

Académie royale
des
Sciences coloniales
—
CLASSE
DES SCIENCES TECHNIQUES
—
Mémoires in-8°. Nouvelle série.
Tome VII, fasc. 2.

Koninklijke Academie
voor
Koloniale Wetenschappen
—
KLASSE
DER TECHNISCHE WETENSCHAPPEN
—
Verhandelingen in-8°. Nieuwe reeks.
Boek VII, aflev. 2.

État des données techniques relatives au projet d'équipement hydro-électrique du fleuve Congo à Inga

PAR

P. GEULETTE

DIRECTEUR GÉNÉRAL HONORAIRE AU CONGO BELGE
MEMBRE DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES COLONIALES



Rue de Livourne, 80A
BRUXELLES

Livornostraat, 80A
BRUSSEL

1957

PRIX : F 75
PRIJS:

État des données techniques
relatives au projet d'équipement
hydro-électrique du fleuve Congo
à Inga

PAR

P. GEULETTE

DIRECTEUR GÉNÉRAL HONORAIRE AU CONGO BELGE
MEMBRE DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES COLONIALES

Mémoire présenté à la séance du 21 décembre 1956

État des données techniques relatives au projet d'équipement hydro-électrique du fleuve Congo à Inga

I. INTRODUCTION.

Dans une communication précédente ⁽¹⁾, on s'est efforcé de situer dans son plan général la question de l'aménagement hydro-électrique du fleuve Congo à Inga.

De leur côté, MM. DE KEYSER et DE MAGNÉE ont présenté ⁽²⁾, l'aspect économique du problème, en passant en revue les matières premières de toute provenance susceptibles d'entrer dans la zone d'activité d'Inga, le minerai d'uranium excepté. Ils ont, en outre, considéré d'une façon plus approfondie les matières premières en provenance de la côte occidentale d'Afrique.

Le but de la présente communication est uniquement de faire le point de l'aspect technique de l'équipement hydro-électrique en se limitant d'ailleurs aux données nécessaires à son étude.

Il faut noter, en effet, que depuis quelques mois quatre bureaux d'études se sont vu confier une tâche d'ingénieur-conseil pour l'étude technique de l'aménagement d'Inga, au moyen de données fournies par le Syndicat pour le Développement de l'Électrification du Bas-Congo (SYDELCO). Les mêmes données sont fournies simultanément à tous ces bureaux d'études. Ils établis-

⁽¹⁾ P. GEULETTE : Considérations sur l'aménagement hydro-électrique du fleuve Congo à Inga (*Mém. in-8° de l'A. R. S. C., Cl. Sc. techn., N. S., T. II, fasc. 3, Bruxelles 1955*).

⁽²⁾ W. DE KEYSER et I. DE MAGNÉE : Possibilités de l'énergie hydro-électrique du Bas-Congo (*Mém. de l'A. R. S. C., Cl. Sc. techn., N. S., t. IV, fasc. 2, Bruxelles 1956*).

sent des avant-projets d'équipement qui doivent être remis au Ministre des Colonies en mars prochain. Aucune directive ne leur a été fixée, de façon à permettre à toutes les idées de pouvoir s'exprimer. On espère ainsi obtenir des avant-projets avec devis estimatifs pour différents types d'équipement à différents échelons de puissance.

Le paragraphe « Études en bureau » de la communication « Considérations sur l'aménagement hydro-électrique du fleuve Congo à Inga » déjà citée n'appelant pour le moment pas d'autre commentaire, il reste à faire le point des données topographiques, des données hydrographiques — niveaux et débits — et des données géologiques. Aux données topographiques se rattacheront celles qui concernent le lit du fleuve (données bathymétriques).

II. DONNÉES TOPOGRAPHIQUES.

a) *Données topographiques proprement dites.*

Nous disposons de :

a) La carte au 1/10.000 avec courbes de niveau de 10 en 10 m de toute la région intéressée. La *fig. 1* en donne une réduction, mise à jour en mars 1956.

En outre, le levé aérien d'une bande tout le long de la rive gauche et sur environ 1 à 2 km de profondeur a été effectué et la restitution est en cours, ce qui permettra d'ici deux mois d'obtenir une vue plus complète du site, les terrains aussi bien rive gauche que rive droite du fleuve y apparaissant ;

b) La carte au 1/5.000 des régions de Sikila, Fwamalo et de la région de Kanza Bundi. Cette carte est établie avec courbes de niveau tous les 2,50 m. Elle intéresse soit les prises d'eau de Kianda, Sikila et Fwamalo, soit le barrage-retendue et le canal de fuite du projet de captage intégral ;

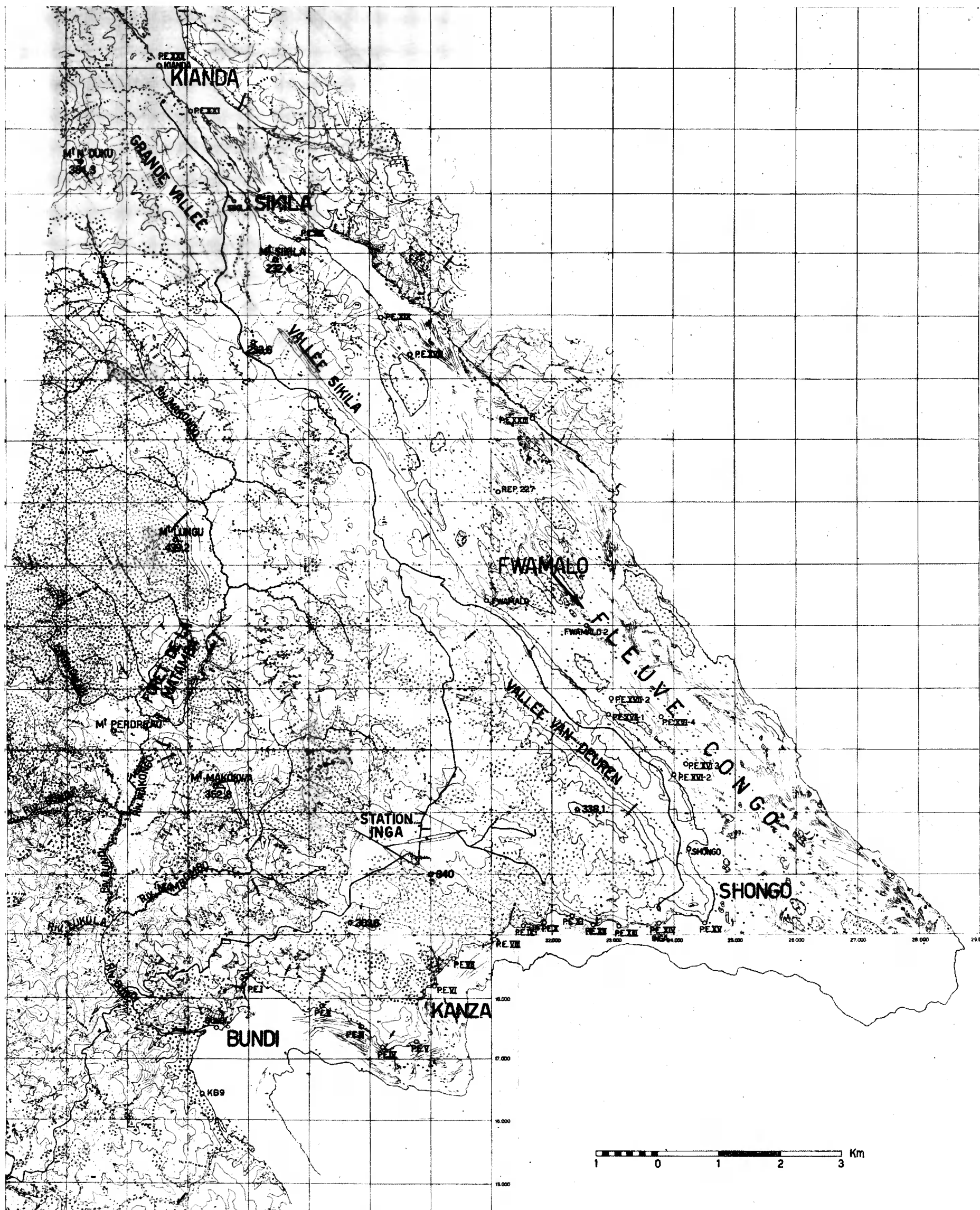


FIG. 1. — Réduction de la restitution au 1/10.000 de la région de Sikila-Bundi, mise à jour au 15-3-56.

