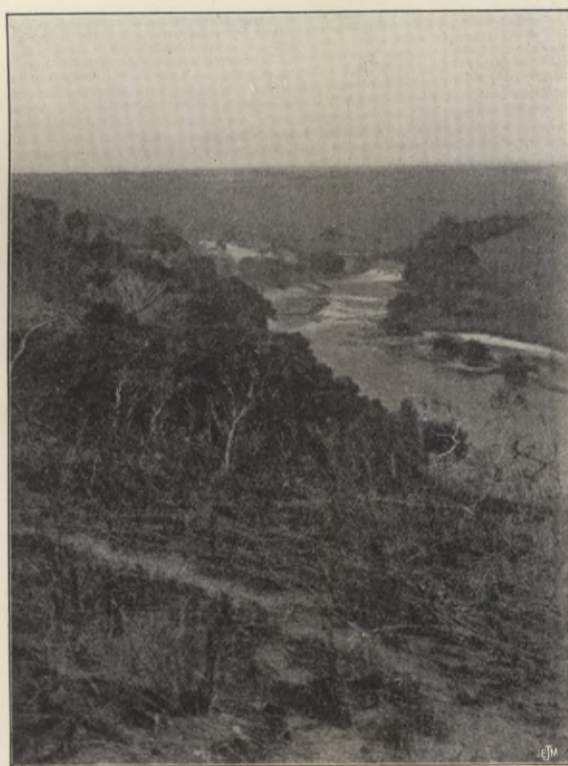
CHUTES DU KWILU



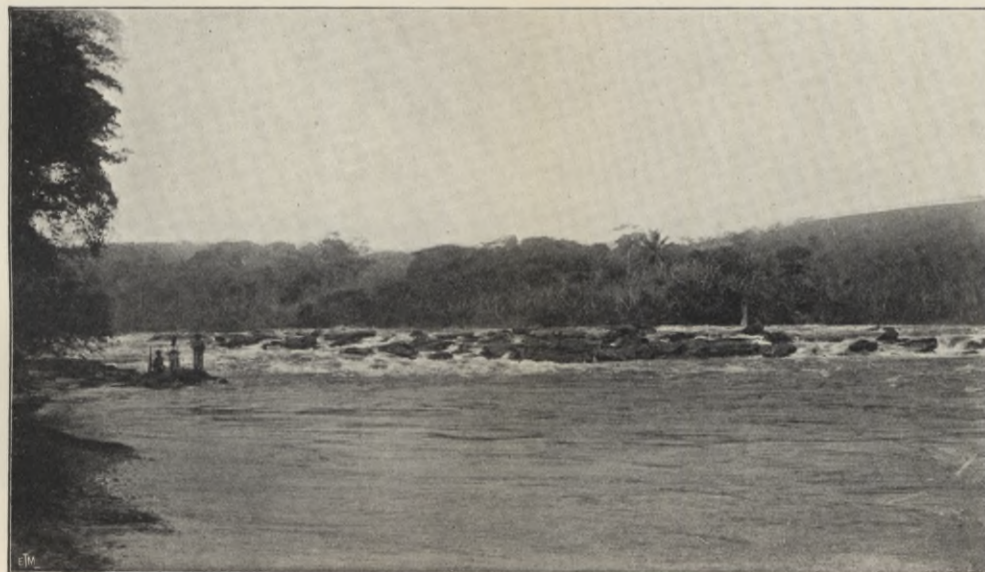
RAPIDES DE KILEMFU (INKISI)



Rapide en aval.



Vue d'ensemble des rapides



Dernier rapide en aval

CHUTE DE SANGA (INKISI)



Vue prise en aval

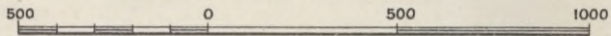


La moitié de la chute vue de face

INKISI CHUTES DE ZONGO-MATANDA ET DE SENGELE

CROQUIS D'ENSEMBLE

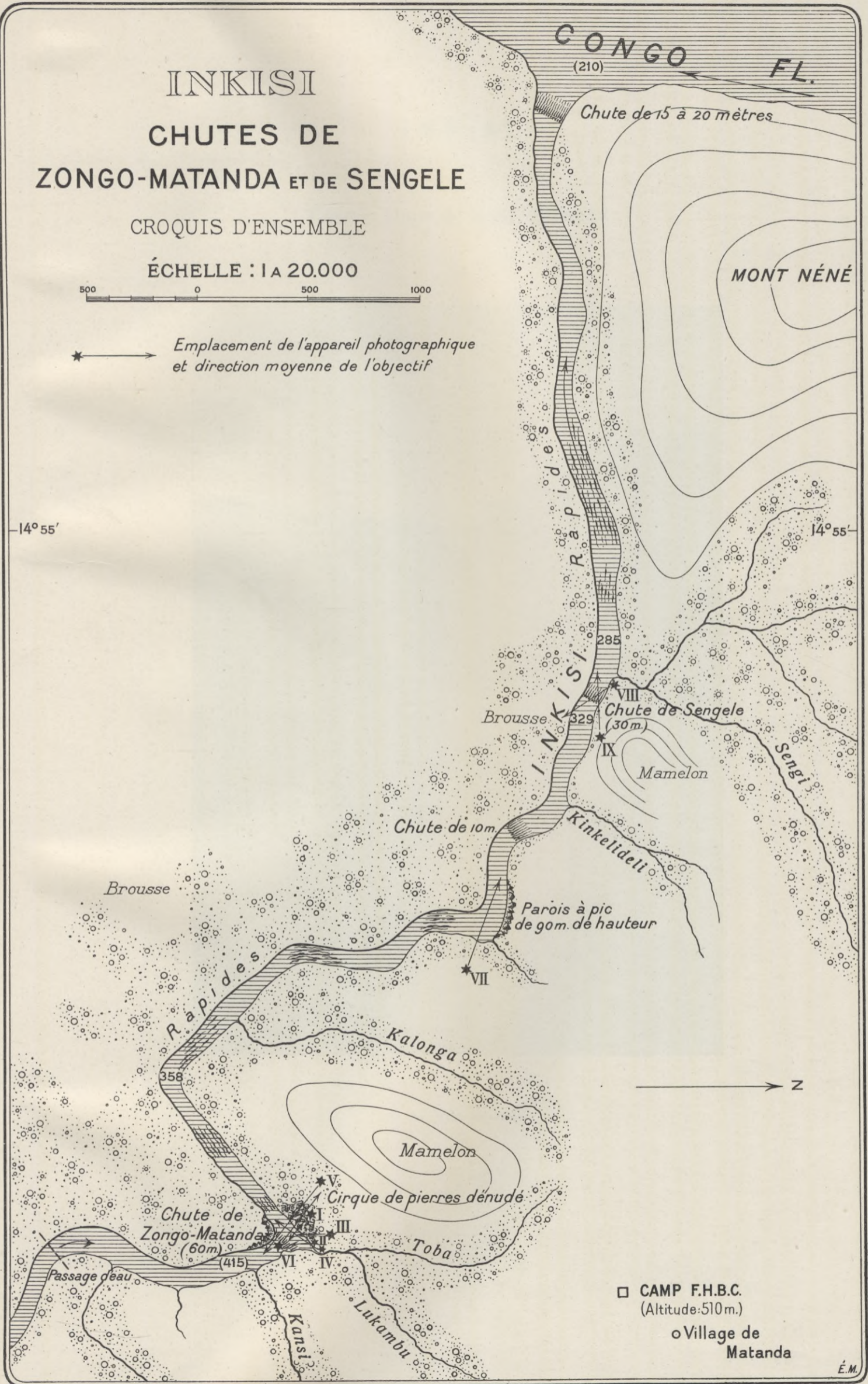
ÉCHELLE : 1 A 20.000



★ → *Emplacement de l'appareil photographique
et direction moyenne de l'objectif*

14° 55'

14° 55'



□ CAMP F.H.B.C.
(Altitude: 510 m.)

○ Village de
Matanda

É.M.

R.Thys

INKISI

Grande chute de Zongo-Matanda



I. — Vue de face

INKISI

Grande chute de Zongo-Matanda



II. — Vue de côté



III. — Arrivée à la chute



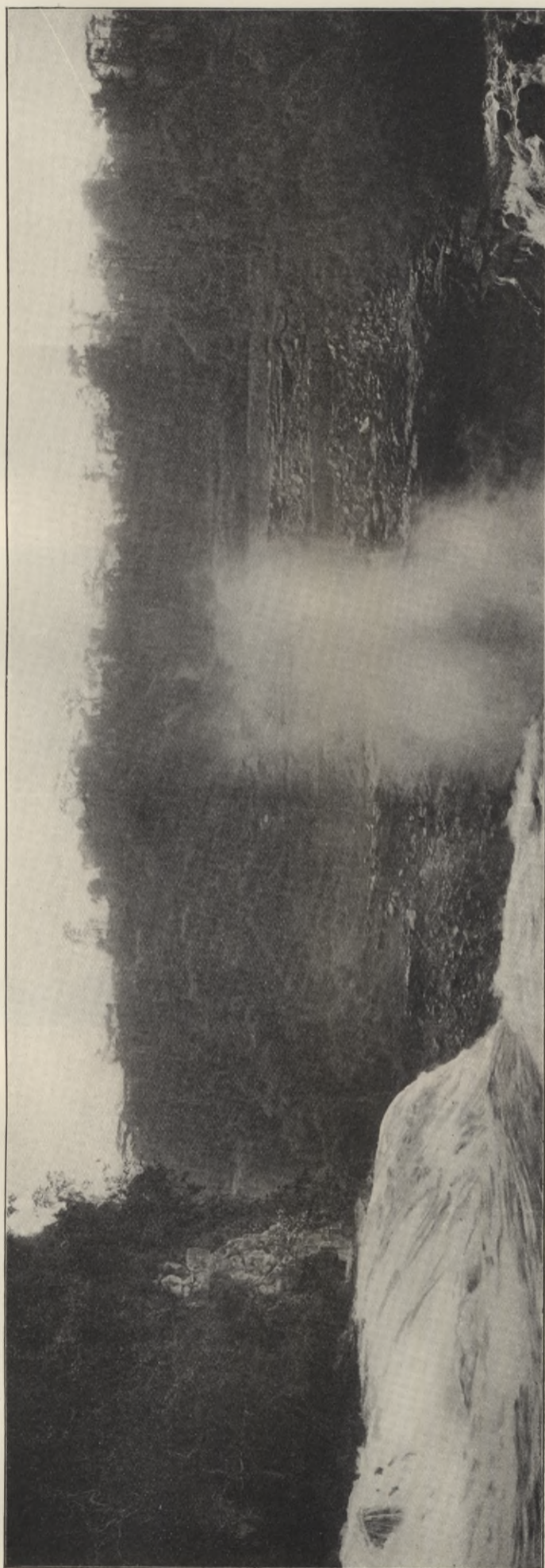
IV. — Vue de côté

GRANDE CHUTE DE L'INKISI A ZONGO-MATANDA



V. — Vue d'ensemble prise de face

GRANDE CHUTE DE L'INKISI A ZONGO-MATANDA



VI. — Vue du cirque de pierre en face de la chute

RAPIDES ET CHUTES DE L'INKISI



VII. — Gorge de l'Inkisi
(Parois à pic de 90 m. sur R. D.)



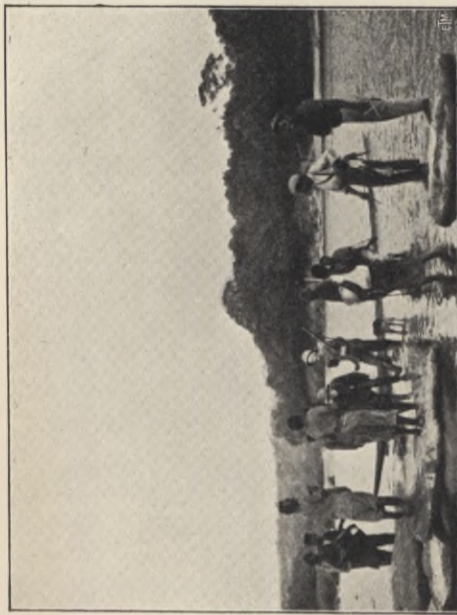
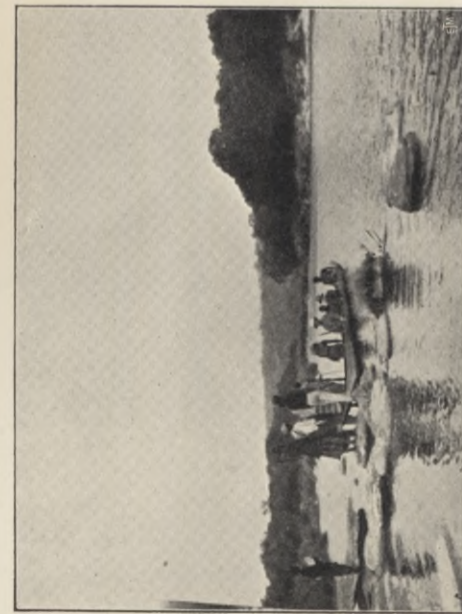
VIII. — Chute de Sengele



IX. — Vallée encaissée
(Au fond : rive française du Congo)



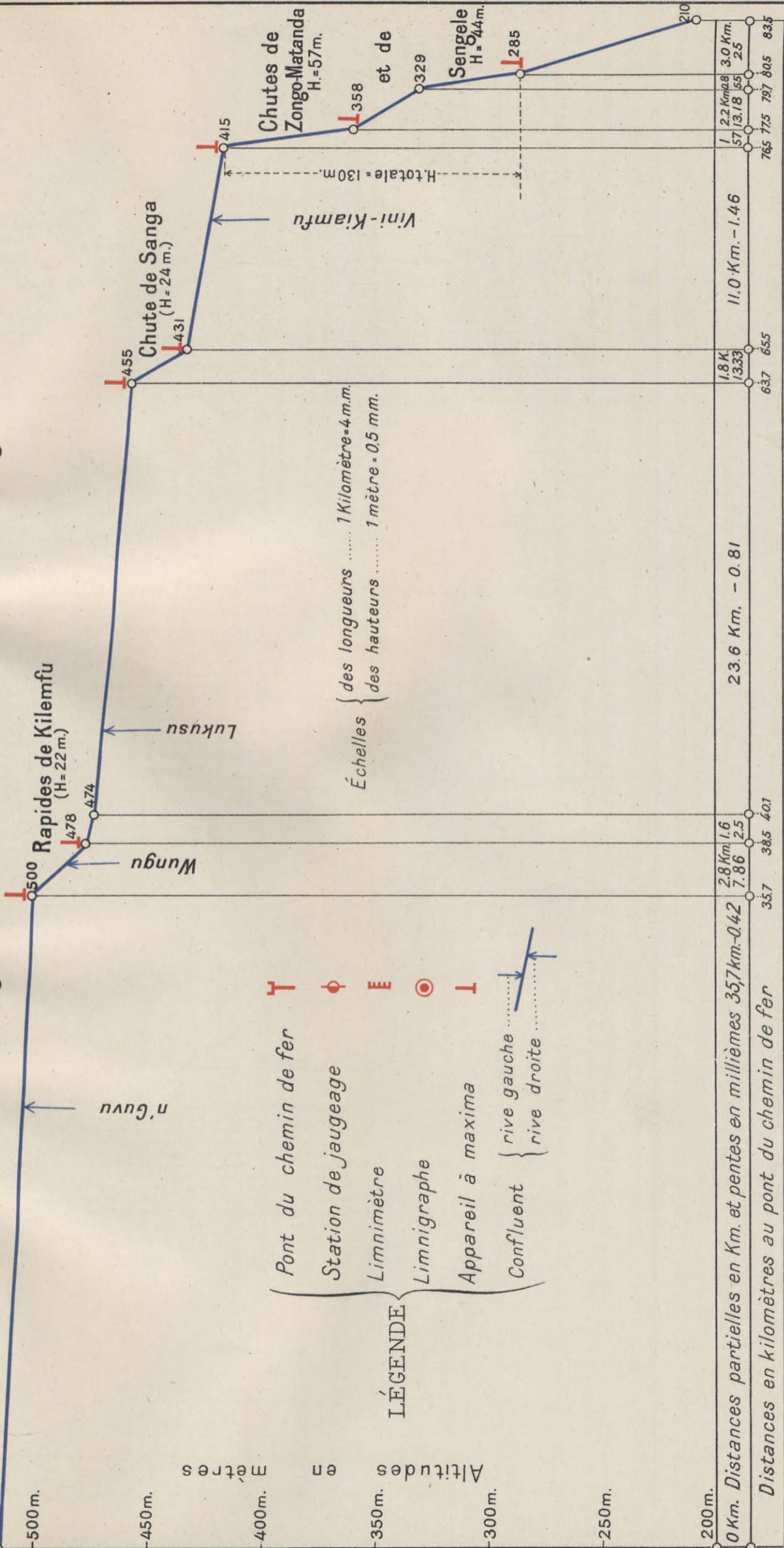
Panorama des rapides de Kintambo (Léopoldville)



Vue des rapides

RIVIÈRE INKISI (Bas-Congo).

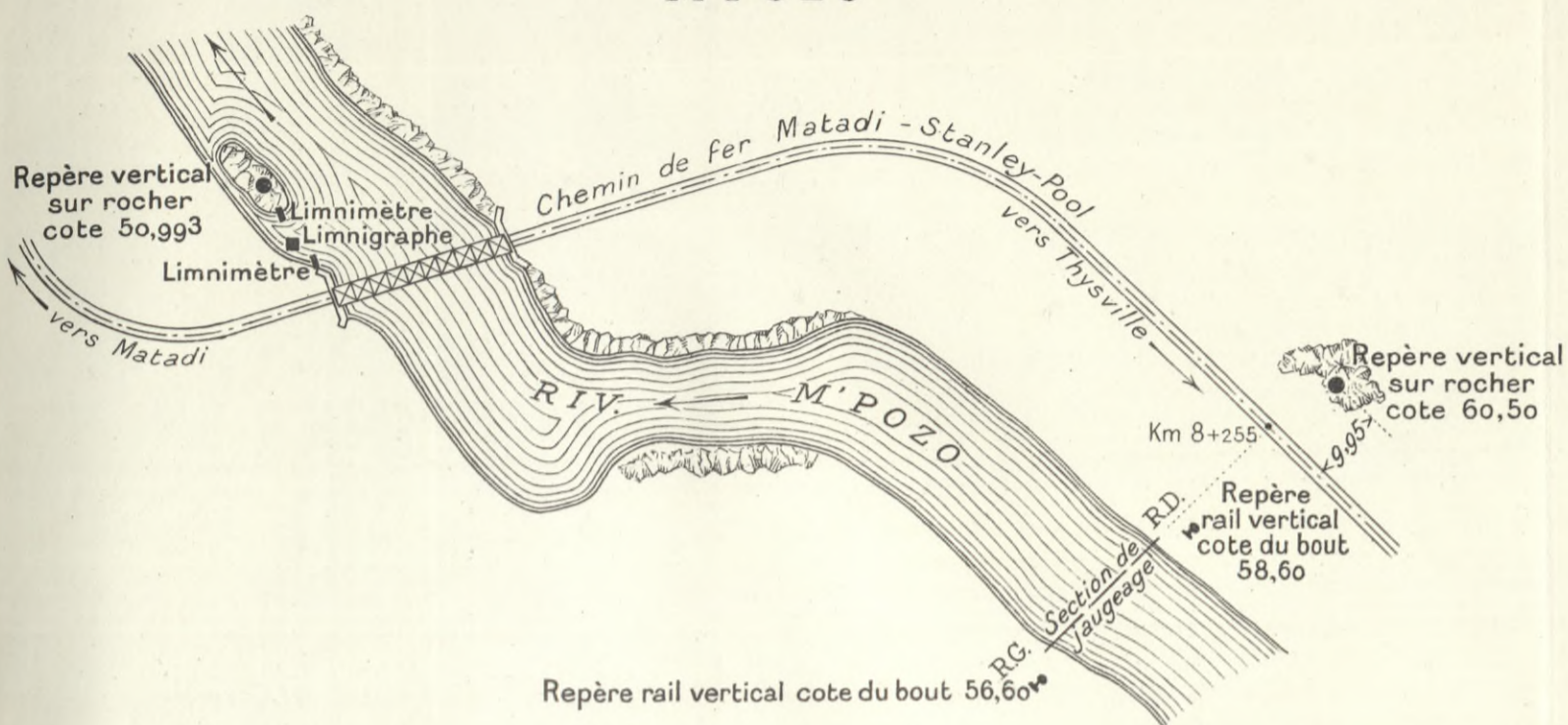
Profil en long du pont du chemin de fer au fleuve Congo.



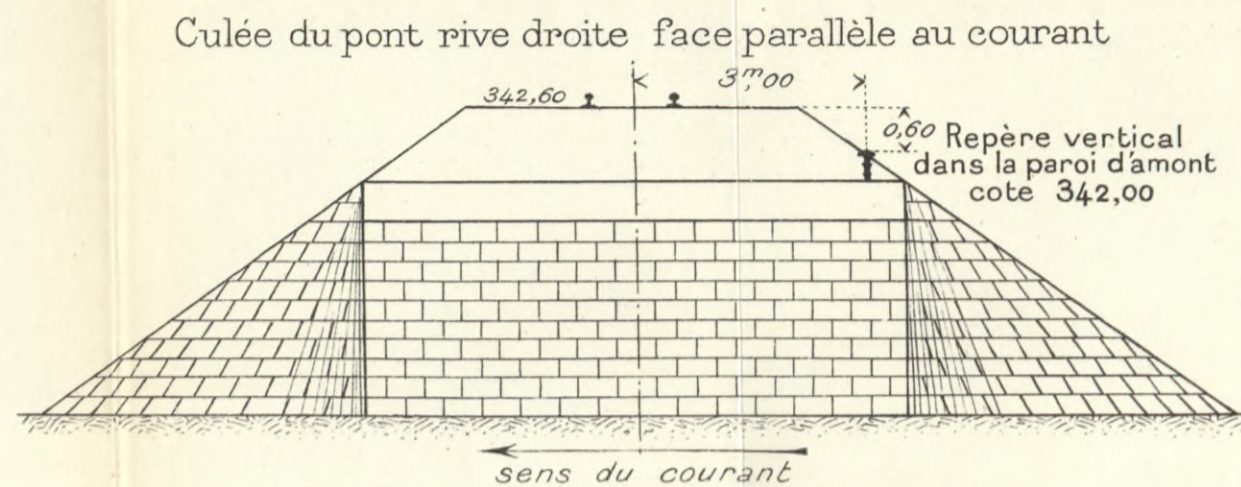
- LÉGENDE.**
- ⊥ Pont du chemin de fer
 - ⊕ Station de jaugeage
 - Limnimètre
 - ⊙ Limnigraph
 - ⊥ Appareil à maxima
 - ↙ Confluent { rive gauche
 - ↘ Confluent { rive droite

CROQUIS DE SITUATION DES REPÈRES DE NIVELLEMENT

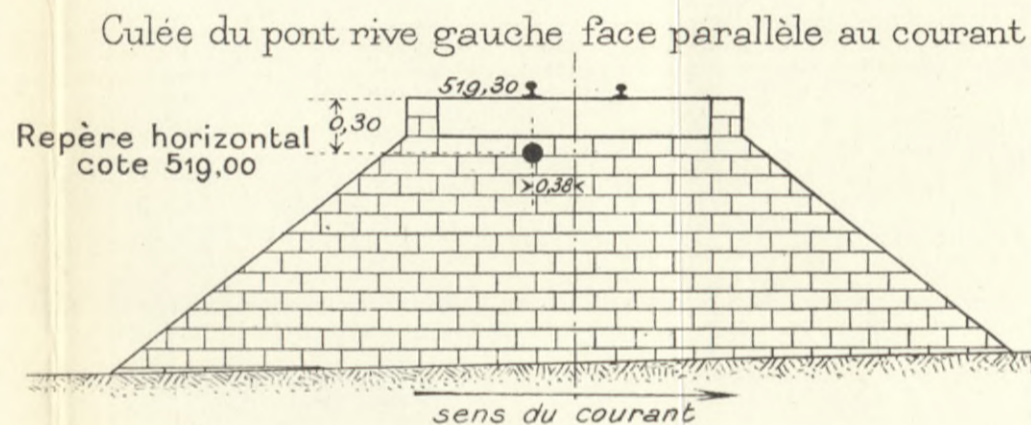
M'POZO



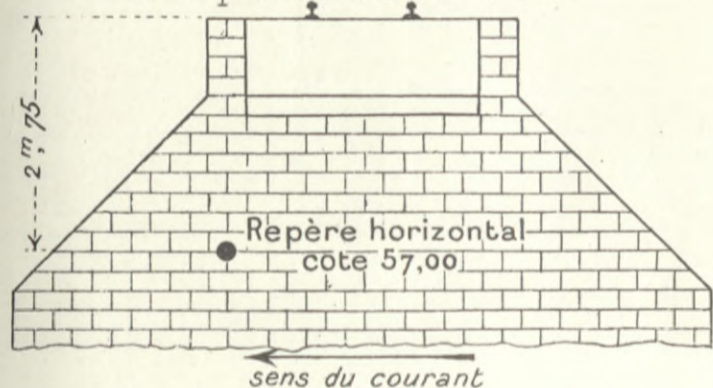
KWILU



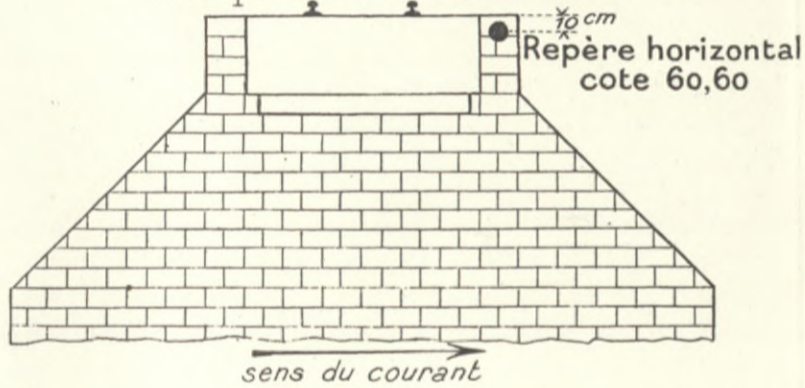
N'GUVU



Culée du pont rive droite face parallèle au courant



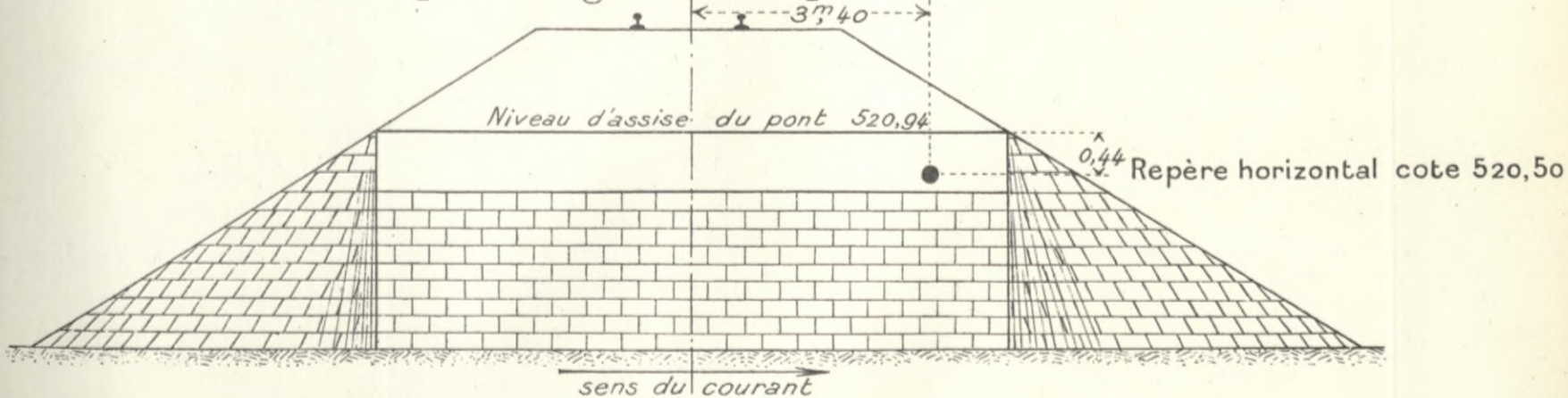
Culée du pont rive gauche face parallèle au courant



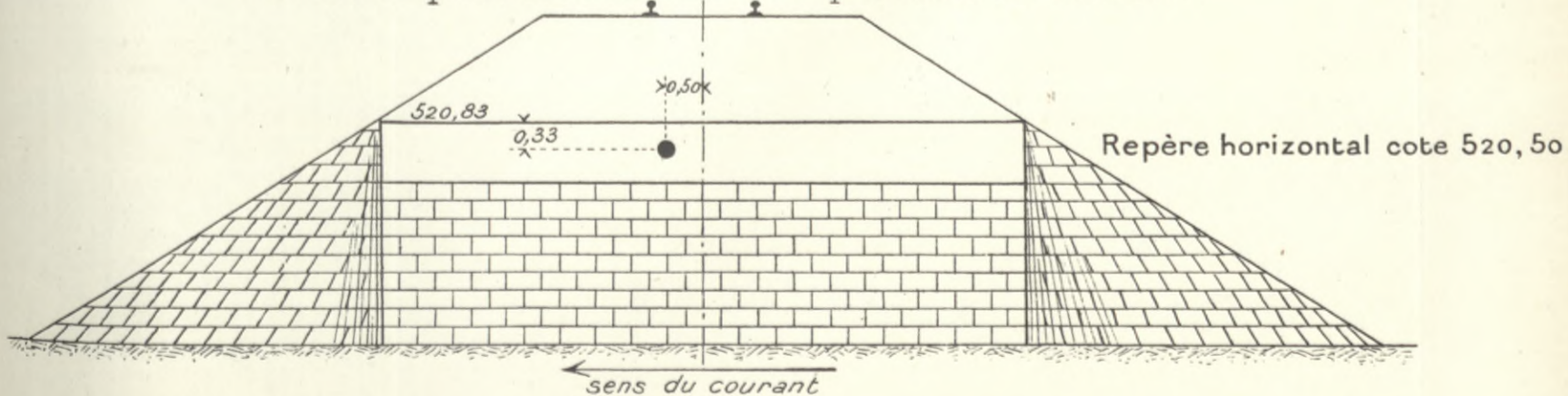
Culée du pont rive gauche face parallèle au courant

INKISI

Culée du pont rive gauche face parallèle au courant

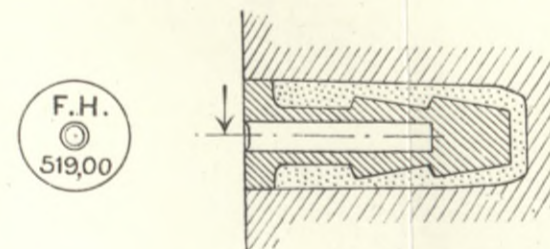


Culée du pont rive droite face parallèle au courant

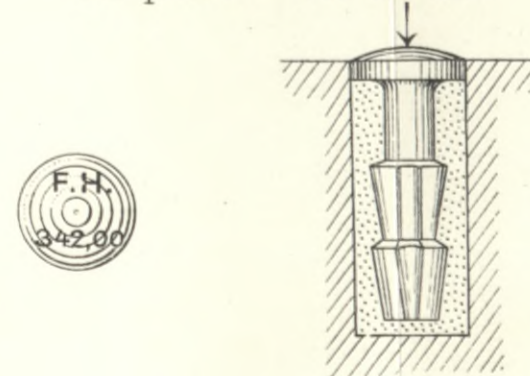


TYPES DE REPÈRE DU SERVICE F.H.B.C.

Repère horizontal



Repère vertical



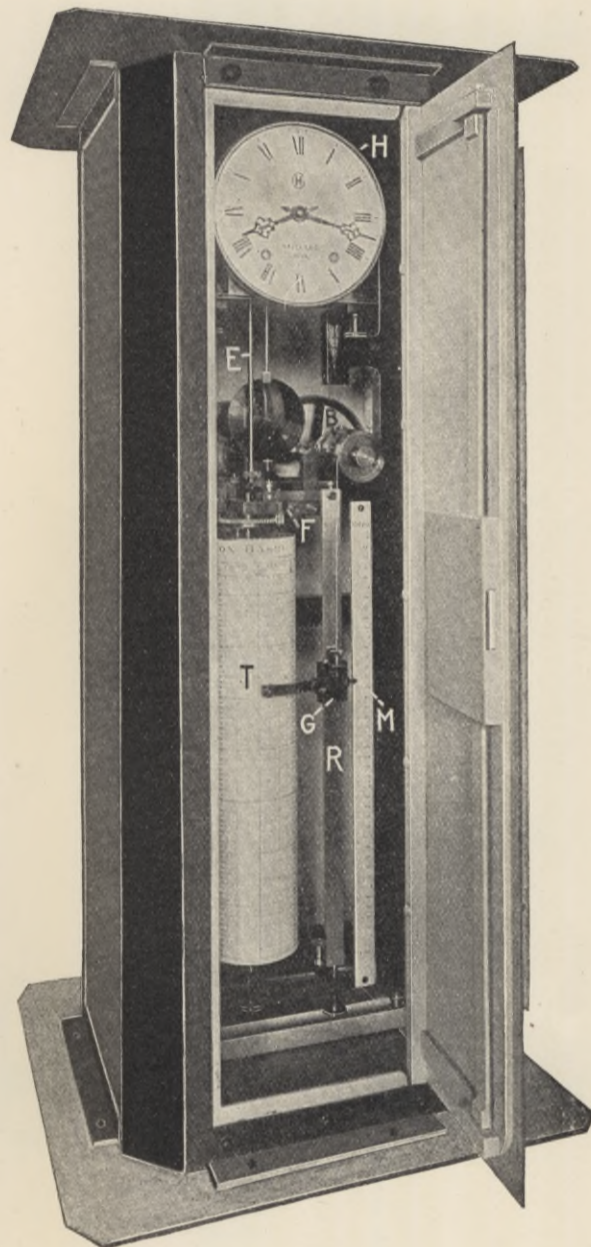
FOURNISSEUR DES REPÈRES
Atelier des télégraphes de G.Hasler
à Berne (Suisse)

Echelle limnimétrique

Type Bureau hydrométrique
fédéral suisse



Appareil Limnigraphe Type service F. H. B. C.

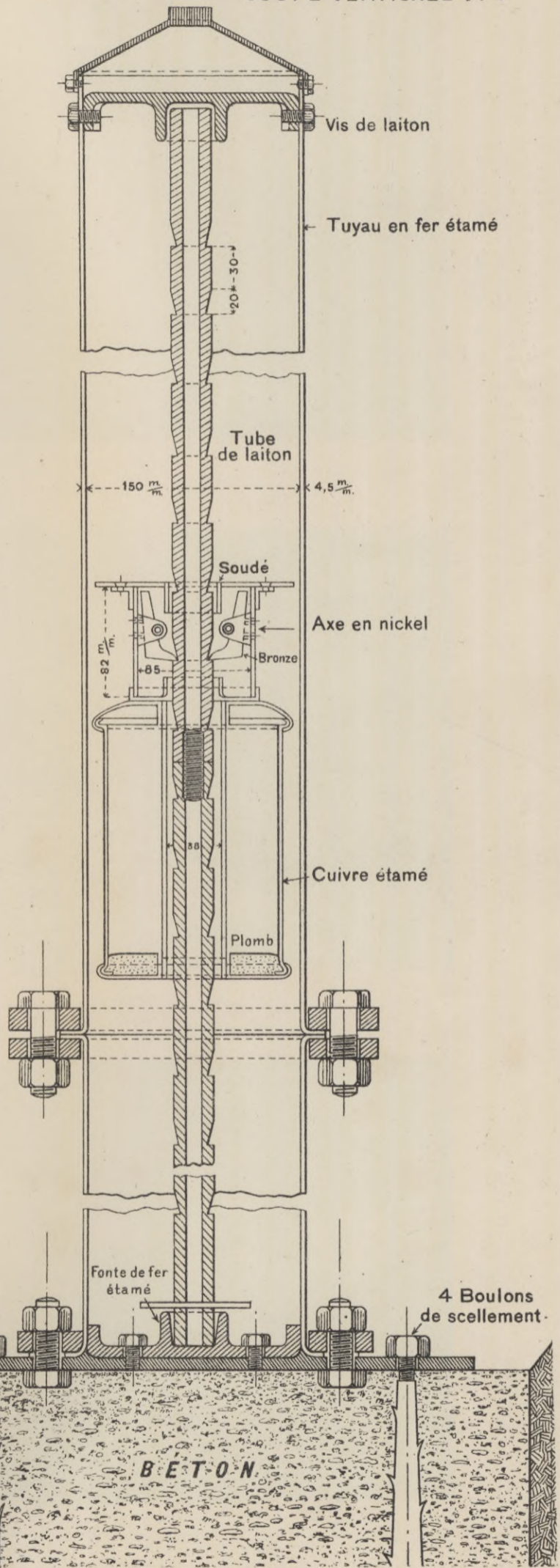
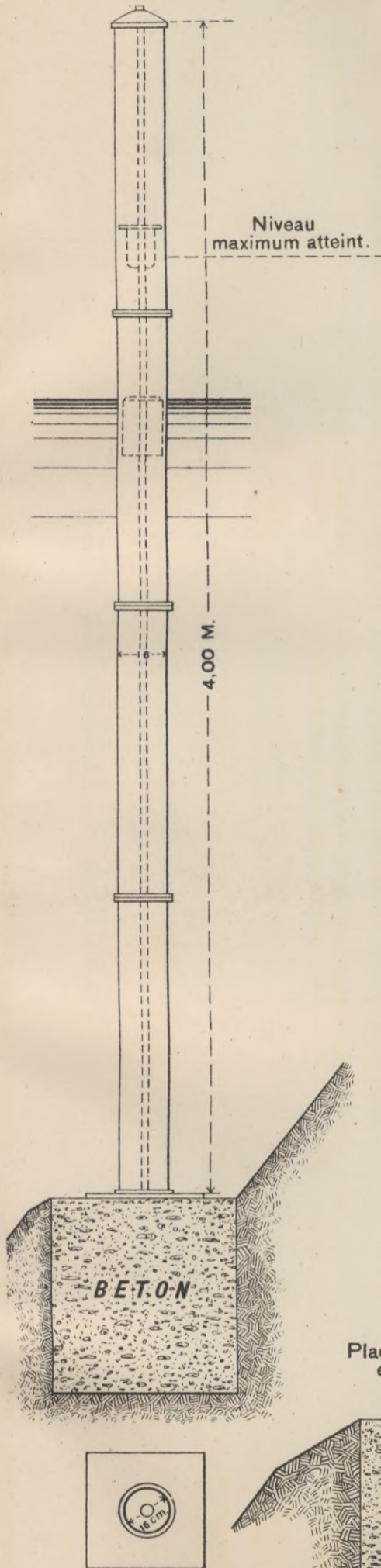