La restitution au 1/2.000 de la vallée et de toute la presqu'île Van Deuren avec courbes de niveau de mètre en mètre, effectuée en prévision d'une étude de réalisation partielle (centrale satellite ou centrale de chantier).

En outre, des doutes ayant été émis quant au degré de précision de la restitution au 1/10.000^e, surtout dans les galeries forestières et les régions boisées où les courbes de niveau figurent d'ailleurs en pointillé, 17 profils de contrôle, totalisant une longueur de 17.000 m, ont été levés. Ces contrôles ont fait apparaître que la restitution est bonne dans son ensemble, mais que localement, aux endroits très ravinés ou couverts de végétation, les différences maxima entre les cotes de la carte et celles des profils peuvent atteindre 5 m en région découverte et 10 m en région boisée.

Enfin, en vue d'une étude plus détaillée des emplacements possibles pour les centrales et du tracé du canal, un levé aérien au 1/2.000 a été effectué de Kianda à Bundi. Ce levé est en cours de restitution.

En ce qui concerne la région des rapides, le programme des levés topographiques de SYDELCO s'arrête ici provisoirement, l'équipe des topographes étant actuellement entièrement absorbée par la préparation du terrain en vue de la prochaine campagne bathymétrique dont il sera question plus loin.

Pour être complets dans le domaine des travaux topographiques, signalons que la carte du territoire congolais depuis Inga jusqu'à la côte est demandée à l'Institut géographique du Congo belge, dans le but de posséder un document qui permette d'étudier les différents problèmes relatifs au tracé de routes et de lignes et aux emplacements de ports, d'usines et de lotissements industriels et résidentiels, qui vont de pair avec la réalisation des travaux d'Inga proprement dits. Ce travail durera au moins deux années avec les moyens disponibles actuellement.

Ajoutons encore que le levé des rives en amont d'Inga jusqu'à une cote d'environ 200 doit être effectué en vue de délimiter la zone inondée par un barrage sur le fleuve. Les régions ainsi prospectées s'étendront au moins à 150 km en amont d'Inga.

Sur le site proprement dit, en fonction de l'avancement des travaux en bureau, des levés de détail seront à exécuter.

b) *Données bathymétriques.*

Les données relatives au relief du lit du fleuve sont nécessaires pour connaître, en ordre principal, les meilleurs emplacements des prises d'eau — celles-ci étant d'autant plus intéressantes que le fleuve est profond près de la rive aux endroits choisis —, ainsi que l'emplacement du barrage de coupure du fleuve, lequel représente un travail d'une envergure exceptionnelle.

La façon classique de déterminer les profondeurs d'un fleuve, autrement dit le relief de son lit, consiste à utiliser les ultra-sons.

Les ultra-sons sont de nature vibratoire et de fréquence, comme leur nom l'indique, située au-delà des fréquences acoustiques. Leur vitesse de propagation est la même que celle du son et uniquement fonction de la nature du milieu dans lequel elles se propagent. La propagation se fait dans un secteur d'autant plus aigu que la fréquence utilisée est plus grande. Enfin, au fur et à mesure que la fréquence augmente, la distance de propagation diminue. Les fréquences d'ultra-sons vont de 20.000 jusqu'à 500. 10^6 périodes/s.

Deux domaines d'application typique des ultra-sons sont :

- Le contrôle des métaux et autres matériaux solides ;
- Les sondages sous-marins.

La création de ces ondes s'obtient en utilisant les

phénomènes de piézo-électricité ou de magnéto-striction. Par exemple : si entre deux faces parallèles et convenablement choisies d'un cristal de quartz, on applique une différence de potentiel alternative, on observe sur les faces perpendiculaires une vibration mécanique. Si le quartz ainsi considéré est associé à un circuit oscillant correspondant à sa fréquence propre, autrement dit si le cristal de quartz et le circuit oscillant sont en résonance, on crée des vibrations mécaniques de grande amplitude. Ces vibrations mécaniques se transmettent au milieu dans lequel se trouve le corps vibrant et se réfléchissent dès qu'elles atteignent un milieu de densité différente. Dans le cas qui nous occupe, le milieu dans lequel nous transmettons ces vibrations est l'eau, la réflexion s'effectuant sur le fond.

Le phénomène décrit est réversible, c'est-à-dire que les vibrations mécaniques venant frapper les faces de quartz donneront naissance à un phénomène électrique alternatif qu'il suffira de détecter et d'enregistrer, et le temps qui se sera écoulé entre l'émission et la réception des ondes servira à évaluer la profondeur du fleuve.

A Inga, la nature des eaux fortement tourmentées, c'est-à-dire empêchant toute navigation dans la majeure partie de la région explorée et, pour le surplus, fortement émulsionnées, c'est-à-dire rendant aléatoire le principe même de la méthode classique des ultra-sons, a posé un très gros problème.

Il fallait donc savoir si le principe des ultra-sons pouvait être adopté, c'est-à-dire si l'émission des ondes n'allait pas subir des réfractions et des réflexions dues à la discontinuité du milieu que représentent les eaux émulsionnées en surface. Il fallait en second lieu trouver le moyen de transporter et de guider dans ce milieu l'appareil émetteur et récepteur d'ultra-sons.

On s'est finalement arrêté à la décision de procéder à des essais d'un appareil à ultra-sons installé à bord

d'un hélicoptère, le dispositif d'émission et de réception des ondes ou tête émettrice-réceptrice étant suspendue à l'hélicoptère et immergée suffisamment pour échapper à la majeure partie des eaux émulsionnées.

Des essais préliminaires ont eu lieu dans les rapides aux environs de Léopoldville d'abord et à Inga même immédiatement après (avril 1956). Ils ont montré :

1) Qu'il est possible d'échapper à la majeure partie de l'effet des eaux émulsionnées, c'est-à-dire d'obtenir un écho, en plongeant la tête émettrice-réceptrice d'ultra-sons à 2-3 m de profondeur ;

2) Que la forme de cette tête doit être spécialement étudiée pour lui donner un minimum de résistance à l'eau. De plus, l'appareil traîné par l'hélicoptère doit rester sensiblement horizontal ;

3) Qu'un appareillage (treuil) de caractéristiques adéquates doit être monté dans l'hélicoptère afin de régler efficacement la manœuvre de plongée et de réglage de la profondeur d'immersion de la tête émettrice-réceptrice.

Tenant compte du résultat de ces expériences, une campagne d'essais a été effectuée à Inga même pendant la période des basses eaux, c'est-à-dire en août de cette même année 1956. La période des basses eaux a été choisie parce que les eaux présentent une turbulence minimum et que l'atmosphère est généralement calme à cette époque.

Entre-temps, nous avons découpé la zone à explorer en zones appelées calmes, difficiles, voire impossibles. Le levé des zones calmes a été effectué d'une façon classique : embarcation équipée d'un appareil à ultra-sons pendant les mois de juillet 1955 et juillet 1956. Elles comportaient deux zones situées respectivement en amont de l'île de Sikila et à l'aval du chenal de Sikila.

Notre objectif pour la campagne 1956 a été de lever

par hélicoptère la partie comprise entre les deux zones calmes, représentant une longueur d'environ 3 km, dans la partie resserrée du fleuve (*fig. 2*).