Les appareils ont été fournis
par la maison Hasler
à Berne, Suisse

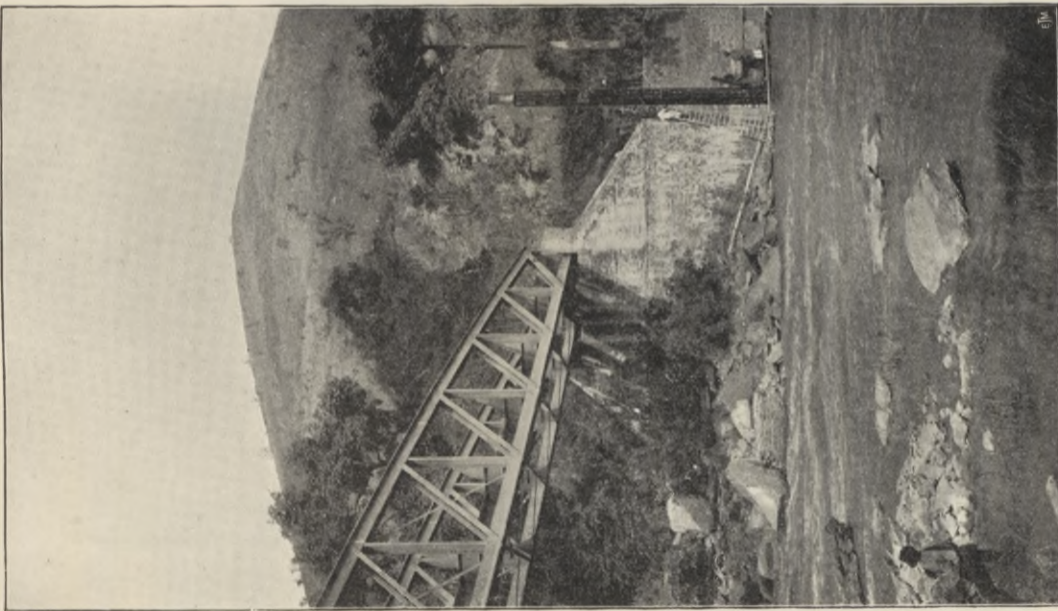
APPAREIL A MAXIMA

VUE D'ENSEMBLE 1: 20

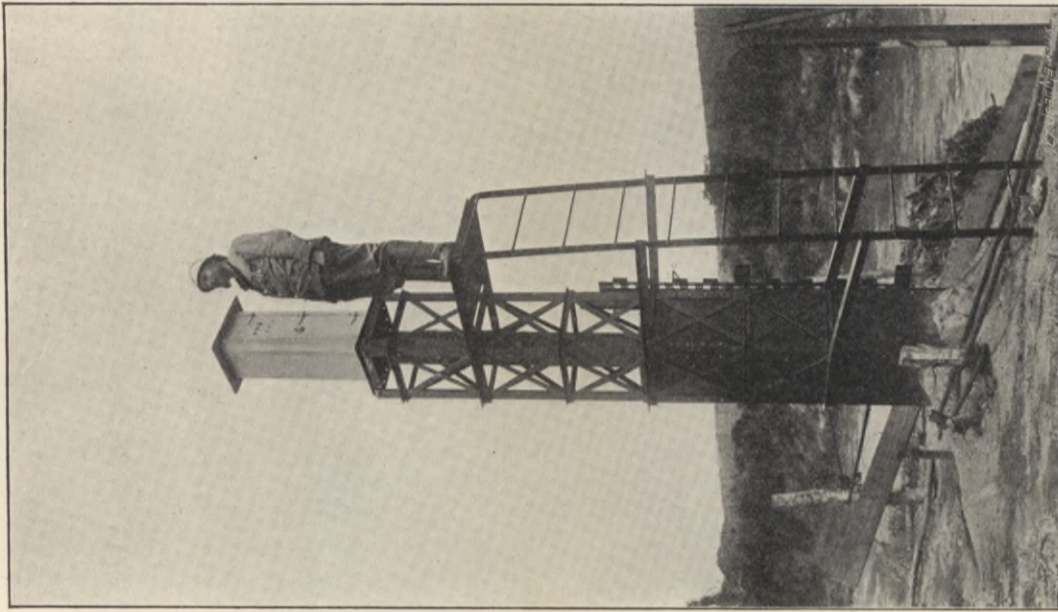
COUPE VERTICALE 1: 4



APPAREILS LIMNIGRAPHES



A la M'Poza

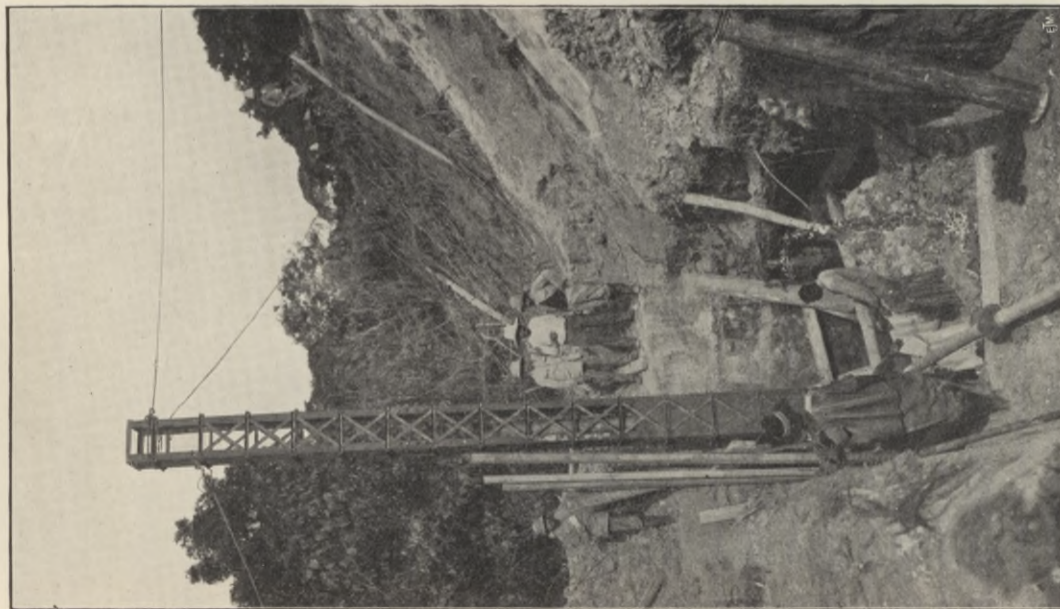


Au Kwilu

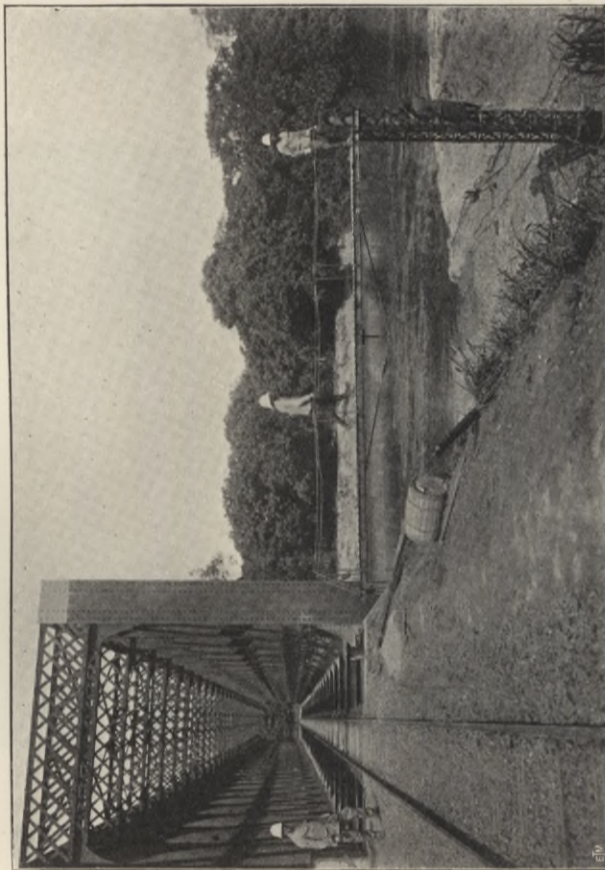


A la M'Poza (vue sous le pont)

LIMNIGRAPHE DE L'INKISI



En montage

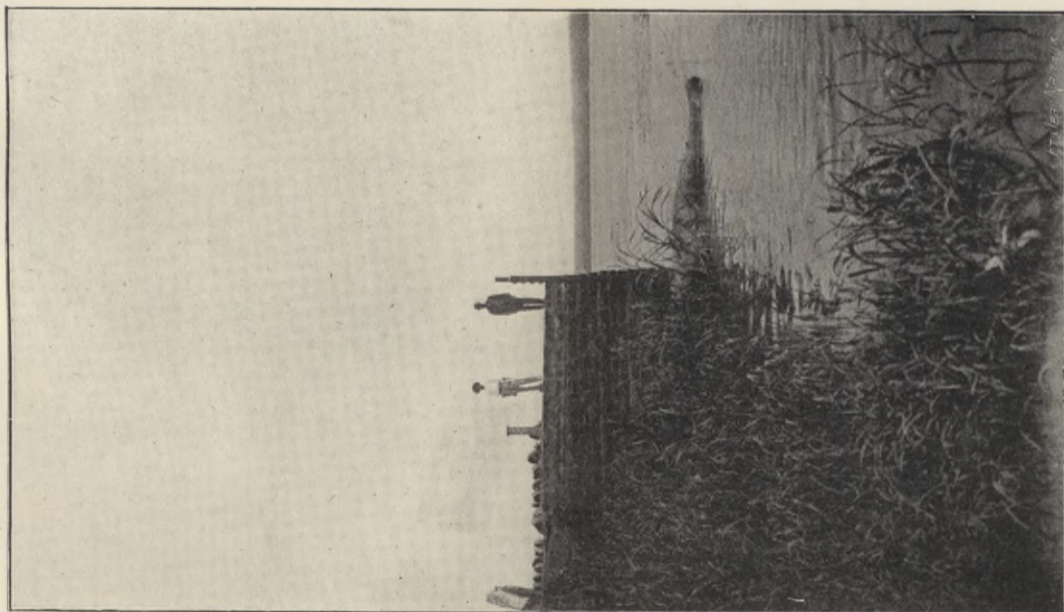


Installation de la passerelle



Vue sous le pont

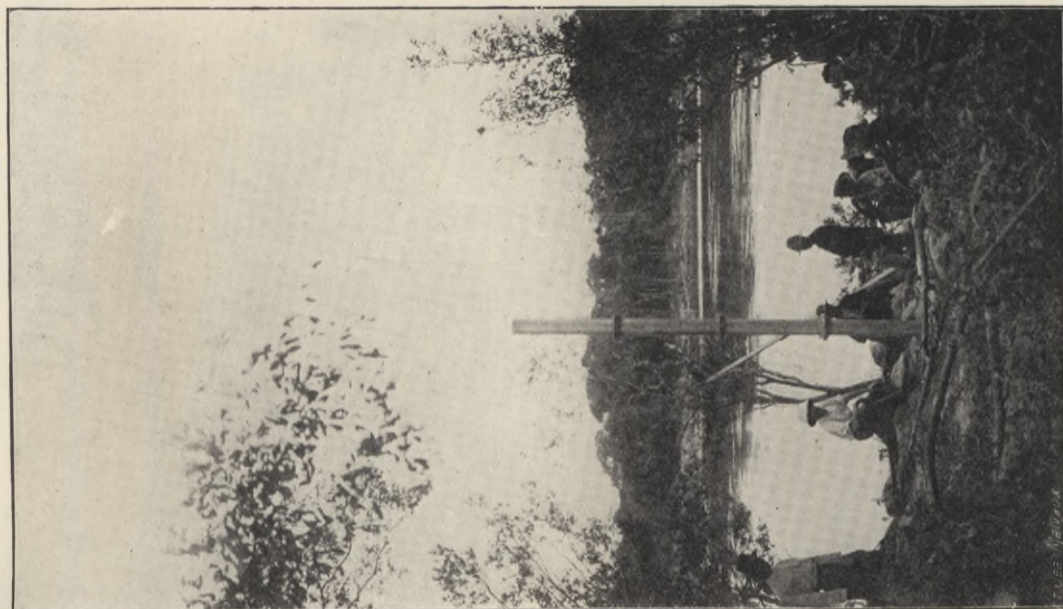
LIMNIMÈTRES ET APPAREIL A MAXIMA



Quai de Léopoldville



Pont de l'Inkisi



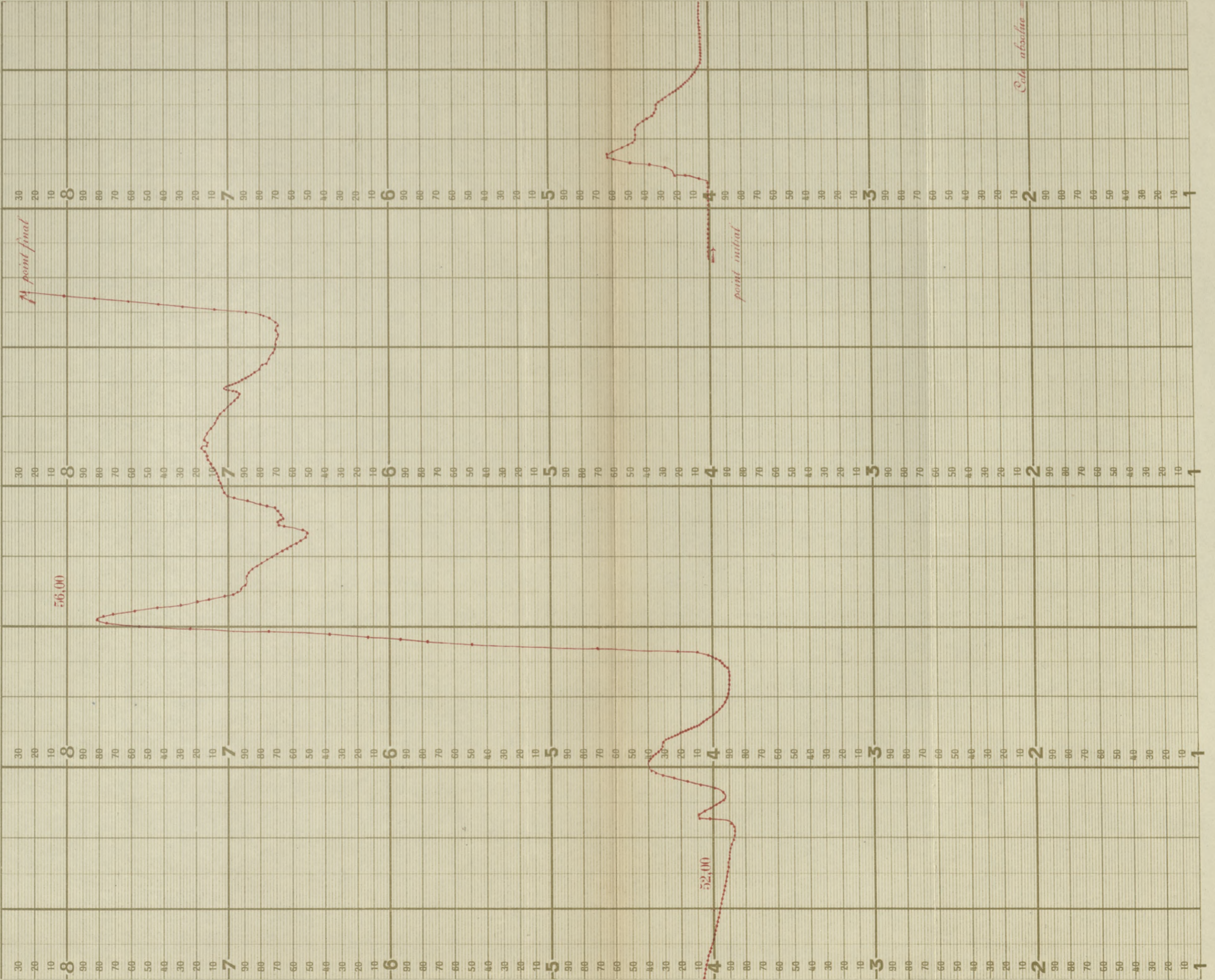
Rapides de Kintambo

LIMNIMÈTRE ENREGISTREUR N° 104
STATION M'POZO

Forces hydrauliques du Bas-Congo

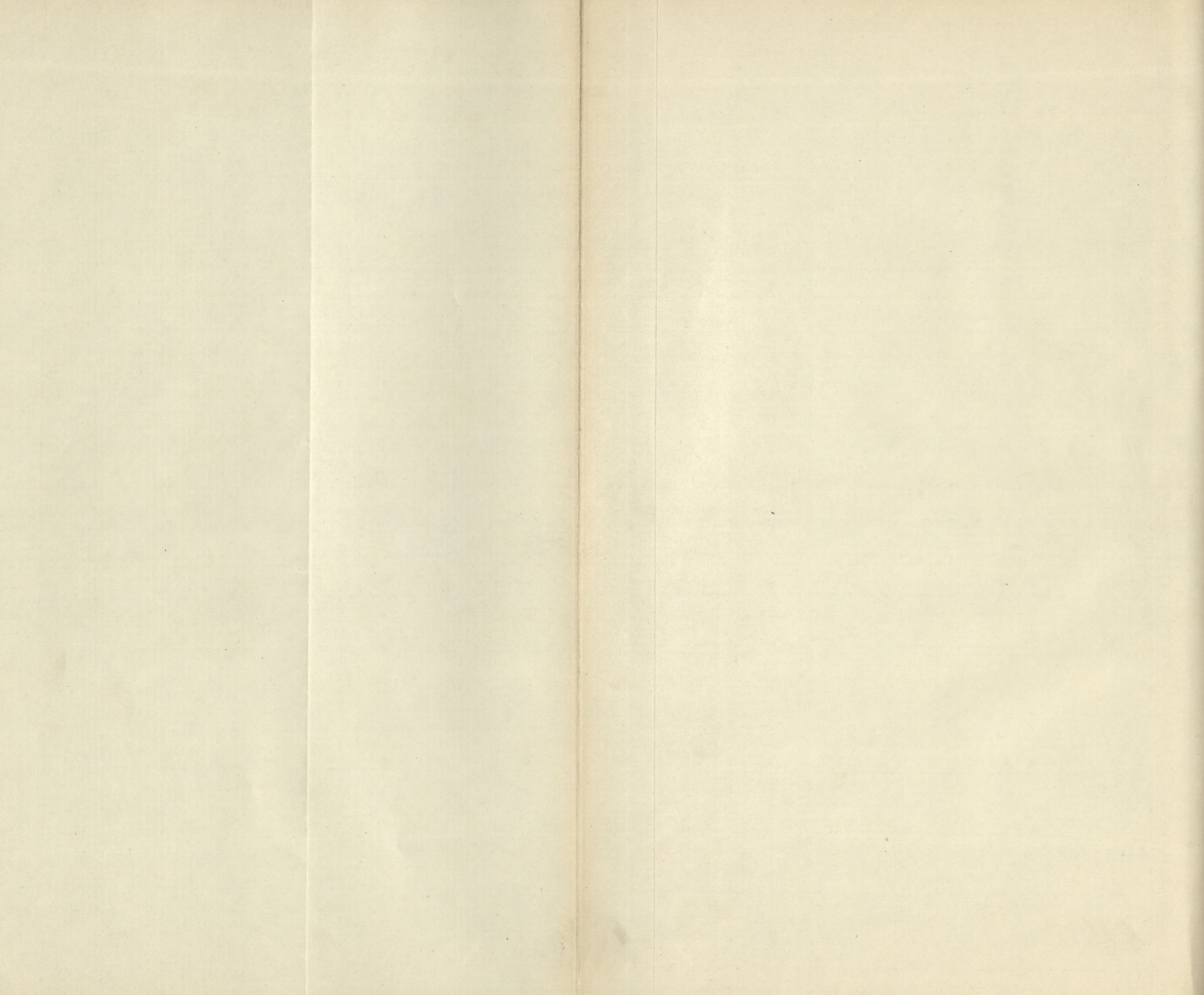
Observations du 21 au 28 / 12 1911

EDI 6 12 24
DIMANCHE 24
LUNDI 25
MARDI 26
MERCREDI 27
JEUDI 28
VENDREDI 29
SAMEDI 30



LIMNIMÈTRE ENREGISTREUR N° 104
Observations du 21 au 28 / 12 1911
Forces hydrauliques du Bas-Congo

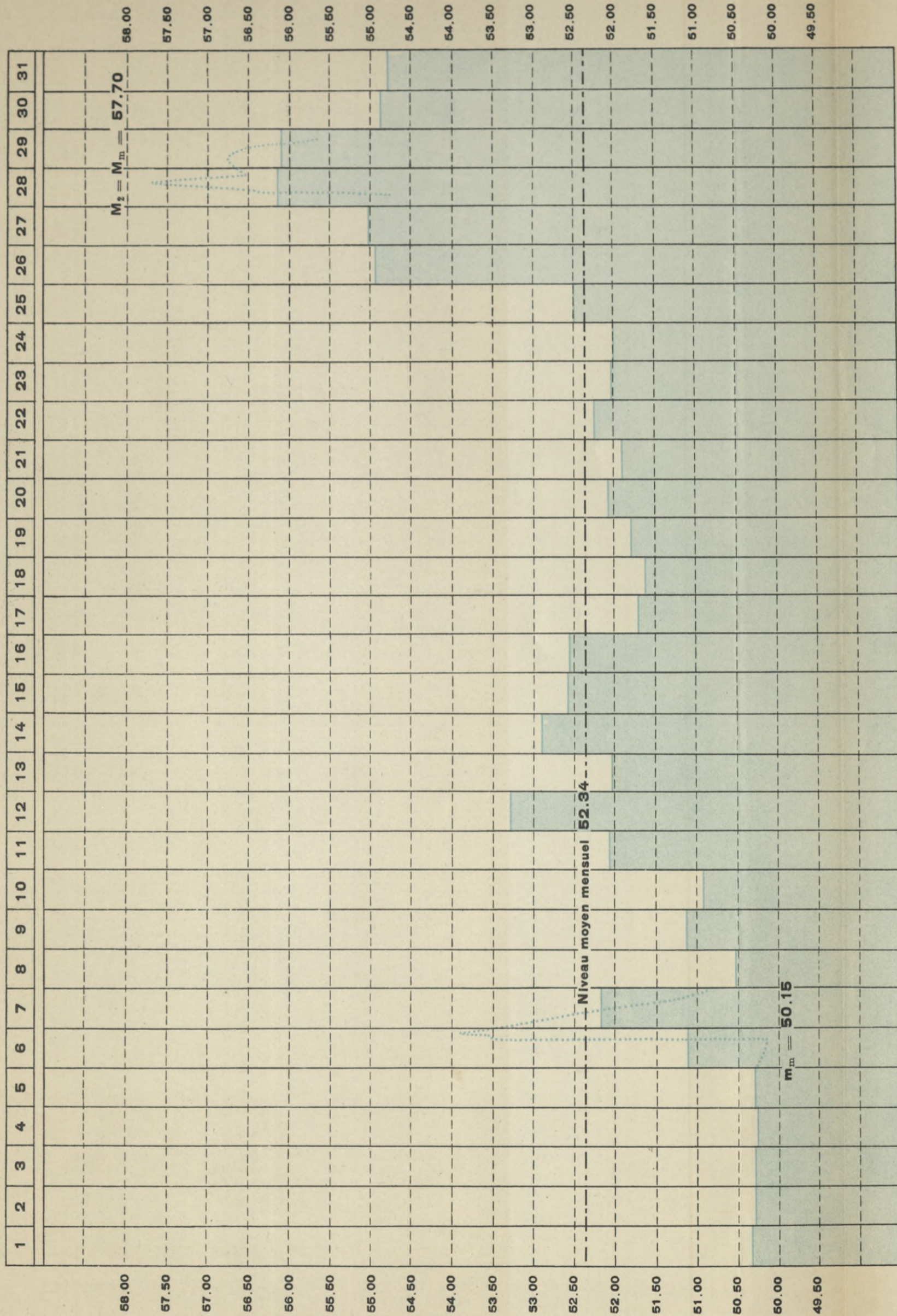
Cote absolue = 50.00



Rivière : M'Pozo

Profil : 10 m. en aval du pont

Graphique mensuel des hauteurs limnimétriques pour le mois de décembre 1911



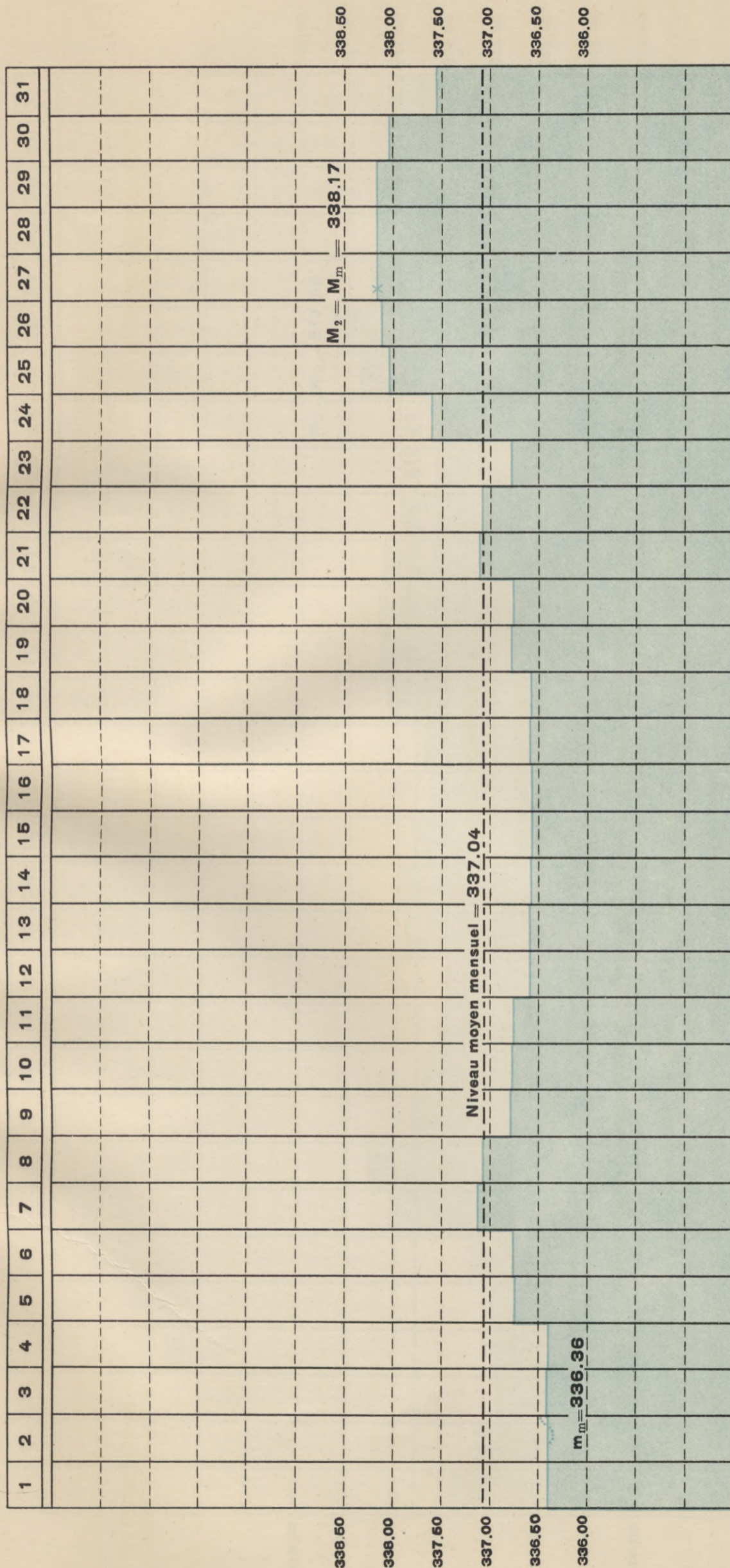
REMARQUES : M_m = hauteur maximum = 57.700, le 28 décembre, vers 14 h. 30.
 m_m = hauteur minimum = 50.150, le 6 décembre, vers 15 heures.
 M_g = 57.70 = hauteur maximum de l'année 1911.

Échelles : 1 jour = 9,6 m/m ; 1 m. 20 m/m.

Rivière : Kwilu

Profil : 131 m. 30 en amont du pont.

Graphique mensuel des hauteurs limnimétriques pour le mois de décembre 1911



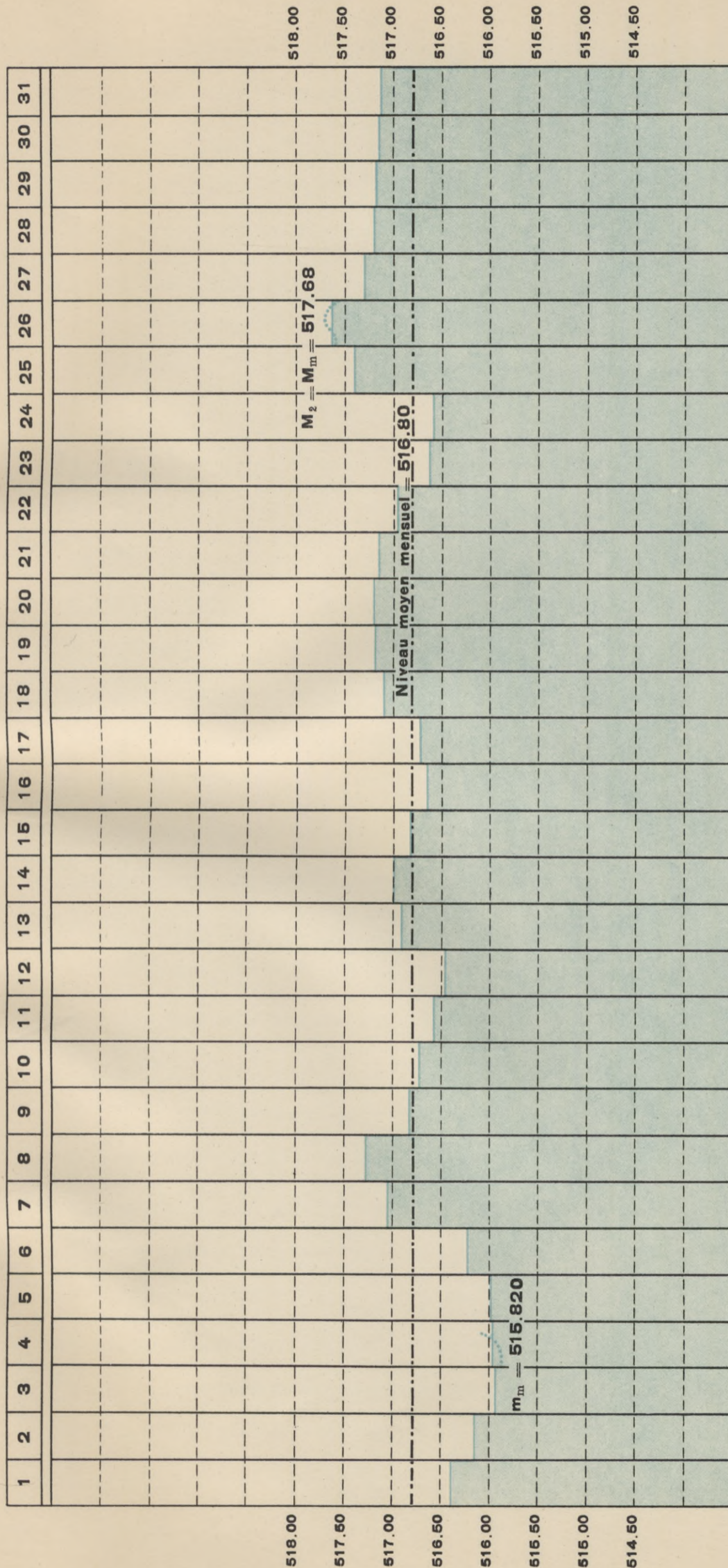
REMARQUES : M_m = hauteur maximum = 338.17, le 27 décembre 1911, vers 6 heures.
 m_m = hauteur minimum = 336.36, le 2 décembre 1911, vers 18 heures.
 $M_2 = 338.17$ = hauteur maximum de l'année 1911.

Échelles : 1 jour = 9,6 m/m ; 1 m. = 20 m/m.

Rivière Inkisi

Profil : 12 m. en aval du pont

Graphique mensuel des hauteurs limnimétriques pour le mois de décembre 1911



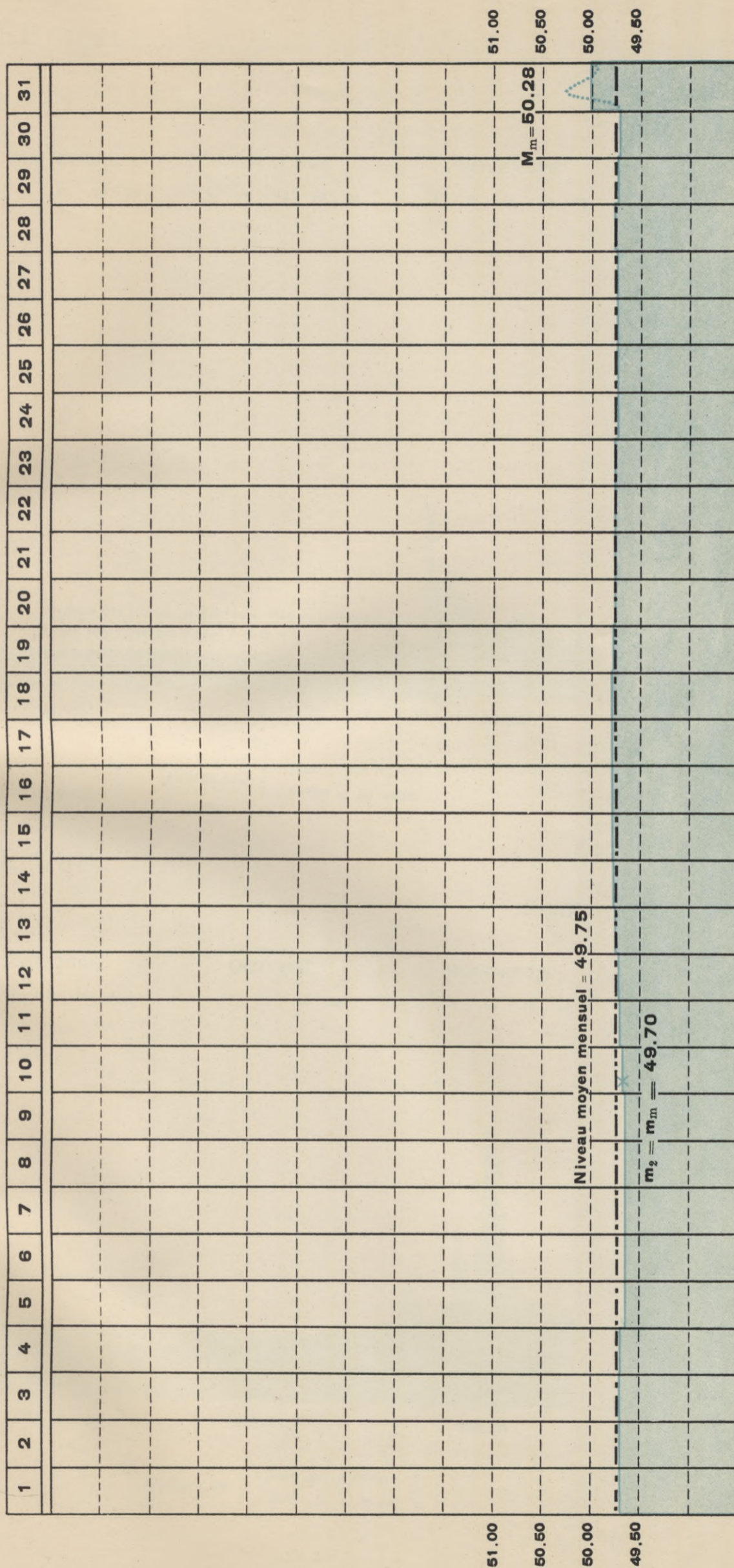
REMARQUES : M_m = hauteur maximum = 517.680, le 26 décembre vers 15 heures.
 m_m = hauteur minimum = 515.820, le 4 décembre vers 3 heures.
 M_2 = 517.68 = hauteur maximum de l'année 1911.

Échelles : 1 jour = 9,6 mm 1 m = 20 mm.

Rivière : M'Pozo

Profil : 10 m. en aval du pont

Graphique mensuel des hauteurs limnimétriques pour le mois d'octobre 1911



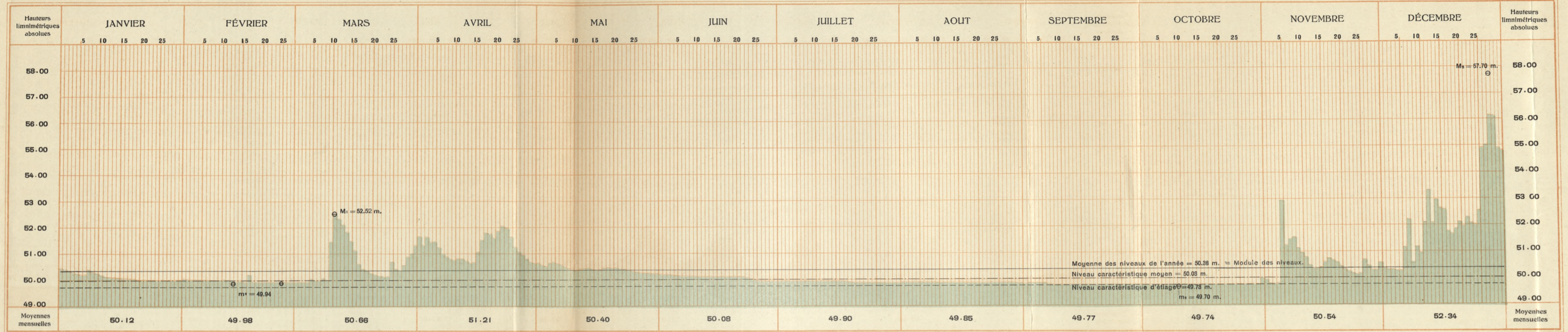
REMARQUES : M_m = hauteur maximum = 50.28, le 31 octobre 1911, vers 8 heures.
 m_m = hauteur minimum = 49.70, le 10 octobre 1911, vers 5 heures.
 m_2 = 49.70 = hauteur minimum de l'année 1911.

Échelles : 1 jour = 9,6 mm ; 1 m = 20 mm.

GRAPHIQUE DES NIVEAUX JOURNALIERS MOYENS POUR L'ANNÉE 1911

Rivière : M'POZO

Profil : 10 m. en aval du pont



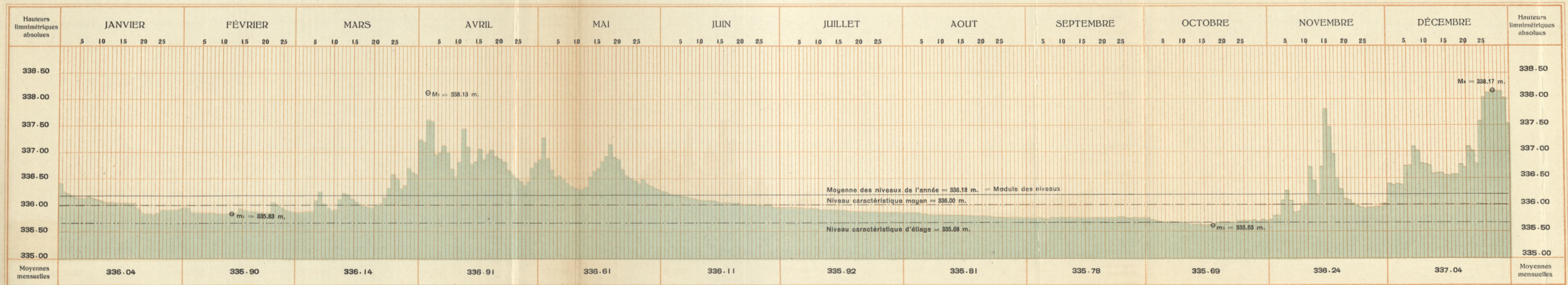
REMARQUES. — Niveaux maxima de l'année : $M_1 = 52.52$ m., le 11 mars 1911, et $M_2 = 57.70$ m., le 28 décembre 1911. maximum absolu.
 Niveaux minima de l'année : $m_1 = 49.94$ m., le 13, 14, 16, 18, 25 février 1911, et $m_2 = 49.70$ m., le 10 octobre 1911. minimum absolu.

ÉCHELLES $\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ jour} = 1.5 \text{ m/m.} \\ 1 \text{ mètre} = 10 \text{ m/m.} \end{array} \right.$

GRAPHIQUE DES NIVEAUX JOURNALIERS MOYENS POUR L'ANNÉE 1911

Rivière : KWILU

Profil : 131.30 m. en amont du pont



REMARQUES. — Niveaux maxima de l'année : $M_1 = 338.13$ m., le 3 avril 1911, et $M_2 = 338.17$ m., le 27 décembre 1911. maximum absolu.
 Niveaux minima de l'année : $m_1 = 335.83$ m., le 13 février 1911, et $m_2 = 335.63$ m., le 18 octobre 1911. minimum absolu.

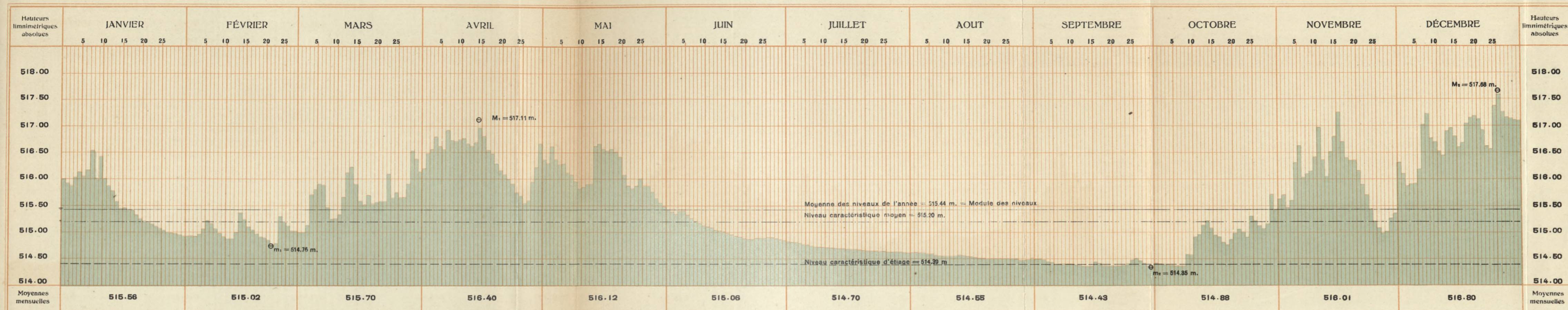
ÉCHELLES $\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ jour} = 1.5 \text{ m/m.} \\ 1 \text{ mètre} = 20 \text{ m/m.} \end{array} \right.$

DÉFINITIONS DES NIVEAUX. — Le module est égal à la moyenne des niveaux de l'année.
 Le niveau caractéristique moyen d'une année est celui en dessous duquel le cours d'eau n'est pas descendu plus de 180 jours au plus consécutifs ou non.
 Le niveau caractéristique d'une année est celui en dessous duquel le cours d'eau n'est pas descendu plus de 10 jours au plus consécutifs ou non.

GRAPHIQUE DES NIVEAUX JOURNALIERS MOYENS POUR L'ANNÉE 1911

Rivière : INKISI

Profil : 12 m. en aval du pont



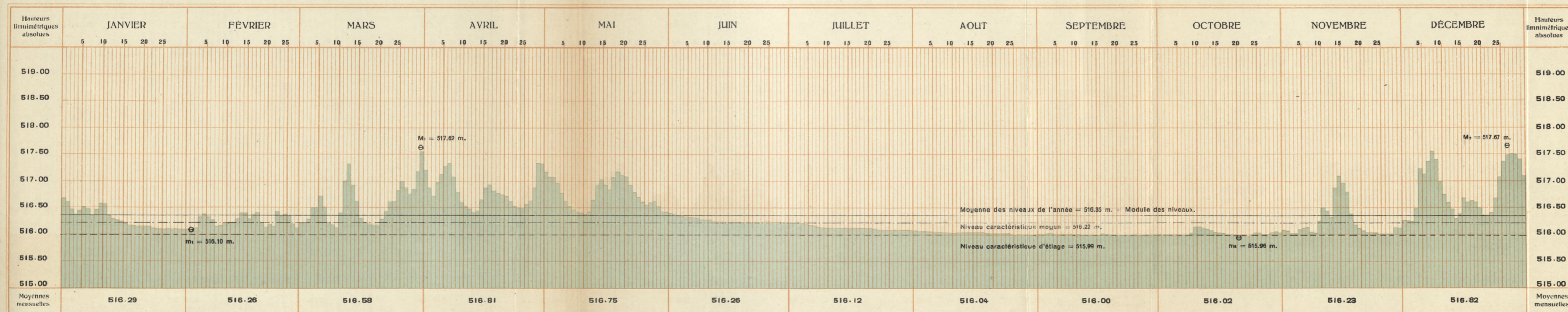
REMARQUES. — Niveaux maxima de l'année : $M_1 = 517.11$ m., le 15 avril 1911, et $M_2 = 517.68$ m., le 26 décembre 1911. maximum absolu.
 Niveaux minima de l'année : $m_1 = 514.76$ m., le 22 février 1911, et $m_2 = 514.35$ m., le 30 septembre 1911. minimum absolu.

ÉCHELLES } 1 jour = 1.5 m/m.
 } 1 mètre = 20 m/m.

Rivière : N'GUVU

GRAPHIQUE DES NIVEAUX JOURNALIERS MOYENS POUR L'ANNÉE 1911

Profil : 1 m. en amont du pont

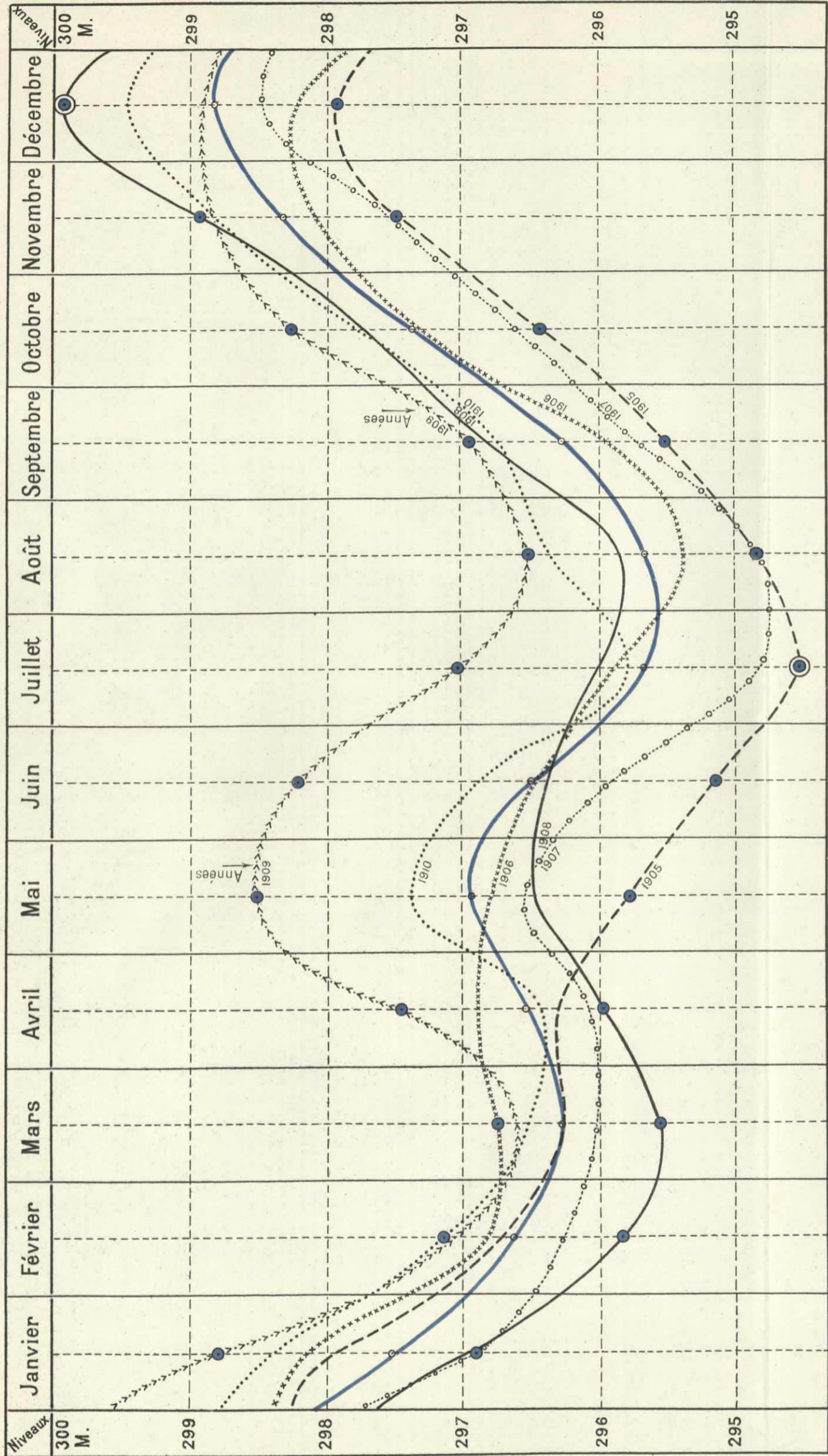


REMARQUES. — Niveaux maxima de l'année : $M_1 = 517.62$ m., le 31 mars 1911, et $M_2 = 517.62$ m., le 27 décembre 1911. maximum absolu.
 Niveaux minima de l'année : $m_1 = 516.10$ m., le 2 février 1911, et $m_2 = 515.96$ m., le 21 octobre 1911. minimum absolu.

ÉCHELLES } 1 jour = 1.5 m/m.
 } 1 mètre = 20 m/m.

DÉFINITIONS DES NIVEAUX. — Le module est égal à la moyenne des niveaux de l'année.
 Le niveau caractéristique moyen d'une année est celui en dessous duquel le cours d'eau n'est pas descendu plus de 180 jours au plus consécutifs ou non.
 Le niveau caractéristique d'étiage d'une année est celui en dessous duquel le cours d'eau n'est pas descendu plus de 10 jours au plus consécutifs ou non.

Graphique des niveaux mensuels moyens du fleuve Congo à Léopoldville pendant les 6 années de 1905 à 1910.

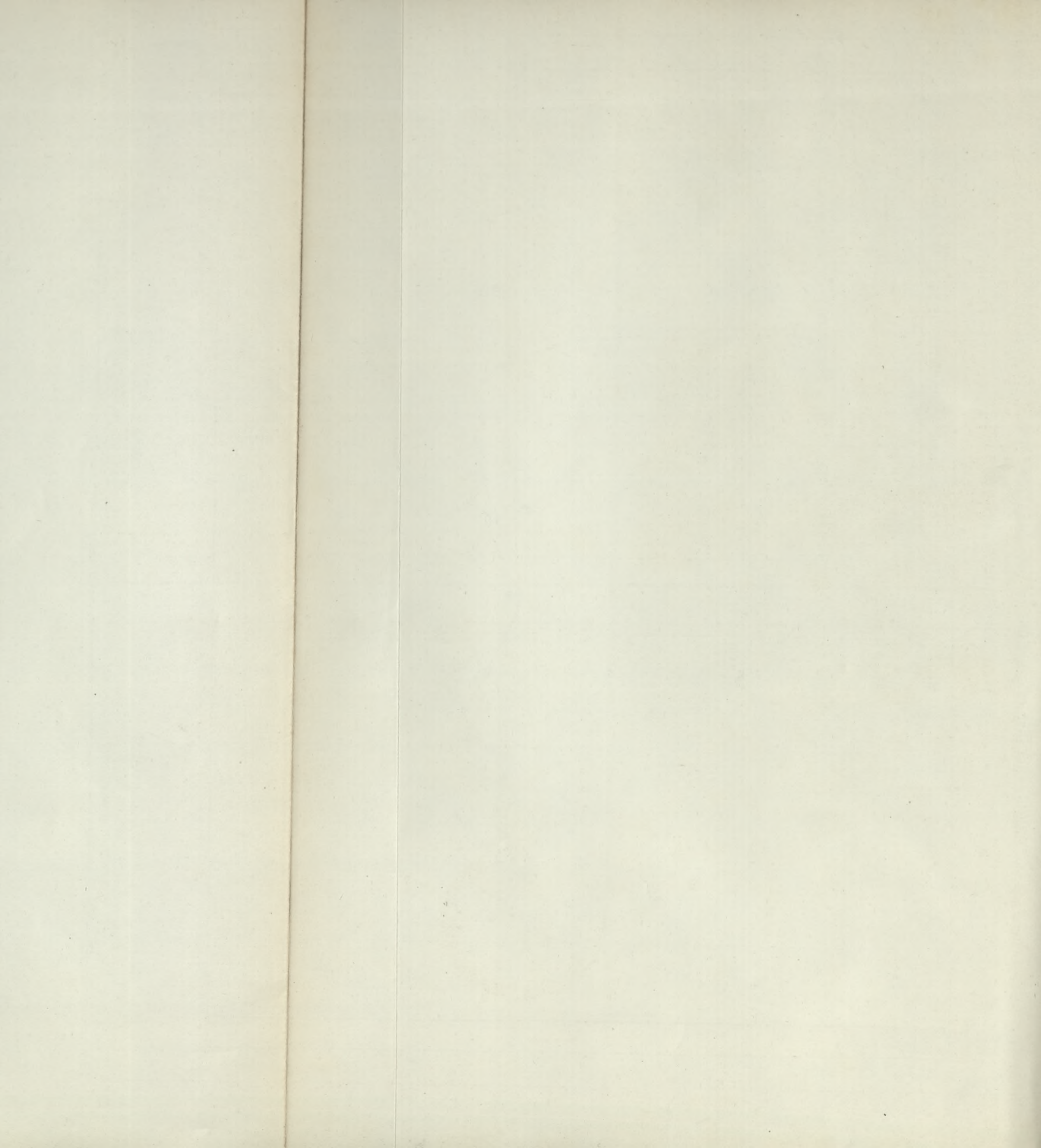


L. Menger, Dess.

LÉGENDE

- Moyenne des 6 années
- Année 1908
- Année 1909
- Année 1910
- Maximum et minimum de chaque mois.
- Année 1905
- " 1906
- " 1907

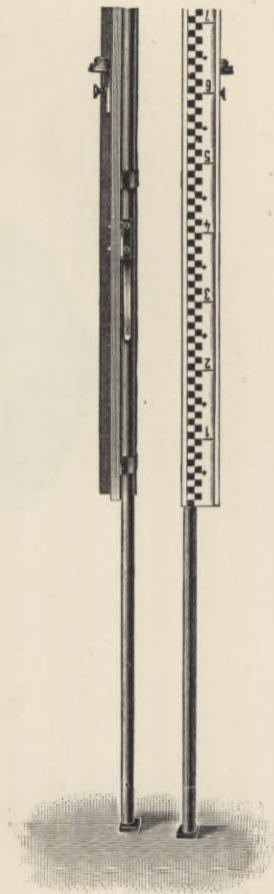
Remarques { Les observations ont été faites par le Gouvernement de la Colonie.
 Le plus grand maximum constaté (●) est de 299,91^m en décembre 1908.
 Le plus petit minimum constaté (●) est de 294,54^m en juillet 1905.
 La plus grande différence entre le maximum et le minimum est de 5,37^m



JAUGEAGES AU MOULINET ÉLECTRIQUE

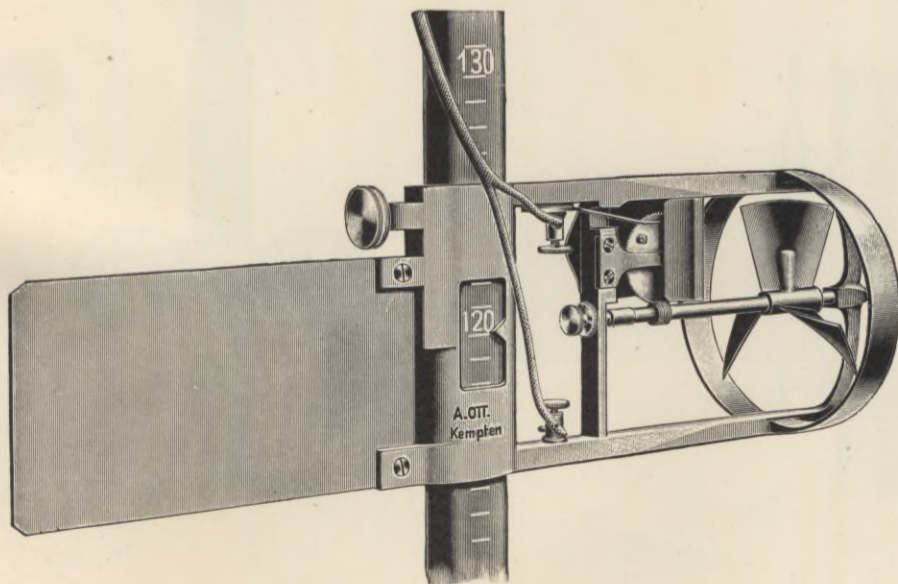
Types de moulinets à hélice protégée

Mire de 4 m.



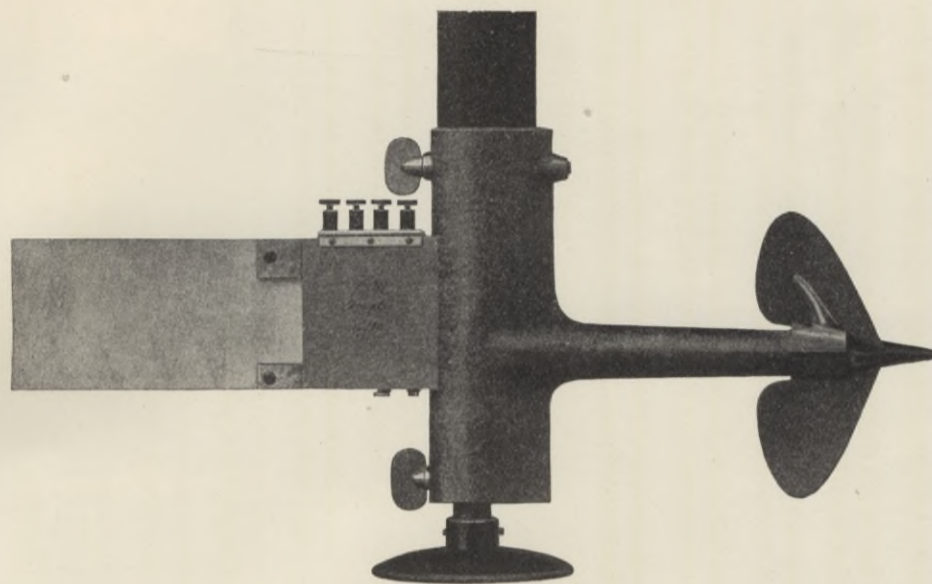
Les appareils
ont été fournis par
la maison A. Ott,
à Kempten,
Bavière

Chronomètre

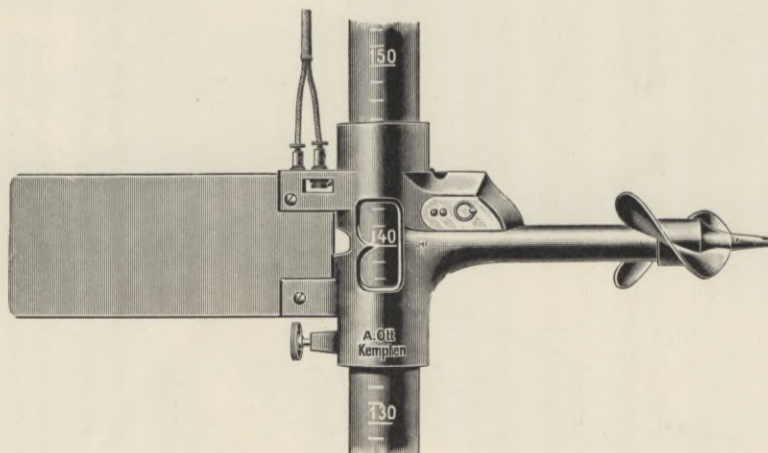
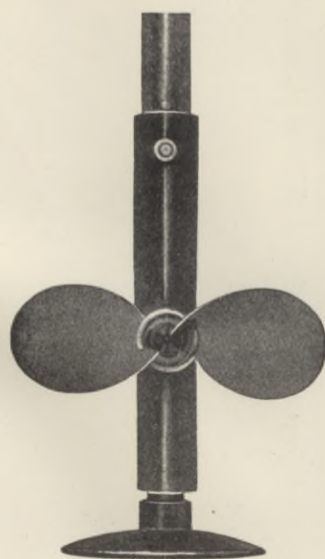
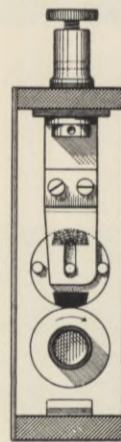
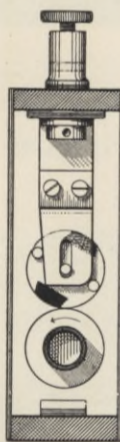
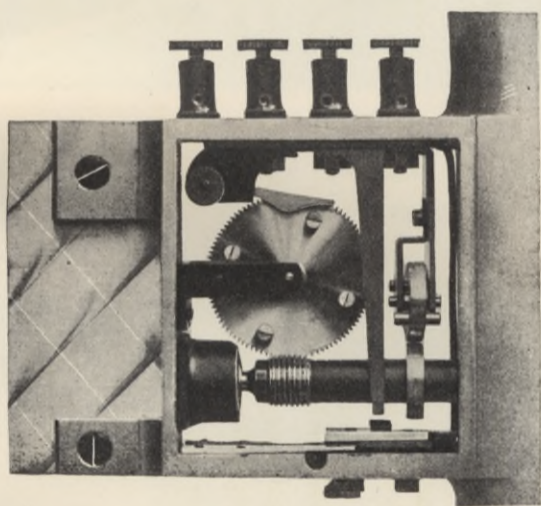


JAUGEAGES AU MOULINET ÉLECTRIQUE

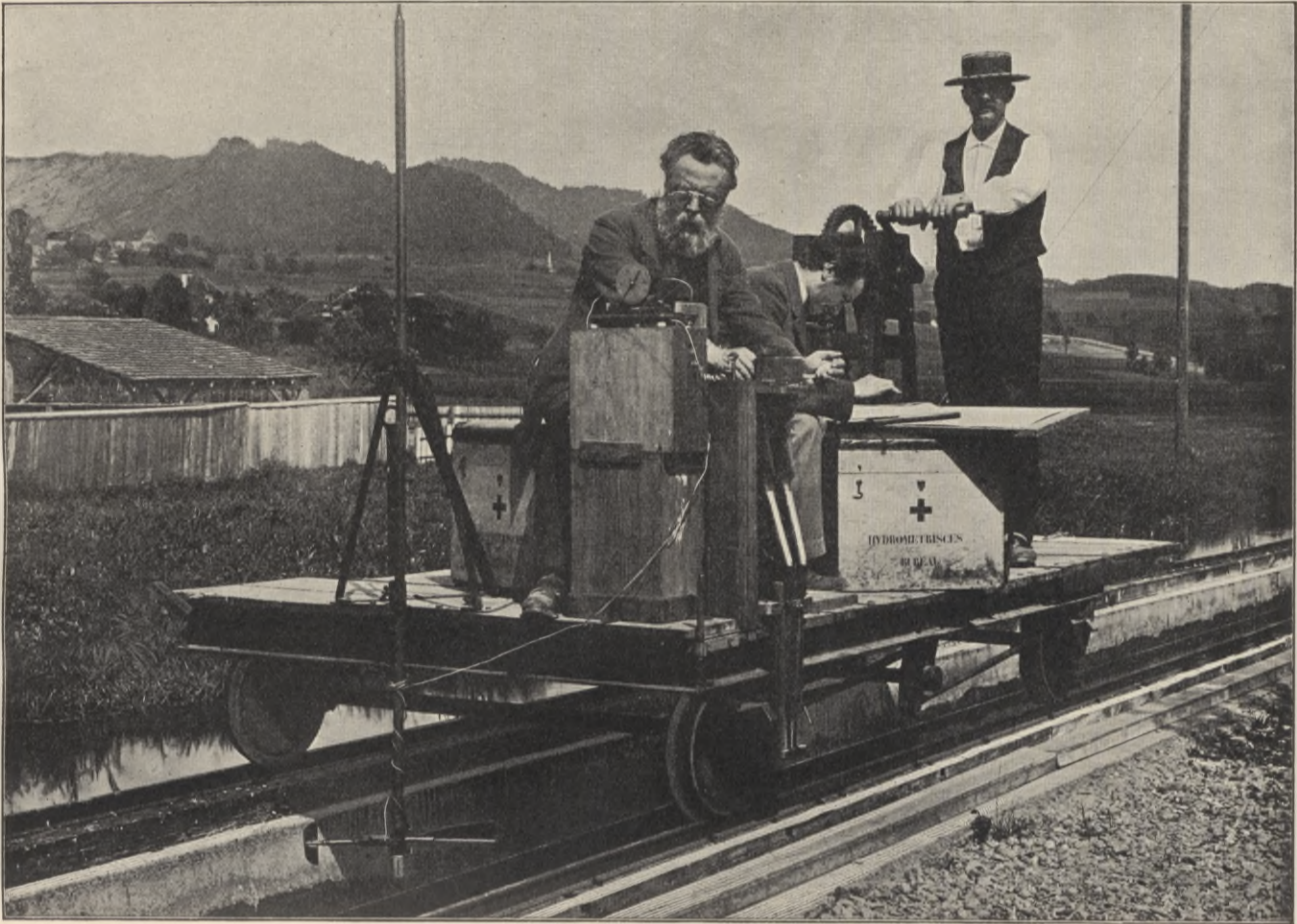
Types de moulinets à hélice non protégée



Détails



TARAGE DES MOULINETS



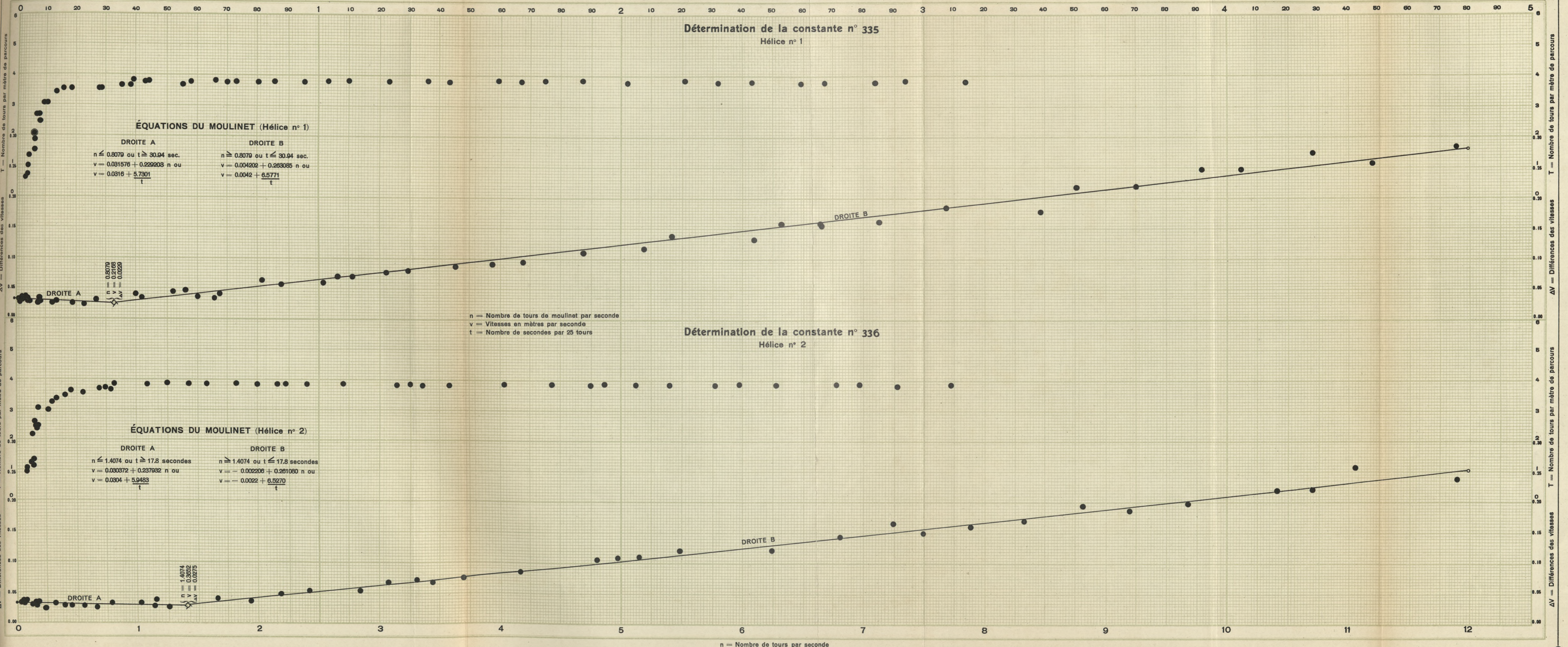
Tarage exécuté à Berne par le docteur Epper,
chef du service hydrométrique fédéral suisse



Tarage des moulinets
Moulinet n° 1517 - Hélice n° 1 et 2

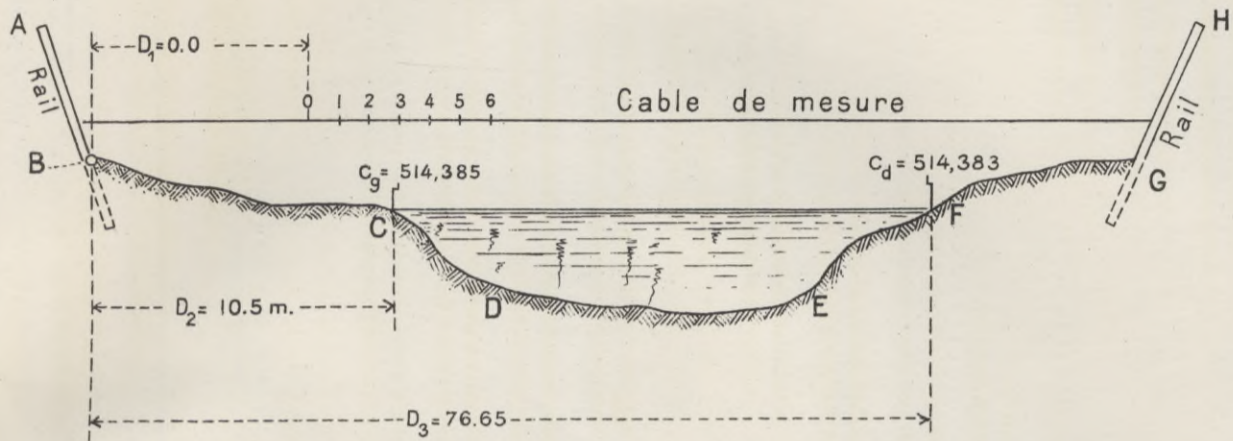
DÉTERMINATION DES CONSTANTES n° 335 } 336 exécutée le 12 décembre 1910

v = vitesses en mètres par seconde



Instructions relatives aux jaugeages par moulinets

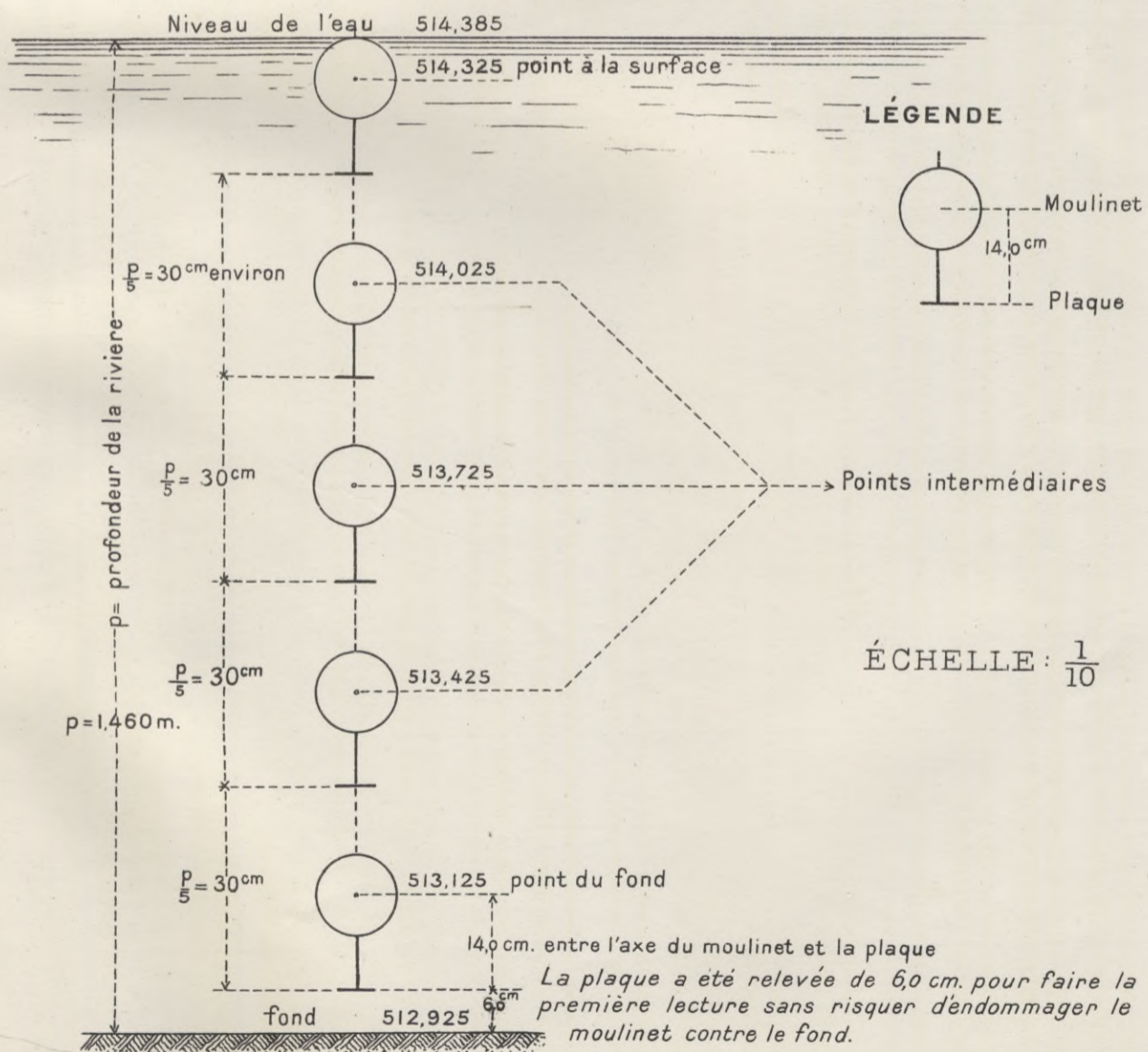
Croquis I



- Remarques
- B point fixe. prière de donner la cote absolue
 - D_1, D_2, D_3 : distances à fournir à chaque jaugeage
 - Fournir à chaque jaugeage la cote absolue de C_g, C_d et du 0

Croquis II

(voir verticale 18, Planche 41^{ter})



JAUGEAGES AU MOULINET ÉLECTRIQUE

Type de CARNET DE JAUGEAGE employé au service F. H. B. C.

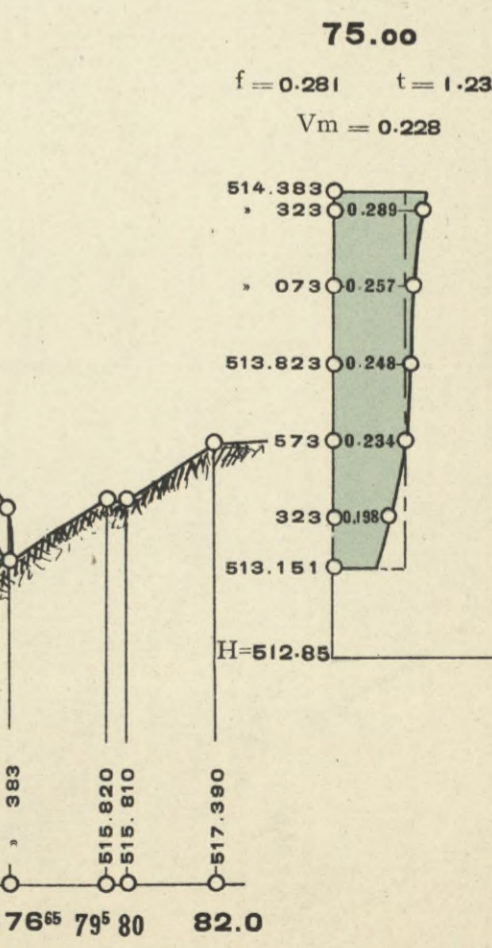
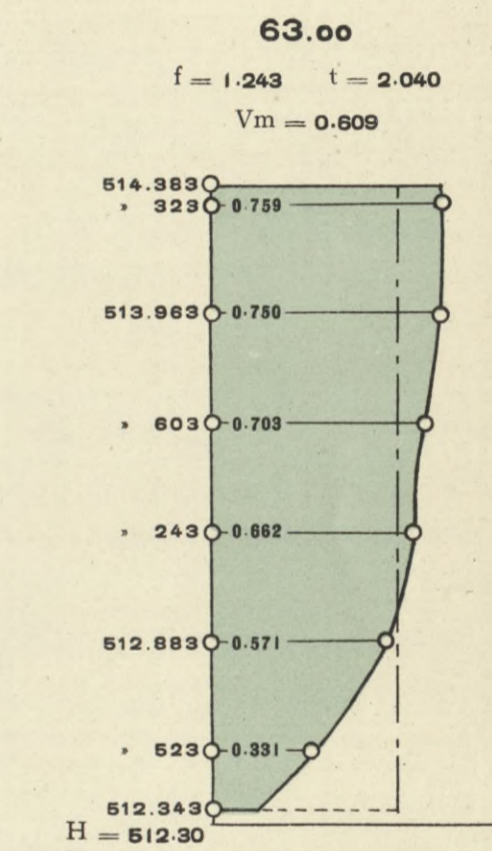
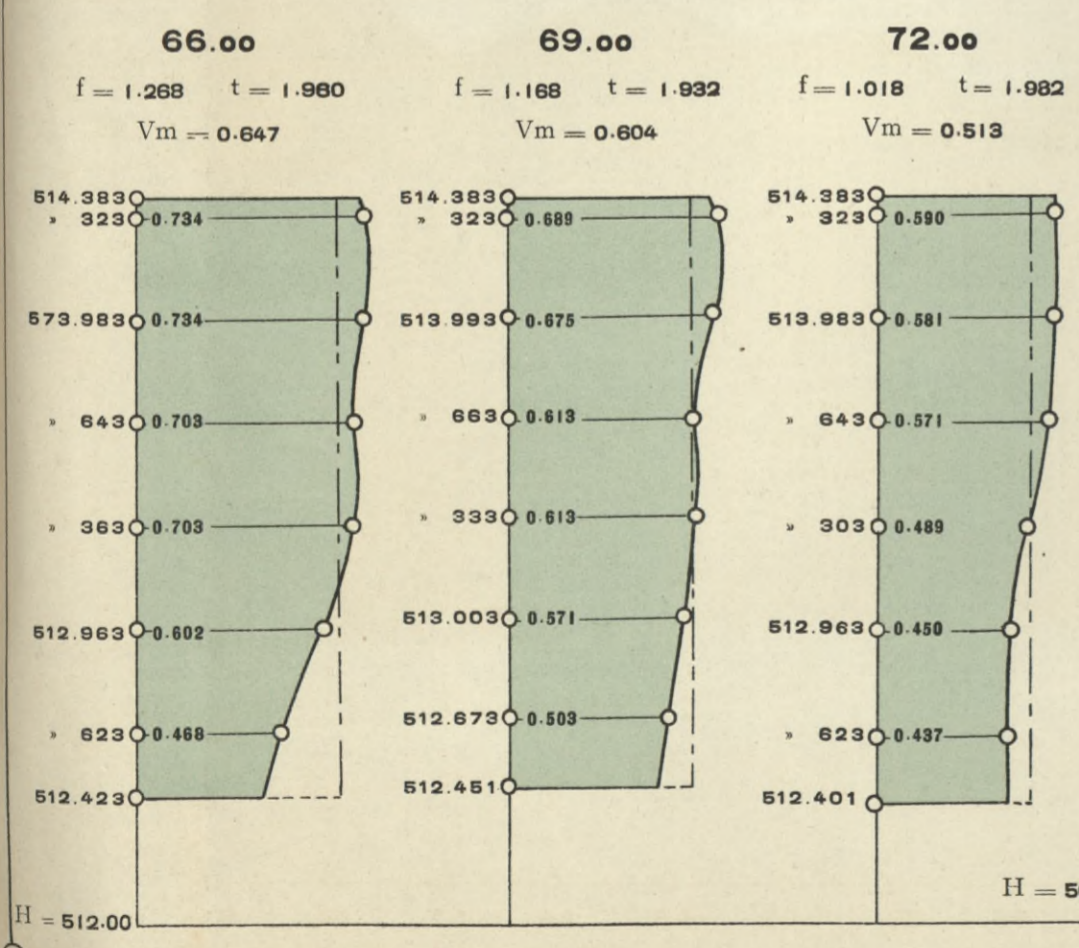
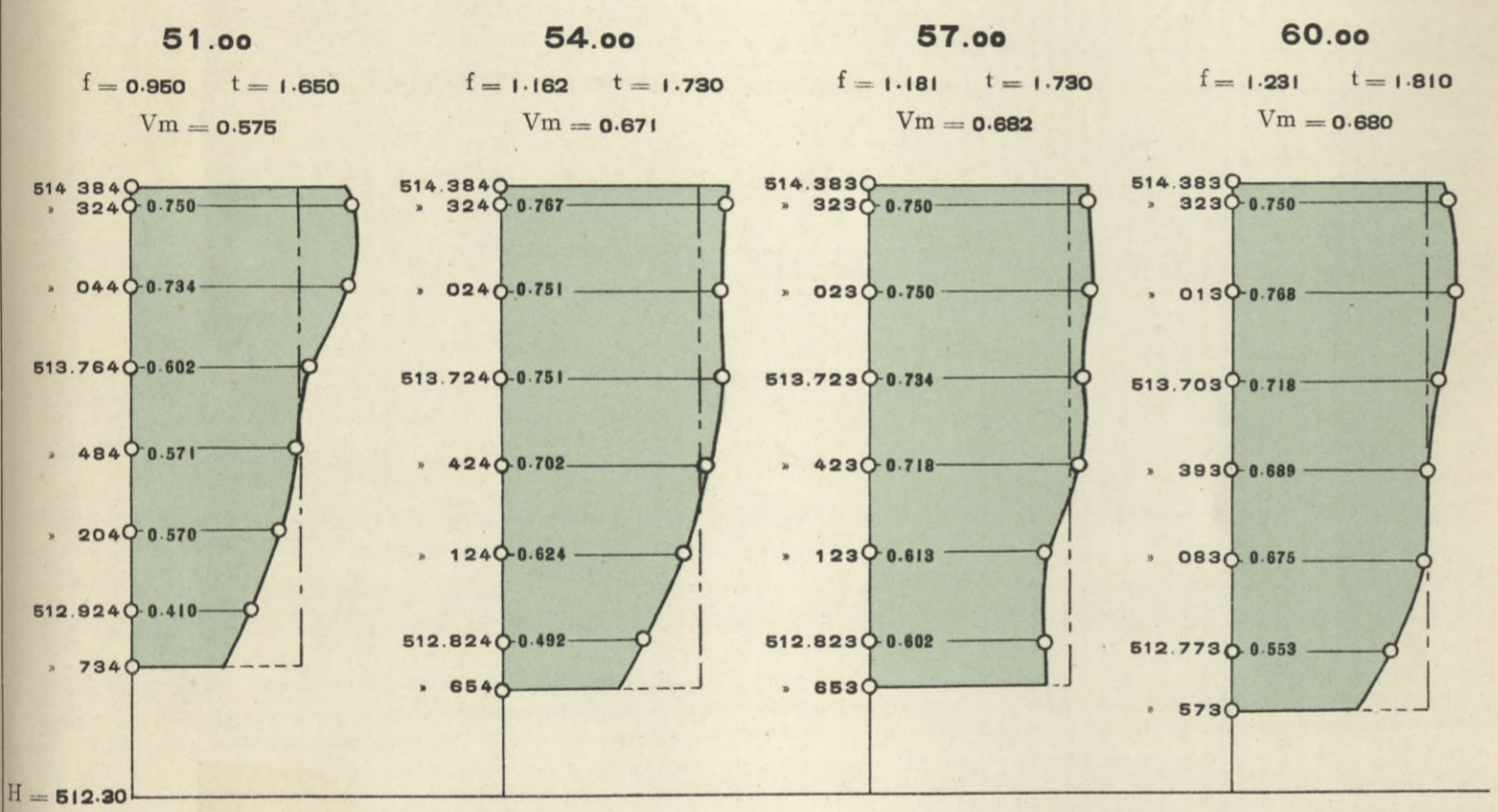
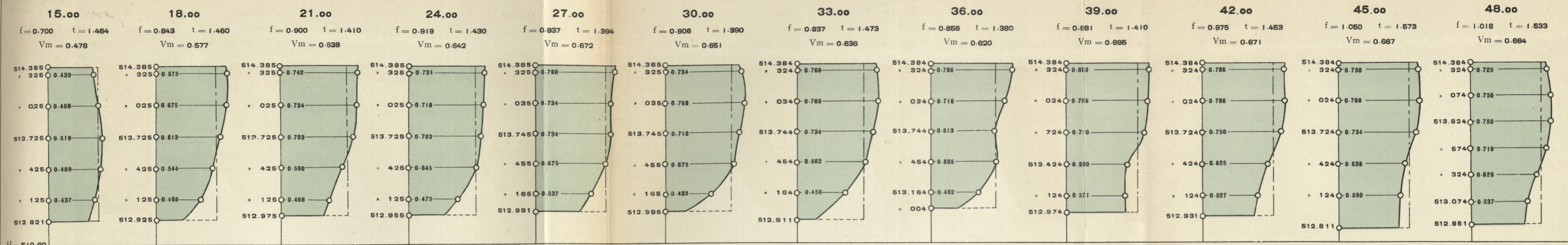
Rivière : *Inkisi* Moulinet n° 1409 (Hélice n° 1) Date : 14 septembre 1911

Profil du jaugeage : 48 mètres en amont du pont

HAUTEUR DE L'EAU Cg = 514.385 Cd = 514.383	Heure du commencement et de la fin de la mesure	VERTICALE	LECTURE A LA TIGE	SIGNAL ÉLECTRIQUE APRÈS CHAQUE 25 TOURS DE L'HÉLICE LECTURE AU CHRONOMÈTRE ET DIFFÉRENCE t ENTRE CES LECTURES	Σ [t]	Nombre de t	Moyenne des t	VITESSE v	HAUTEUR ABSOLUE DE L'AXE DU MOULINET	DISTANCE ENTRE L'AXE ET L'ARÊTE INFÉRIEURE DU MOULINET = 0.059 m.	REMARQUES ET CROQUIS
		18	473	Plaque à la surface.					592.925		L'axe du moulinet est fixé à 14 centimètres au-dessus de la plaque de fond.
	8 h. 14'		327	Plaque au fond. 10 — 25 — 38 — 52 — 07 — 21	71	5	14.2	0.468	513.125		
			333	15 13 14 15 14							à 8 heures { hauteur limnimétrique = 514.377 température de l'air = 20°0 C. température de l'eau = 23°0 C.
			363	34 — 45 — 58 — 09 — 22	61	5	12.2	0.544	513.425		
			393	34 — 44 — 55 — 06 — 16	54	5	10.8	0.613	513.725		p = profondeur = 1.460 mètre.
			423	26 — 36 — 45 — 54 — 05	49	5	9.8	0.675	514.025		Contrôle { 8 h. 18' 54" 8 h. 14' 10" 4' 44" = 284"
	8 h. 18'		453	14 — 24 — 34 — 44 — 54	49	5	9.8	0.675	514.325		Surface.
		21	473	Plaque à la surface.	284				514.385		à 11 heures { hauteur limnimétrique = 514.375 température de l'air = 20°0 C. température de l'eau = 23°25 C.
			332	Plaque au fond. 13 — 28 — 43 — 57 — 11 — 24					512.975		Fond.
	8 h. 20'		333	15 15 14 14 13	71	5	14.2	0.468	513.125		Hauteur limnimétrique moyenne = 514.376.
			363	36 — 47 — 58 — 09 — 20	56	5	11.2	0.590	513.425		
			393	12 11 11 11 11	47	5	9.4	0.703	513.725		p = 1.410 m.
			423	30 — 38 — 47 — 57 — 07	45	5	9.0	0.734	514.025		Contrôle { 8 h. 24' 36" 8 h. 20' 13" 4' 23"5 = 263"5
	8 h. 24'		453	16 — 25 — 34 — 43 — 52	44.5	5	8.9	0.742	514.325		Surface
			473	01 — 10 — 19 — 28 — 36.5	263.5				514.385		
			473	9 9 9 9 8.5							
				Plaque à la surface.							