On savait par les expériences précédentes qu'il n'était pas possible de procéder par points, c'est-à-dire de maintenir immobiles l'hélicoptère et la tête émettrice-réceptrice pendant le temps nécessaire pour procéder à l'enregistrement de la profondeur et à la localisation du point choisi. En effet, la position immobile de l'hélicoptère dans l'air nécessite de sa part le plus grand développement de puissance, tandis que son assujettissement à la tête émettrice-réceptrice d'ultra-sons plongée dans le courant rapide, diminue ses possibilités normales.

Il a donc été décidé de lever des profils. Ces profils pouvaient être transversaux ou longitudinaux.

Pour la même raison de stabilité de l'hélicoptère, il est apparu également impraticable de lever des profils transversaux du lit du fleuve.

La technique qu'il a été décidé d'employer était d'effectuer des traînées longitudinales dans le sens du courant et de couvrir toute la zone à explorer de profils équidistants et parallèles dans toute la mesure du possible.

L'équipement du terrain a été réalisé pour pouvoir situer, en fonction du temps, la position du mobile en X et en Y. L'enregistrement à bord de l'hélicoptère donne, en fonction du même temps, la coordonnée Z, c'est-à-dire la profondeur du lit du fleuve. En éliminant le paramètre temps, on obtient la profondeur du lit du fleuve en différents points de chacun des profils.

1) *Équipement du terrain.*

Étant limités dans le temps et ne désirant pas, pour le surplus, engager des sommes excessives dans l'achat d'appareils spéciaux, tels que théodolite à camera, *photo flight analyser*, pour déterminer la position du mobile

en fonction du temps, nous avons établi un système simplifié de repérage comportant la détermination de postes d'observation en rive gauche et la détermination d'alignements à partir de ces postes d'observation en rive gauche et en rive droite. Chacun des observateurs visait le mobile et notait exactement le temps où il passait devant chacun des alignements déterminés par son emplacement et les différents repères de la rive droite.

Nous avons pour chaque vol au moins trois observateurs capables d'intervenir, ce qui veut dire qu'à la fin de chacun de ces vols nous disposions de trois graphiques au moins donnant, en fonction du temps, les angles des directions du mobile pour chacun des observateurs par rapport à une direction d'origine.

Pour situer le mobile à un moment déterminé, il suffisait, dès lors, de prendre sur ces graphiques son écart angulaire par rapport à la direction origine de chacun des observateurs et de le reporter sur la carte. Le recouplement des droites (au moins 3) ainsi obtenues déterminait la position du mobile ou pratiquement le « chapeau d'erreur » correspondant à cette position.

En somme, les lectures d'angles étant faites d'avance, l'observateur devait simplement noter, de la façon la plus exacte, l'heure du passage de l'hélicoptère sur chacun des alignements.

2) *Équipement de l'hélicoptère.*

Nous disposions d'un hélicoptère affecté en ordre principal par le Gouvernement de la Colonie au service de désinsectisation de la région de Léopoldville.

A l'intérieur de la cabine on installa le treuil de manœuvre permettant de dérouler et d'enrouler le câble portant la tête émettrice-réceptrice. Ce câble assurait également la continuité électrique entre cette tête d'une part et l'appareil émetteur-récepteur ainsi

que le dispositif d'enregistrement d'autre part, installés dans la cabine.

L'équipage comportait le pilote, l'opérateur du treuil et un hydrographe surveillant le fonctionnement de l'appareil à ultra-sons et de l'enregistrement.

La tête émettrice-réceptrice reçut la forme d'une torpille suite aux enseignements des essais préliminaires.

Notons pour finir que le temps était enregistré au moyen de chronomètres en possession de chacun des observateurs terrestres, ainsi que de l'hydrographe se trouvant dans l'hélicoptère.

L'origine du temps était la même pour tous les chronomètres en service au début de chaque journée et une compensation de l'heure était faite à la fin de chaque journée de vol.

3) *Opérations proprement dites.*

La campagne bathymétrique a commencé le 6 août et était terminée le 15 août 1956.

Rien n'est à signaler au point de vue du travail des observateurs qui s'est déroulé comme prévu, si ce n'est que le tronçon de 3 km à explorer a dû être découpé, pour des raisons de visibilité, en tronçons de 1 km, qui ont été explorés successivement.

Du côté de l'hélicoptère, malgré toutes les précautions prises, de nombreuses mises au point ont été nécessaires. Pour des raisons de sécurité, c'est-à-dire pour permettre à l'hélicoptère en cas de panne de moteur de se poser sur l'une des rives, et vu le caractère escarpé de ces rives, une hauteur de vol de 300 m avait été initialement prévue. Cela nous obligeait d'avoir une longueur équivalente de câble, plus une réserve pour la dérive, plus une réserve pour les manœuvres, ce qui représentait environ 500 m de câble pesant 70 kg. Or, la charge totale admise par l'hélicoptère étant limitée pour lui

permettre de garder une maniabilité suffisante, le poids du câble réduisait d'autant le poids des matières pouvant être incorporées dans l'appareil qui devait pourtant comprendre le treuil, l'émetteur-récepteur d'ultra-sons et le dispositif d'enregistrement. Il en résultait, en y ajoutant l'action du courant, une maniabilité insuffisante de l'hélicoptère pour lui permettre de manœuvrer et surtout de respecter une vitesse suffisamment faible pour que la torpille ne sorte pas de l'eau. Cela étant, il a fallu descendre à des altitudes de l'ordre de 100 et même de 50 m, permettant une réduction du poids du câble et laissant ainsi à l'hélicoptère une maniabilité suffisante.

Même à cette hauteur de 50 à 100 m, les mesures n'étaient possibles que si l'on bénéficiait d'un vent debout aidant l'hélicoptère à garder une vitesse de déplacement absolue, suffisamment réduite pour obtenir un enregistrement satisfaisant. En l'absence de ce vent ou, à fortiori sous régime de vent défavorable, l'hélicoptère, pour garder des conditions de vol acceptables, était obligé d'augmenter sa vitesse de déplacement, ce qui redressait la courbe du câble de sustentation de la tête émettrice-réceptrice, faisait sortir cette dernière de l'eau et finalement rendait toute lecture impossible.

Les conditions idéales eussent été d'avoir un hélicoptère de puissance suffisante ou un vent assez favorable pour lui permettre, malgré les sollicitations dues à l'appareillage d'ultra-sons, de ne se déplacer qu'à la vitesse d'entraînement de la tête émettrice-réceptrice par le courant. Nous aurions eu de la sorte un système hélicoptère - tête émettrice-réceptrice continuellement sur la même verticale.

Ces conditions idéales n'ont jamais été réalisées, mais nous avons obtenu, au cours de nos 10 jours d'essais, 31 profils correspondant chacun à un vol d'une durée utile de 3 minutes, dont les résultats ont pu être valorisés. Le résultat de ce travail est représenté par la carte de la *fig. 2*.