Courbe B : $v = 0.0087 + \frac{0.529250}{t}$ pour $t < 43.18$ Sec

Courbe A : $v = 0.0254 + \frac{5.809500}{t}$ pour $t > 43.18$ Sec



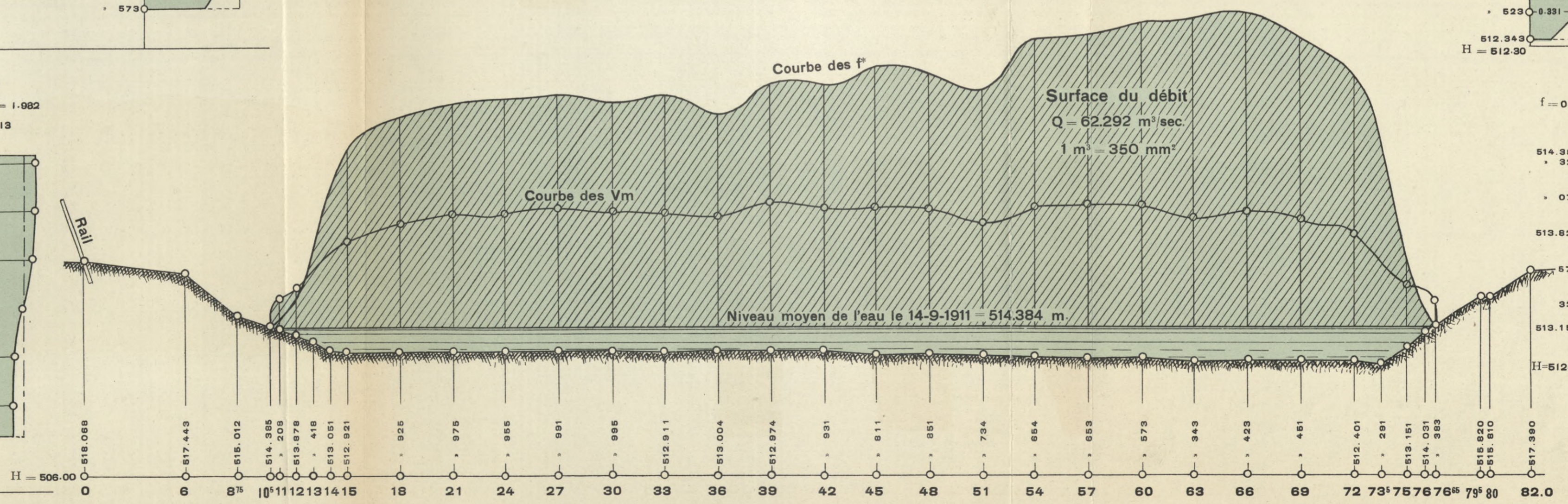
Polygones verticaux des vitesses
 Hauteurs : 1 m = 40 mm. Vitesses : 1 m = 40 mm.
JAUGEAGE XXV A L'INKISI
 Endroit : 48 m. en amont du pont. Date : 14 septembre 1911.

LÉGENDE :
 f = surfaces des polygones verticaux.
 t = profondeurs.
 V_m = vitesses moyennes.
 $f^* = V_m \times t^*$ surfaces réduites au niveau moyen de l'eau

NIVEAU MOYEN DE L'EAU :
 Rive gauche : 514.385 m. Rive droite : 514.383 m.

ÉCHELLES :
 Courbe des V_m : 1 m = 50 mm.
 Courbe des f^* : 1 m² = 70 mm.
 Section d'écoulement : } Hauteurs : 1 m = 5 mm.
 } Longueurs : 1 m = 5 mm.

POINT DE DÉPART DU NIVELLEMENT :
 Point de repère cote 520.50 m.
 Hauteur limnimétrique : 514.376 m.



Rivière : Inkisi

CALCUL AU PLANIMÈTRE

SURFACE A PLANI- MÉTRER	PLANIMÉTRAGE				SURFACE A PLANI- MÉTRER	PLANIMÉTRAGE			
	LECTURE	DIFFÉ- RENCE	RÉSULTATS	RÉSULTATS MOYENS		LECTURE	DIFFÉ- RENCE	RÉSULTATS	RÉSULTATS MOYENS
15.0	5646				30.0	7069			
	5684	38				7119	(50)		
	5720	(34)	11.2	0.700		7167	48	14.5	0.906
	5757	37				7215	48		
	5794	37				7264	49		
		112				145			
18.0	5853				33.0	7541			
	5898	45				7591	50		
	5941	(43)	13.5	0.843		7641	50	15.0	0.937
	5986	45				7691	50		
	6031	45							
		135				150			
21.0	6345				36.0	7844			
	6393	48				7890	46		
	6441	48	14.4	0.900		7936	46	13.7	0.856
	6489	48				7981	45		
			144					137	
24.0	6418				39.0	7839			
	6467	49				7892	53		
	6516	49	14.7	0.919		7944	52	15.7	0.981
	6565	49				7996	52		
			147					157	
27.0	6848				42.0	6313			
	6898	50				6465	52		
	6948	50	15.0	0.937		6417	52	15.6	0.975
	6998	50				6469	52		
			150					156	

Echelle des polygones verticaux $1 \text{ m}^2 = 16 \text{ cm}^2$.— au planimètre $0 \text{ cm}^2 \text{ } 3$.

() Lectures non valables.

14 Septembre 1911.

CALCUL DES COEFFICIENTS e, n et c

Rivière : Inkisi

Date : 14/IX/1911

Profil du jaugeage : 48 m. en amont du Pont

VERTICALE	HAUTEUR DE L'EAU		HAUTEUR DU FOND		f	t	Vm	Vo	Vm/Vo	f Vm/Vo
15.0	514	385	512	921	0,700	1,464	0,478	0,433	1,104	0,7728
18.0	»	»	»	925	0,843	1,460	0,577	0,675	0,854	0,7199
21.0	»	»	»	975	0,900	1,410	0,638	0,742	0,859	0,7731
24.0	»	»	»	955	0,919	1,430	0,642	0,734	0,874	0,8032
27.0	»	»	»	991	0,937	1,394	0,672	0,768	0,875	0,8198
30.0	»	»	»	995	0,906	1,390	0,651	0,700	0,930	0,8426
33.0	514	384	512	911	0,937	1,473	0,636	0,768	0,828	0,7758
36.0	»	»	513	004	0,856	1,380	0,620	0,786	0,788	0,6745
39.0	»	»	512	974	0,981	1,410	0,695	0,805	0,863	0,8466
42.0	»	»	»	931	0,975	1,453	0,671	0,786	0,853	0,8317
45.0	»	»	»	811	1,050	1,573	0,667	0,750	0,889	0,9334
48.0	»	»	»	851	1,018	1,533	0,664	0,725	0,915	0,9314
51.0	»	»	»	734	0,950	1,650	0,575	0,725	0,793	0,7533
54.0	»	»	»	654	1,162	1,730	0,671	0,767	0,874	1,0155
57.0	514	383	»	653	1,181	1,730	0,682	0,750	0,909	1,0735
60.0	»	»	»	573	1,231	1,810	0,680	0,740	0,918	1,1300
63.0	»	»	»	343	1,243	2,040	0,609	0,759	0,802	0,9969
66.0	»	»	»	423	1,268	1,960	0,647	0,730	0,886	1,1234
69.0	»	»	»	451	1,168	1,932	0,604	0,665	0,908	1,0605
72.0	»	»	512	401	1,018	1,982	0,513	0,590	0,869	0,8846
75.0	514	383	513	151	0,281	1,232	0,228	0,290	0,886	0,2489
					20,524					18,0114

CALCUL DE C ET N	VÉRIFICATION	OBSERVATIONS
Vm	0,613	$23 + \frac{0,00155}{J}$ = 31,072917
R	1,514	$\frac{1}{n}$ = 32,411443
J	0,000195	$23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{J}$ = 63,484360
RJ	0,000295230	$\frac{n}{VR}$ = 0,025075
\overline{VRJ}	0,017180	$(23 + \frac{0,00155}{J}) \frac{n}{VR}$ = 0,779153
23	23,0	c = 35,68235
$\frac{0,00155}{J}$	8,072917	
$a = 23 + \frac{0,00155}{J}$	31,072917	RÉSULTATS
$c = \frac{Vm}{\overline{VRJ}}$	35,681024	$e = \frac{\sum (f \frac{Vm}{Vo})}{\sum (f)} = 0,877$
c - a	4,608107	
$\frac{c-a}{2}$	2,304054	
a c	1108,713497	
$b = \overline{VR}$	1,230446	$n = -\frac{b}{ca} \frac{c-a}{2} + \sqrt{\left(\frac{b}{ac} \frac{c-a}{2}\right)^2 + \frac{b}{ac}} = 0,0308533$
$\frac{b}{ac}$	0,0011097	
$\left(\frac{b}{ac} \times \frac{c-a}{2}\right)^2$	0,00000653728	
$\left(\frac{b}{ac} \times \frac{c-a}{2}\right)^2 + \frac{b}{ac}$	0,00111623728	
$\sqrt{\left(\frac{b}{ac} \times \frac{c-a}{2}\right)^2 + \frac{b}{ac}}$	0,0334101	$c = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{J}\right) \frac{n}{VR}} = 35,68235$
$-\frac{b}{ac} \frac{c-a}{2}$	0,0025568	
n	0,0308533	

Jaugeage 25

Calcul

de la section F^* du débit Q et du périmètre mouillé p

Rivière : INKISI

Date : 14/9/11

Profil du jaugeage : 48 m. en amont du Pont

Point	d distance	Hauteur de l'eau		Hauteur du fond		t^*	l	$F^* =$ $\Sigma [t^* \times l]$	t_1	$F_1 =$ $\Sigma [t_1 \times l]$	V_0	V_m	$f^* =$ $V_m \times t^*$	$Q =$ $\Sigma [f^* \times l]$	Δt^*	Δp
10.5	0.5	514	385	514	385	0,000	0.25	0,000	2,385	0,596		0,000	0,000	0,000	0,177	0,030
11.0	1.0	»	»	»	208	0,177	0.75	0,133	2,208	1,656	0,178	0,156	0,027	0,020	0,330	0,048
12.0	1.0	»	»	513	878	0,507	1.0	0,507	1,878	1,878	0,250	0,219	0,111	0,111	0,460	0,103
13.0	1.0	»	»	»	418	0,967	1.0	0,967	1,418	1,418		0,320	0,309	0,309	0,367	0,065
14.0	1.0	»	»	»	051	1,334	1.0	1,334	1,051	1,051		0,420	0,560	0,560	0,130	0,008
15.0	3.0	»	»	512	921	1,464	2.0	2,928	0,921	1,842		0,478	0,700	1,400	0,004	0,000
18.0	3.0	»	»	»	925	1,460	3.0	4,380	0,925	2,775		0,577	0,842	2,526	0,050	0,000
21.0	3.0	»	»	»	975	1,410	3.0	4,230	0,975	2,925		0,638	0,899	2,697	0,020	0,000
24.0	3.0	»	»	»	955	1,430	3.0	4,290	0,955	2,865		0,642	0,918	2,754	0,036	0,000
27.0	3.0	»	»	»	991	1,394	3.0	4,182	0,991	2,973		0,672	0,937	2,811	0,004	0,000
30.0	3.0	»	»	»	995	1,390	3.0	4,170	0,995	2,985		0,651	0,905	2,715	0,083	0,001
33.0	3.0	514	384	512	911	1,473	3.0	4,419	0,911	2,733		0,636	0,937	2,811	0,093	0,001
36.0	3.0	»	»	513	004	1,380	3.0	4,140	1,004	3,012		0,620	0,855	2,565	0,030	0,000
39.0	3.0	»	»	512	974	1,410	3.0	4,230	0,974	2,922		0,695	0,980	2,940	0,043	0,000
42.0	3.0	»	»	»	931	1,453	3.0	4,359	0,931	2,793		0,671	0,975	2,925	0,120	0,002
45.0	3.0	»	»	»	811	1,573	3.0	4,719	0,811	2,433		0,667	1,049	3,147	0,040	0,000
48.0	3.0	»	»	»	851	1,533	3.0	4,599	0,851	2,553		0,664	1,018	3,054	0,117	0,002
51.0	3.0	»	»	»	734	1,650	3.0	4,950	0,734	2,202		0,575	0,949	2,847	0,080	0,001
54.0	3.0	»	»	»	654	1,730	3.0	5,190	0,654	1,962		0,671	1,160	3,480	0,000	0,000
57.0	3.0	514	383	»	653	1,730	3.0	5,190	0,653	1,959		0,682	1,180	3,540	0,080	0,001
60.0	3.0	»	»	»	573	1,810	3.0	5,430	0,573	1,719		0,680	1,230	3,690	0,230	0,008
63.0	3.0	»	»	»	343	2,040	3.0	6,120	0,343	1,029		0,609	1,243	3,729	0,080	0,001
66.0	3.0	»	»	»	423	1,960	3.0	5,880	0,423	1,269		0,647	1,268	3,804	0,028	0,000
69.0	3.0	»	»	»	451	1,932	3.0	5,796	0,451	1,353		0,604	1,167	3,501	0,050	0,000
72.0	1.5	»	»	512	401	1,982	2.25	4,459	0,401	0,902		0,513	1,017	2,288	0,110	0,004
73.5	1.5	»	»	»	291	2,092	1.50	3,138	0,291	0,436		0,370	0,774	1,161	0,860	0,229
75.0	1.0	»	»	513	151	1,232	1.25	1,540	1,151	1,439		0,228	0,280	0,850	0,880	0,332
76.0	0.65	»	»	514	031	0,352	0.82 ⁵	0,290	2,031	1,675		0,200	0,070	0,057	0,352	0,089
76.65		514	383	514	383	0,000	0.32 ⁵	0,000	2,383	0,774		0,000	0,000	0,000		
66.15	66.15						66.15	101,570		56,129				62,292		0,925

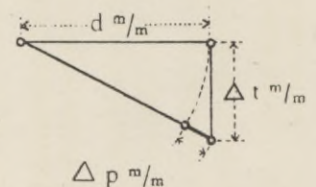


Horizon = 512.00

$$F^* + F_1 = 157.699 \text{ m}^2$$

$$L (t^* + t_1) = 66.15 \times 2.384 = 157.701$$

$$p = \Sigma (d) + \Sigma (\Delta p) = 66.15 + 0.925 = 67.075 \text{ m.}$$



Calcul des pentes

1911

Cours d'eau : INKISI

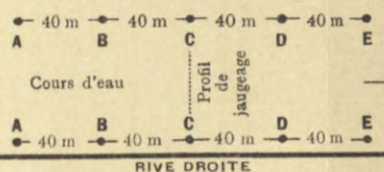
Mesure des pentes relatives superficielles de l'eau

Profil de jaugeage : 48 m. en amont du pont.

DATES		Avant-midi ou Après-midi	Rive gauche ou droite	HEURE	MINUTE	Ordonnées aux piquets						Hauteur limnimétrique			
Mois	Jour					Amont	A	B	C	D	E	Avant	Observation	Heure	Minute
SEPTEMBRE	Jeudi 14	Avant-midi	Rive droite	7 h.	10'	→	0,450	0,658	0,375	0,505	1,316	→		7 h.	19'
						←	0,450	0,659	0,375	0,503	1,316	←			
SEPTEMBRE	Jeudi 14	Avant-midi	Rive gauche	7 h.	30'	→	0,235	0,665	0,445	0,718	0,415	→	514.377 ⁵	7 h.	37'
						←	0,237	0,665	0,447	0,718	0,415	←			
SEPTEMBRE	Jeudi 14	Avant-midi	Rive droite	11 h.	05'	→	0,451	0,659	0,376	0,506	1,317	→		11 h.	12'
						←	0,451	0,659	0,376	0,506	1,317	←			
SEPTEMBRE	Jeudi 14	Avant-midi	Rive gauche	11 h.	24'	→	0,238	0,667	0,448	0,720	0,417	→	514.375	11 h.	30'
						←	0,238	0,667	0,448	0,720	0,417	←	514.375		

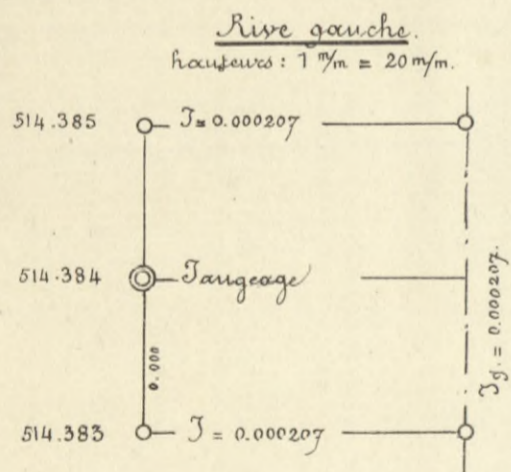
Observations.....

RIVE GAUCHE

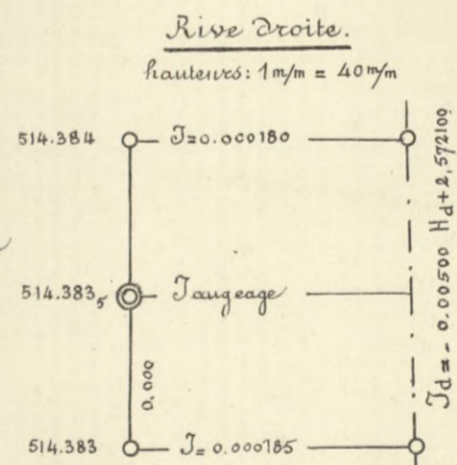


Observateur : M. J. VAN LANCKER

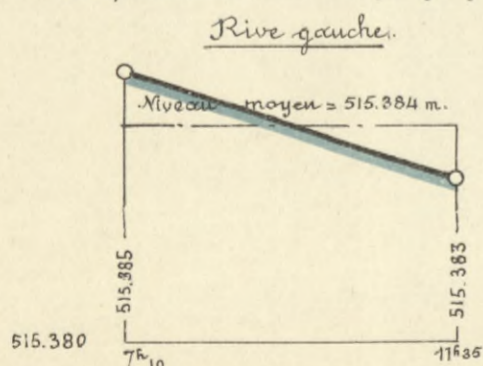
Relation entre le niveau de l'eau et la pente.



Rive gauche } pentes 1 m/m = 200 m/m
Rive droite }

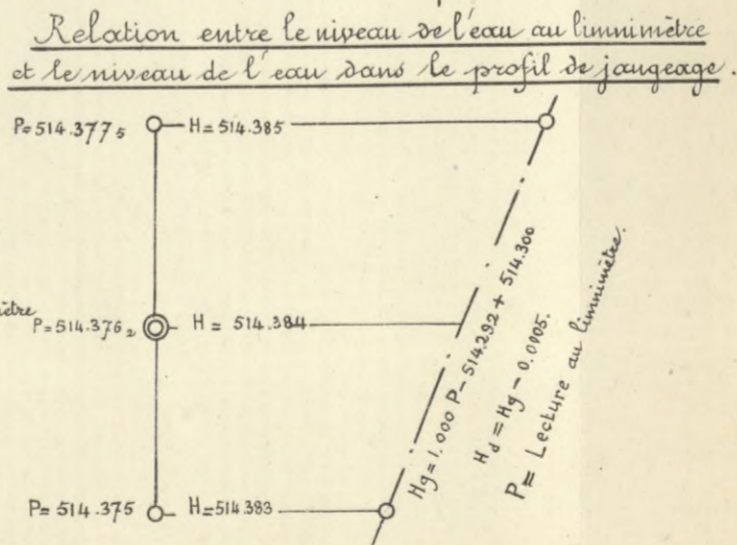


Variation du niveau de l'eau au profil pendant le jaugeage.



Echelles

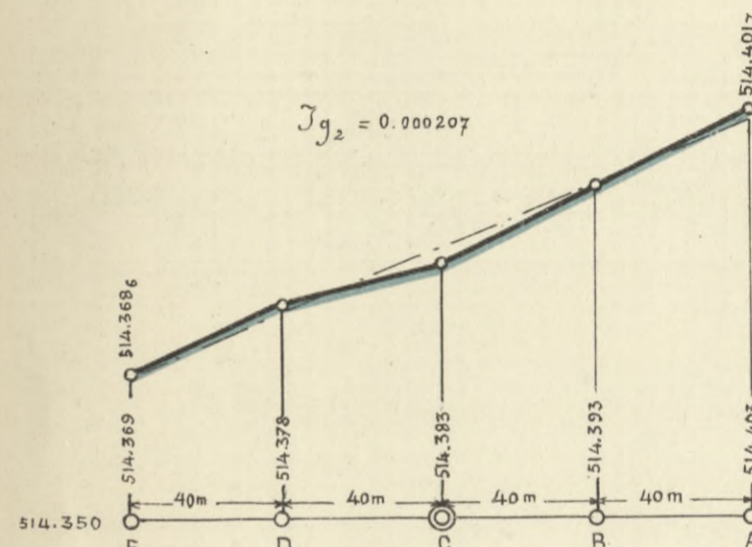
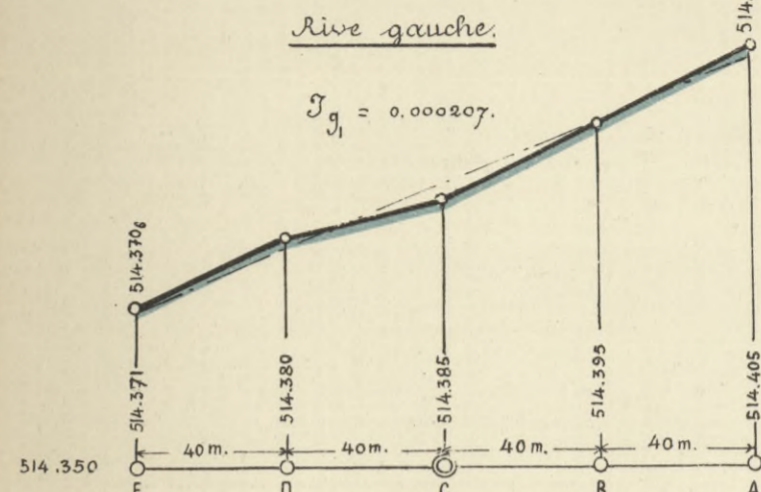
H = niveau de l'eau
1 m/m = 10 m/m.
P = hauteur au limnimètre
1 m/m = 20 m/m.



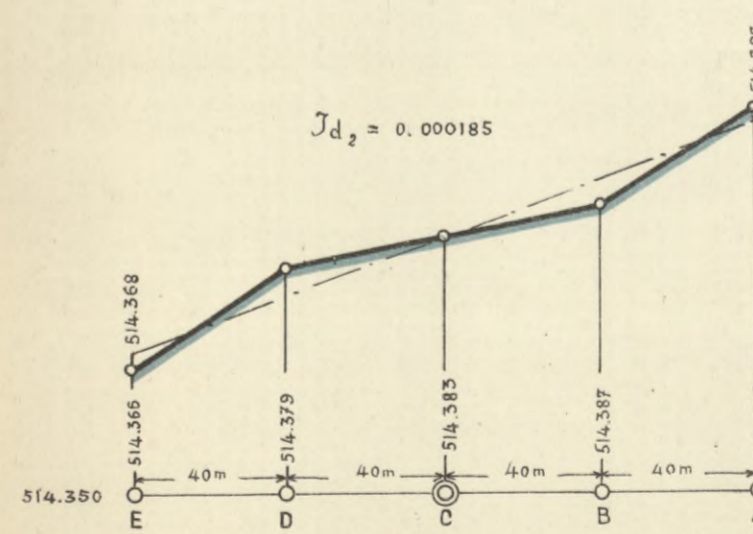
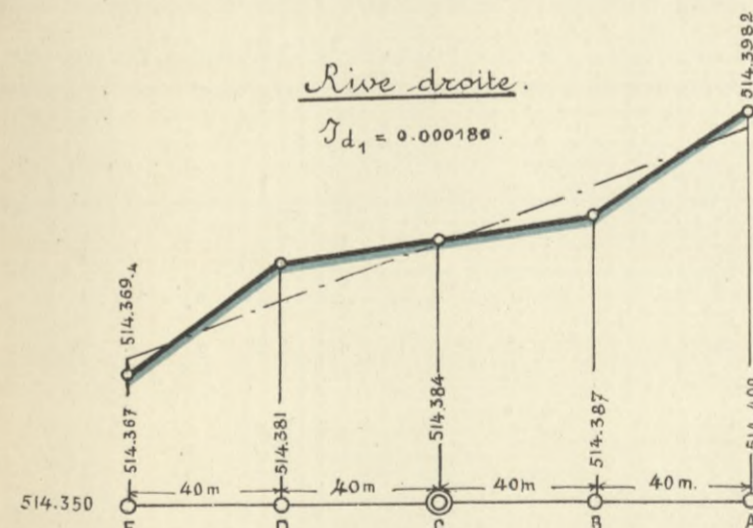
Calculé par R. Leuzinger ing.

Pente superficielle.

hauteurs 1 cm. = 10 mm.
longueurs 1 m. = 0,5 mm.



Rive droite.



R. Ohys & R. Leuzinger.

Jaugeage 25

Calcul des cotes absolues de l'eau aux points A, B, C, D, E sur les rives gauche et droite

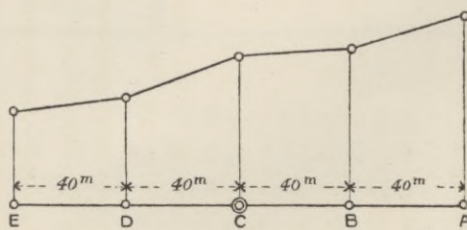
Rivière : *Inkisi*

Profil de jaugeage : 48 m. en amont du pont

Date : 14 Septembre 1911

N° DE LA PENTE	Date				Niveaux des Clous et ordonnées aux Piquets					Hauteur limnimétrique				Observateur
	Mois	Jours	Heures	Minutes	E _d	D _d	C _d	B _d	A _d	Observations		Heures	Minutes	
					515.683	514.885	514.759	515.046	514.850	m	cm			
1	IX	14	7	19	1.316	0.504	0.375	0.658 ⁵	0.450	—	—	7	10	J. Van Lancker. Rive droite.
			7	19	514.367	514.381	514.384	514.387 ⁵	514.400	—	—	7	25	
2	IX	14	11	12	1.317	0.506	0.376	0.659	0.451	—	—	11	05	Rive droite.
			11	12	514.366	514.379	514.383	514.387	514.399	—	—	11	18	

N° DE LA PENTE	Date				Niveaux des Clous et ordonnées aux Piquets					Hauteur limnimétrique				Observateur
	Mois	Jours	Heures	Minutes	E _g	D _g	C _g	B _g	A _g	Observations		Heures	Minutes	
					514.786	515.098	514.831	515.060	514.641	m	cm			
1	IX	14	7	37	0.415	0.718	0.446	0.665	0.236	—	—	7	30	J. Van Lancker. Rive gauche.
			7	37	514.371	514.380	514.385	514.395	514.405	514	37 ⁵	7	44	
2	IX	14	11	30	0.417	0.720	0.448	0.667	0.238	—	—	11	24	Rive gauche.
			11	30	514,369	514,378	514,383	514,393	514,403	514	37 ⁵	11	35	



Jaugeage 25

CALCUL DES PENTES

Rivière : INKISI

Date : 14 Sept. 1911

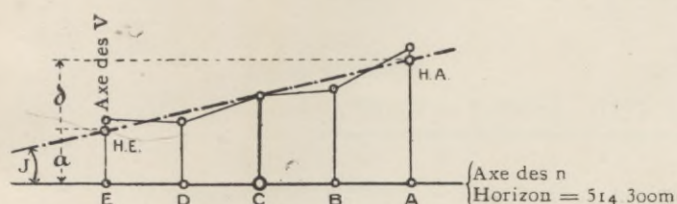
Profil du jaugeage : 48 m. en amont du pont

AU COMMENCEMENT DU JAUGEAGE :

RIVE GAUCHE							RIVE DROITE						
Piquets	Dis-tance	HAUTEUR DE L'EAU	n	v	nv	n ²	Piquets	Dis-tance	HAUTEUR DE L'EAU	n	v	nv	n ²
E		514.371	0	0,071	0,000	0	E		514.367	0	0,067	0,000	0
D	40	514.380	1	0,080	0,080	1	D	40	514.381	1	0,081	0,081	1
C	40	514.385	2	0,085	0,170	4	C	40	514.384	2	0,084	0,168	4
B	40	514.395	3	0,095	0,285	9	B	40	514.387	3	0,087	0,261	9
A	40	514.405	4	0,105	0,420	16	A	40	514.400	4	0,100	0,400	16
Σ	160		10	0,436	0,955	30	Σ	160		10	0,419	0,910	30
$\Sigma (v) \Sigma (n^2) = 13.08$ $\Sigma (n) \Sigma (nv) = 9.55$ $J_1 = 0.000207$ $= 3.53$							$\Sigma (v) \Sigma (n^2) = 12.57$ $\Sigma (n) \Sigma (nv) = 9.10$ $J_1 = 0.000180$ $= 3.47$						
$m \Sigma (nv) = 4.775$ $HE = 514.370_6$ $\Sigma (n) \Sigma (v) = 4.360$ $= 0.415 : (50 \times 40)$ $\delta = 0.033_1$							$m \Sigma (nv) = 4.550$ $HE = 514.369_4$ $\Sigma (n) \Sigma (v) = 4.190$ $= 0.360 : (50 \times 40)$ $\delta = 0.028_8$						
$m \Sigma (n^2) = 150$ $[\Sigma (n)]^2 = 100$ $HA = 514.403_7$ $= 50$ $\alpha = 0.070_6$							$m \Sigma (n^2) = 150$ $[\Sigma (n)]^2 = 100$ $HA = 514.398_2$ $= 50$ $\alpha = 0.069_4$						

A LA FIN DU JAUGEAGE

RIVE GAUCHE							RIVE DROITE						
Piquets	Dis-tance	HAUTEUR DE L'EAU	n	v	nv	n ²	Piquets	Dis-tance	HAUTEUR DE L'EAU	n	v	nv	n ²
E		514.369	0	0,069	0,000	0	E		514.366	0	0,066	0,000	0
D	40	514.378	1	0,078	0,078	1	D	40	514.379	1	0,079	0,079	1
C	40	514.383	2	0,083	0,166	4	C	40	514.383	2	0,083	0,166	4
B	40	514.393	3	0,093	0,279	9	B	40	514.387	3	0,087	0,261	9
A	40	514.403	4	0,103	0,412	16	A	40	514.399	4	0,099	0,396	16
Σ	160		10	0,426	0,935	30	Σ	160		10	0,414	0,902	30
$\Sigma (v) \Sigma (n^2) = 12.78$ $\Sigma (n) \Sigma (nv) = 9.35$ $J_2 = 0.000207$ $= 3.43$							$\Sigma (v) \Sigma (n^2) = 12.42$ $\Sigma (n) \Sigma (nv) = 9.02$ $J_2 = 0.000185$ $= 3.40$						
$m \Sigma (nv) = 4.675$ $HE = 514.368_6$ $\Sigma (n) \Sigma (v) = 4.260$ $= 0.415 : (50 \times 40)$ $\delta = 0.033_1$							$m \Sigma (nv) = 4.510$ $HE = 514.368_0$ $\Sigma (n) \Sigma (v) = 4.140$ $= 0.370 : (50 \times 40)$ $\delta = 0.029_6$						
$m \Sigma (n^2) = 150$ $[\Sigma (n)]^2 = 100$ $HA = 514.401_7$ $= 50$ $\alpha = 0.068_6$							$m \Sigma (n^2) = 150$ $[\Sigma (n)]^2 = 100$ $HA = 514.397_6$ $= 50$ $\alpha = 0.068_0$						



HE = Horizon + α

δ = J Σ (n)

HA = HE + J Σ (n)

m = 5

$$J = \frac{m \Sigma (nv) - \Sigma (n) \Sigma (v)}{m \Sigma (n^2) - [\Sigma (n)]^2}$$

$$\alpha = \frac{\Sigma (v) \Sigma (n^2) - \Sigma (n) \Sigma (nv)}{m \Sigma (n^2) - [\Sigma (n)]^2}$$

Calcul de la pente moyenne de l'eau J

(en utilisant la relation entre le niveau de l'eau dans la section de jaugeage et la pente) } 1

Relation entre la hauteur de l'eau H dans le profil de jaugeage et la hauteur au limnimètre P } 2

Rivière : INKISI Date 14/9/1911 Profil de jaugeage 48 m. en amont du pont

HAUTEUR AU LIMNIMÈTRE P	NIVEAU DE L'EAU H	PENTE J	n	v	nv	n ²
Rive gauche	514 383	0,000207	0,083	0,000207	0,000017181	0,006889
	514 385	0,000207	0,085	0,000207	0,000017595	0,007225
	Σ		0,168	0,000414	0,000034776	0,014114
Rive droite	514 383	0,000185	0,083	0,000185	0,000015355	0,006889
	514 384	0,000180	0,084	0,000180	0,000015120	0,007056
	Σ		0,167	0,000365	0,000030475	0,013945
Rive gauche						
514 377 ₅	514 385		0,077	0,085	0,006545	0,005929
514 375	514 383		0,075	0,083	0,006225	0,005625
514 376 ₂	514 384		0,076	0,081	0,006334	0,005776
Σ			0,228	0,252	0,019154	0,017330

	1	2
	RIVE GAUCHE	RIVE DROITE
Σ (v) Σ (n ²) =	0,000005843196	0,000005089925
— Σ (n) Σ (nv) =	0,000005842368	0,000005089325
	<u>0,000000000828</u>	<u>0,000000000600</u>
m Σ (nv) =	0,000069552	0,000060950
— Σ (n) Σ (v) =	0,000069552	0,000060955
	<u>0,000000000</u>	<u>— 0,000000005</u>
m Σ (n ²) =	0,028228	0,027890
— [Σ (n)] ² =	0,028224	0,027889
	<u>0,000004</u>	<u>0,000001</u>

	1	2
	J GAUCHE	J DROITE
$\alpha = \frac{\Sigma (v) \Sigma (n^2) - \Sigma (n) \Sigma (nv)}{m \Sigma (n^2) - [\Sigma (n)]^2} =$	0,000207	0,000600
$\beta = \frac{m \Sigma (nv) - \Sigma (n) \Sigma (v)}{m \Sigma (n^2) - [\Sigma (n)]^2} =$	0,000000	— 0,00500

	1	2
	H _g — 514,300	H _d — 514,300
n =	0,000207	0,000182 ₅
v =	0,000207	0,000182 ₅

	1			2		
	H = 514,383	H = 514,385	H = 514,384	LIMNIMÈTRE P		
R. g.	0,000207	0 000207	0,000207	514,377	514,375	514,376
	H = 514,383	H = 514,384	H = 514,383 ₅	514,377	514,375	514,376
	2,572100	2,572100	2,572100	514,292	514,292	514,292
R. d.	2,571915	2,571920	2,571917 ₅	0,085	0,083	0,084
	0,000185	0,000180	0,000182 ₅	514,300	514 300	514,300
				514,385	514,383	514,384

J_g = 0,000207
 J_d = 0,000600 — 0,00500 H_d + 2,571500 = — 0,00500 H_d + 2,572100 } 1

Limnimètre P = 0,00833 + 1,0000 (P — 514,300) + 514,300 = 1,000 P — 514,292 + 514,300 } 2

Calcul de la pente moyenne de l'eau

L'ensemble des données est résumé dans le tableau ci-dessous.

Station	Date de mesure	Hauteur d'eau (m)	Largeur de la section (m)
1	15/05/2010	1.2	10
2	15/05/2010	1.5	12
3	15/05/2010	1.8	15
4	15/05/2010	2.1	18
5	15/05/2010	2.4	20
6	15/05/2010	2.7	22
7	15/05/2010	3.0	25
8	15/05/2010	3.3	28
9	15/05/2010	3.6	30
10	15/05/2010	3.9	32
11	15/05/2010	4.2	35
12	15/05/2010	4.5	38
13	15/05/2010	4.8	40
14	15/05/2010	5.1	42
15	15/05/2010	5.4	45
16	15/05/2010	5.7	48
17	15/05/2010	6.0	50
18	15/05/2010	6.3	52
19	15/05/2010	6.6	55
20	15/05/2010	6.9	58
21	15/05/2010	7.2	60
22	15/05/2010	7.5	62
23	15/05/2010	7.8	65
24	15/05/2010	8.1	68
25	15/05/2010	8.4	70
26	15/05/2010	8.7	72
27	15/05/2010	9.0	75
28	15/05/2010	9.3	78
29	15/05/2010	9.6	80
30	15/05/2010	9.9	82
31	15/05/2010	10.2	85
32	15/05/2010	10.5	88
33	15/05/2010	10.8	90
34	15/05/2010	11.1	92
35	15/05/2010	11.4	95
36	15/05/2010	11.7	98
37	15/05/2010	12.0	100
38	15/05/2010	12.3	102
39	15/05/2010	12.6	105
40	15/05/2010	12.9	108
41	15/05/2010	13.2	110
42	15/05/2010	13.5	112
43	15/05/2010	13.8	115
44	15/05/2010	14.1	118
45	15/05/2010	14.4	120
46	15/05/2010	14.7	122
47	15/05/2010	15.0	125
48	15/05/2010	15.3	128
49	15/05/2010	15.6	130
50	15/05/2010	15.9	132
51	15/05/2010	16.2	135
52	15/05/2010	16.5	138
53	15/05/2010	16.8	140
54	15/05/2010	17.1	142
55	15/05/2010	17.4	145
56	15/05/2010	17.7	148
57	15/05/2010	18.0	150
58	15/05/2010	18.3	152
59	15/05/2010	18.6	155
60	15/05/2010	18.9	158
61	15/05/2010	19.2	160
62	15/05/2010	19.5	162
63	15/05/2010	19.8	165
64	15/05/2010	20.1	168
65	15/05/2010	20.4	170
66	15/05/2010	20.7	172
67	15/05/2010	21.0	175
68	15/05/2010	21.3	178
69	15/05/2010	21.6	180
70	15/05/2010	21.9	182
71	15/05/2010	22.2	185
72	15/05/2010	22.5	188
73	15/05/2010	22.8	190
74	15/05/2010	23.1	192
75	15/05/2010	23.4	195
76	15/05/2010	23.7	198
77	15/05/2010	24.0	200
78	15/05/2010	24.3	202
79	15/05/2010	24.6	205
80	15/05/2010	24.9	208
81	15/05/2010	25.2	210
82	15/05/2010	25.5	212
83	15/05/2010	25.8	215
84	15/05/2010	26.1	218
85	15/05/2010	26.4	220
86	15/05/2010	26.7	222
87	15/05/2010	27.0	225
88	15/05/2010	27.3	228
89	15/05/2010	27.6	230
90	15/05/2010	27.9	232
91	15/05/2010	28.2	235
92	15/05/2010	28.5	238
93	15/05/2010	28.8	240
94	15/05/2010	29.1	242
95	15/05/2010	29.4	245
96	15/05/2010	29.7	248
97	15/05/2010	30.0	250
98	15/05/2010	30.3	252
99	15/05/2010	30.6	255
100	15/05/2010	30.9	258

Les données sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Les données sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Les données sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Les données sont résumées dans le tableau ci-dessous.

Bassin : INKISI

Jaugeage N° 25

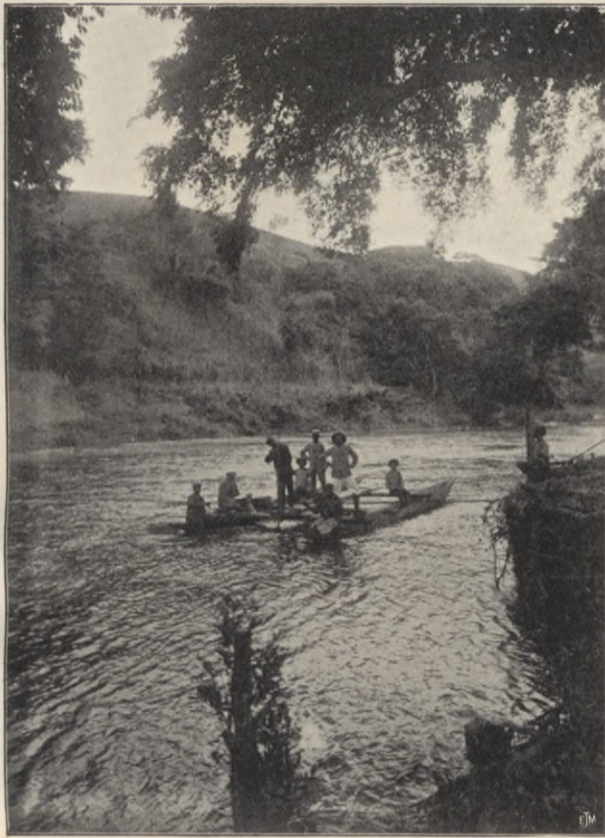
Nom du cours d'eau. — Emplacement du profil de jaugeage

INKISI — 48 m. en amont du pont

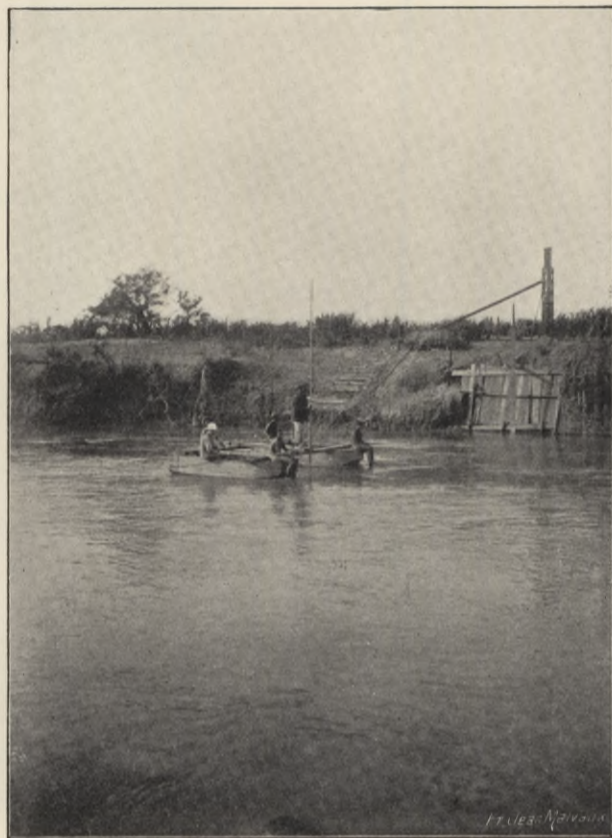
RÉSULTATS DU JAUGEAGE

1. Appareil employé pour le jaugeage	Moulinet électrique Ott n° 1409 Hélice I	
2. Date du jaugeage	D = 14/IX/1911	
3. Durée du jaugeage de 7 h. 10' à 11 h. 35'	d = 4 h. 25 min.	
4. Variation du niveau de l'eau pendant le jaugeage, sur la rive gauche du profil de jaugeage	$\Delta hg = 0.002$ m.	
5. Cote du niveau moyen de l'eau sur la rive gauche du profil de jaugeage	hg = 514.384 m.	
6. Variation du niveau de l'eau pendant le jaugeage, sur la rive droite du profil de jaugeage	$\Delta hd = 0.001$ m.	
7. Cote du niveau moyen de l'eau sur la rive droite du profil de jaugeage.	hd = 514.383 ₅ m.	
8. Cote du niveau moyen de l'eau	H = 514.384 m.	
9. Hauteur correspondante de l'eau au limnimètre : 50 mètres en aval du profil de jaugeage.	P = 514.376 m.	
10. Largeur superficielle de l'eau dans le profil de jaugeage.	L = 66.15 m.	
11. Profondeur maximum de l'eau dans le profil de jaugeage	tmax = 2.092 m.	
12. Surface de la section du profil de jaugeage	F* = 101.570 m ²	
13. Débit par seconde.	<u>Q = 62,292 m³/S</u>	
14. Vitesse maximum dans le profil de jaugeage	Vmax = 0.805 m.	
15. Vitesse moyenne dans le profil de jaugeage $V_m = \frac{Q}{F^*}$	Vm = 0.613 m.	
16. Rapport entre la vitesse moyenne et la vitesse maximum	$\frac{V_m}{V_{max}} = 0.761$	
17. Moyenne des rapports $\frac{V_m}{V_o}$. [Pour les ordonnées 15.0—75.0, d'après la formule : $e = \frac{\sum \left[\frac{f V_m}{V_o} \right]}{\sum [f]}$ déterminée le 14 septembre 1911]	e = 0.877	
18. Périmètre mouillé du profil de jaugeage.	p = 67.075 m.	
19. Rayon moyen du profil de jaugeage $R = \frac{F^*}{p}$	R = 1.514 m.	
20. Pente relative superficielle de l'eau, sur la rive gauche, sur une distance de 80 mètres en amont et 80 mètres en aval du profil de jaugeage	Jg = 0.000207	
21. Pente relative superficielle de l'eau, sur la rive droite, sur une distance de 80 mètres en amont et 80 mètres en aval du profil de jaugeage	Jd = 0.000182 ₅	
22. Pente relative superficielle de l'eau à la surface $J = \frac{Jg + Jd}{2}$	J = 0.000195	
23. Coefficient C. [Calculé d'après la formule $V_m = C\sqrt{RJ}$]	c = 35.681024	
24. Coefficient de rugosité n [calculé d'après la formule de Ganguillet et Kutter : $c = \frac{23 + \frac{4}{n} + \frac{0.00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{J} \right) \frac{n}{\sqrt{RJ}}}$	n = 0.0308533	
25. Température moyenne de l'eau	Te = 23.0° C.	
26. Température moyenne de l'air.	Ta = 20.0° C.	
27. Etat de la rive gauche : matériel	} sable argileux	Inclinaison ag = 1 : 2
28. Etat de la rive droite : matériel		Inclinaison ad = 1 : 1
29. Etat du fond		
30. Remarques sur le transport de galets, état de l'eau, état atmosphérique, etc.		

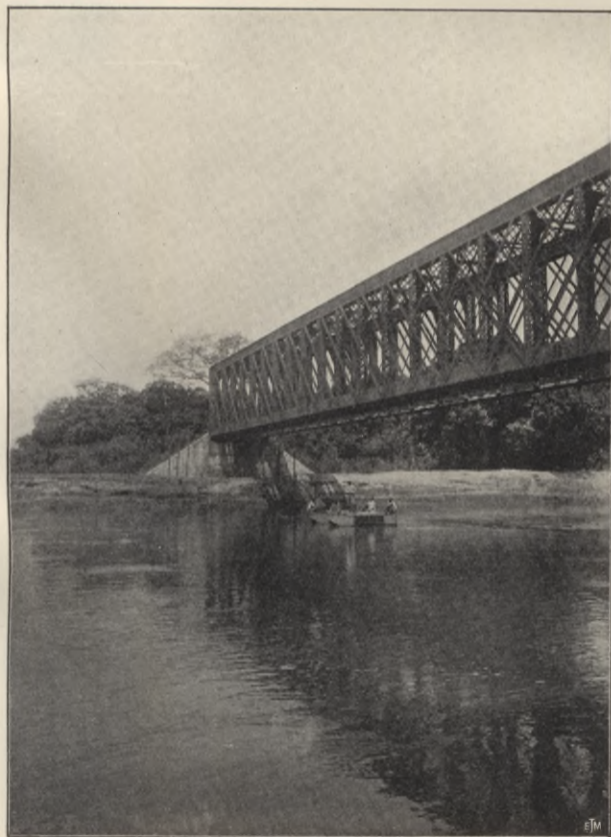
JAUGEAGES AU MOULINET ÉLECTRIQUE



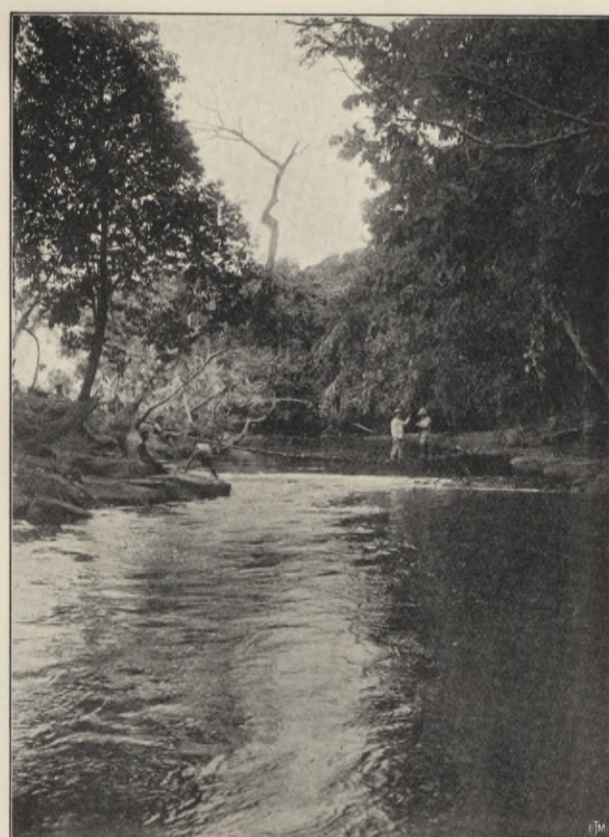
A la M'Pozo



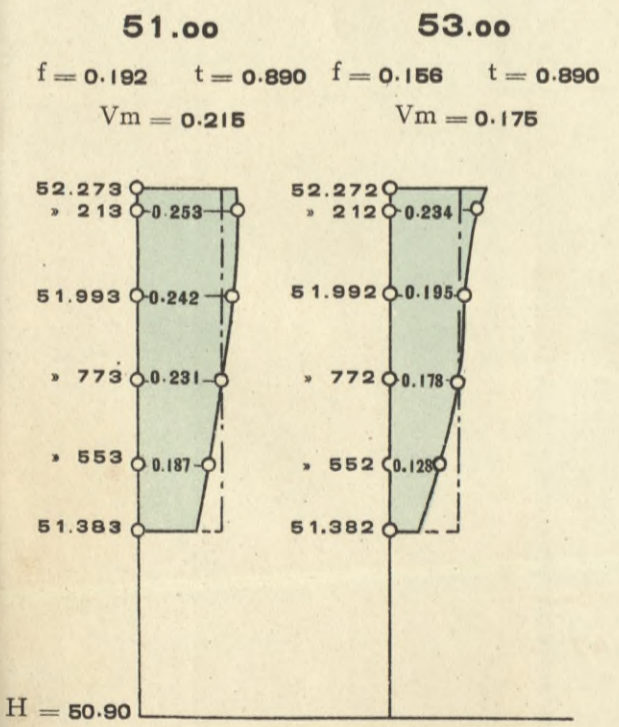
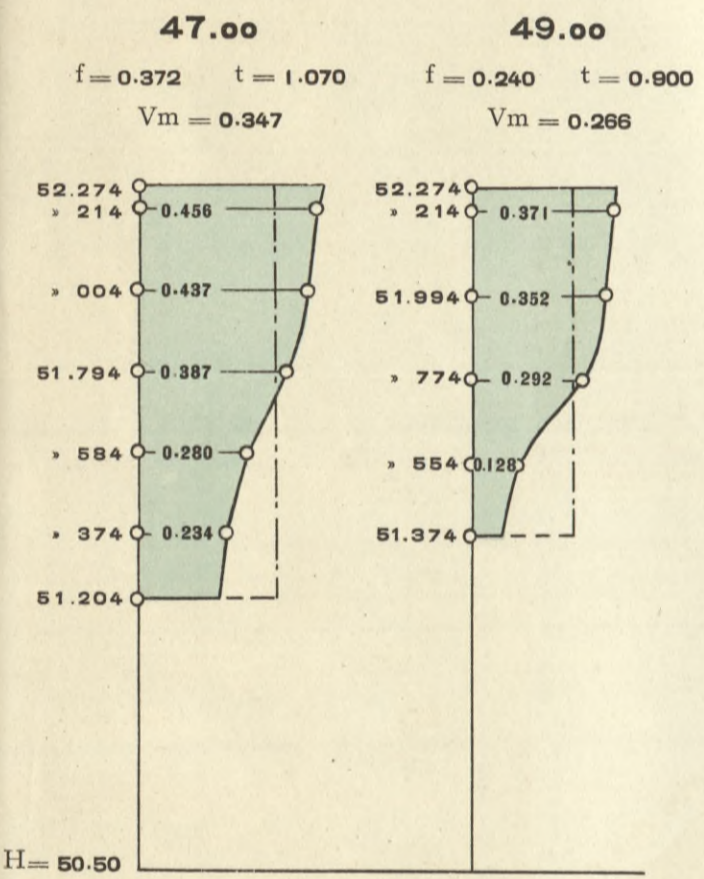
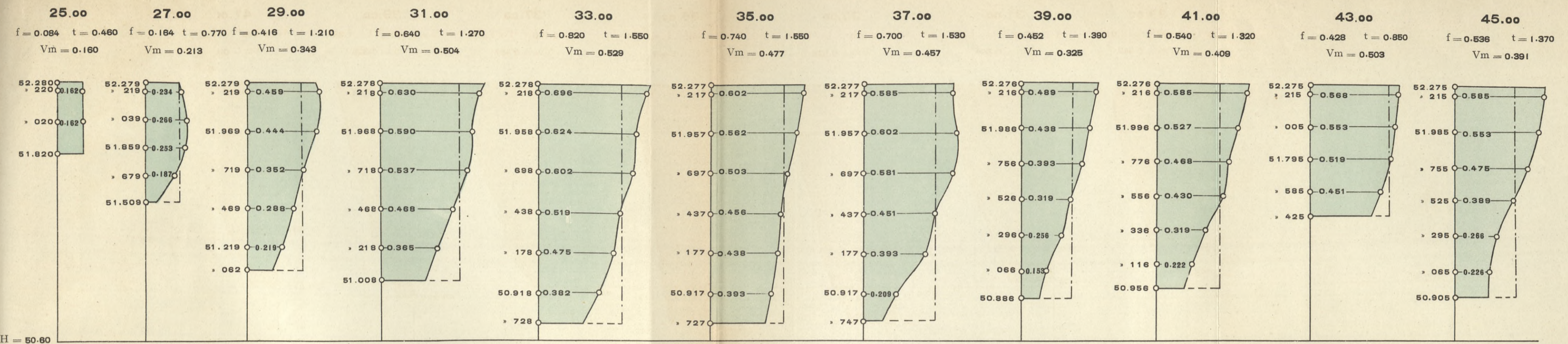
Au Kwilu



A l'Inkisi



A la Luila



Polygones verticaux des vitesses
 Hauteurs : 1 m = 50 mm. Vitesses : 1 m = 50 mm.

JAUGEAGE V A LA M'POZO

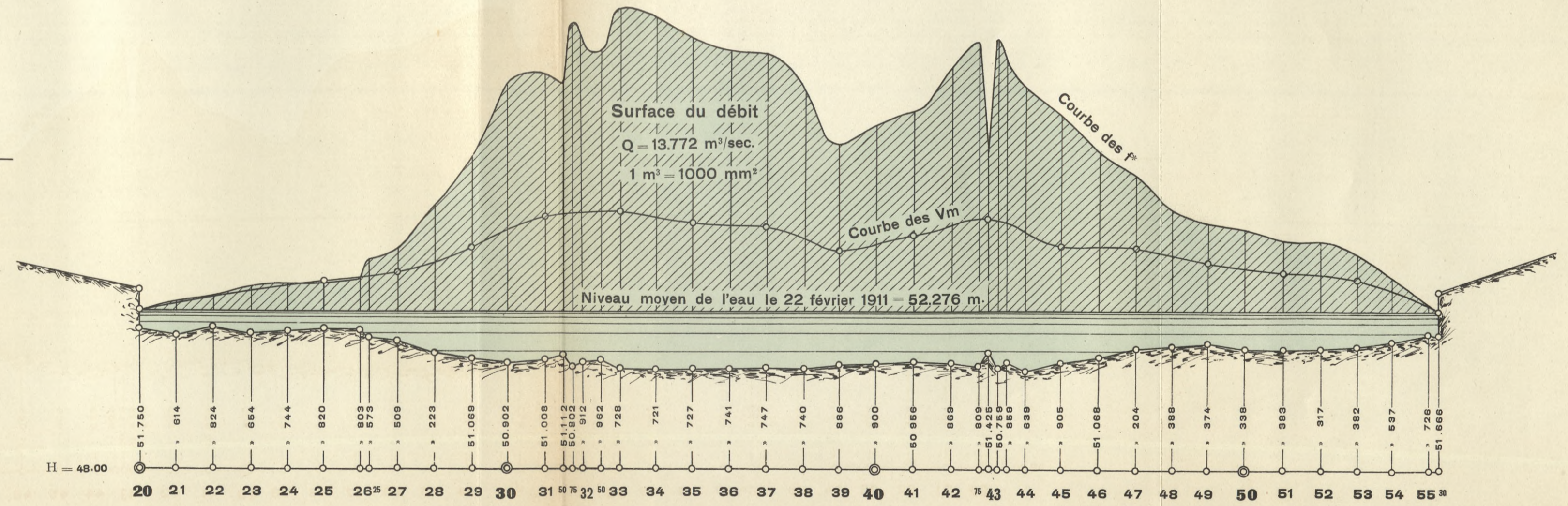
Endroit : 700 m. en amont du pont. Date : 22 Février 1911.

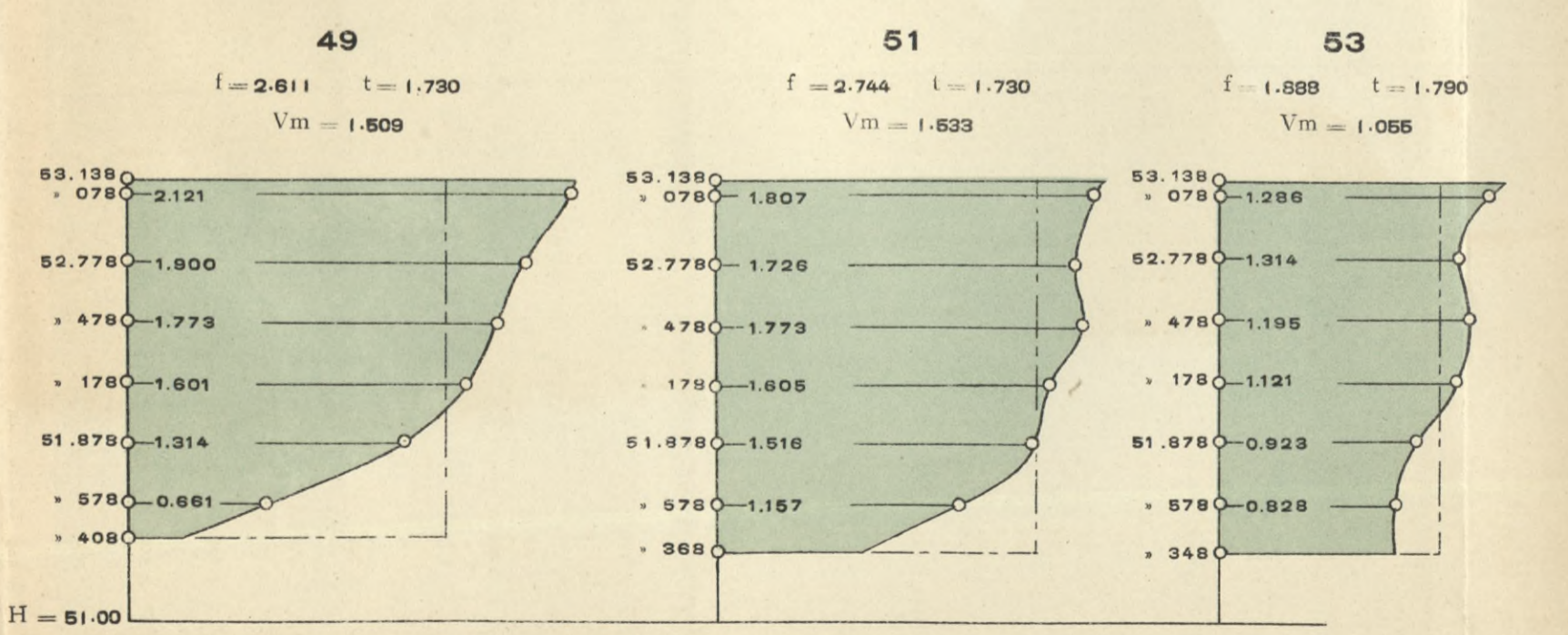
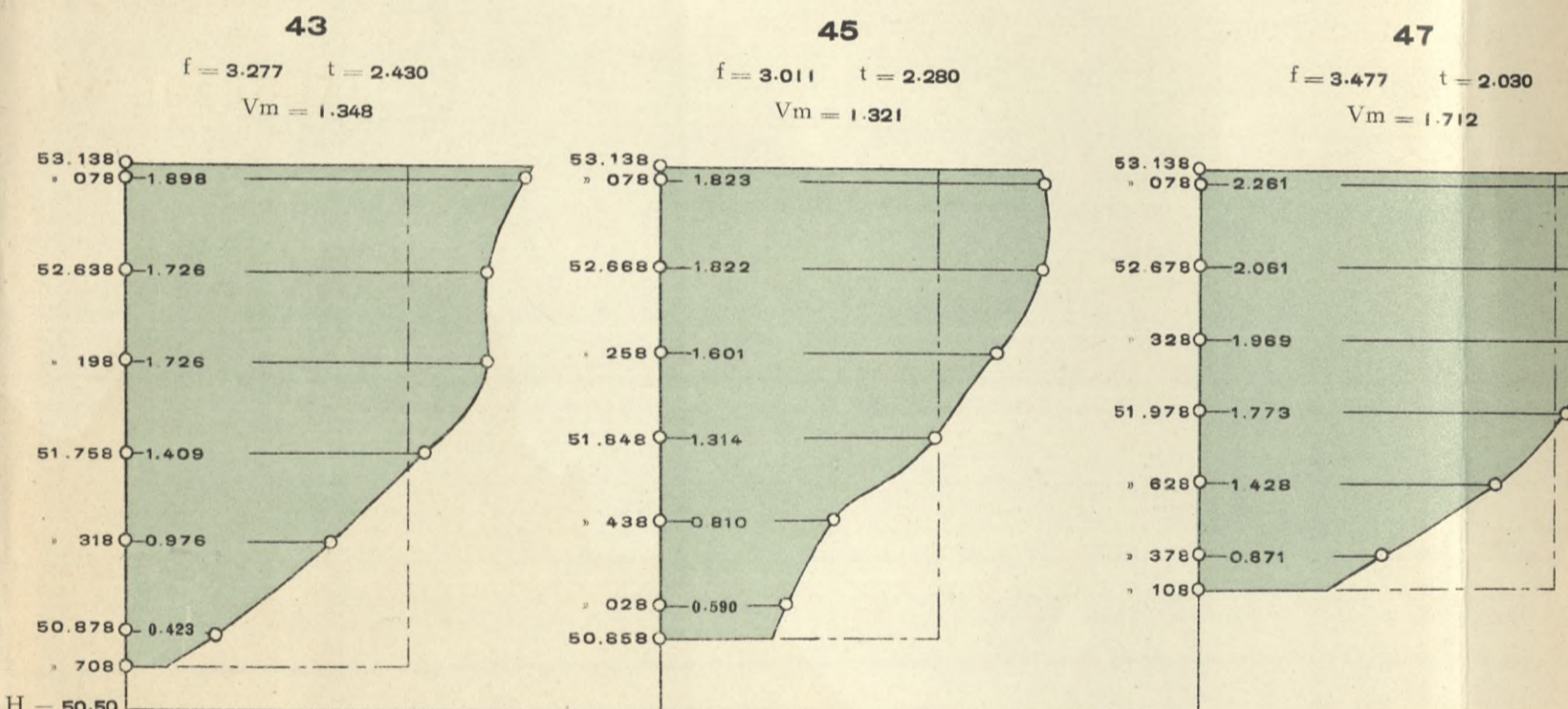
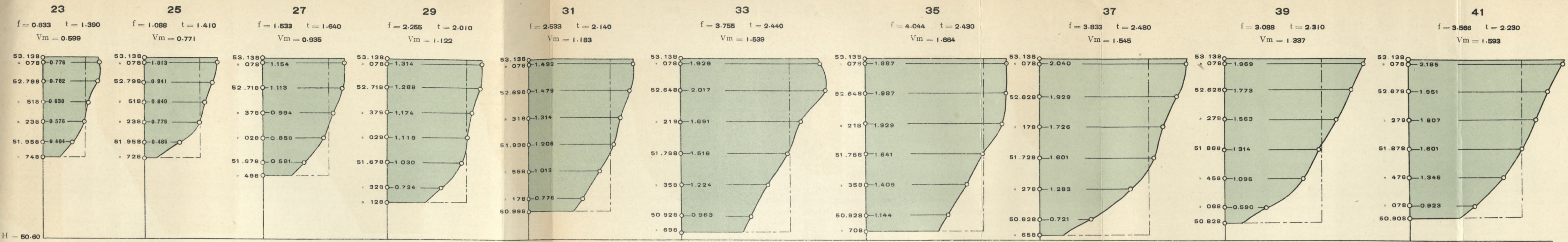
LÉGENDE :
 f = surfaces des polygones verticaux.
 t = profondeurs.
 Vm = vitesses moyennes.
 $f^* = Vm \times t =$ surfaces réduites au niveau moyen de l'eau

NIVEAU MOYEN DE L'EAU :
 Rive gauche : 52.280 m. Rive droite : 52.272 m.

ÉCHELLES :
 Courbe des Vm : 1 m = 50 mm.
 Courbe des f* : 1 m² = 100 mm.
 Section d'écoulement :
 } Hauteurs : 1 m = 10 mm
 } Longueurs : 1 m = 10 mm

POINT DE DÉPART DU NIVELLEMENT :
 Point de repère cote 56.60 m.
 Hauteur limnimétrique : 49.852 m.

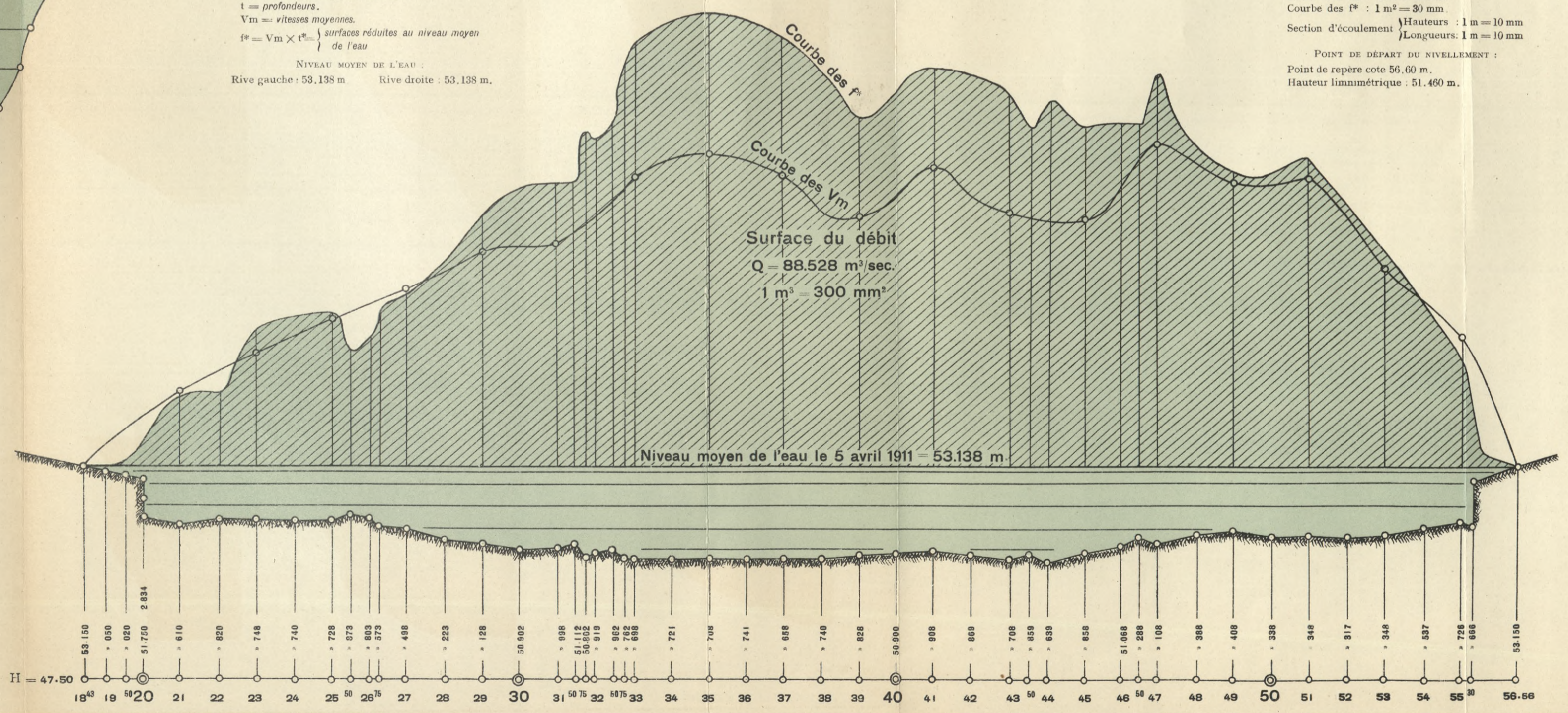


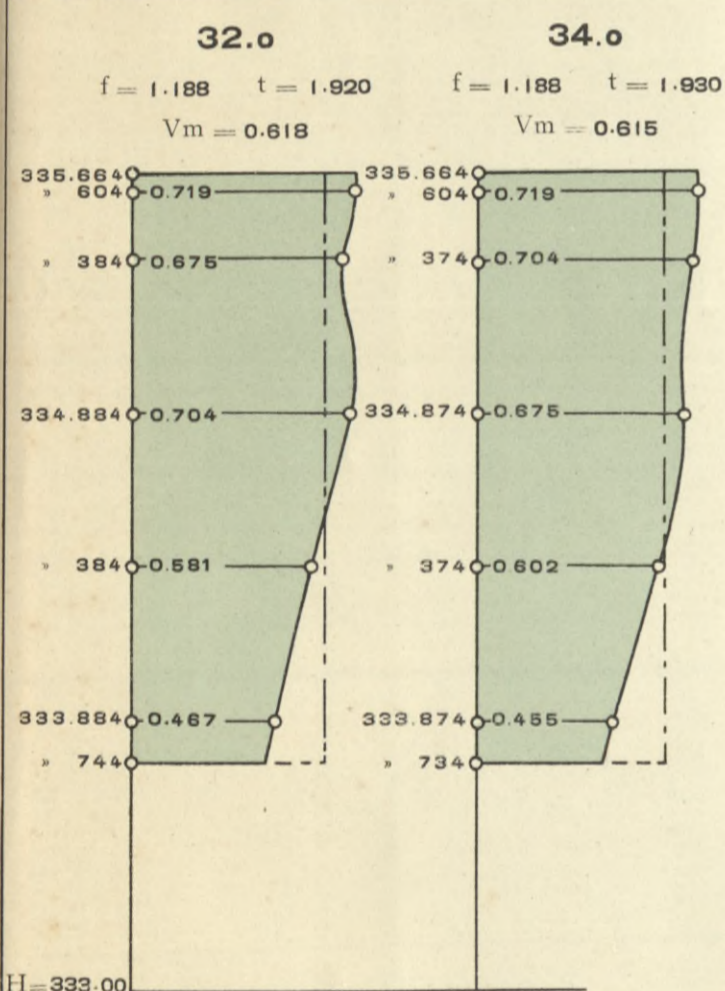
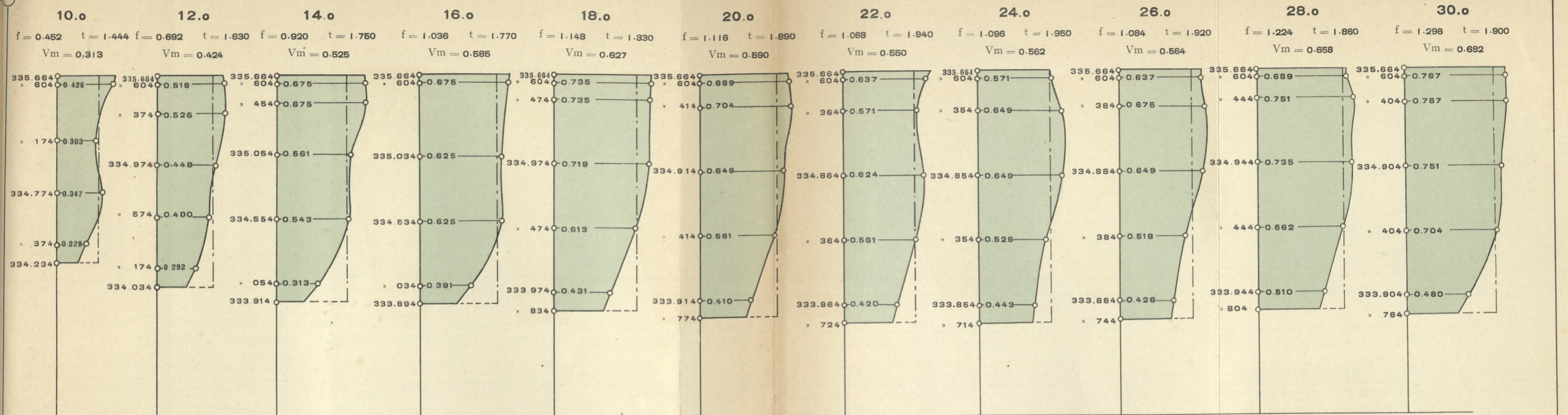


Polygones verticaux des vitesses
 Hauteurs 1 m = 30 mm. Vitesses 1 m = 30 mm.
JAUGEAGE VII A LA M'POZO
 Endroit : 700 m. en amont du pont. Date : 5 avril 1911.

LÉGENDE :
 f = surfaces des polygones verticaux
 t = profondeurs.
 Vm = vitesses moyennes.
 f* = Vm x t* = surfaces réduites au niveau moyen de l'eau
 NIVEAU MOYEN DE L'EAU :
 Rive gauche : 53.138 m. Rive droite : 53.138 m.

ÉCHELLES :
 Courbe des Vm : 1 m = 50 mm.
 Courbe des f* : 1 m² = 30 mm.
 Section d'écoulement : Hauteurs 1 m = 10 mm / Longueurs 1 m = 10 mm
 POINT DE DÉPART DU NIVELLEMENT :
 Point de repère cote 56,60 m.
 Hauteur limnimétrique : 51,460 m.





LÉGENDE :
 f = surfaces des polygones verticaux.
 t = profondeurs.
 Vm = vitesses moyennes.
 $f^* = V_m \times t^*$ } surfaces réduites au niveau moyen de l'eau

NIVEAU MOYEN DE L'EAU :
 Rive gauche : 335.664 m. Rive droite : 335.664 m.

Polygones verticaux des vitesses

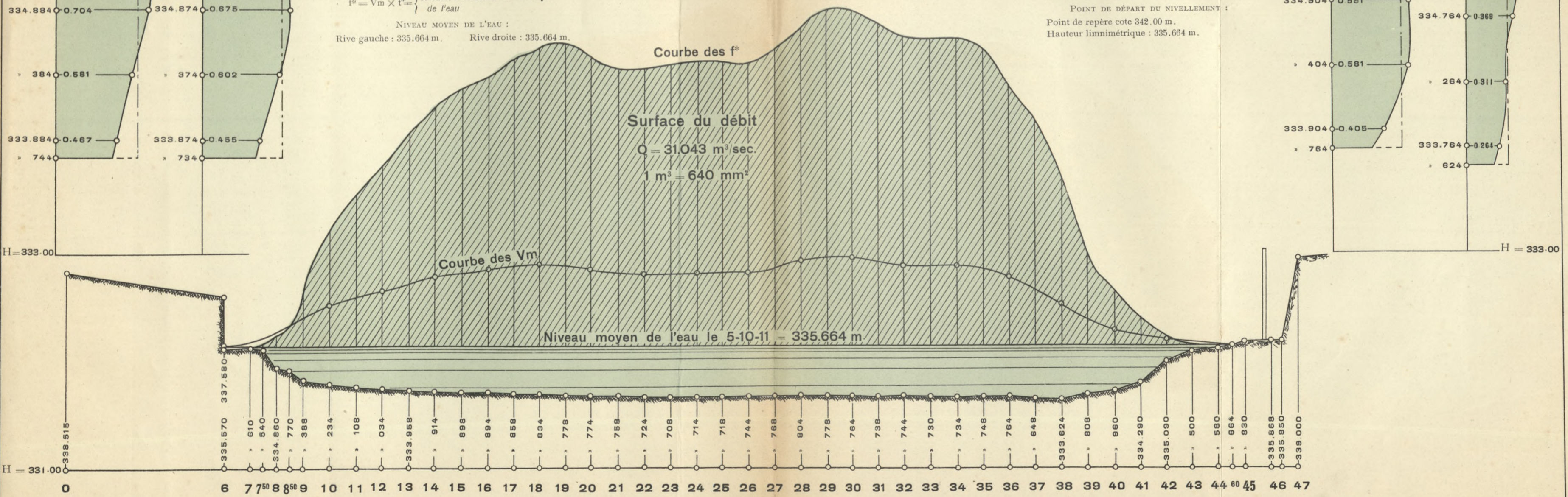
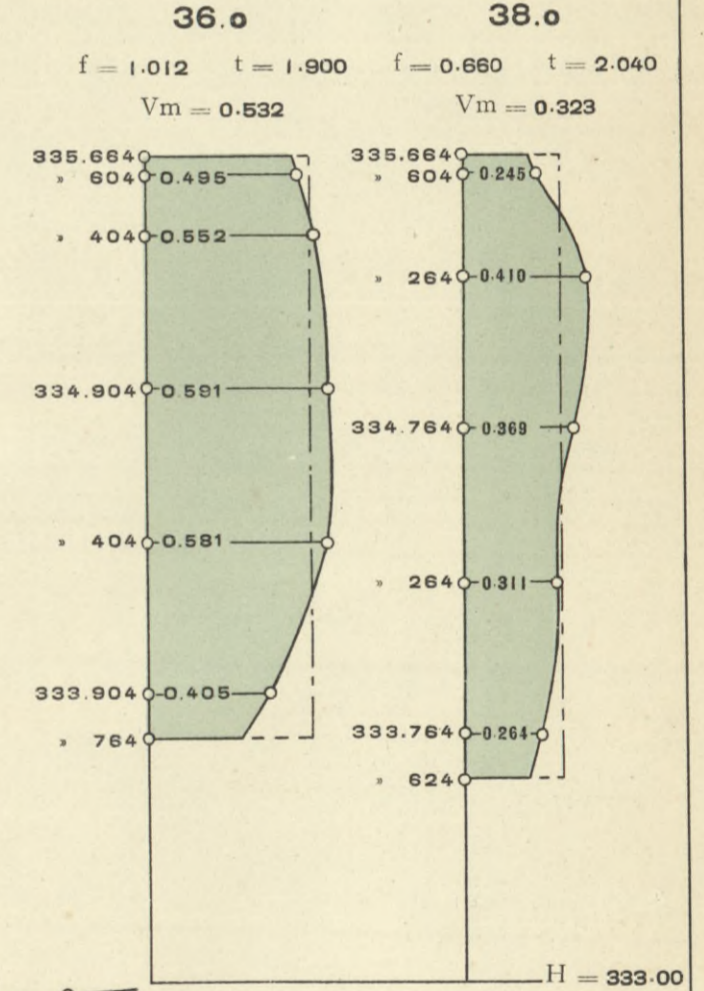
Hauteurs : 1 m = 40 mm. Vitesses : 1 m = 40 mm.