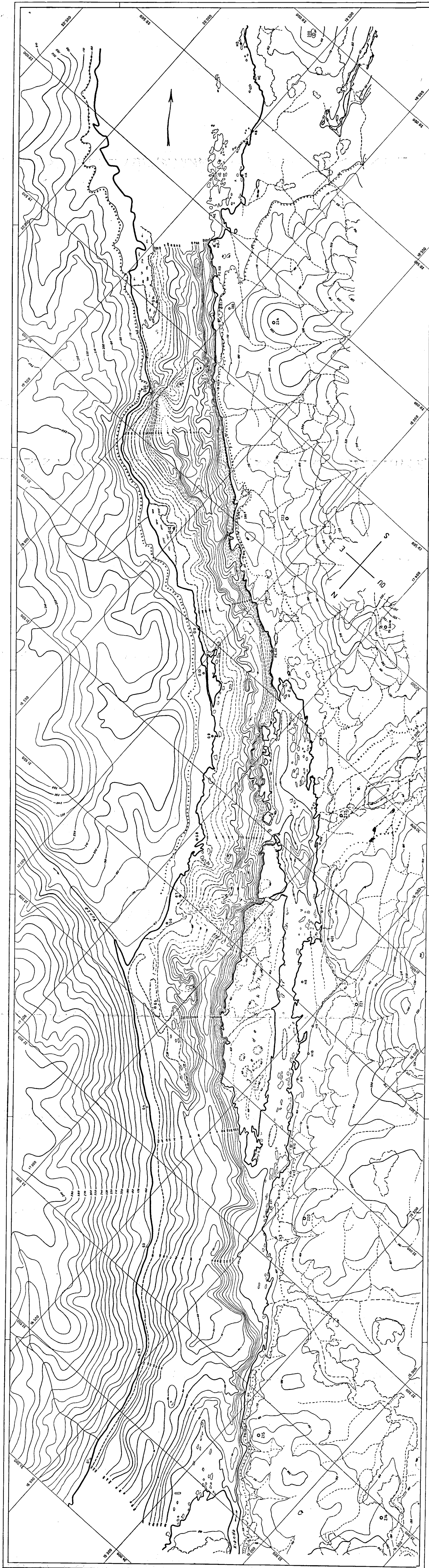


Fig. 2. — Carte de première investigation, région de Kanda-gorge Sikila.

4) *Valeur des résultats.*

a) On peut estimer que l'erreur des mesures de profondeur n'est pas supérieure à quelques mètres. L'erreur de détermination des coordonnées planimétriques, telle qu'elle paraît résulter des triangles d'erreur, est de l'ordre de 15 m. Ces indications nous paraissent suffisantes pour les besoins actuels.

b) Remarquons, pour le surplus, que les courbes bathymétriques de la région couverte par hélicoptère se raccordent bien avec celles obtenues au moyen de sondage classique par embarcation.

c) Les grandes profondeurs observées en rive droite à hauteur de Kianda et de Sikila sont intéressantes pour les prises d'eau. Les profondeurs existant dans la gorge étroite sont plus grandes que ce que nous escomptions : elles atteignent en moyenne 70 à 80 m et même beaucoup plus (150 m) en certains endroits.

d) Ceci n'est pas pour simplifier le problème de coupure. Aussi, notre idée est-elle d'explorer plus en détail encore le lit du fleuve et ceci dans la partie située immédiatement en aval de la zone levée, sur une longueur de 5 km, jusqu'à l'île de Yeza-Yeza (*fig. 3*).

Dans cette nouvelle zone et malgré l'élargissement du fleuve qui y augmentera la longueur de la coupure, cette dernière pourrait être facilitée par suite de la simplification d'évacuer les hautes eaux.

Nous comptons entamer ce travail au cours de la période des prochaines basses eaux, c'est-à-dire vers mars 1957.

* * *

En terminant cette partie de l'exposé, il convient de signaler que ce travail est, à notre connaissance, le premier du genre qui ait été réalisé. Sa mise au point et son exécution sont le fruit du travail d'équipe du personnel d'Afrique de SYDELCO et de la SABENA.

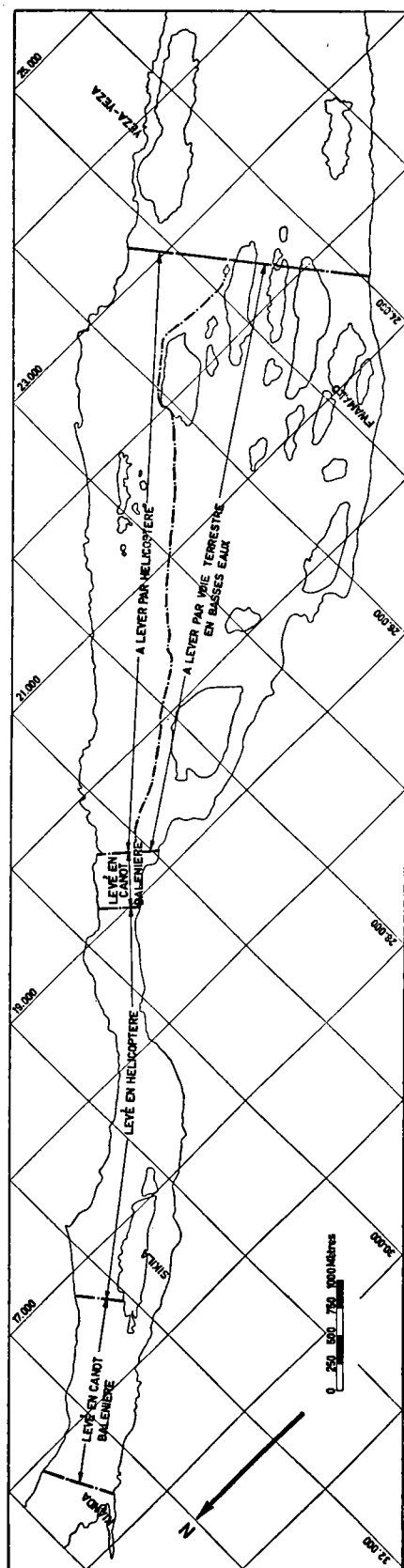


FIG. 3. — Situation et programme des levés bathymétriques.

III. DONNÉES HYDROGRAPHIQUES.

a) *Résumé d'activité.*

A Inga, nous continuons régulièrement les observations limnimétriques hebdomadaires, commencées en 1953, aux points numérotés de I à XXII, répartis depuis l'aval jusqu'à l'amont des rapides.

Nous disposons, en outre, de 6 levés des profils hydrauliques du fleuve aux différentes saisons qui permettent d'obtenir par interpolation les variations du niveau du fleuve en un point quelconque situé entre Kianda et Bundi.

A Léopoldville, nous procédons depuis septembre 1955 à des jaugeages du fleuve Congo.

b) *Principe de détermination des niveaux et débits caractéristiques.*

Pour le calcul des puissances d'équipement des centrales aux différents stades et pour l'implantation et le dimensionnement des ouvrages, les auteurs de projets ont besoin des niveaux de l'eau aux prises d'eau et aux restitutions, ainsi que du débit du fleuve.

Ces niveaux et débits sont variables et les valeurs maxima, minima et moyennes constituent les données caractéristiques principales des projets d'aménagement. Ces valeurs caractéristiques n'ont un sens que pour une période bien déterminée. On peut ainsi définir un débit d'étiage, moyen et de crue pour la période d'observation.

Si la période d'observations est suffisamment longue et le nombre de ces observations suffisamment élevé pour que leur répartition statistique obéisse à la loi normale des probabilités — c'est-à-dire si le phénomène n'est influencé que par des causes d'écarts accidentelles, à l'exclusion de toute cause d'écart systématique, telle que variation systématique du régime des précipitations,

approfondissement progressif du lit du fleuve —, on peut établir la courbe normale de probabilité de la grandeur observée. On suppose, à cet effet, que cette courbe normale des probabilités est une courbe en cloche ou courbe de GAUSS, dont on détermine les paramètres à l'aide des nombreuses mesures effectuées. On vérifie par la suite que la supposition est exacte, en reportant les points d'observation autour de cette courbe et en s'assurant de la concordance des points d'observations et de la courbe.

On définit alors un débit ou un niveau caractéristiques en fonction de sa probabilité. Par exemple, un débit d'étiage quinquennal correspond à une probabilité égale à 0,2, c'est-à-dire que le débit réel ne lui est inférieur ou égal qu'une fois tous les 5 ans ; un débit de crue millénaire a une probabilité de 0,001, c'est-à-dire n'est atteint qu'une fois tous les mille ans, etc...

Cette probabilité mesure le risque accepté par l'auteur du projet dans ses calculs d'ouvrages évacuateurs de crue, de puissance équipée, etc...

Les observations limnimétriques faites à Inga par SYDELCO ne remontent qu'à 1953 et sont effectuées hebdomadairement. Elles ne sont pas suffisantes ni en nombre, ni en durée pour qu'on puisse en déduire une loi de probabilité à leur appliquer. De même, en ce qui concerne les débits, et à part quelques jaugeages effectués par le Service des Voies Navigables à 10 km en aval de Boma, nous n'avons procédé à des mesures aux environs de Léopoldville que depuis 1955 (22 jaugeages ont été effectués).

Dans ce domaine également, le nombre d'observations est insuffisant pour procéder à un calcul de probabilité.

Grâce au Service des Voies Navigables de la Colonie, nous disposons de mesures limnimétriques faites à Léopoldville depuis 1902 et effectuées chaque jour.

Il est possible d'adapter à ces mesures une loi normale de probabilité, de passer à la notion de fréquences

cumulées et d'arriver finalement, par une échelle d'ordonnées convenablement choisie, à représenter par une droite les niveaux de crue ou d'étiage, en fonction de leur probabilité (fig. 4). Cette droite s'extrapole facile-

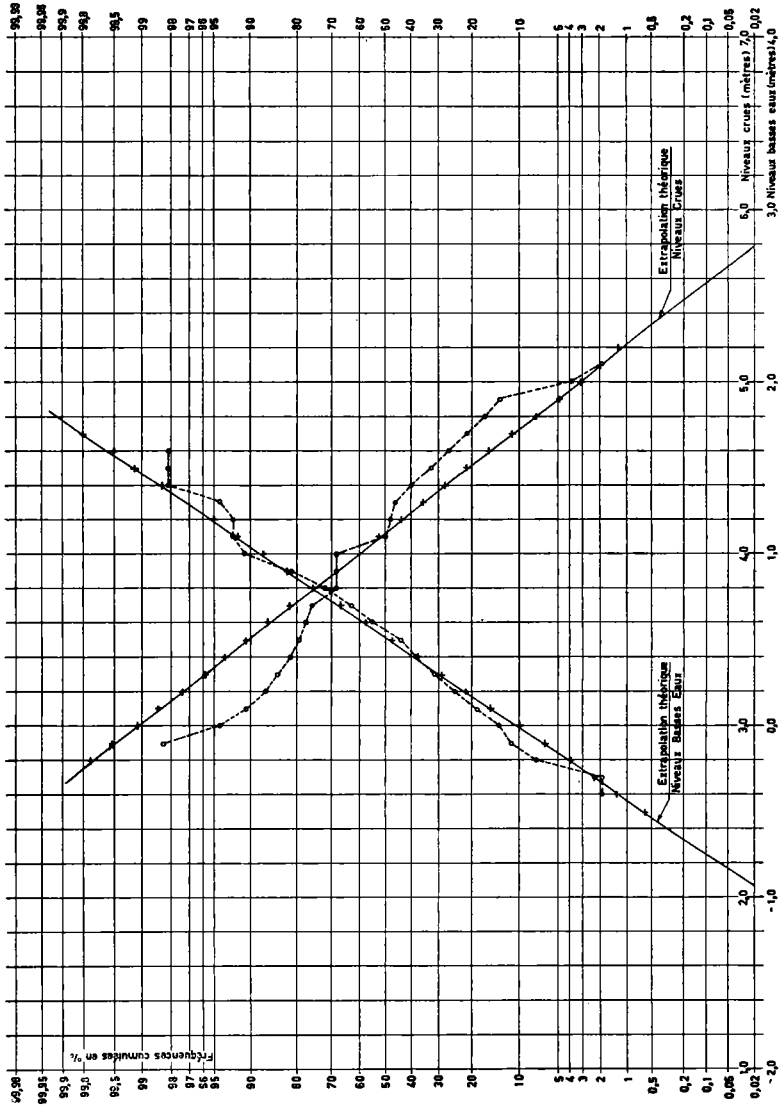


FIG. 4. — Extrapolations des courbes de fréquences cumulées.

ment et c'est ainsi que nous obtenons, à l'échelle de Léopoldville-Est, le niveau d'étiage quinquennal et le niveau de crue millénaire, qui sont respectivement de + 0,17 m et de + 5,57 m.

L'opération suivante consistera à passer des niveaux à Léopoldville aux niveaux à Inga par comparaison des lectures limnimétriques à Léopoldville et à Inga, et à tracer la courbe de corrélation de ces lectures. Les premiers éléments de cette courbe sont donnés par le tableau n° 5 ci-dessous. De même, on passera des niveaux

SYDELCO.

Tableau comparatif des niveaux aux échelles limnimétriques de Léopoldville-Est et d'Inga.

LÉOPOLDVILLE	SIKILA	BUNDI	LÉOPOLDVILLE	SIKILA	BUNDI
mètres	0,10	0,18	mètres	2,70	6,38
	0,20	— 0,20		6,38	8,55
	0,30	+ 0,18		6,62	8,82
	0,40	0,55		6,85	9,20
	0,50	0,92		7,10	9,48
	0,60	1,29		7,35	9,82
	0,70	1,67		7,38	10,10
	0,80	2,07		7,81	10,40
	0,90	2,43		8,03	10,70
	1,00	2,77		8,28	11,00
	1,10	3,13		8,53	11,30
	1,20	3,50		8,75	11,60
	1,30	3,83		9,00	11,90
	1,40	4,18		9,25	12,20
	1,50	4,50		9,49	12,48
	1,60	4,83		9,73	12,77
	1,70	5,18		9,95	13,05
	1,80	5,55		10,18	13,35
	1,90	5,87		10,42	13,60
	2,00	6,20		10,66	13,95
	2,10	6,57		10,90	14,18
	2,20	6,88		11,17	14,43
	2,30	7,20		11,38	14,70
	2,40	7,57		11,64	14,98
	2,50	7,90		11,88	15,23
	2,60	8,20		12,10	15,50
				12,34	15,75

à Léopoldville aux débits en déterminant, par comparaison des lectures faites à Léopoldville avec les jaugeages effectués à la même époque, la courbe de corrélation niveaux-débits.

En dehors des observations limnimétriques à Inga qui n'ont qu'à être recontinuées, l'action de SYDELCO dans le domaine des données hydrographiques s'est donc portée sur l'établissement de la courbe hauteurs-débits, par des jaugeages méthodiques qui s'exécutent au rythme d'un et parfois deux jaugeages par mois.

c) *Mesures de débits.*

1) *Choix d'une section de jaugeage.*

Il fallait une section facilement accessible, stable et navigable.

Le choix s'est porté, pour des raisons de commodité et de rapidité, sur Léopoldville en un emplacement situé entre la pointe de Kalina et la baie de Galiema. La largeur du fleuve à cet endroit est de 1.600 m environ.

A l'expérience et par suite surtout de l'existence d'une zone élargie à l'amont et à l'aval, amenant des phénomènes de freinage, nous avons reconnu que cette section n'était pas idéale, mais il aurait fallu reporter l'opération probablement loin de Léopoldville et perdre un temps précieux.

2) *Appareils.*

Nous avons adopté la méthode de mesure par moulinet lesté, suspendu à un câble. La vitesse et la profondeur (voir tableau n° 6 ci-après) rendaient la suspension par tige impossible.

Pour remédier à l'imprécision due à la forte dérive du câble, il a été fait usage d'un écho-sondeur ou appareil émetteur-récepteur d'ultra-sons pour la mesure des profondeurs. Le moulinet était suspendu à un câble d'acier

Jaugeages du fleuve Congo à Léopoldville [pointe de Kalina].

Cotes du zéro de l'échelle limnimétrique [Léopoldville-Est] =

295,43 m. [nivellement PASSAGEZ]

271,33 m. [nivellement I. G. C. B.]