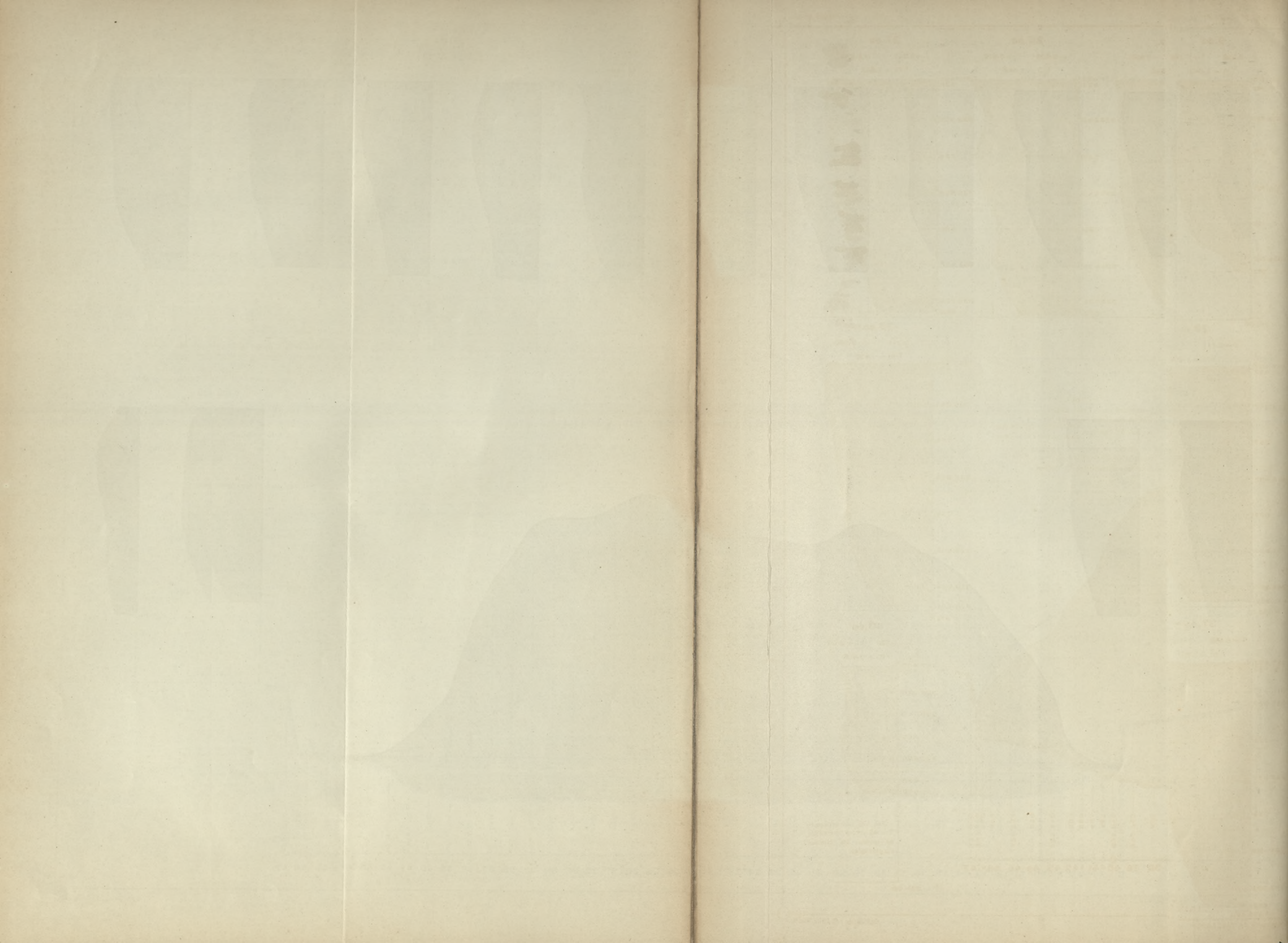
JAUGEAGE XVIII AU KWILU

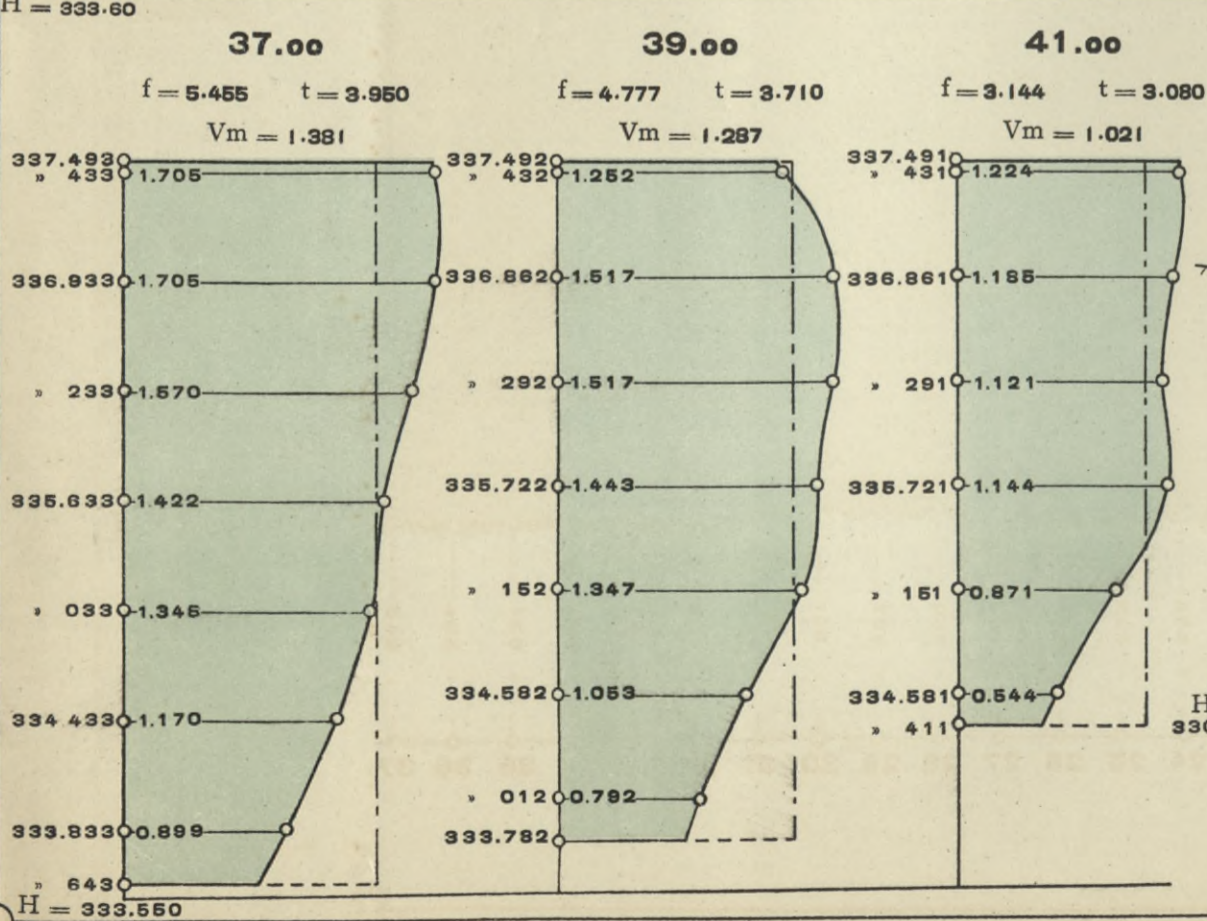
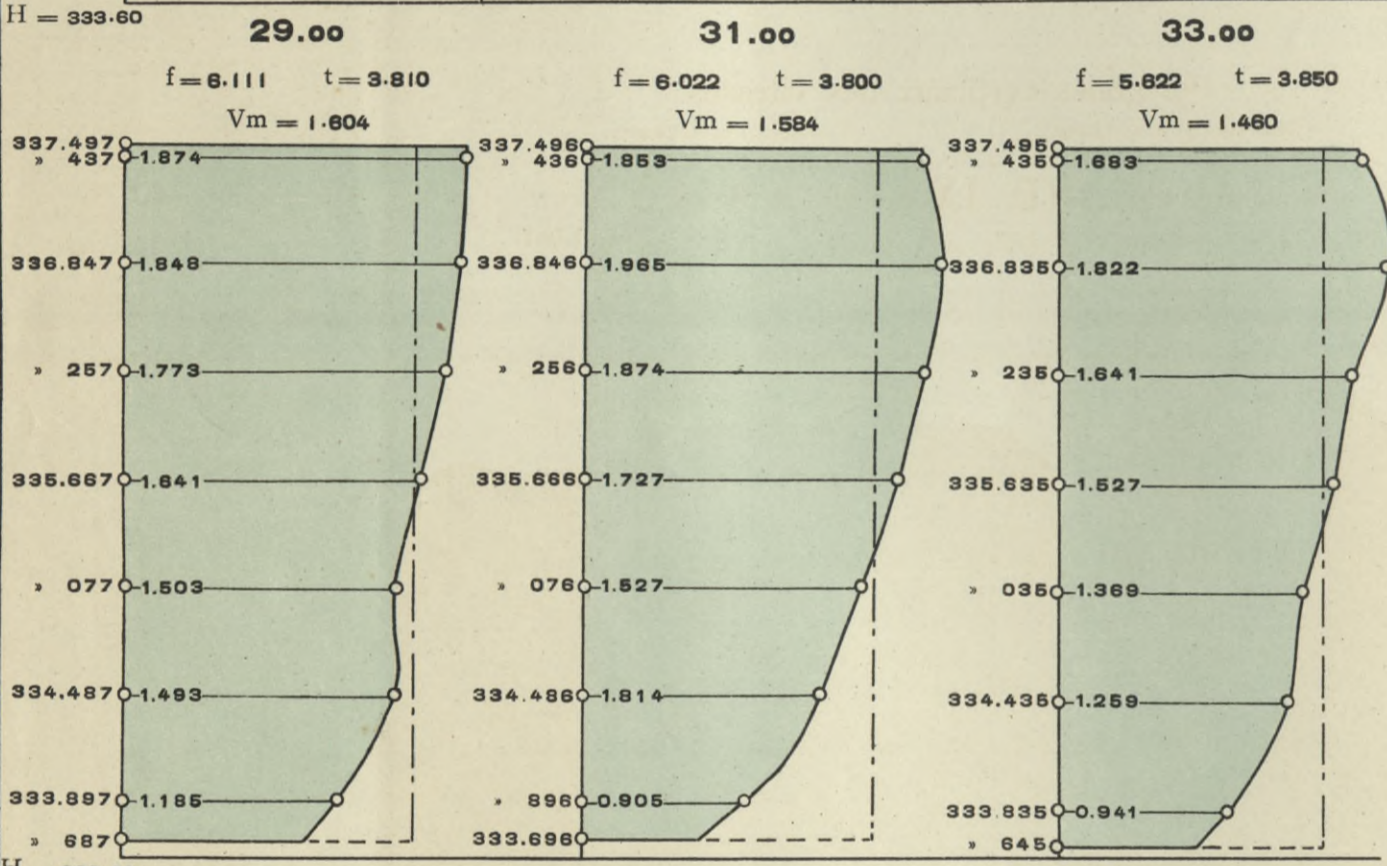
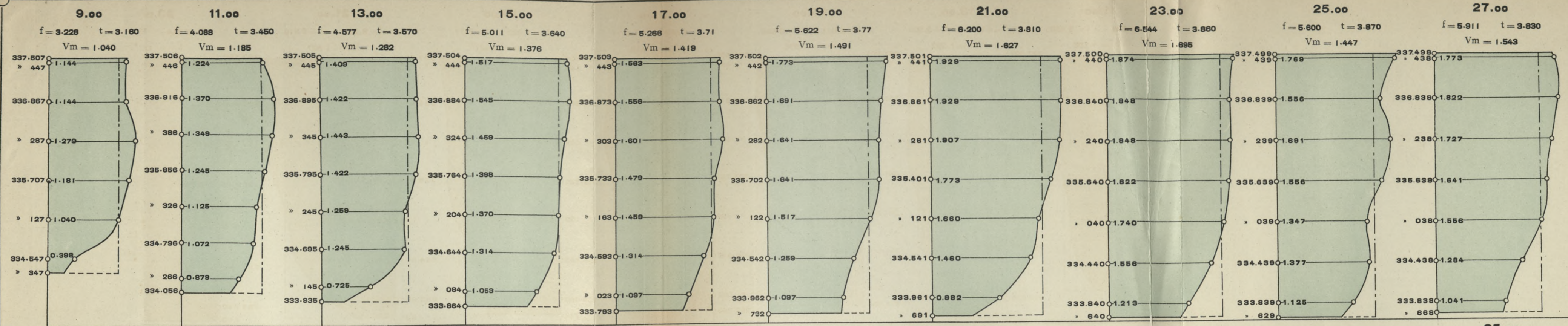
Endroit : 131.30 m. en amont du pont. Date : 5 octobre 1911.

ÉCHELLES :
 Courbe des Vm : 1 m = 40 mm.
 Courbe des f* : 1 m² = 80 mm.
 Section d'écoulement } Hauteurs : 1 m = 8 mm.
 } Longueurs : 1 m = 8 mm.

POINT DE DÉPART DU NIVELLEMENT :
 Point de repère cote 342.00 m.
 Hauteur limnimétrique : 335.664 m.







Polygones verticaux des vitesses
Hauteurs : 1 m = 24 mm. Vitesses : 1 m = 24 mm.

JAUGEAGE IX AU KWILU

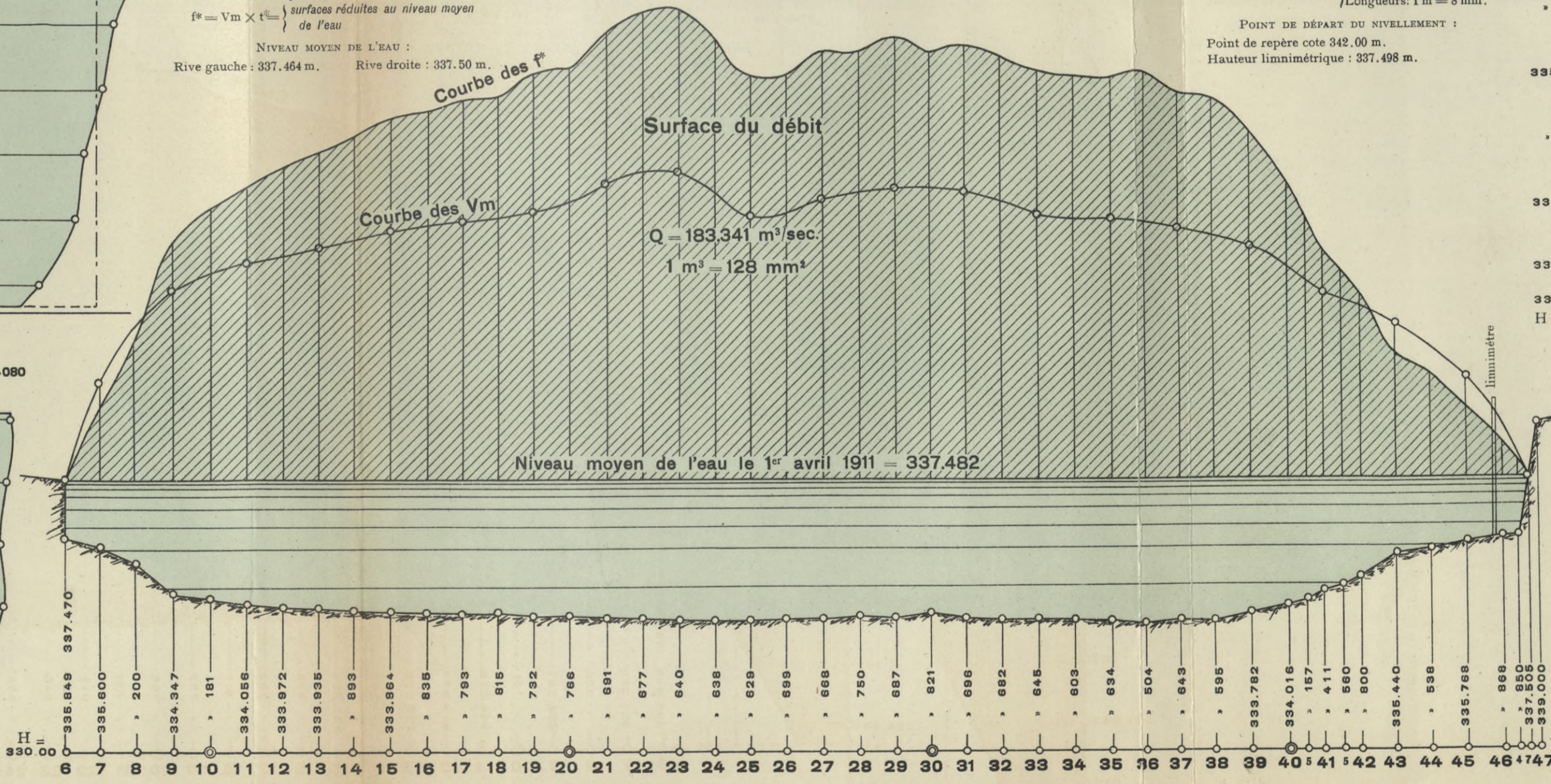
Endroit : 131.30 m. en amont du pont. Date : 1^{er} avril 1911.

LÉGENDE :
f = surfaces des polygones verticaux.
t = profondeurs.
Vm = vitesses moyennes.
f* = Vm x t = surfaces réduites au niveau moyen de l'eau

NIVEAU MOYEN DE L'EAU :
Rive gauche : 337.464 m. Rive droite : 337.50 m.

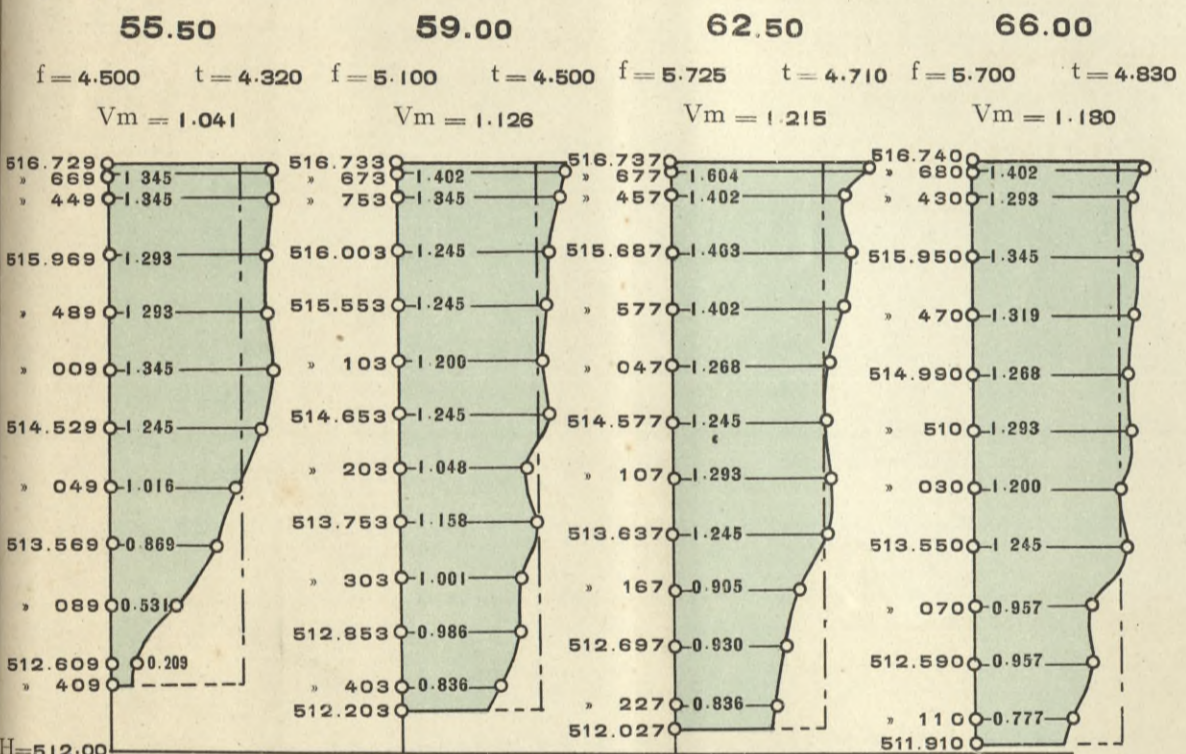
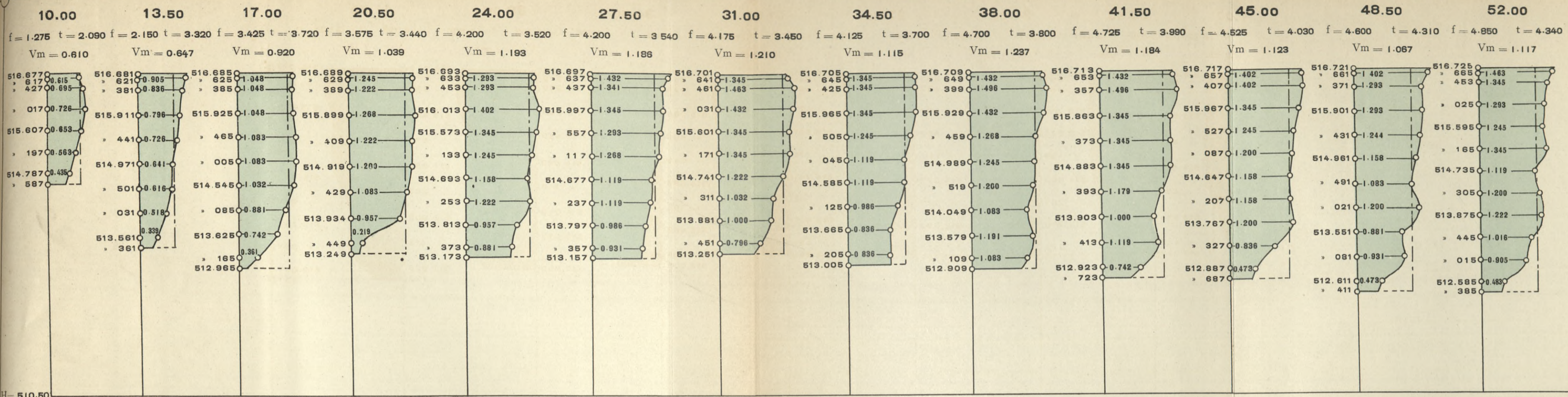
ÉCHELLES :
Courbe des Vm : 1 m = 40 mm.
Courbe des f* : 1 m² = 16 mm.
Section d'écoulement : Hauteurs : 1 m = 8 mm. Longueurs : 1 m = 8 mm.

POINT DE DÉPART DU NIVELLEMENT :
Point de repère cote 342.00 m.
Hauteur limnimètre : 337.498 m.



Les Vm des verticales 7 et 45 ont été déterminés au moyen des vitesses superficielles.





LÉGENDE :
 f = surfaces des polygones verticaux.
 t = profondeurs.
 Vm = vitesses moyennes.
 $f^* = Vm \times t^*$ surfaces réduites au niveau moyen de l'eau

NIVEAU MOYEN DE L'EAU :
 Rive gauche : 516.711 m. Rive droite : 516.711 m.

Polygones verticaux des vitesses
 Hauteurs : 1 m = 16 mm. Vitesses : 1 m = 16 mm.

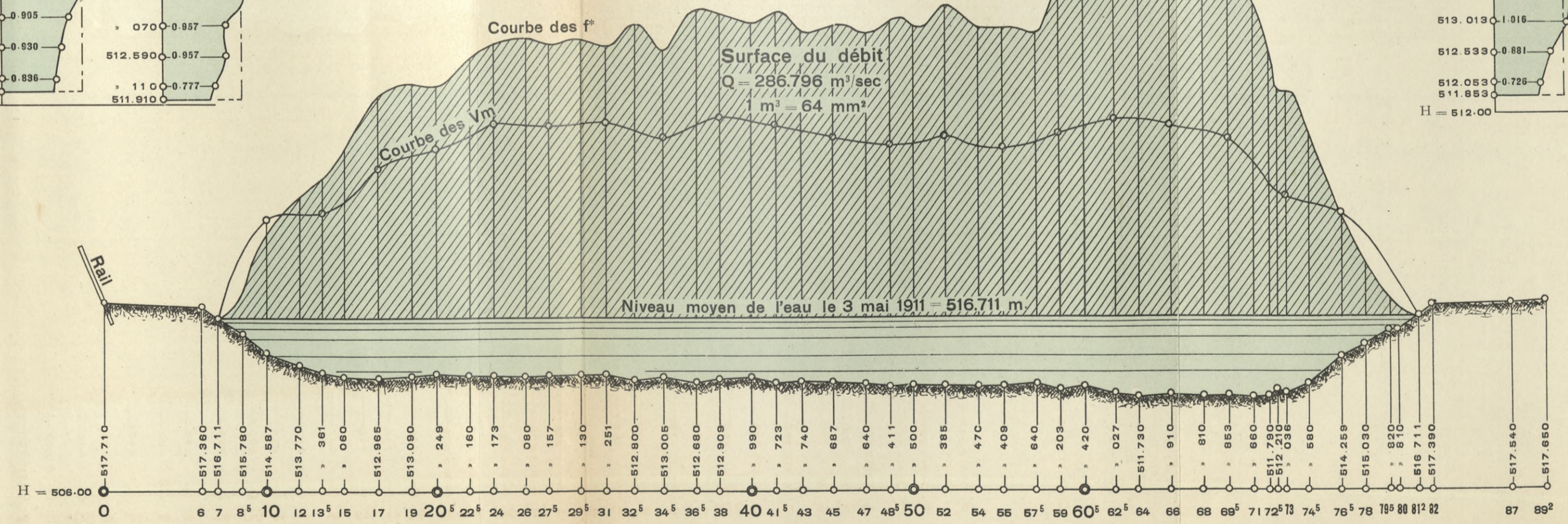
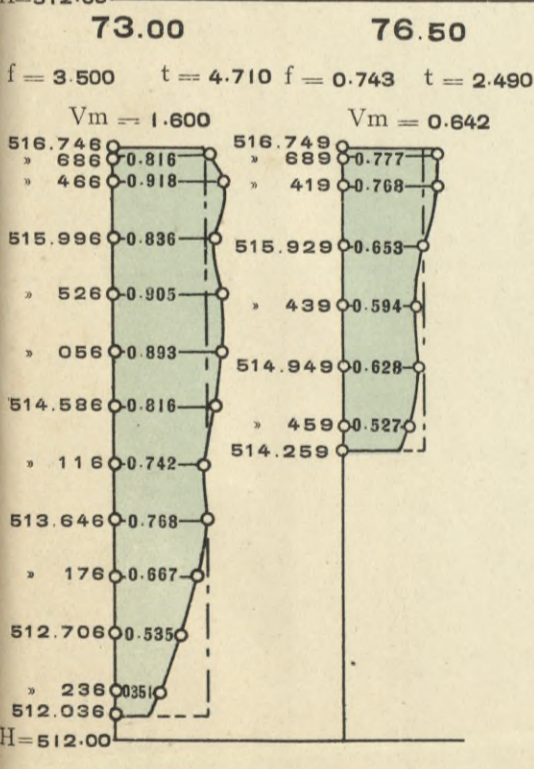
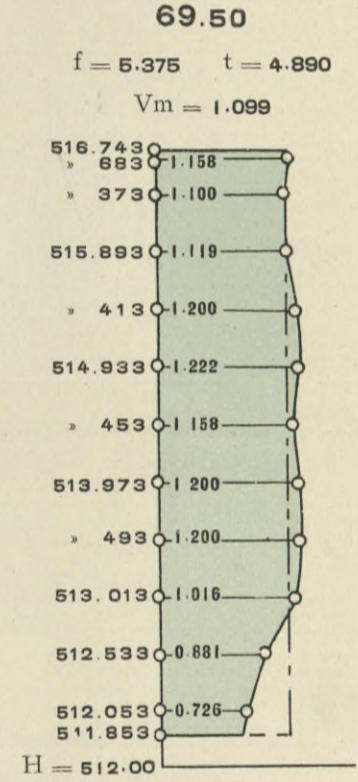
JAUGEAGE XIV A L'INKISI

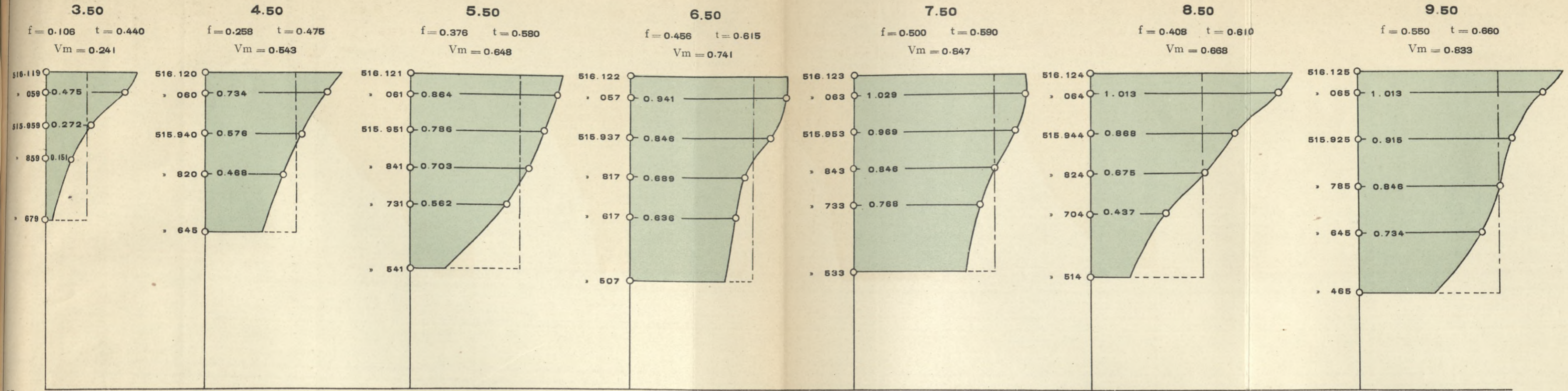
Endroit : 48 m. en amont du pont.

Date : 3 mai 1911.

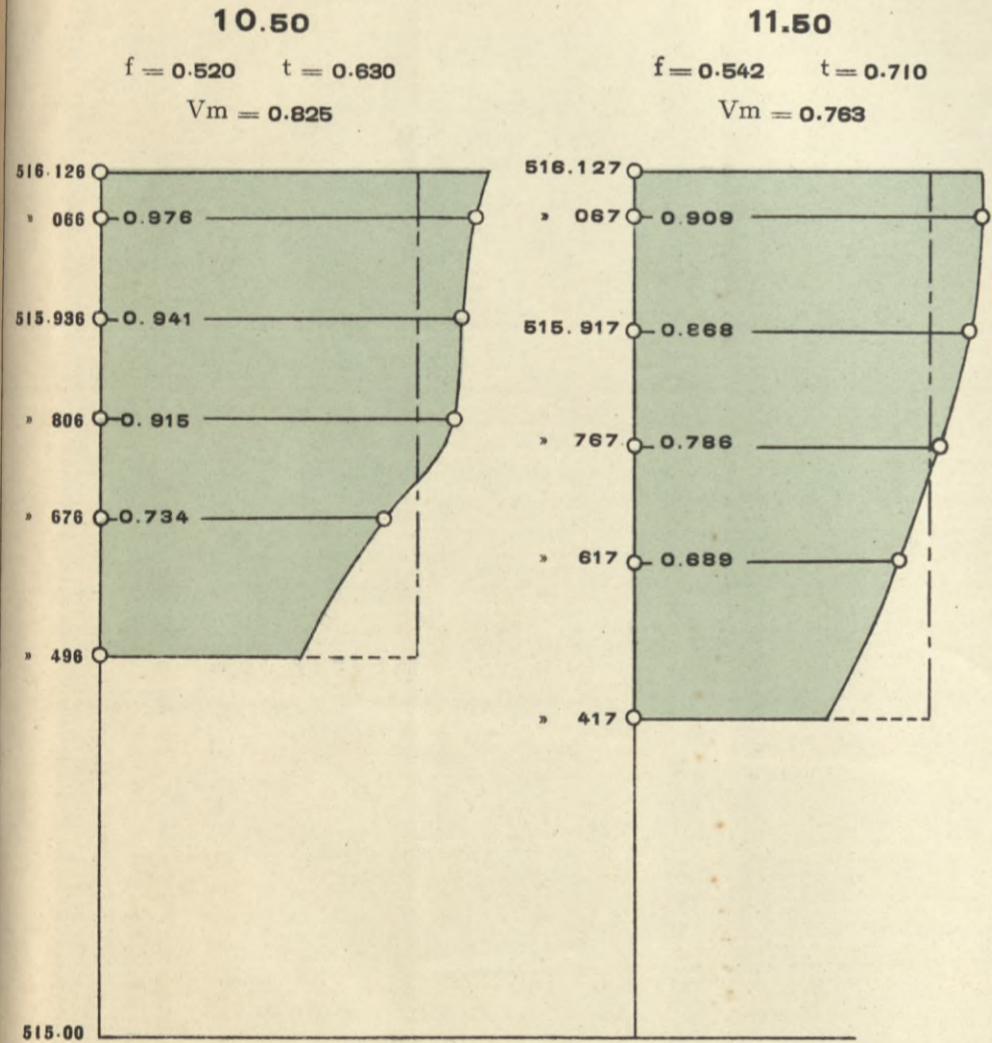
ÉCHELLES :
 Courbe des Vm : 1 m = 40 mm.
 Courbe des f* : 1 m = 16 mm.
 Section d'écoulement : Hauteurs : 1 m = 4 mm. Longueurs : 1 m = 4 mm.

POINT DE DÉPART DU NIVELLEMENT :
 Point de repère cote 520.50 m.
 Hauteur limnimétrique : 516.703 m.





H = 515.40



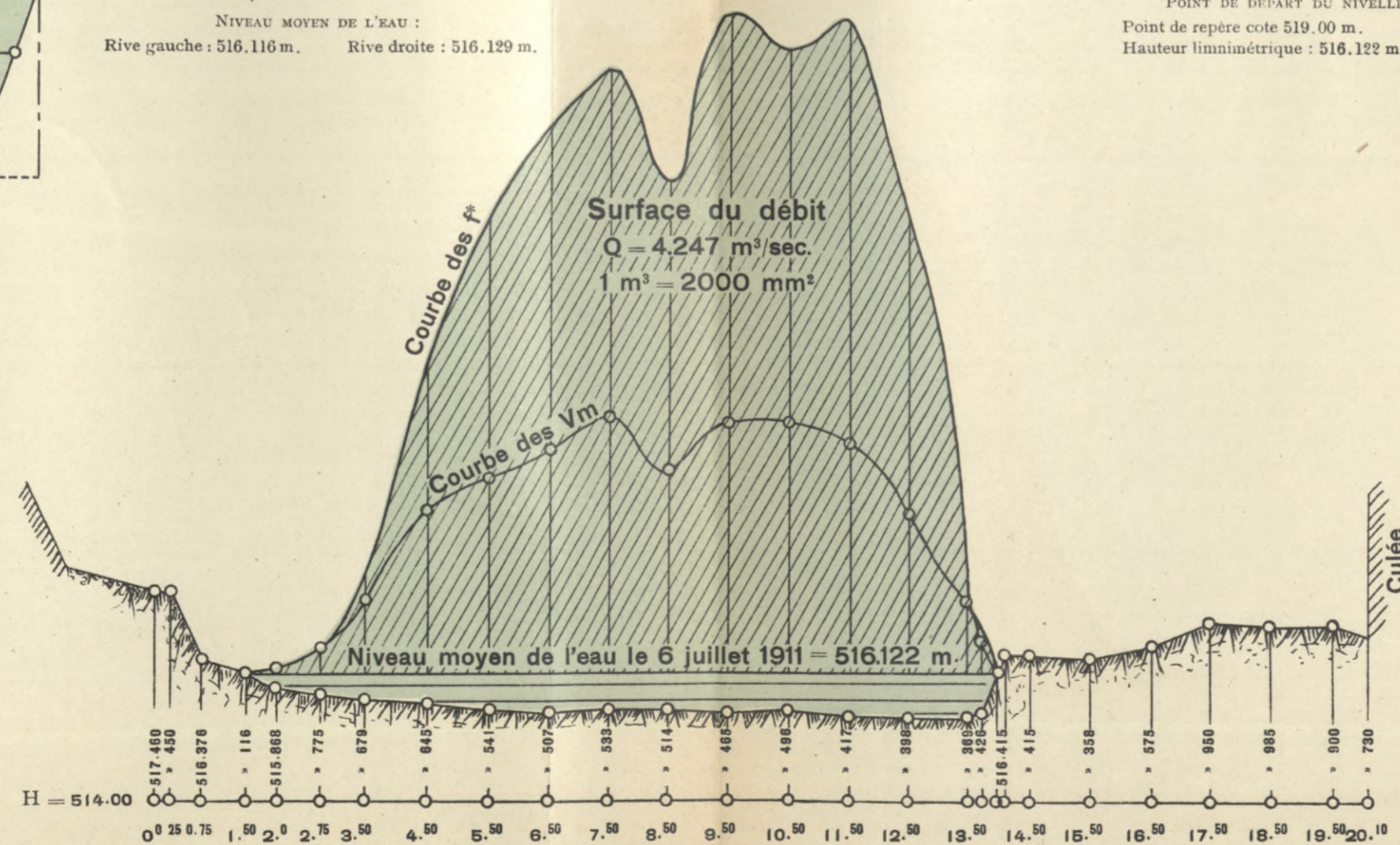
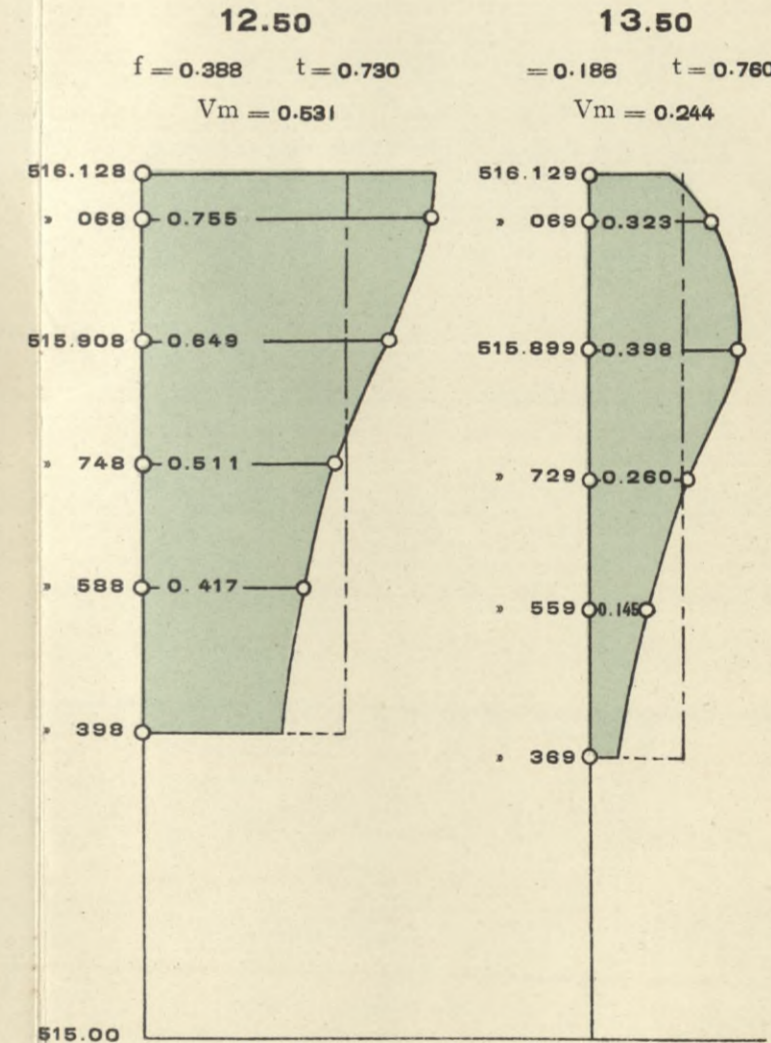
Polygones verticaux des vitesses
 Hauteurs : 1 m = 100 mm. Vitesses : 1 m = 50 mm.
JAUGEAGE XI A LA N'GUVU
 Endroit : 1 m. en aval du pont. Date : 6 juillet 1911.

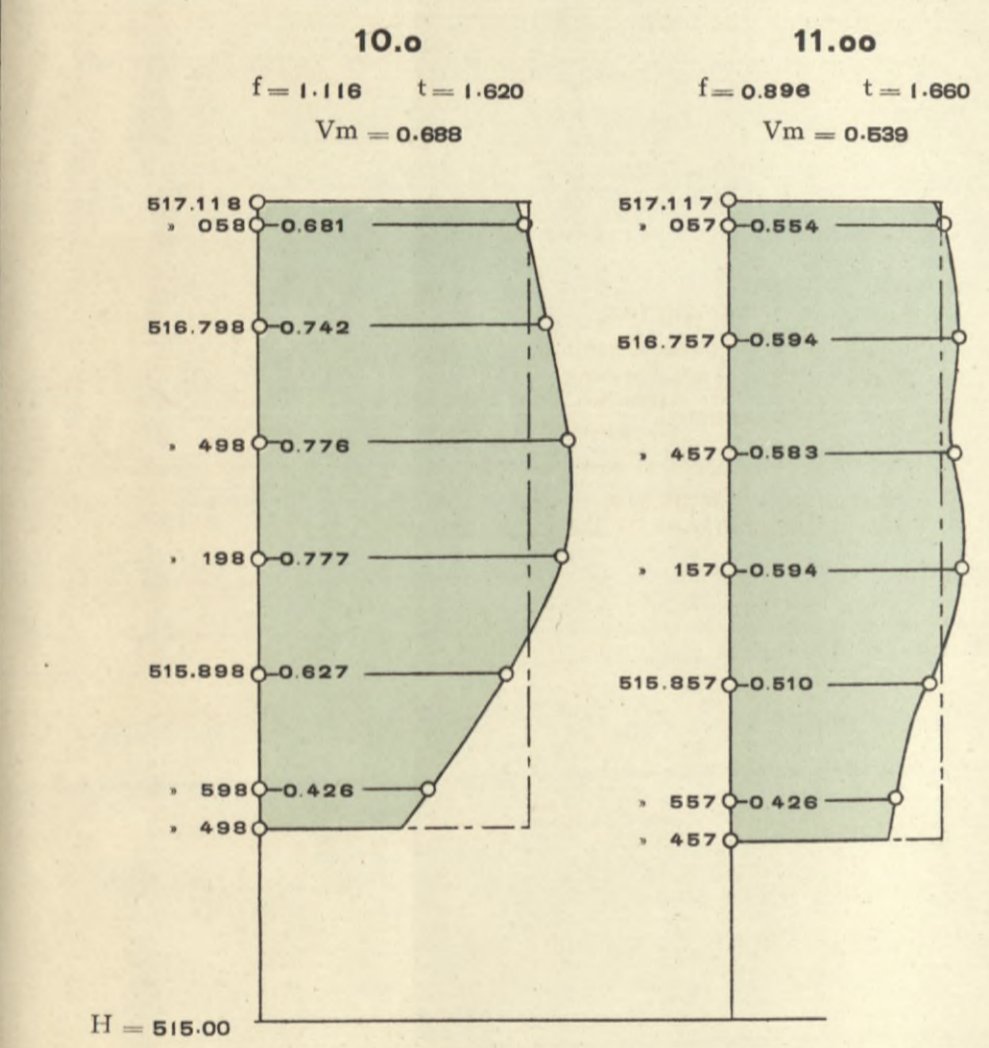
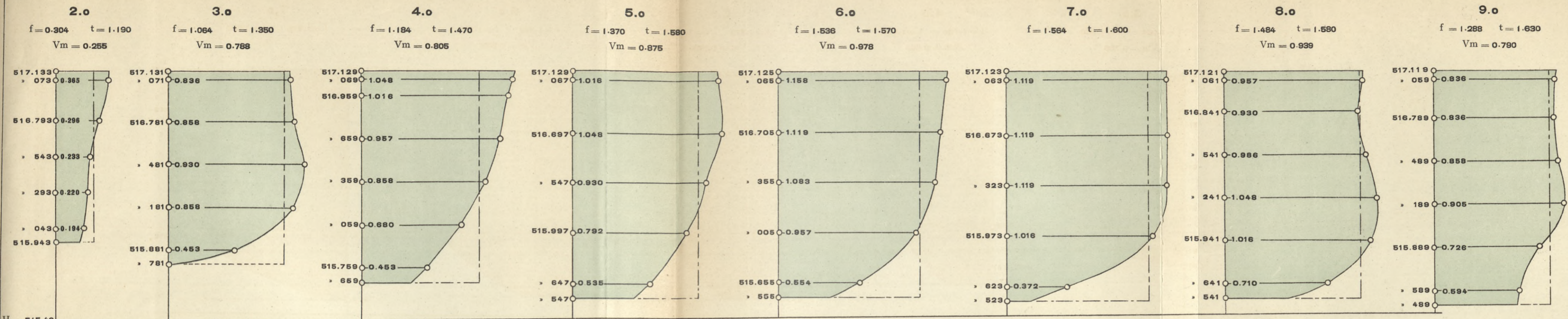
LÉGENDE :
 f = surfaces des polygones verticaux.
 t = profondeurs.
 Vm = vitesses moyennes.
 f* = Vm x t = surfaces réduites au niveau moyen de l'eau

NIVEAU MOYEN DE L'EAU :
 Rive gauche : 516.116 m. Rive droite : 516.129 m.