282,83 m. [nivellement SYDELCO Inga]

N° du jaugage	DATE	LECTURE ÉCHELLE m.	LARGEUR m.	SECTION MOUIL- LÉE m ²	PROFON- DEUR MAXIMUM m.	RAYON HYDR. m.	VITESSE SU- PERFICIELLE MAXIMUM m/s.	VITESSE MOYENNE m/s.	DÉBIT m ³ /s.	OBSERVA- TEURS
1	8-9/9/1955	1,60	1,572	24,860	23,8	15,80	1,715	1,33	33,100	Pistorio
2	4-5-6/10/1955	2,90	1,591	27,510	25,5	17,28	2,11	1,63	44,800	»
3	26-27-28-29/10/1955	3,74	1,606	28,110	26,5	17,49	2,41	1,90	53,500	»
4	8-9-10/12/1955	4,80	1,621	31,230	27,3	19,25	2,65	1,94	60,700	»
5	27-28/12/1955	4,345	1,616	30,710	28,4	18,99	2,39 (*)	1,82	55,900	»
6	9-10/1/1956	3,625	1,606	29,000	27,4	18,04	2,25	1,71	49,600	Pol
7	25-26/1/1956	3,10	1,581	29,520	26,7	18,55	2,03	1,565	46,200	Betz
8	8-9/2/1956	2,325	1,583	28,040	27,0	17,70	1,89	1,365	38,300	»
9	20-21-22/2/1956	1,85	1,583	26,900	26,3	16,98	1,73	1,30	35,000	Khokhloff
10	6-7/3/1956	1,60	1,578	27,260	25,8	17,28	1,69 (*)	1,25	34,000	»
11	25-26-27/4/1956	2,70	1,597	28,900	27,4	17,58	2,175	1,515	42,500	»
12	14-15/5/1956	3,36	1,612	29,260	28,2	18,14	2,23	1,67	48,900	»

13	4-5/7/1956	2,17	1.585	28.210	27,2	17,79	1,80	1,39	39.200	»
14	12-13/7/1956	1,725	1.579	27.640	27,2	17,49	1,80	1,28	35.500	Betz
15	27-28/7/1956	1,12	1.567	26.550	26,2	16,93	1,60	1,18	31.300	»
16	2-3/8/1956	0,94	1.566	26.900	26,17	17,16	1,51	1,16	31.300	»
17	8-9/8/1956	1,015	1.570	26.500	25,15	16,87	1,61	1,18	31.300	»
18	23-24/8/1956	0,955	1.567	25.820	24,64	16,46	1,65	1,18	30.400	»
19	29-30/8/1956	1,04	1.568	26.090	25,15	16,63	1,53	1,20	31.300 (*)	Pol
20	4-5/9/1956	1,325	1.572	26.820	26,17	17,05	1,61	1,25	33.500 (*)	»
21	7-8/9/1956	1,46	1.569	27.150	25,66	17,29	1,60	1,26	34.300 (*)	»
22	21-22/9/1956	1,925	1.584	27.140	27,17	17,31	1,85	1,37	37.500	»
23	12-13/10/1956	2,62	1.590	28.020	27,68	17,61	2,16	1,55	43.300	»
24	29-30/10/1956	3,01	1.594	29.550	28,19	18,52	1,975	1,56	46.000	»
25	13-14/11/1956	3,50	1.608	30.110	28,19	18,71	2,37	1,68	50.700	»
26	27/28/11/1956	4,01	1.614	30.960	28,69	19,17	2,43	1,73	53.600	»
27	4/5/12/1956	4,205	1.616	30.640	29,20	18,95	2,33	1,81	55.400	»

de 8 mm, lui-même enroulé sur un treuil à bord d'un remorqueur du Service des Voies Navigables. Un autre câble, à 5 conducteurs dont 3 de réserve, alimenté par le contact du moulinet, a dû être remplacé plusieurs fois, avarié par les jacinthes d'eau (1) qui ont constitué, à certains moments, un obstacle inattendu très grave, ralentissant les opérations et nous empêchant de multiplier les mesures comme nous l'aurions voulu.

3) *Méthode.*

La vitesse de l'eau, moyenne de 3 mesures, est mesurée au moulinet en surface et aux 2/10, 4/10, 6/10, 8/10 et 10/10 (environ) de la profondeur et cela dans des plans verticaux parallèles à l'axe du fleuve et distants horizontalement d'une centaine de mètres. La largeur du fleuve étant d'environ 1.600 m, chaque jaugeage comporte donc une mesure de vitesse en une centaine de points régulièrement répartis sur toute la section de jaugeage. La position de ces points est repérée de la façon suivante :

— En planimétrie : la position du bateau est repérée angulairement au sextant par rapport à 3 points fixes. L'erreur maximum sur la position (0,64 m) est de loin inférieure aux évitages du bateau autour de son ancre, au cours des mesures ;

— En profondeur : par mesure de la longueur déroulée du câble supportant le moulinet, avec correction de dérive, et mesure de la profondeur totale à 0,10 m près, par écho-sondeur.

Le débit total s'obtient par intégration graphique des débits élémentaires.

En un point donné, la vitesse du courant est pulsatoire et soumise au mouvement du bateau sur son ancre. L'erreur maximum constatée par rapport à la moyenne de 3 mesures est de l'ordre de 3,3 %.

(1) Voir W. ROBYNS, le genre *Eiekhornia*, spécialement *E. Crassipes* (Jacinthe d'eau au Congo Belge. (*Bulletin des Séances, A. R. S. C., N. S., t. I, N. S., Bruxelles, 1955, fasc. 6, pp. 1116-1137*).

Il n'a pas été tenu compte de l'inclinaison de la vitesse du courant sur la normale à la section de jaugeage. D'après des mesures de direction avec flotteurs de surface, cette inclinaison ne dépasse pas 10° .

Cependant, SYDELCO dispose maintenant d'un appareil directionnel et nous comptons l'an prochain établir méthodiquement la répartition et l'ordre de grandeur des déviations de la vitesse par rapport à l'axe du fleuve.

4) *Résultats.*

Une remarque s'impose : c'est que nous obtenons de la sorte les jaugeages à Léopoldville et non à Inga. Pour obtenir une précision plus grande, nous pourrions corriger les premiers de la différence relative des bassins versants. Nous obtiendrions ainsi, pour Inga, une majoration de l'ordre de 1,2 %.

Les résultats des jaugeages figurent au tableau n° 6. Les débits y sont mis en corrélation avec les lectures à l'échelle limnimétrique de Léopoldville-Est (cote du zéro 295,43, nivellement PASSAGEZ). Ces lectures sont les moyennes arithmétiques entre celle du début et celle de la fin du jaugeage, qui s'étend sur 2 à 4 jours.

Le graphique niveaux-débits (*Fig. 7*) montre une dispersion de $\pm 3\%$ autour du débit moyen pour un niveau donné.

5) *Comparaison avec les jaugeages antérieurs.*

Les résultats des jaugeages effectués sur le fleuve Congo, avant l'intervention de SYDELCO, ont été publiés, sous les réserves qui s'imposaient, dans « Le Bassin Hydrographique Congolais » de E.-J. Devroey (Mém. de l'Institut Royal Colonial Belge, Sect. des Sc. techn., in 8°, t. III, fasc. 3, Bruxelles, 1941) ⁽¹⁾.

Ces jaugeages, comme nous venons de le mentionner,

(1) Voir aussi du même auteur : annuaire hydrologique du Congo Belge et du Ruanda-Urundi 1955, *Mém. in 8° A. R. S. C., N. S., Cl. Sc. techn., t. V, fasc. 2*, Bruxelles 1956, pp. 58-59.