ÉCHELLES :
 Courbe des Vm : 1 m = 50 mm.
 Courbe des f* : 1 m² = 200 mm.
 Section d'écoulement : Hauteurs : 1 m = 10 mm, Longueurs : 1 m = 10 mm

POINT DE DÉPART DU NIVELLEMENT :
 Point de repère cote 519.00 m.
 Hauteur limnimétrique : 516.122 m.





LÉGENDE :
 V_m = vitesses moyennes.
 f = surfaces des polygones verticaux.
 t = profondeurs.
 $f^* = V_m \times t$ = surfaces réduites au niveau moyen de l'eau.

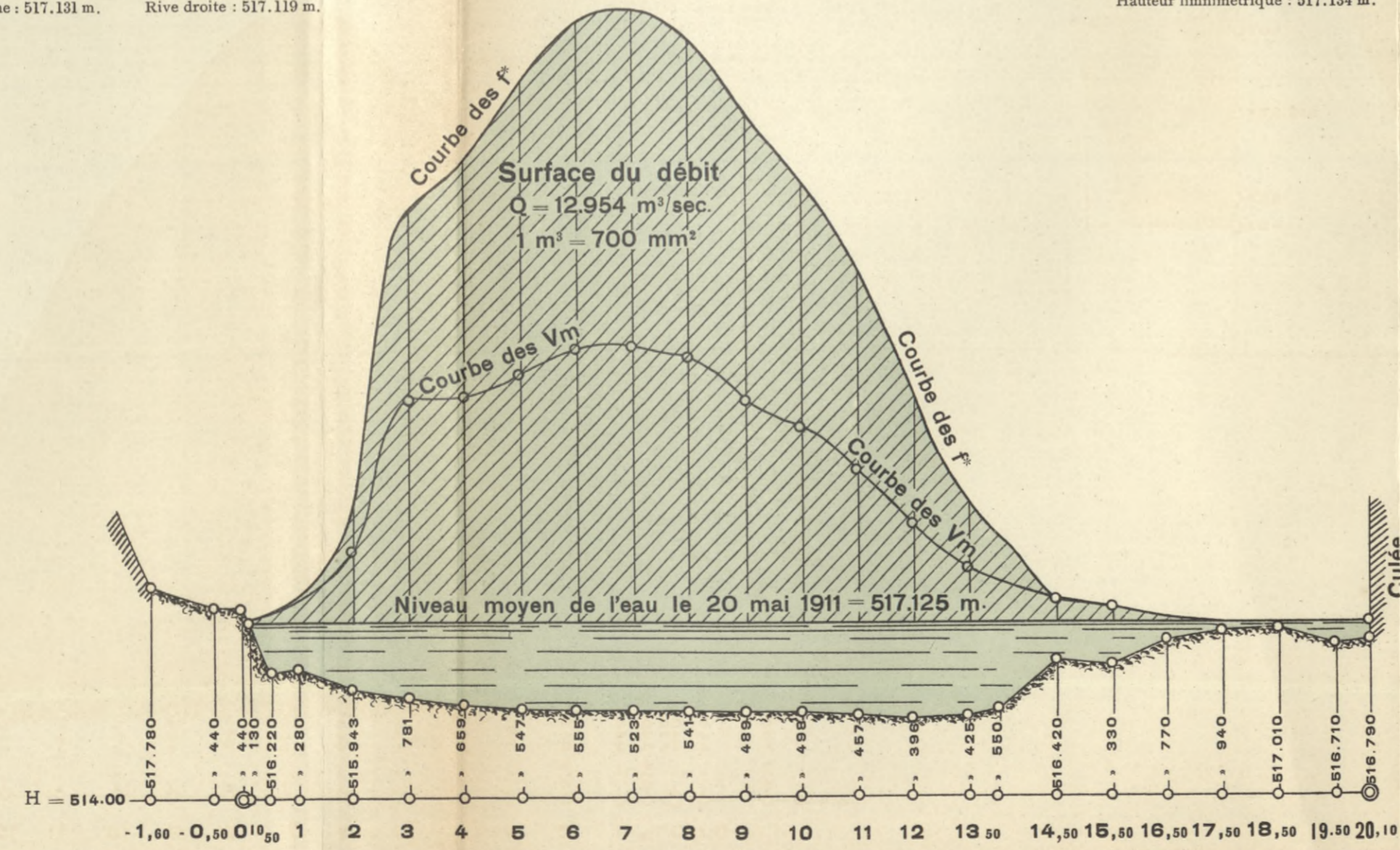
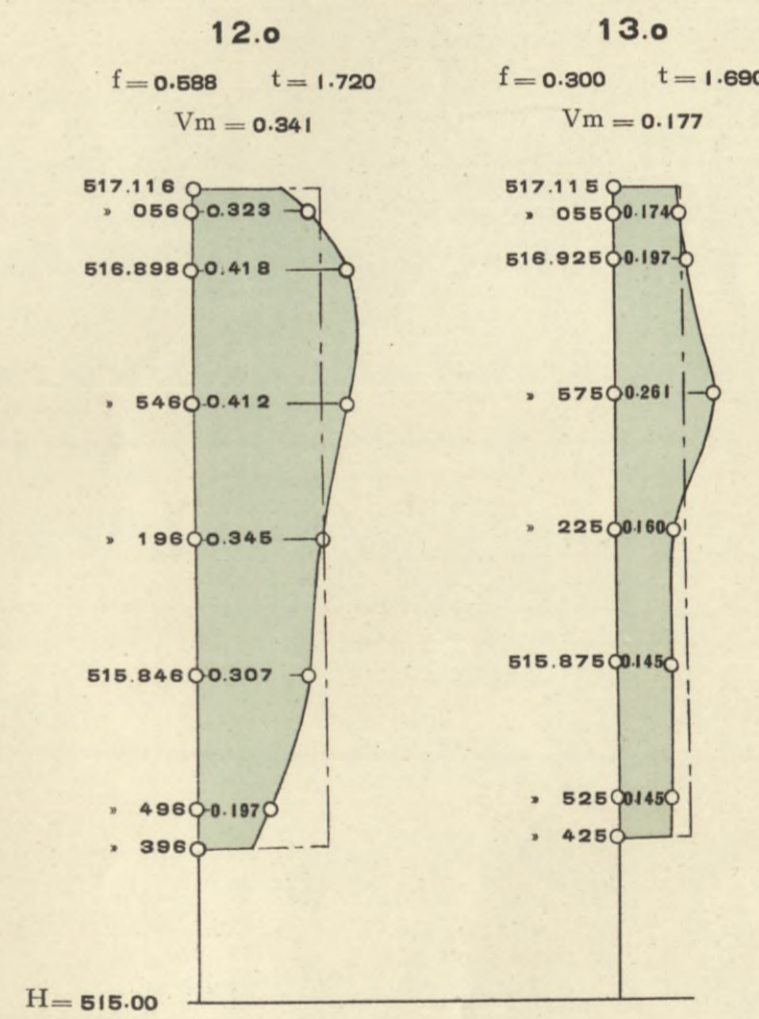
NIVEAU MOYEN DE L'EAU :
 Rive gauche : 517.131 m. Rive droite : 517.119 m.

Polygones verticaux des vitesses
 Hauteurs : 1 m = 50 mm. Vitesses : 1 m = 50 mm.

JAUGEAGE VIII A LA N'GUVU
 Droit : 1 m. en aval du pont. Date : 20 mai 1911.

ÉCHELLES :
 Courbe des V_m : 1 m = 50 mm.
 Courbe des f^* : 1 m² = 70 mm.
 Section d'écoulement : Hauteurs : 1 m = 10 mm, Longueurs : 1 m = 10 mm.

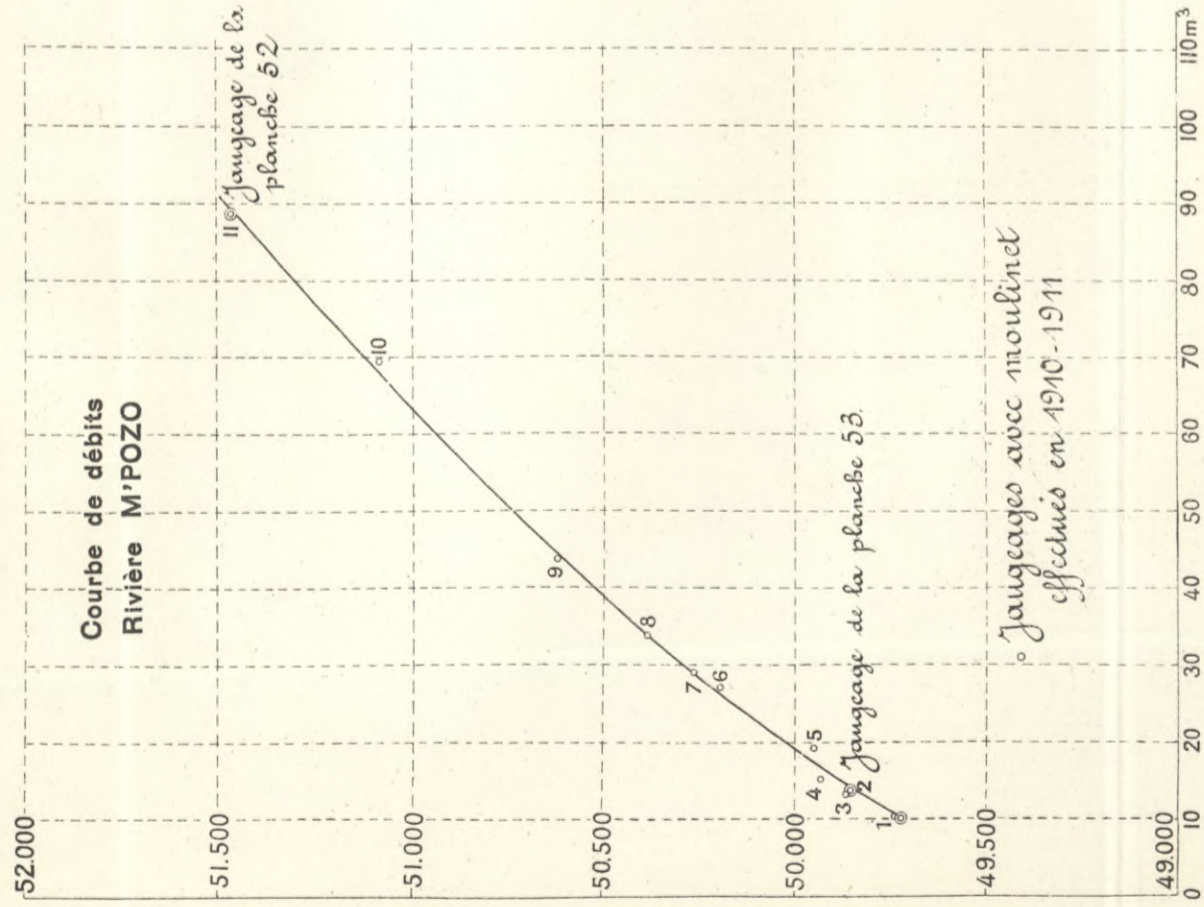
POINT DE DÉPART DU NIVELLEMENT :
 Point de repère cote 519.00 m.
 Hauteur limnimétrique : 517.134 m.



CALCUL DE L'ÉQUATION DE LA COURBE DES DÉBITS

d'après la méthode des moindres carrés
avec l'application de la formule spéciale $Q-Q_1 = b(P-P_1) + c(P-P_1)^2$

RIVIÈRE M'POZO



Ebiyoville, le 26 novembre 1911
(signé) R. Leuzinger

Hauteurs (limite supérieure) m. q.	Débits m. q.	V	V^2	V^3	V^4	V^5	V^6	Observations
49,720	10,185	—	—	—	—	—	—	—
49,725	10,351	0,015	0,0022	—	—	—	—	—
49,825	13,722	3,287	0,4756	0,0174	0,0624	0,0023	0,0003	—
49,865	15,146	2,961	0,4393	0,0210	0,0622	0,0030	0,0004	—
49,920	16,127	0,210	0,0378	0,0041	0,2179	0,0092	0,0019	—
49,948	17,250	0,228	0,0662	0,0620	0,2665	0,0118	0,0027	—
50,120	27,192	0,470	4,9933	0,2309	3,7568	0,1038	0,0488	—
50,260	33,152	0,510	10,3422	0,2916	5,8508	0,1674	0,0860	—
50,380	33,966	0,660	15,6954	0,4356	10,3590	0,2875	0,1597	—
50,620	35,652	0,900	30,1203	0,8100	27,1082	0,7290	0,6661	—
51,085	69,394	1,566	80,8203	1,8632	110,8182	2,5453	3,4716	—
51,460	88,528	1,740	136,3168	3,0276	337,1912	5,2680	9,1663	—
Σ	Σ	6,405	249,456	6,7356	394,2750	9,1155	13,6228	—

$$b = \frac{\sum [n^2 v] \sum [n^2 v^2] - (\sum [n^2 v])^2}{\sum [n^2 v^2] \sum [n^2 v^4] - (\sum [n^2 v^3])^2} = \frac{2679,339}{3600,297} = 0,7442$$

$$c = \frac{\sum [n^2 v] \sum [n^2 v^3] - \sum [n^2 v^2] \sum [n^2 v]}{\sum [n^2 v^2] \sum [n^2 v^4] - (\sum [n^2 v^3])^2} = \frac{2695,466}{3600,297} = 0,7487$$

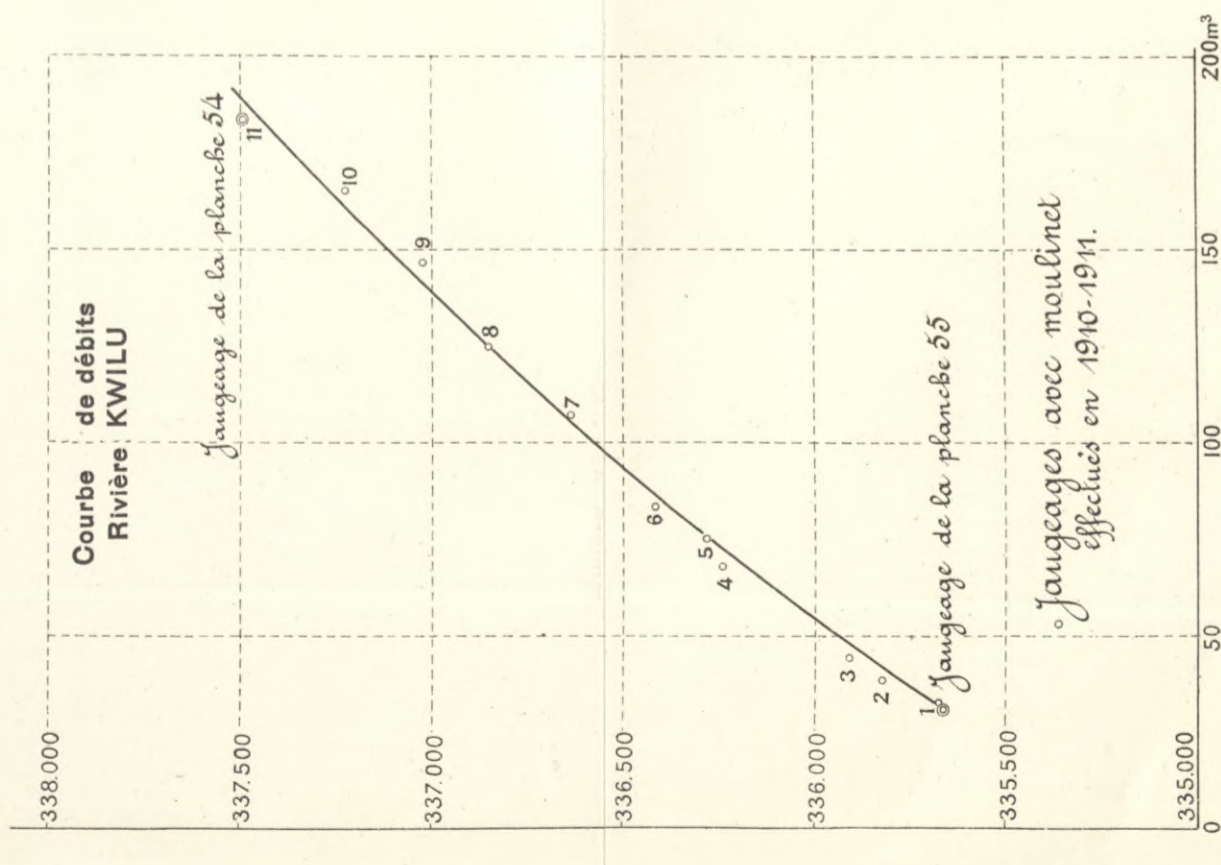
$$Q = 10,185 + 29,885(P - 0,720) + 8,996(P - 0,720)^2$$

Calcul de l'erreur moyenne

P	P_1	Q calculé	Q observé	ΔQ	Observations
0,720	—	10,185	10,185	0,000	—
0,735	0,5402	10,631	10,331	-0,300	Le jaugeage du niveau le plus bas étant effectué au moulinet, donne en général un résultat assez exact.
0,852	0,7259	14,283	13,772	-0,511	—
0,865	0,7182	14,703	13,146	-1,557	—
0,930	0,8649	16,854	15,127	-1,727	—
0,948	0,8987	17,465	19,350	+1,885	—
1,190	1,4161	27,192	27,192	0,000	—
1,260	1,5876	32,943	29,152	-3,791	—
1,380	1,9044	35,966	35,966	0,000	—
1,620	2,6944	44,565	44,565	0,000	—
2,085	4,3472	67,736	69,394	+1,658	—
2,460	6,0516	89,818	88,528	-1,290	—

$m =$ nombre de jaugeages
 $n =$ " d'inconnues
 $f =$ erreur moyenne

RIVIÈRE KWILU



Ebiyoville, le 28 novembre 1911
(signé) R. Leuzinger

Hauteurs (limite supérieure) m. q.	Débits m. q.	V	V^2	V^3	V^4	V^5	Observations	
335,664	51,043	—	—	—	—	—	—	
335,676	52,851	0,012	0,0016	—	—	—	—	
335,825	55,728	0,161	1,3380	0,0569	0,1993	0,0006	—	
335,911	54,719	0,247	3,3779	0,0610	0,8342	0,0037	—	
336,245	68,018	0,579	36,976	0,3352	12,2940	0,1123	—	
336,283	75,427	0,619	44,584	0,3831	17,0035	0,1467	—	
336,414	83,622	0,750	56,250	0,5626	20,5982	0,3164	—	
336,683	107,486	0,969	76,443	0,9389	71,7723	0,9098	—	
336,850	125,075	1,186	94,332	1,11219	132,5654	1,6682	—	
337,027	146,596	1,565	115,483	1,5771	214,5227	2,5220	—	
337,332	165,156	1,868	134,113	2,10392	289,7302	3,4446	—	
337,498	183,341	1,854	182,205	279,3145	612,245	11,3132	—	
Σ	Σ	9,388	729,526	925,5869	11,3931	1380,5443	16,0057	—

$$b = \frac{\sum [n^2 v] \sum [n^2 v^2] - (\sum [n^2 v])^2}{\sum [n^2 v^2] \sum [n^2 v^4] - (\sum [n^2 v^3])^2} = \frac{230,8227}{20,0854} = 11,495$$

$$c = \frac{\sum [n^2 v] \sum [n^2 v^3] - \sum [n^2 v^2] \sum [n^2 v]}{\sum [n^2 v^2] \sum [n^2 v^4] - (\sum [n^2 v^3])^2} = \frac{22,444}{2113,6876} = 0,0106$$

$$Q = 31,043 + 65,092(P - 0,664) + 11,495(P - 0,664)^2$$

Calcul de l'erreur moyenne

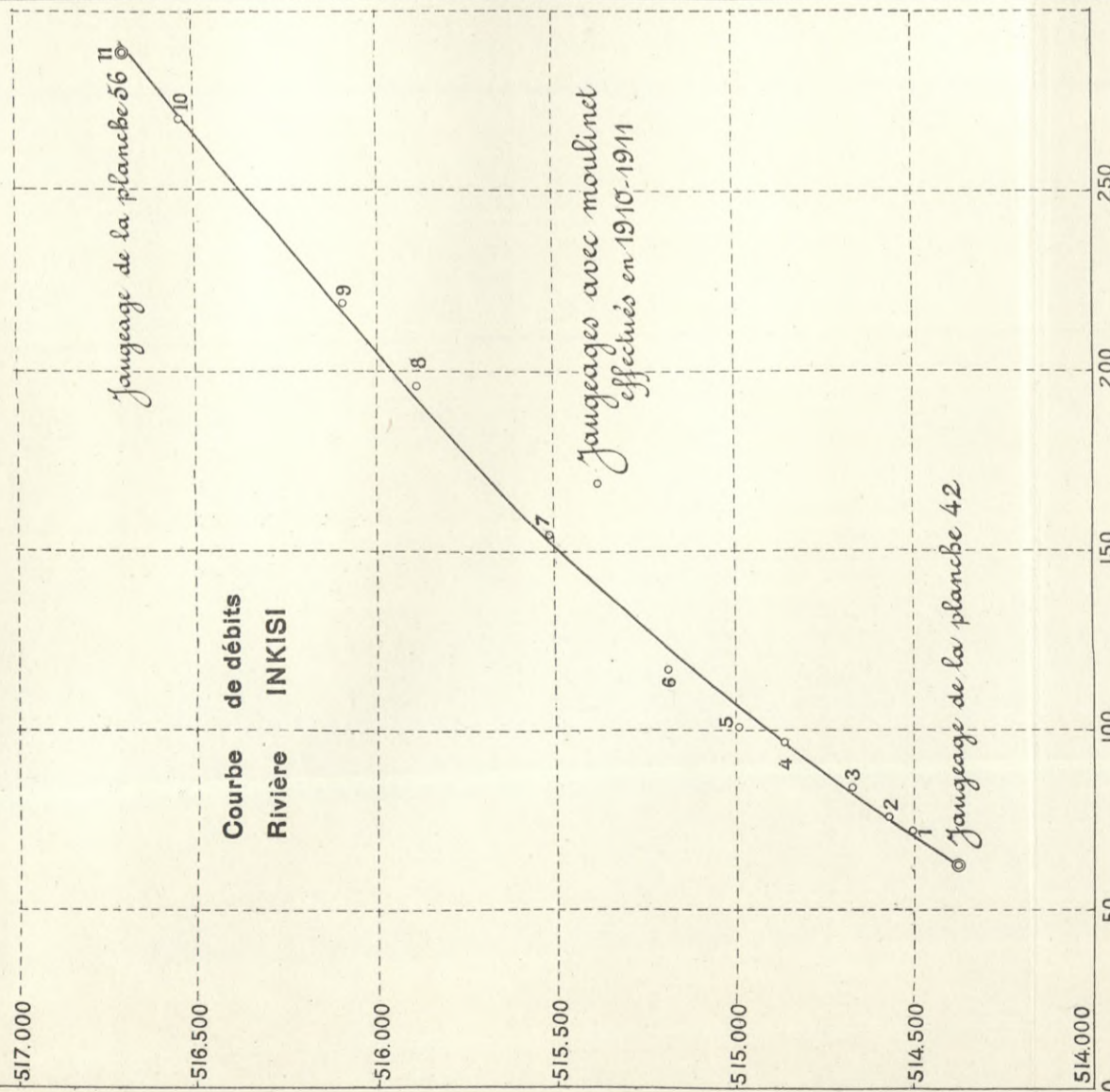
P	P_1	Q calculé	Q observé	ΔQ	Observations
0,664	—	31,043	31,043	0,000	—
0,676	0,4569	52,851	52,851	0,000	—
0,825	0,6806	55,996	55,728	-0,268	—
0,911	0,8259	57,820	54,719	-3,101	—
1,243	1,6450	84,894	75,427	-9,467	—
1,283	1,6460	84,894	83,622	-1,272	—
1,414	1,9903	94,332	94,332	0,000	—
1,633	2,6666	115,483	107,486	-7,997	—
1,850	3,4226	134,113	125,075	-9,038	—
2,027	4,1087	146,596	141,117	-5,479	—
2,232	4,9818	165,156	161,566	-3,590	—
2,498	6,2400	179,314	183,341	+4,027	—

$m =$ nombre de jaugeages
 $n =$ " d'inconnues
 $f =$ erreur moyenne

CALCUL DE L'ÉQUATION DE LA COURBE DES DÉBITS

d'après la méthode des moindres carrés avec l'application de la formule spéciale Q-Q, = b (P-P₁) + c (P-P₁)²

RIVIÈRE INKISI



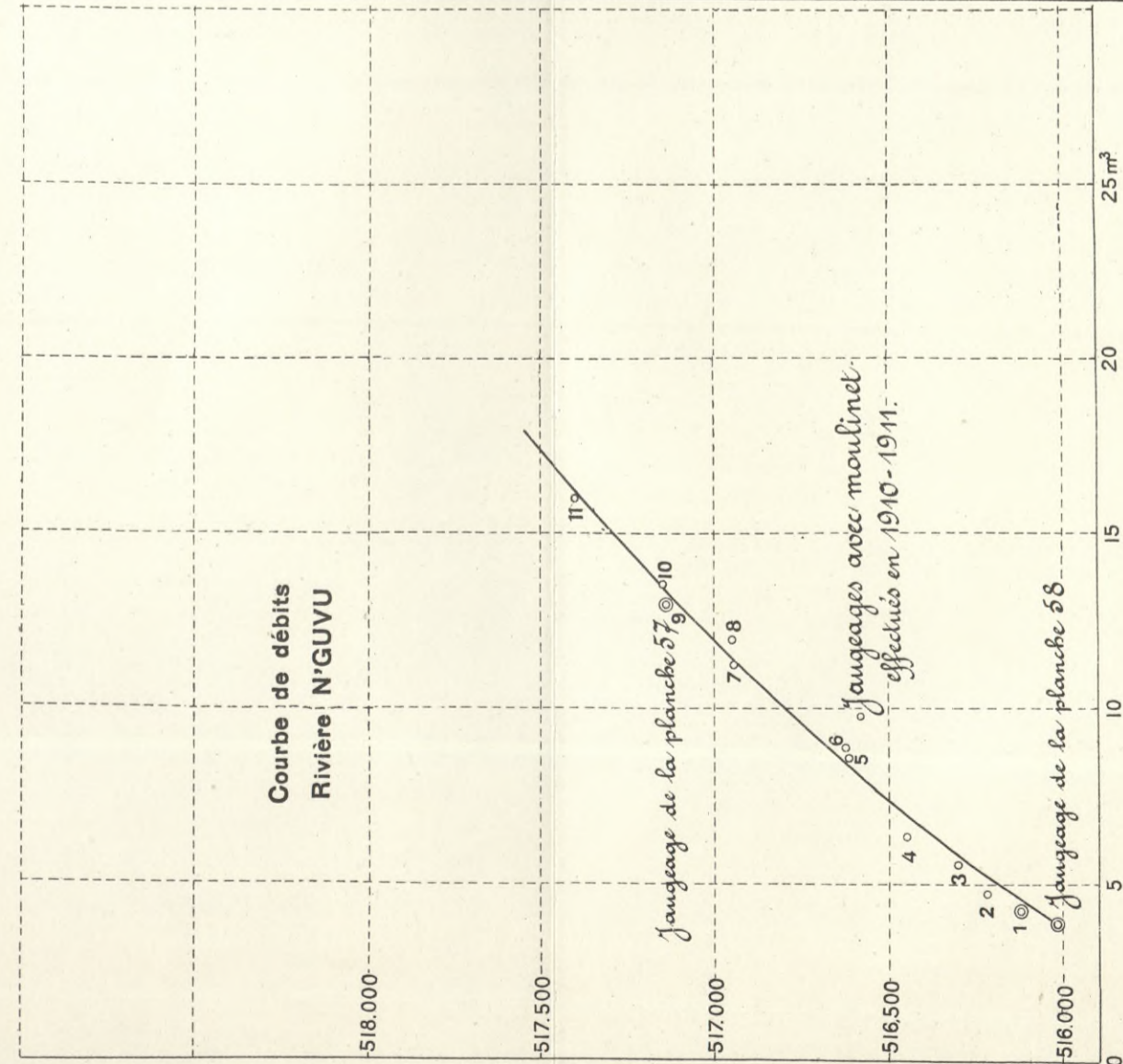
Chijoville, le 27 novembre 1911 (signé) R. Leuzinger.

Table with 11 columns: Hauteur (m), Débit (m³/s), V, u, v, w, n², n²v, n²w, n³, n³v, n³w, Observations. It contains 11 rows of data points and summary statistics.

Mathematical derivations for the least squares method. Includes formulas for delta, beta, and gamma, and the final equation Q = 62.292 + 62.016(P - 0.376) + 15.624(P - 0.376)².

Table titled 'Calcul de l'erreur moyenne' (Calculation of mean error). It lists calculated values for Q and the error delta Q for each data point, along with a summary of the mean error.

RIVIÈRE N'GUVU



Chijoville, le 26 novembre 1911 (signé) R. Leuzinger.

Table with 11 columns: Hauteur (m), Débit (m³/s), V, u, v, w, n², n²v, n²w, n³, n³v, n³w, Observations. It contains 11 rows of data points and summary statistics.

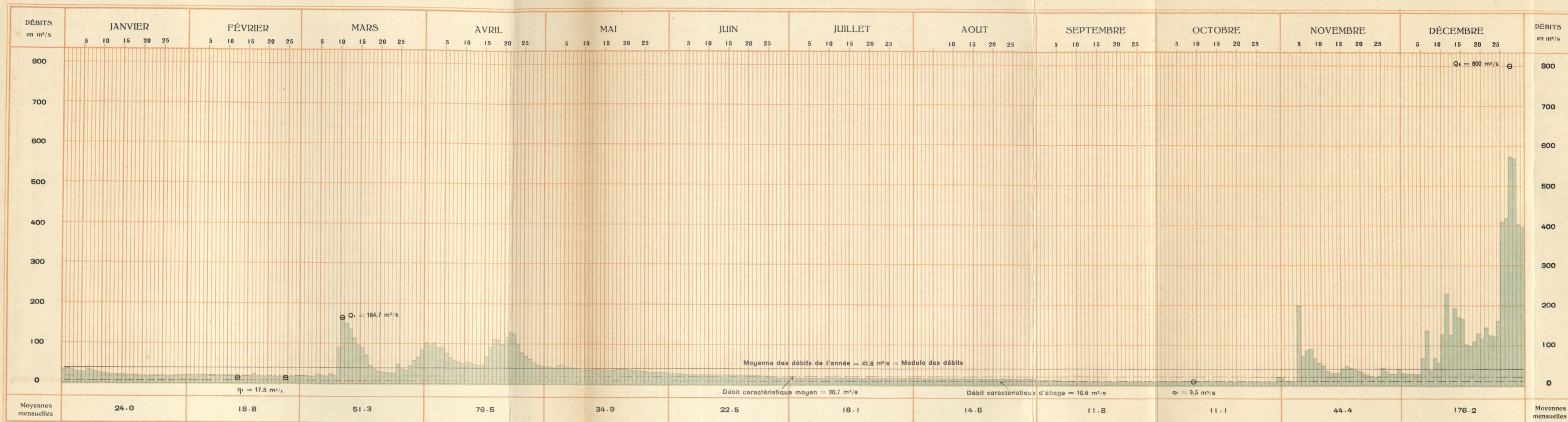
Mathematical derivations for the least squares method for the N'Guvu river. Includes formulas for delta, beta, and gamma, and the final equation Q = 3.884 + 6.544(P - 0.019) + 1.699(P - 0.019)².

Table titled 'Calcul de l'erreur moyenne' (Calculation of mean error) for the N'Guvu river. It lists calculated values for Q and the error delta Q for each data point, along with a summary of the mean error.

Rivière : M'POZO

GRAPHIQUE DES DÉBITS JOURNALIERS MOYENS POUR L'ANNÉE 1911

Profil : 10 m. en aval du pont



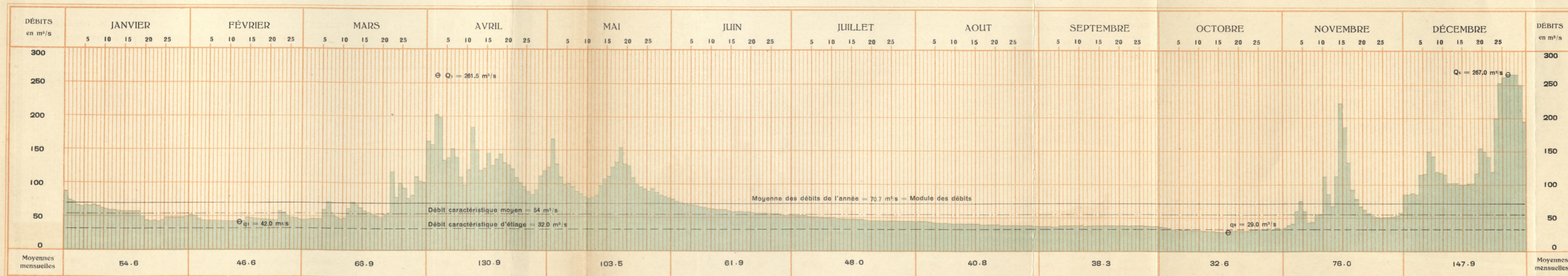
REMARQUES. — Débits maxima de l'année : $Q_1 = 164.7 \text{ m}^3/\text{s}$, le 11 mars 1911, et $Q_2 = 800 \text{ m}^3/\text{s}$, le 28 décembre 1911, maximum absolu.
 Débits minima de l'année : $q_1 = 17.5 \text{ m}^3/\text{s}$, le 13, 14, 16, 18, 25 février 1911, et $q_2 = 9.5 \text{ m}^3/\text{s}$, le 10 octobre 1911, minimum absolu.

ÉCHELLES } 1 jour = 1.5 m/m.
 } 100 m³ = 1.5 m/m.

Rivière : KWILU

GRAPHIQUE DES DÉBITS JOURNALIERS MOYENS POUR L'ANNÉE 1911

Profil : 131.30 m. en amont du pont



REMARQUES. — Débits maxima de l'année : $Q_1 = 261.5 \text{ m}^3/\text{s}$, le 3 avril 1911, et $Q_2 = 267.0 \text{ m}^3/\text{s}$, le 27 décembre 1911, maximum absolu.
 Débits minima de l'année : $q_1 = 42.0 \text{ m}^3/\text{s}$, le 13 février 1911, et $q_2 = 29.0 \text{ m}^3/\text{s}$, le 18 octobre 1911, minimum absolu.

ÉCHELLES } 1 jour = 1.5 m/m.
 } 100 m³ = 2.5 m/m.

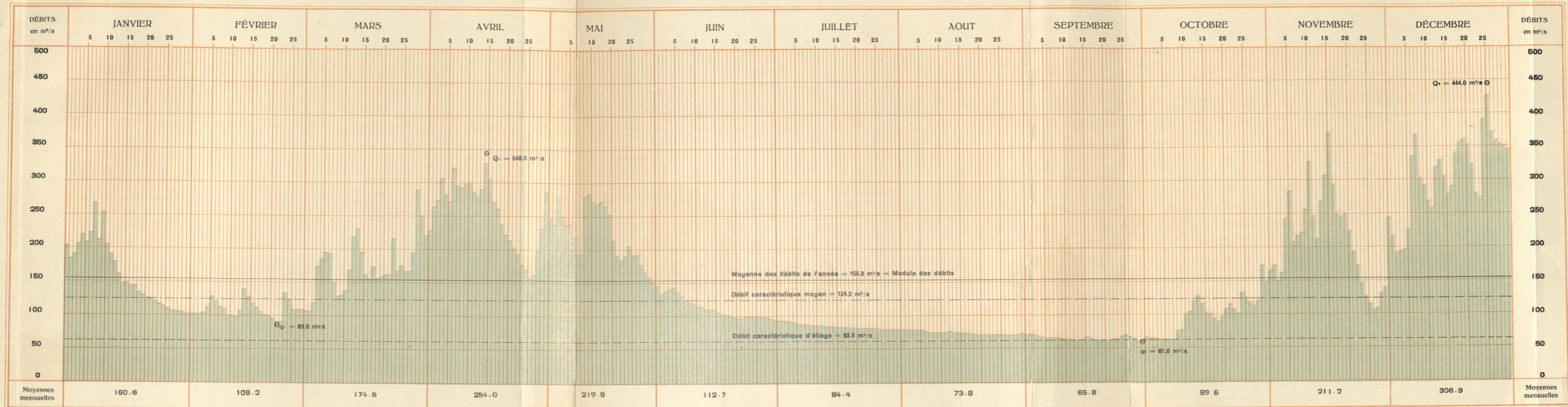
DÉFINITIONS DES DÉBITS. — Le module est égal à la moyenne des débits de l'année.
 Le débit caractéristique moyen d'une année est celui en dessous duquel le cours d'eau n'est pas descendu plus de 180 jours au plus consécutifs ou non.
 Le débit caractéristique d'étiage d'une année est celui en dessous duquel le cours d'eau n'est pas descendu plus de 10 jours au plus consécutifs ou non.



GRAPHIQUES DES DÉBITS JOURNALIERS MOYENS POUR L'ANNÉE 1911

Rivière : INKISI

Profil : 12 m. en aval du pont



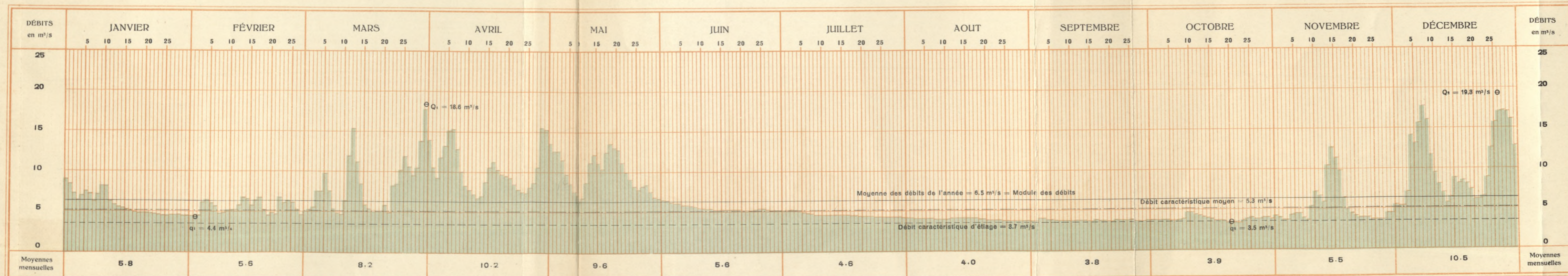
REMARQUES. — Débits maxima de l'année : $Q_1 = 348.0 \text{ m}^3/\text{s}$, le 15 avril 1911, et $Q_2 = 40 \text{ m}^3/\text{s}$, le 26 décembre 1911, maximum absolu.
 Débits minima de l'année : $q_1 = 89.0 \text{ m}^3/\text{s}$, le 22 février 1911, et $q_2 = 6 \text{ m}^3/\text{s}$, le 30 septembre 1911, minimum absolu.

ÉCHELLES $\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ jour} = 1.5 \text{ m/m.} \\ 10 \text{ m}^3 = 2.5 \text{ m/m.} \end{array} \right.$

GRAPHIQUES DES DÉBITS JOURNALIERS MOYENS POUR L'ANNÉE 1911

Rivière : N'GUVU

Profil : 1 m. en amont du pont



REMARQUES. — Débits maxima de l'année : $Q_1 = 18.6 \text{ m}^3/\text{s}$, le 31 mars 1911, et $Q_2 = 19.3 \text{ m}^3/\text{s}$, le 27 décembre 1911, maximum absolu.
 Débits minima de l'année : $q_1 = 4.4 \text{ m}^3/\text{s}$, le 2 février 1911, et $q_2 = 3.5 \text{ m}^3/\text{s}$, le 21 octobre 1911, minimum absolu.