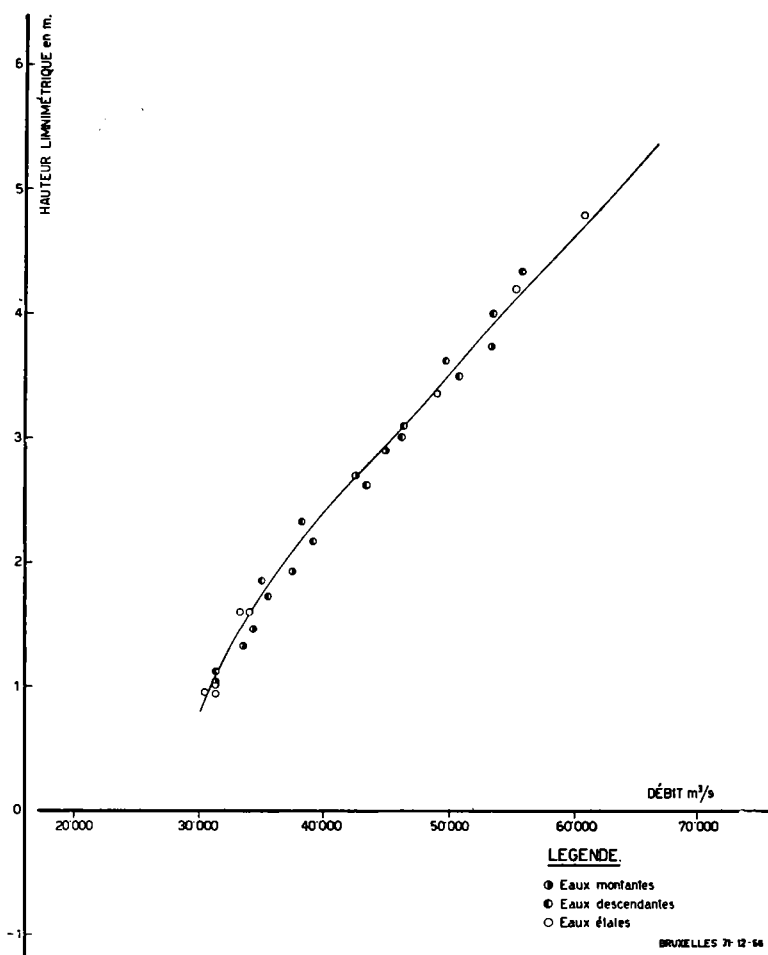


FIG. 5. — Fleuve Congo. Courbe niveaux-débits pour l'échelle de Léopoldville-Est. Cote du zéro de l'échelle : 295,43 m. s. m. (nivellement PASSAGEZ).

ont été effectués par le Service des Voies Navigables Fetish-Rock (10 km en aval de Boma), sur le bras le plus important du fleuve, le débit de l'autre bras, estimé à 17 % du débit du premier, y ayant été ajouté dans la même proportion. La méthode a consisté à mesurer au moulinet la vitesse superficielle maximum et à multiplier le résultat par le coefficient empirique 0,85 pour

obtenir la vitesse moyenne. Les débits sont rapportés à l'échelle de Boma.

Remarquons que, dans nos jaugeages à Léopoldville, le rapport $\frac{\text{vitesse moyenne}}{\text{vitesse maximum. superf.}}$ a été trouvé compris entre 0,70 et 0,79, avec une moyenne 0,75. Le tableau II donne, en fonction des hauteurs limnimétriques à Léopoldville-Est, les débits calculés à Fetish-Rock en admettant comme valeur de ce rapport respectivement 0,85 et 0,75.

On voit que ce dernier coefficient ramène les chiffres de jaugeages de Fetish-Rock au voisinage immédiat de notre courbe de Léopoldville. Nous y voyons une concordance très satisfaisante.

6) *Programme.*

Le passage du niveau quinquennal et du niveau millénaire aux débits de même probabilité exige de connaître la courbe niveaux-débits au voisinage des niveaux 0,17 et 5,57. Nous l'obtiendrons soit par mesure directe si nous avons la chance d'opérer en eaux exceptionnellement basses ou hautes, soit par extrapolation de la courbe de la *fig. 7*. Pour obtenir une bonne extrapolation, il faut multiplier les mesures autour des niveaux de basses et hautes eaux. au cours des prochaines années.

Ces débits se situent actuellement à 28.000 m³/s pour le niveau d'étiage quinquennal et à 68.000 m³/s pour le niveau de crue millénaire.

IV. DONNÉES GÉOLOGIQUES.

Les renseignements généraux dont nous disposions au sujet de la géologie de la région d'Inga ont été complétés en 1955 et 1956 par l'établissement d'une carte géologique de surface. Actuellement, des investigations

en profondeur sont en cours dans certaines zones particulièrement intéressantes en vue de l'équipement hydro-électrique projeté.

a) *Renseignements généraux.*

Rappelons brièvement ces renseignements généraux : La région d'Inga appartient au système du Mayumbe, série de la Duizi. La direction générale des couches est N.-N.-O. — S.-S.-E. avec forte inclinaison vers l'Ouest.

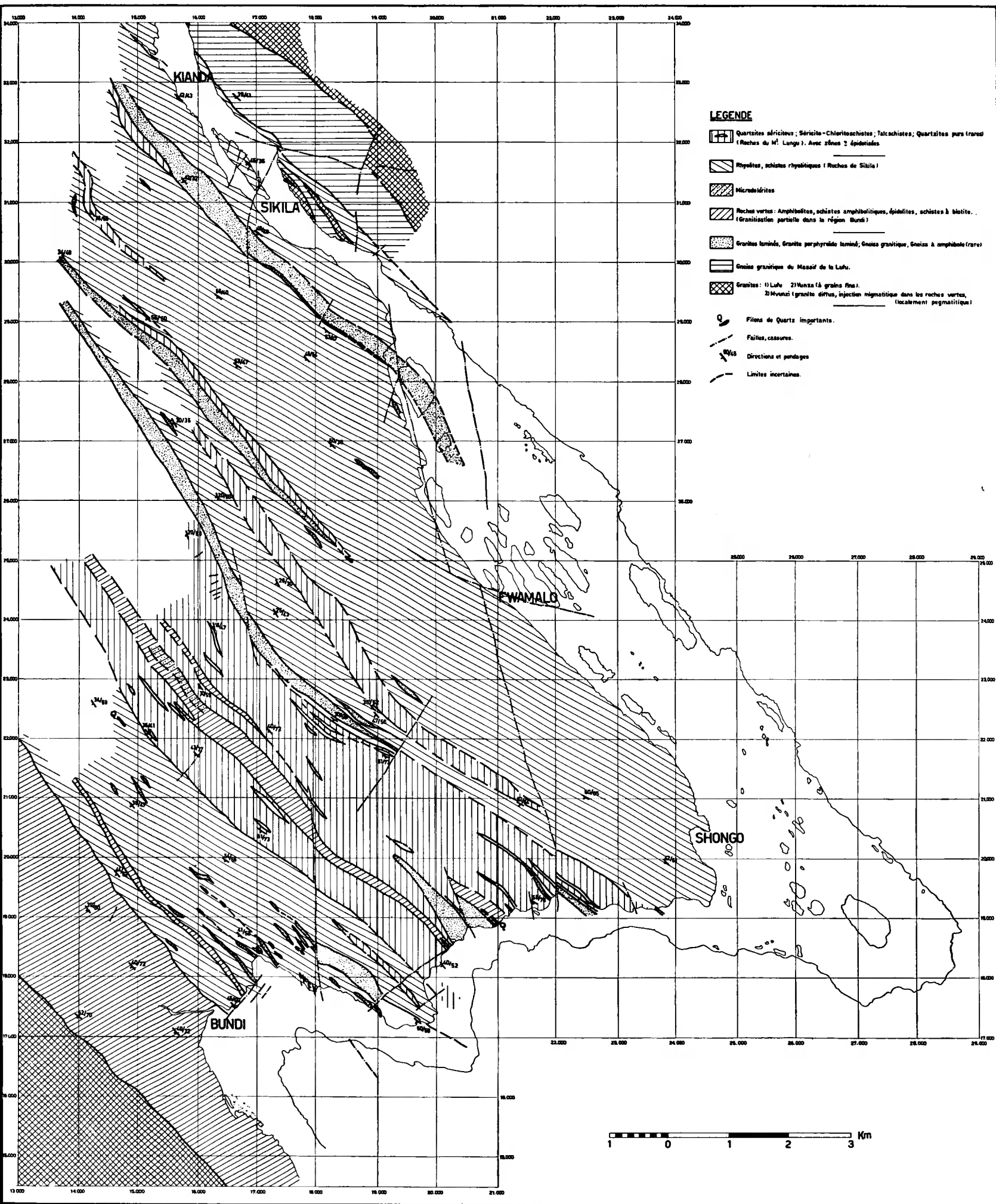
b) *Carte géologique.*

La carte géologique a été dressée au cours de l'année 1955 par le géologue de la mission SYDELCO au moyen d'observations de surface. Il a bénéficié de l'aide du Service Géologique de la Colonie.

L'allure générale des couches mentionnées plus haut est parfaitement maintenue dans l'ensemble de la zone levée qui concerne toute la région d'Inga susceptible de nous intéresser. Elle est représentée par la carte (*fig. 8*) où nous voyons se succéder régulièrement, en partant du N.-E. vers le S.-O., les horizons de granite, de quartzite sériciteux, de rhyolite, de roches vertes, pour retrouver à nouveau à l'extrémité S.-O. de la zone levée, l'horizon des granites.

L'absence totale, jusque maintenant, d'éléments stratigraphiques, n'autorise aucune hypothèse solide sur la succession, le renversement ou les répétitions d'étages. On peut supposer qu'il s'agit d'une zone d'allure anticlinale renversée vers le N.-E.

Quant aux cassures diaclases ou failles, les présomptions sont, pour un système de cassures perpendiculaires à la direction des plis, c'est-à-dire N.-E. — S.-O. et un autre système de direction conjuguée plus ou moins N.-S. Ces suppositions ne reposent toutefois que sur des indices d'ordre morphologique ou tectonique. Cependant, les cassures et diaclases ne paraissent pas être profondes



ni continues. Il semble, de toute façon, que nous ayons affaire à une région qui n'a pas été affectée par les mouvements tectoniques récents.

La nature des roches est essentiellement cristallophylienne et nulle part n'apparaît trace de roches douteuses, telles que calcaires, gypse ou grès peu cimenté.

Au point de vue qui nous occupe, c'est-à-dire résistance mécanique et perméabilité, nous nous trouvons donc, dans l'ensemble du site, dans des conditions favorables.

c) *Sondages.*

Il faut toutefois que les investigations soient poussées plus loin dans la zone où des ouvrages sont prévus, tels que centrales souterraines ou barrages.

C'est pourquoi nous procédons depuis quelques mois à des investigations en profondeur. Ces investigations portent sur la région dite de la crête d'Inga, c'est-à-dire comprise entre le bras aval du fleuve Congo dans le secteur d'Inga et la rivière Mombombo qui lui est parallèle au Nord. C'est dans cette zone qu'il apparaît que viendront s'établir les centrales souterraines.

D'autre part, le barrage-retenu devra fermer le cours de la rivière Bundi sensiblement à hauteur de cette crête d'Inga et il faut donc aussi connaître la nature géologique du terrain sur lequel serait établi ce barrage, ainsi que son raccordement aux deux rives de la Bundi.

Dans la crête d'Inga, SYDELCO termine trois forages orientés perpendiculairement à la direction des couches par raison d'économie et qui ont pour but d'examiner en profondeur le comportement des trois différents types de roches caractérisant la crête, c'est-à-dire la rhyolite qui en constitue la majeure partie, le quartzite sériciteux à l'Est et les roches vertes à l'Ouest.

Ces forages sont poussés jusqu'au niveau de la restitution au fleuve, c'est-à-dire vers la cote 50.

Sans pouvoir nous étendre davantage actuellement sur les renseignements découlant de ces forages, nous dirons que le forage dans les rhyolites confirme l'opinion que cette roche est excellente pour les travaux envisagés. Comme elle constitue la presque totalité de la zone des centrales, le renseignement de ce premier forage de reconnaissance est très encourageant.

Quant aux forages dans le quartzite sériciteux et dans les roches vertes, ils traversent, avant d'arriver à un carottage suffisamment continu, des zones d'altération de quelques dizaines de mètres. Ces deux qualités de roche sont donc de nature moins bonne que la rhyolite, bien qu'au niveau où elles nous intéressent particulièrement, c'est-à-dire au niveau des centrales, nous ayons à leur sujet des indications assez rassurantes également.

Il est bien évident que pour mener le projet à un stade plus avancé et surtout à son stade définitif, une campagne de sondages beaucoup plus dense que ces quelques forages de reconnaissance sera nécessaire. Il faudra, en particulier, être attentif à la zone des contacts entre les différentes roches.

Au stade actuel, nous nous sommes contentés de ces premiers renseignements et notre activité se reporte dans la vallée de la Bundi en vue d'y déterminer, au point de vue géologique, le meilleur emplacement du barrage-retenue et la valeur d'autres emplacements qui seraient motivés par des considérations autres que la valeur géologique de l'endroit retenu pour cet ouvrage.

Il doit être entendu aussi que d'autres investigations devront porter sur la zone des prises d'eau, sur l'emplacement éventuel du barrage de coupure du fleuve, ainsi que sur l'itinéraire du canal d'amenée.

Au sujet de ce dernier et tel qu'il est prévu à l'esquisse d'aménagement ⁽¹⁾ une reconnaissance à la tarière des

(1) P. GEULETTE, Considérations sur l'aménagement hydro-électrique du fleuve Congo à Inga (*Mém. in-8° de l'A. R. S. C., Cl. Sc. techn., N. S., t. II, fasc. 3, Bruxelles 1955*).

zones de recouvrement a montré que ces recouvrements sont très faibles et n'atteignent pas 5 m.

Le canal d'amenée se trouverait donc rapidement dans des terrains de nature franchement rocheuse ou tout au moins de résistance mécanique et, à première vue, d'imperméabilité suffisante.

V. CONCLUSIONS.

1) Compte tenu de l'état d'avancement de nos données et du travail de synthèse en cours, nous pensons pouvoir dire que, dans le domaine technique, la question d'Inga a bien progressé.

2) Nous devons poursuivre sans désespérer nos investigations topographiques, hydrographiques et géologiques.

3) Nous verrons en 1957 des projets d'équipement, au stade d'avant-projet certes, mais reposant sur des considérations techniques suffisamment précises pour pouvoir évaluer le coût de la réalisation à ses différents stades et situer ainsi le prix du kilowattheure à un niveau tel — nous l'espérons — que la question d'Inga, dans son aspect économique, y trouvera une recrudescence d'intérêt.

21 décembre 1956.

TABLE DES FIGURES

1. Réduction de la restitution au 1 /10.000 de la région de Sikila-Bundi, mise à jour au 15 mars 1956	4
2. Carte de première investigation, région de Kianda-gorge Sikila	13
3. Situation et programme des levés bathymétriques	15
4. Extrapolation des courbes de fréquences cumulées	17
5. Courbe niveaux-débits pour échelle de Léopoldville-Est....	24
6. Carte géologique de la région d'Inga	26

TABLE DES MATIÈRES

I. Introduction	3
II. Données topographiques	4
<i>a)</i> Données topographiques proprement dites	4
<i>b)</i> Données bathymétriques	6
III. Données hydrographiques	15
<i>a)</i> Résumé d'activité	15
<i>b)</i> Principe de détermination des niveaux et débits caractéristiques	15
<i>c)</i> Mesures de débits	19
IV. Données géologiques	25
<i>a)</i> Renseignements généraux	26
<i>b)</i> Carte géologique	26
<i>c)</i> Sondages	27
V. Conclusions	29