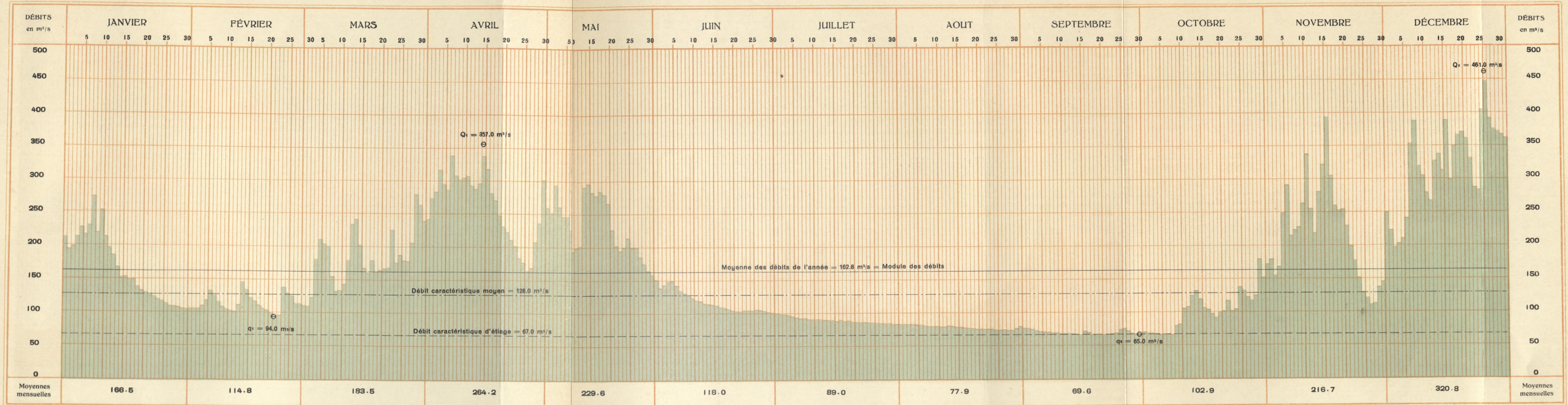
ÉCHELLES $\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ jour} = 1.5 \text{ m/m.} \\ 1 \text{ m}^3 = 3 \text{ m/m.} \end{array} \right.$

DÉFINITIONS DES DÉBITS. — Le module est égal à la moyenne des débits de l'année.
 Le débit caractéristique moyen d'une année est celui en dessous duquel le cours d'eau est pas descendu plus de 180 jours au plus consécutifs ou non.
 Le débit caractéristique d'étiage d'une année est celui en dessous duquel le cours d'eau est pas descendu plus de 10 jours au plus consécutifs ou non.

GRAPHIQUES DES DÉBITS JOURNALIERS MOYENS POUR L'ANNÉE 1911

Rivière : INKISI

Profil : Passage d'eau à Kilemfu



REMARQUES. — Débits maxima de l'année : $Q_1 = 357.0 \text{ m}^3/\text{s}$, le 15 avril 1911, et $Q_2 = 461.0 \text{ m}^3/\text{s}$, le 26 décembre 1911, maximum absolu.
 Débits minima de l'année : $q_1 = 94.0 \text{ m}^3/\text{s}$, le 22 février 1911, et $q_2 = 65.0 \text{ m}^3/\text{s}$, le 30 septembre 1911, minimum absolu.

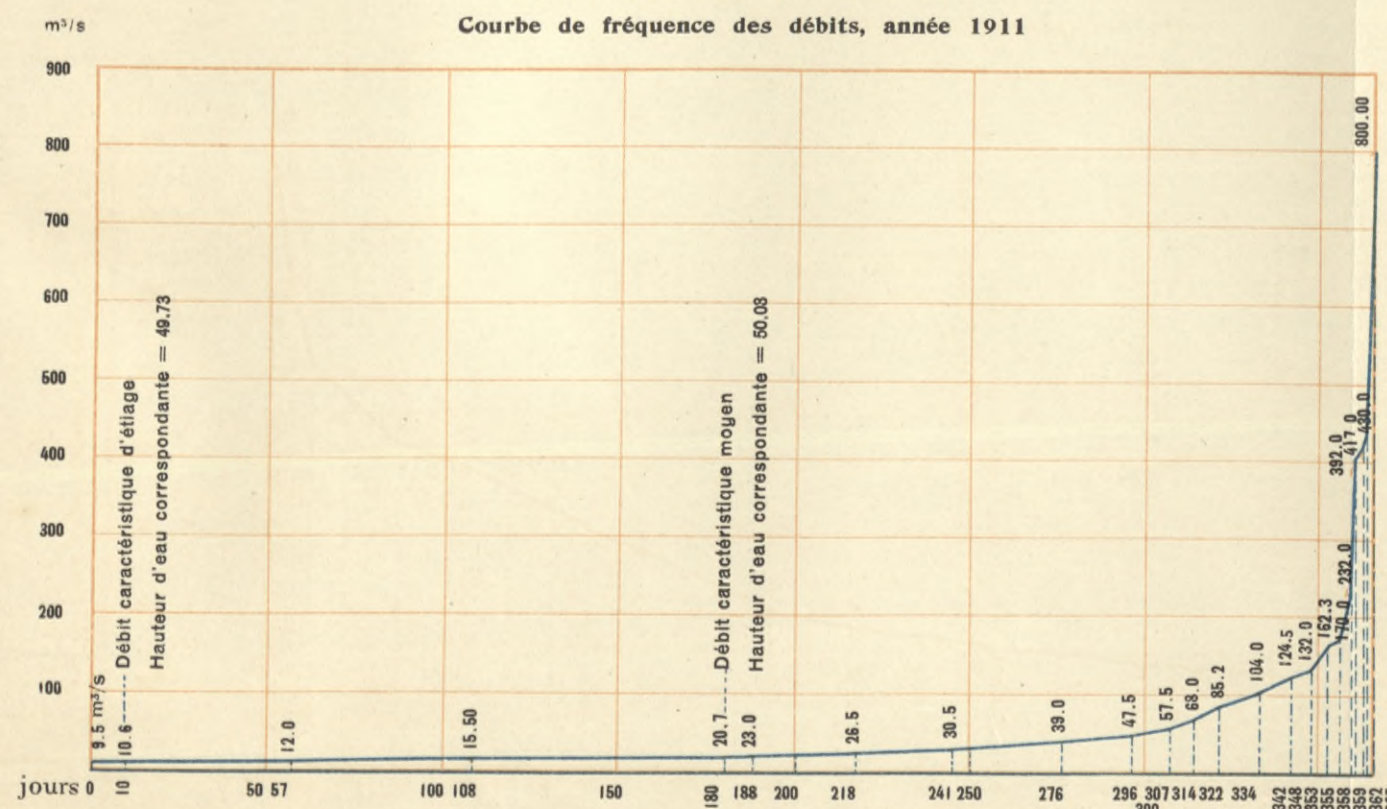
ÉCHELLES } 1 jour = 1.5 m/m.
 } 10 m³ = 2.5 m/m.

DEFINITIONS DES DÉBITS. — Le module est égal à la moyenne des débits de l'année.
 Le débit caractéristique moyen d'une année est celui en dessous duquel le cours d'eau n'a pas descendu plus de 180 jours au plus consécutifs ou non.
 Le débit caractéristique d'étiage d'une année est celui en dessous duquel le cours d'eau n'a pas descendu plus de 10 jours au plus consécutifs ou non.

COURBES DE FRÉQUENCE POUR L'ANNÉE 1911

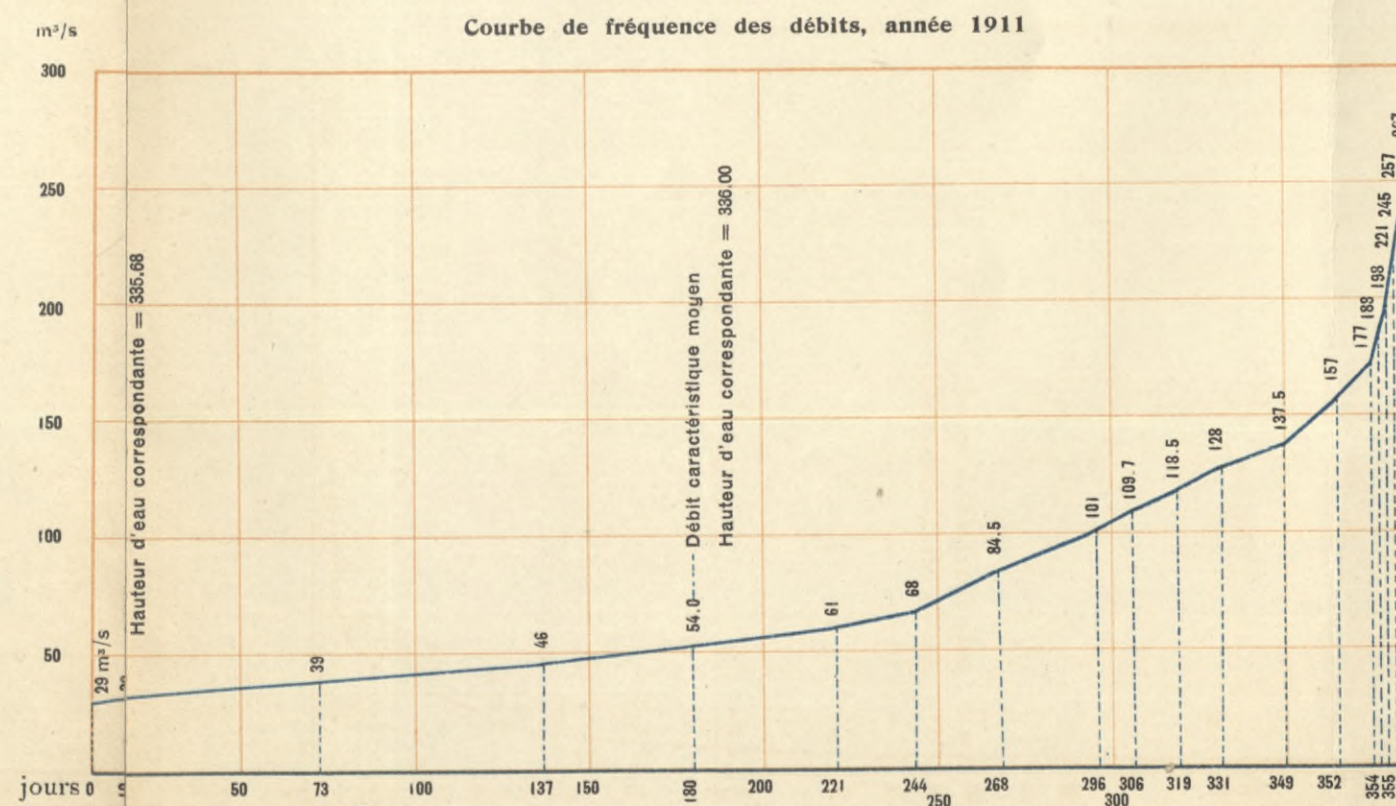
STATION DE LA M'POZO

Courbe de fréquence des débits, année 1911



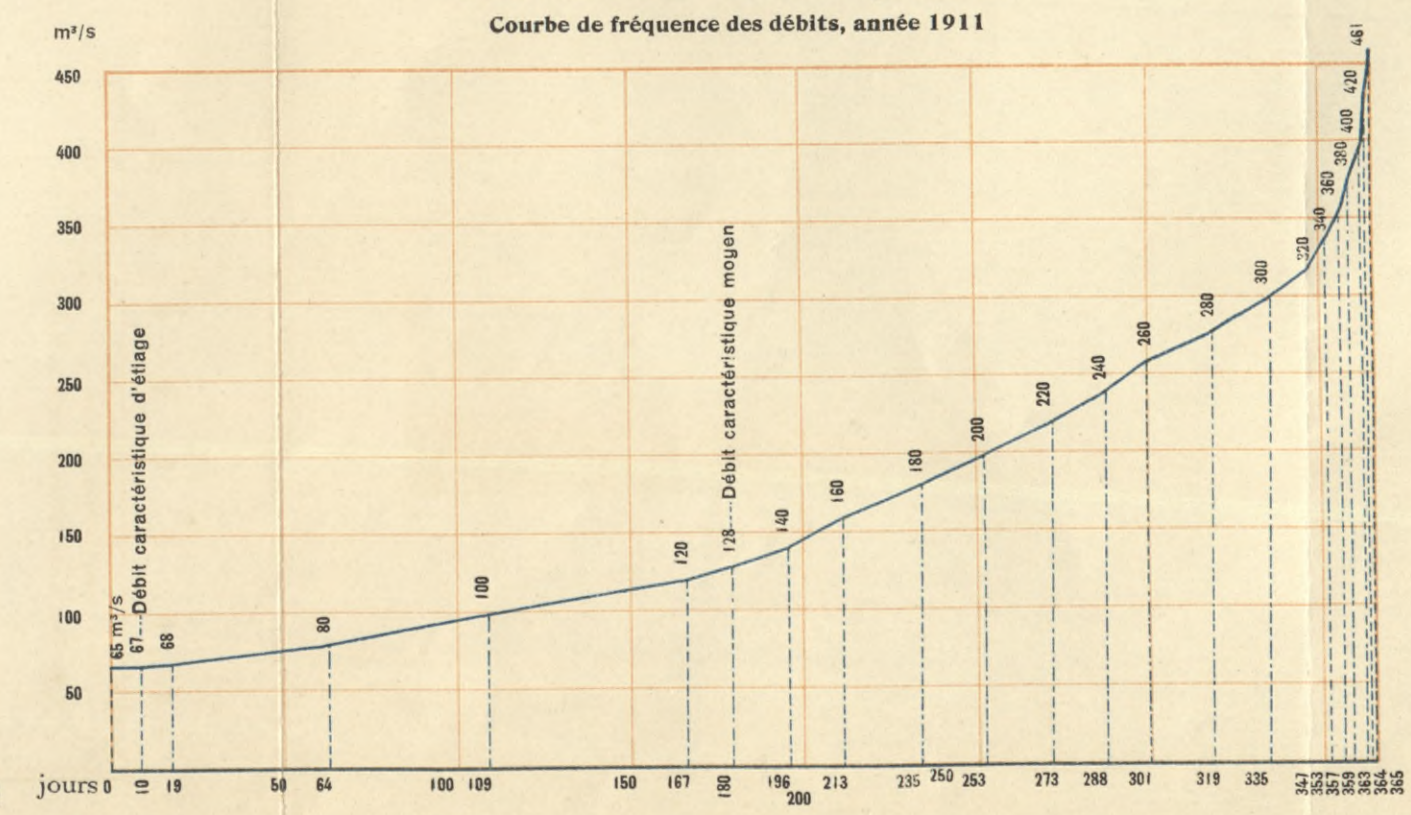
STATION DU KWILU

Courbe de fréquence des débits, année 1911



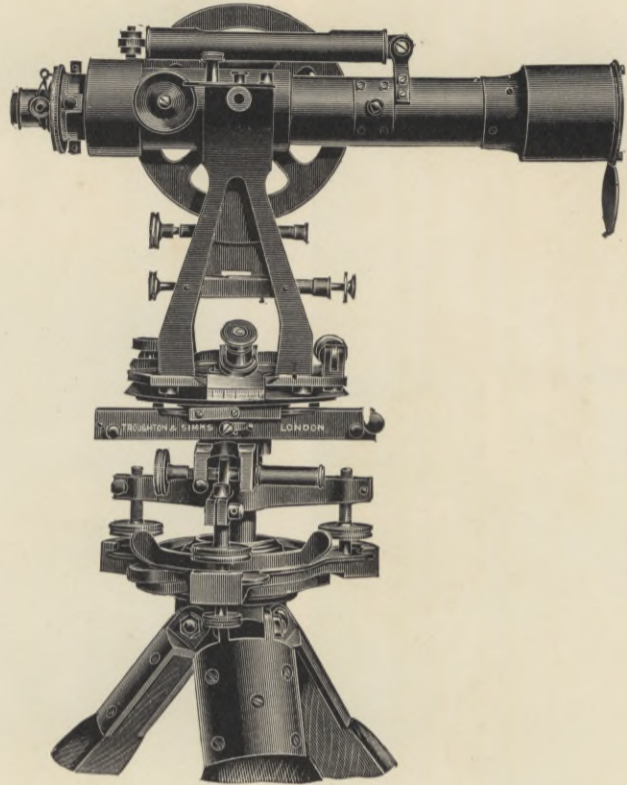
STATION DE L'INKISI (Kilemfu)

Courbe de fréquence des débits, année 1911



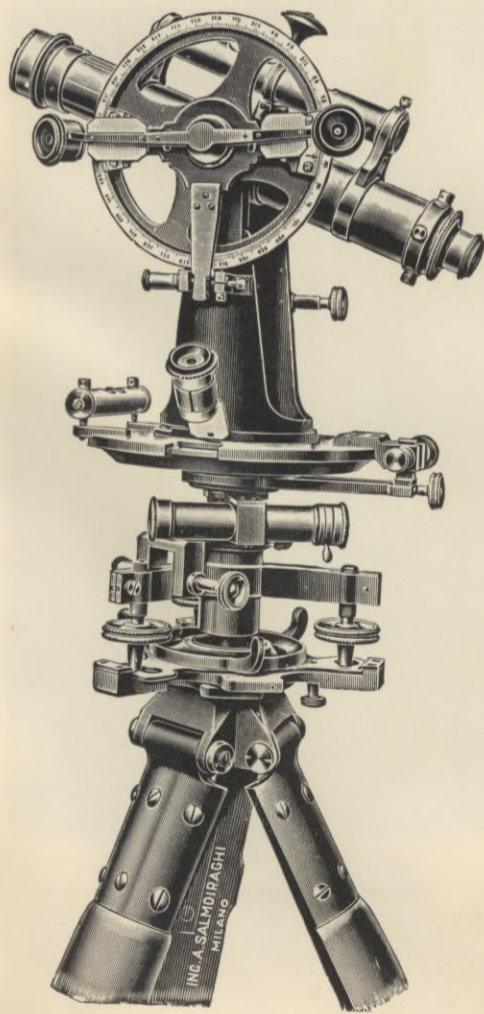
TYPES DE TACHÉOMÈTRES DU SERVICE F. H. B. C.

Troughton et Simms (grand modèle)

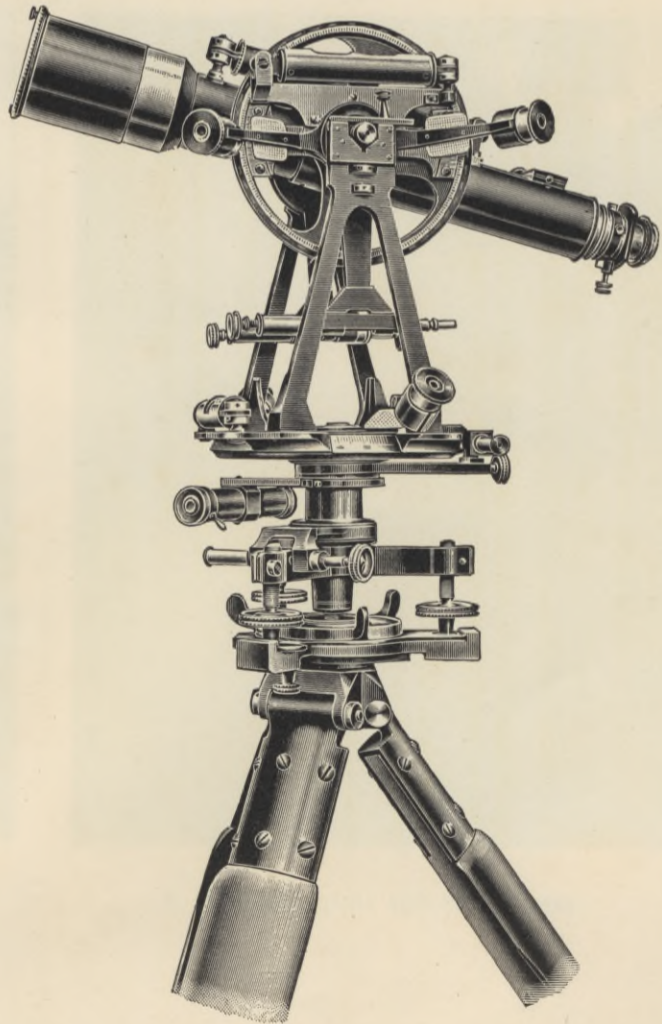


Tachéomètres Salmoiraghi

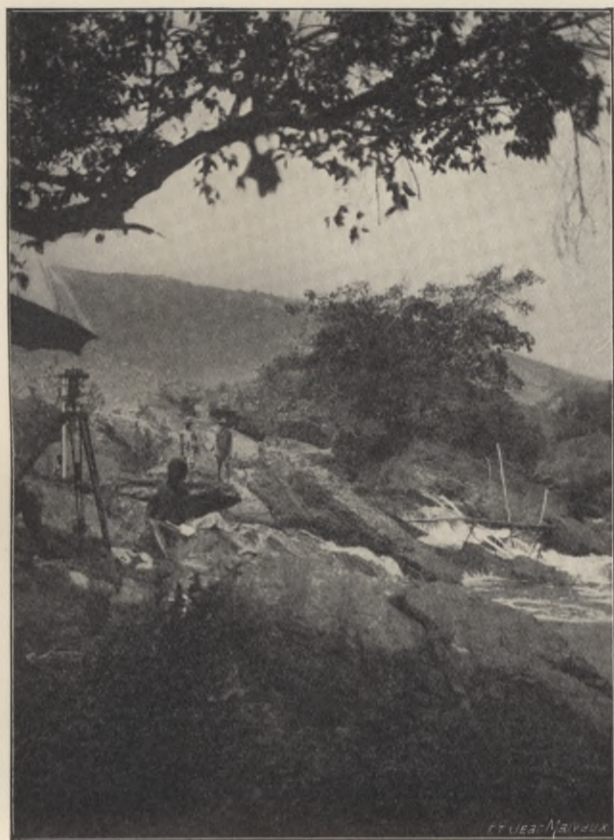
Moyen modèle



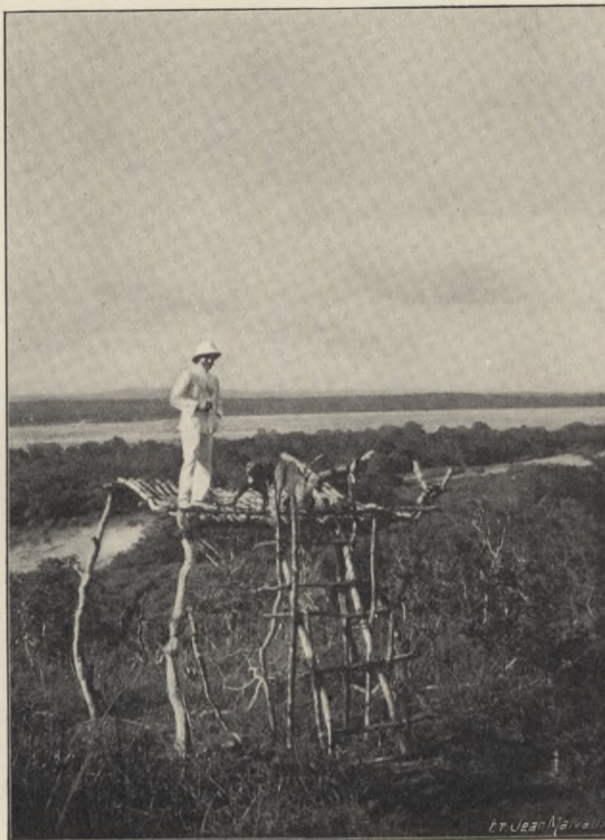
Grand modèle



TRAVAUX TACHÉOMÉTRIQUES



A Yelala



A Léopoldville

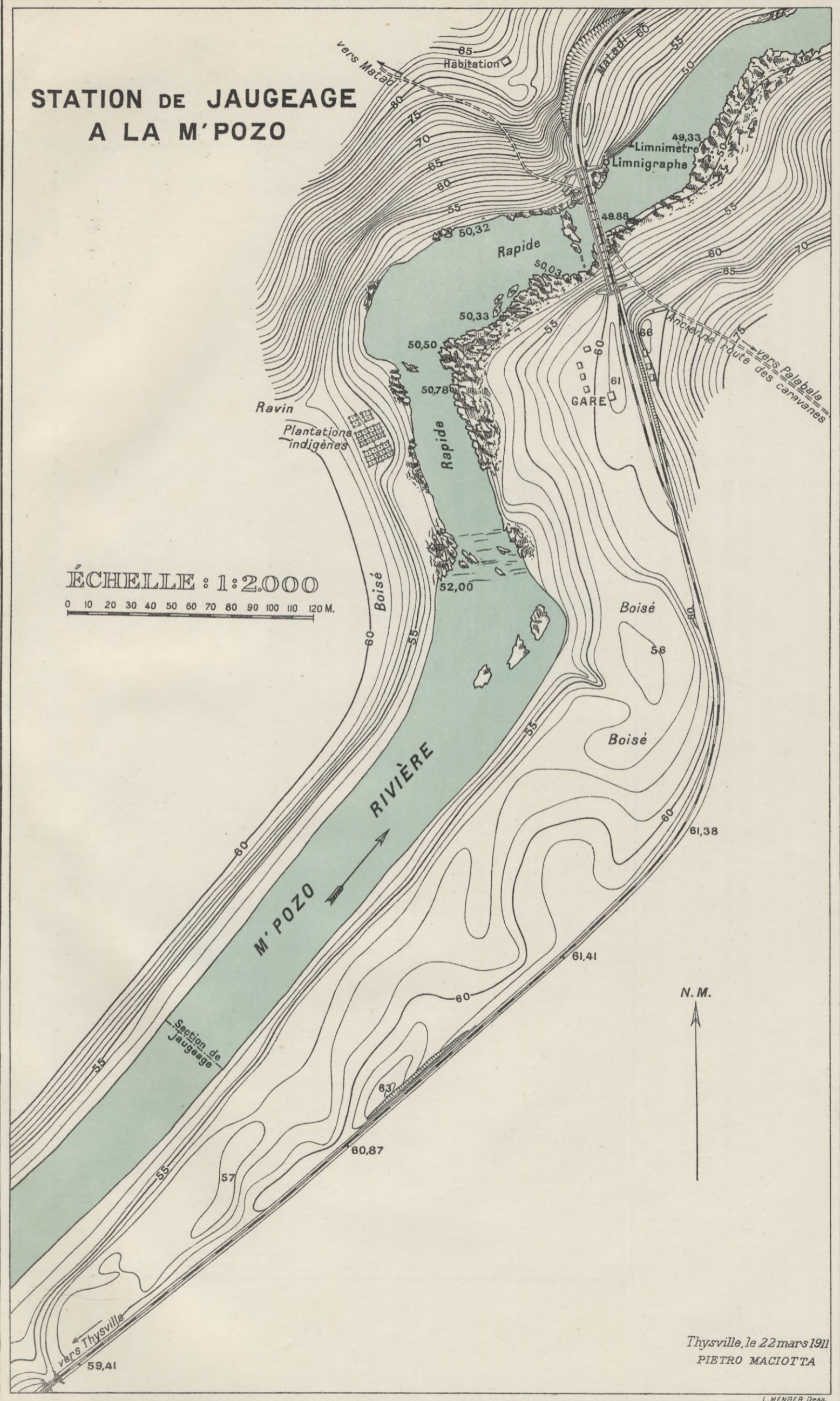


A Zongo-Matanda

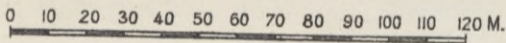


A Kilemfu (pont sur la Wungu)

STATION DE JAUGEAGE A LA M'POZO



ÉCHELLE : 1:2.000



N. M.

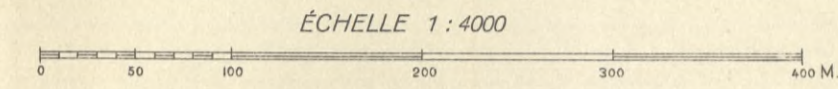
Thysville, le 22 mars 1911
PIETRO MACIOTTA

L. MENGER, Dess.

R.Thys et R.Leuzinger.

PLAN TACHÉOMÉTRIQUE DES ABORDS DES CHUTES ZONGO-MATANDA-SENGELE

Relevé tachéométrique exécuté par M. l'Ingénieur HAASS



LÉGENDE :

- Emplacements favorables des usines A-B-C.
- Appareil à maxima.
- Parois à pic.
- Éboulis de roches.
- Piquet en fer.
- Polygone tachéométrique.
- Parties boisées.
- Endroits d'où ont été prises des vues photographiques.

N. B. Les altitudes du plan tachéométrique doivent être relevées de 210 m. pour obtenir les altitudes absolues au-dessus du niveau de la mer.





Tableau des hauteurs de pluie mensuelles pour la saison 1910-1911

BASSIN	N°	STATION	KILOM.	ALTITUDES EN MÈTRES	1910								1911					TOTAL
					août	sept.	oct.	nov.	déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet		
M'Pozo.	1	Palabala . . .	16	272.00	—	20.0	17.3	131.3	67.5	8.2	2.3	114.1	90.0	12.8	—	—	—	463.5
	2	Lola . . .	29	240.00	—	—	1.2	97.1	62.4	0.4	—	160.3	68.2	6.5	—	—	—	396.1
	3	Sanskua . . .	124	352.00	—	—	50.2	142.5	82.4	31.9	35.2	117.4	199.0	57.3	—	—	—	715.9
Kwilu . . .	4	Malanga . . .	135	373.00	—	6.5	35.0	181.3	58.7	39.0	22.7	120.7	158.3	57.0	—	—	—	679.2
	5	Gongo . . .	197	452.00	—	—	40.9	158.0	189.0	2.8	26.0	175.3	227.0	112.6	—	—	—	931.6
	6	Luvu . . .	212	520.00	—	19.1	41.1	203.0	163.1	17.4	50.6	247.7	297.8	99.9	—	—	—	1,139.7
	7	Thysville . . .	231	751.00	—	28.2	46.0	262.2	235.0	31.1	70.9	188.2	195.4	110.5	1.4	—	—	1,168.9
Inkisi . . .	8	Muala . . .	244	610.00	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	9	Inkisi . . .	266	560.00	3.0	23.3	112.4	257.3	134.9	24.8	204.1	231.6	153.7	150.3	—	—	—	1,295.4
	10	Wungu . . .	286	605.00	—	9.8	101.1	373.2	124.7	33.9	83.6	249.3	213.5	136.8	—	—	—	1,325.9
Lukusu . . .	11	Lukusu . . .	298	549.00	—	8.6	63.2	300.2	194.1	42.3	111.9	250.3	266.8	113.6	—	—	—	1,351.0
	12	Lemfu . . .	Mission	650.00?	—	26.6	65.9	202.9	171.7	23.5	118.1	261.6	210.0	126.0	4.7	—	—	1,211.0

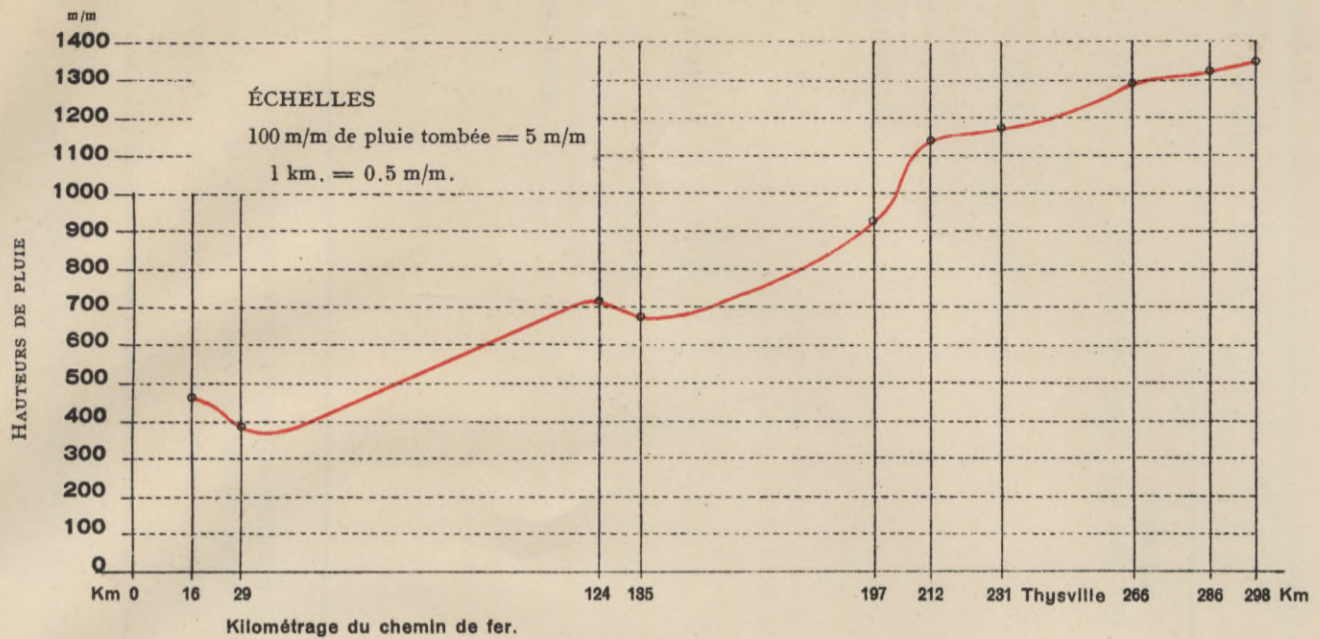
OBSERVATIONS } Les observations du poste de la Muala manquent faute d'observateur.
 Les pluviomètres n'ayant été installés qu'au 1er octobre 1910 on a adopté pour les mois d'août et de septembre 1910 les valeurs correspondantes de l'année 1911.
 La quantité de pluie tombée en août et septembre est du reste toujours peu importante.

Tableau des hauteurs de pluie annuelles, des nombres de jours de pluie et des hauteurs de pluie maxima pour la saison 1910-1911

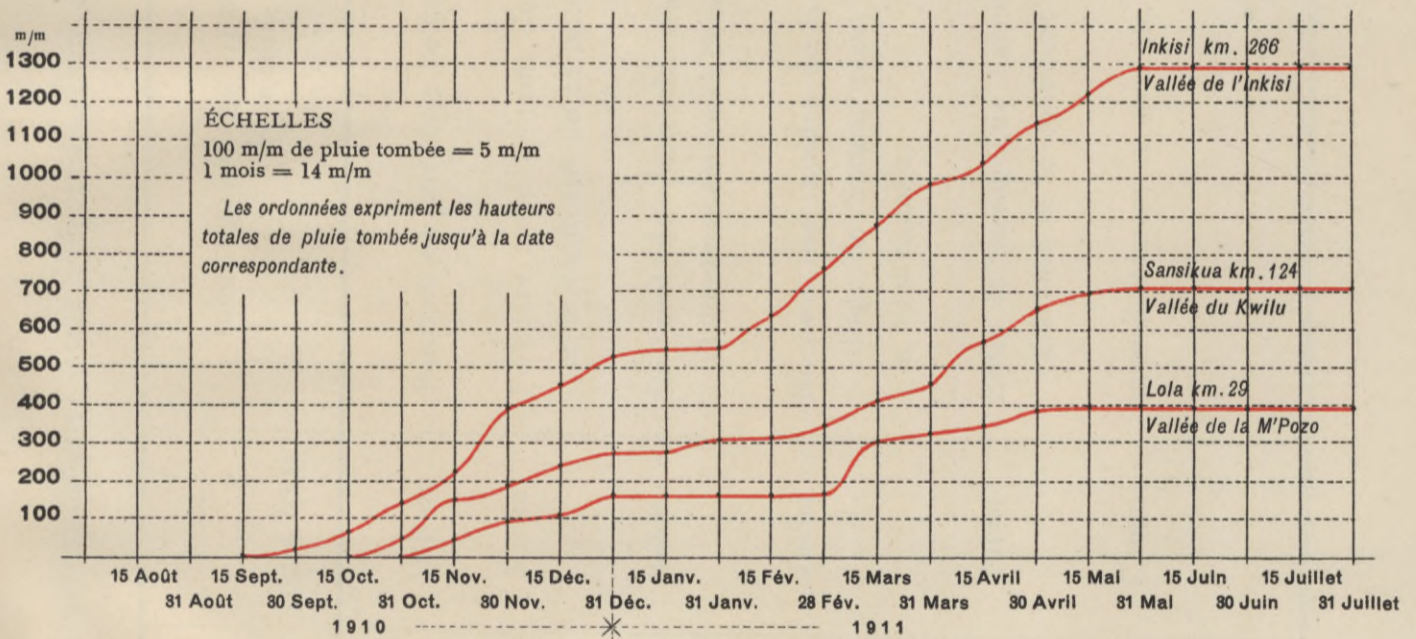
BASSIN	N°	STATION	KILOMÈTRE	ALTITUDES EN MÈTRES	HAUTEURS EN M/M DE PLUIE TOMBÉE PENDANT LA SAISON DES PLUIES 1910-1911	NOMBRE DE JOURS DE PLUIE PENDANT LA saison des pluies 1910-1911	MOYENNE PAR JOUR DE PLUIE	HAUTEURS MAXIMA		OBSERVATIONS
								M/M	DATE	
M'Pozo	1	Palabala . . .	16	272.00	463.5	41	11.3	44.9	15 Novembre 1910	* 19.3 est la plus forte moyenne par jour de pluie pen- dant la saison des pluies 1910- 1911. * 101.0 m/m est la hauteur maximum d'eau tombée pen- dant la journée de plus forte pluie pendant la saison des pluies 1910-1911. Les observations du poste de la Muala manquent faute d'observateur.
	2	Lola . . .	29	240.00	396.1	24	16.5	48.6	22 Décembre 1910	
Kwilu	3	Sansikua . . .	124	352.00	715.9	59	12.1	42.3	25 Mars 1911	
	4	Malanga . . .	135	373.00	679.2	57	11.9	45.0	18 Novembre 1910	
	5	Gongo . . .	197	452.00	931.6	62	15.0	45.2	12 Avril 1911	
Inkisi	6	Luvu . . .	212	520.00	1139.7	75	15.2	62.4	11 Mars 1911	
	7	Thysville . . .	231	751.00	1168.9	94	12.4	88.0	26 Décembre 1910	
Inkisi	8	Muala . . .	244	610.00	—	—	—	—	—	
	9	Inkisi . . .	266	560.00	1295.4	67	19.3*	101.0*	23 Février 1911	
	10	Wungu . . .	286	605.00	1325.9	96	13.8	91.2	15 Novembre 1910	
	11	Lukusu . . .	298	549.00	1351.0	94	14.4	92.4	29 Mars 1911	
	12	Lemfu . . .	Mission	650.00 ?	1211.0	90	13.4	88.5	29 Mars 1911	

Graphique des hauteurs totales de pluie tombée pendant la saison des pluies 1910-1911

AUX DIFFÉRENTES STATIONS PLUVIOMÉTRIQUES



Graphique donnant les relations entre les quantités de pluie tombées dans les vallées de l'Inkisi, du Kwilu et de la M'Pozo 1910-1911



Graphique donnant la chute journalière moyenne pour chaque mois 1910-1911

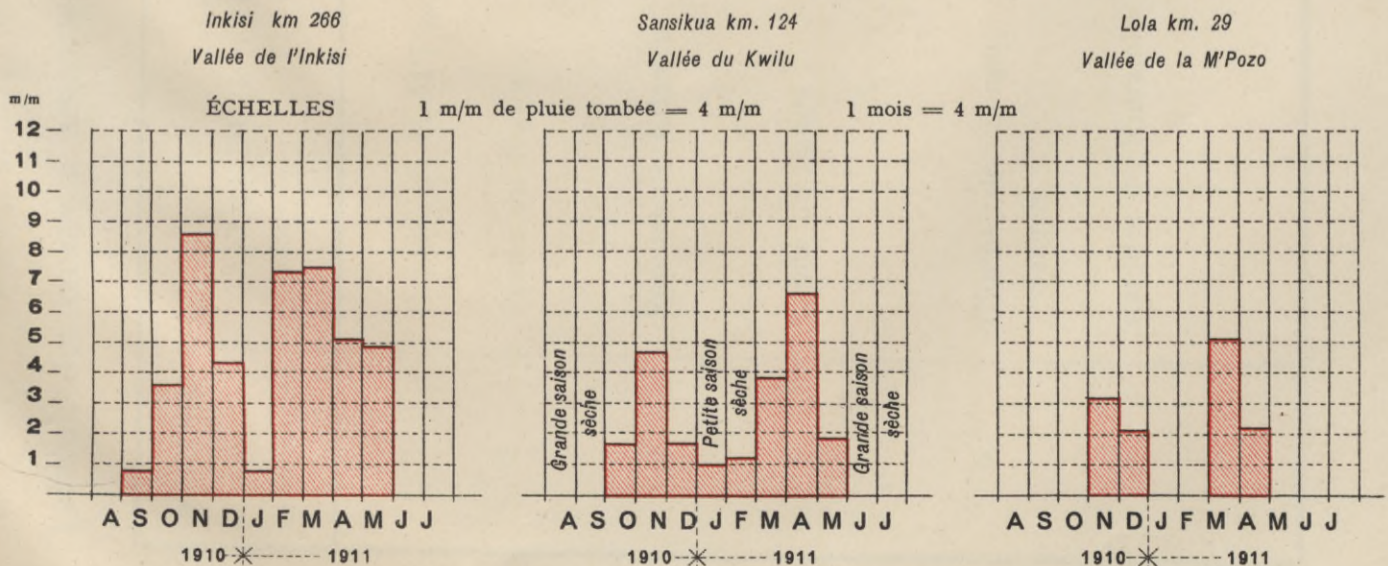


Tableau des chutes à réserver, par le Gouvernement, pour l'électrification du chemin de fer du Congo, de Matadi à Stanley-Pool

NUMÉROS DES EMPLACEMENTS	NOM DE LA CHUTE	NOM DU COURS D'EAU	DÉSIGNATION DE L'EMPLACEMENT (voir carte)	Puissance minimum disponible (calculée à l'aide du débit minimum constaté en 1911 et de la chute utilisable relevée au tachéomètre).
1	Rapides de la M'Pozo	M'Pozo	Parcours en territoire belge.	3.500 HP
2	Pertes du Kwilu	Kwilu	Parcours entre le pont du chemin de fer et le confluent de la Sansikua.	9.300 HP
3	Rapides de Kilemfu	Inkisi	En aval du pont du chemin de fer à 9 kilomètres environ à l'ouest de Madimba.	11.700 HP
4	Chute de Sanga	Inkisi	En aval des rapides de Kilemfu, près du village de Sanga, avant le confluent de la Vini-Kiamfu.	12.350 HP
5	Chutes de Zongo, Matanda- Sengele	Inkisi	Entre le passage de l'ancienne route des caravanes et le confluent du Congo.	71.500 HP
6	Rapides de Kintambo	Congo	Immédiatement en aval de Léopoldville.	5.500 HP
				(à raison d'un débit pratiquement utilisable).
			TOTAL	113.850 HP



5. 6021

S. 61

Biblioteka Główna Politechniki Krakowskiej

IV-35260



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000302764