

Académie royale
des
Sciences coloniales
—
CLASSE
DES SCIENCES TECHNIQUES
—
Mémoires in-8°. Nouvelle série.
Tome VI, fasc. 6.

Koninklijke Academie
voor
Koloniale Wetenschappen
—
KLASSE
DER TECHNISCHE WETENSCHAPPEN
—
Verhandelingen in-8°. Nieuwe reeks.
Boek VI, aflev. 6.

L'aménagement hydroélectrique du fleuve Congo à Inga

PAR

F. CAMPUS

PRO-RECTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE
PRÉSIDENT DU COMITÉ DES EXPERTS POUR INGA
PRÉSIDENT DE L'INSTITUT NATIONAL
D'ÉTUDES POUR LE DÉVELOPPEMENT DU BAS-CONGO
MEMBRE DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES COLONIALES



Rue de Livourne, 80A
BRUXELLES 5

Livornostraat, 80A
BRUSSEL 5

1958

PRIX : F 75
PRIJS:



L'aménagement hydroélectrique du fleuve Congo à Inga

PAR

F. CAMPUS

PRO-RECTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE
PRÉSIDENT DU COMITÉ DES EXPERTS POUR INGA
PRÉSIDENT DE L'INSTITUT NATIONAL
D'ÉTUDES POUR LE DÉVELOPPEMENT DU BAS-CONGO
MEMBRE DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES COLONIALES

Mémoire présenté à la séance du 28 mars 1958.

L'aménagement hydroélectrique du fleuve Congo à Inga.

I. LE SITE

1. — Généralités.

Le site d'Inga, connu depuis fort longtemps [13] ⁽¹⁾, se trouve sur le cours inférieur du Congo, à une quarantaine de kilomètres en amont de Matadi, dans la partie supérieure du bief non navigable qui s'étend des rapides de Yelala à ceux d'Isangila (*fig. 1*).

Le fleuve y dessine un coude très accentué (*fig. 2*), parsemé de rapides, dont la branche amont dirigée du nord-ouest au sud-est constitue l'hypoténuse d'un triangle rectangle de 20 km de longueur, tandis que la branche aval, d'orientation générale est-ouest, en est un petit côté (10 km). Le troisième côté du triangle est occupé par un ensemble de vallées affluentes et tributaires (Bundi, Mumbombo, Mombazi et Makongo), généralement boisées. Le restant de la région comporte des plateaux desquels émergent quelques sommets plus élevés, comme les monts Lungu et Makokwa ; la végétation y est du type savane.

Les niveaux moyens amont et aval des eaux se situent aux cotes 157 et 61 ⁽²⁾, entraînant donc une dénivel-

⁽¹⁾ Les références [] renvoient à la bibliographie, p. 43.

⁽²⁾ Toutes les altitudes sont données par rapport à la surface de référence admise en 1931-1932 par la Mission cartographique du Bas-Congo. Dans ce système, le zéro de l'échelle limnimétrique de l'appontement en béton armé de la rade de Banana est à la cote -0,85 m (niveau moyen de la mer) [7, p. 73].

lation totale de 96 m sur une distance développée de 26 km.

On rencontre le long de la branche amont du fleuve deux systèmes de vallées qui lui sont proches et parallèles : d'abord la Grande Vallée et la vallée de Sikila, ensuite la vallée Van Deuren. Le premier système n'est séparé de la Makongo que par une crête de partage percée de trois cols d'altitudes comprises entre 170 et 180 m.

Entre les vallées de la Makongo et de la Bundi, d'une part, et la boucle du fleuve, de l'autre, se développe le plateau d'Inga, reste d'une ancienne plaine qui s'étendait à la cote 320.

2. — Géologie.

D'une manière très schématique, les formations du sous-sol se présentent en une succession de couches orientées N.O. — S.E. et inclinées vers le S.O. avec un pendage compris entre 20 et 73° (*fig. 3*).

Elles peuvent se répartir en cinq catégories :

a) *Les granites de la Mvunzi*, au S.O. de l'embouchure de la Bundi, qui constituent un bon matériau, tant pour les enrochements en tout-venant que pour les concassés de toute granulométrie ;

b) *Les roches vertes de la Bundi*, au contact des précédentes et principalement dans la vallée de la Bundi, depuis l'embouchure jusqu'au confluent avec la Mumbombo. Leur altération superficielle est souvent profonde et leur qualité, au point de vue génie civil, assez variable. Il n'est pas indiqué, dans l'état actuel des connaissances, d'y creuser des carrières profondes à parois raides, moins encore de grandes usines souterraines ou des galeries de sections très importantes. Toute galerie devra y être pourvue d'un revêtement bétonné capable de résister à des pressions transmises par les parois déformables ;

c) *Les rhyolites métamorphiques laminées*, ou roches de Sikila, qui se répartissent en deux larges bandes parallèles : la première suit le lit du fleuve et sa rive droite en amont de Shongo, tandis que la seconde recoupe la vallée de la Makongo et celle du fleuve dans la région des rapides de Kanza, au contact des roches vertes. Dans la première bande, la qualité de la roche est excellente, cependant qu'un clivage schisteux plus accentué caractérise la seconde ;

d) *Les quartzites sériciteux*, ou roches du mont Lungu, forment une bande continue, intercalée entre les deux zones de rhyolites. Quelques lentilles de quartzites se rencontrent également dans ces dernières roches. Leur qualité est médiocre, le type dominant étant une roche finement feuilletée, sans résistance aux tensions normales à la schistosité. Il convient donc d'être attentif au revêtement des ouvrages souterrains qui pourraient être creusés dans ce banc ;

e) *Les granites de la Lufu* occupent les hauteurs dominant la rive gauche du fleuve dans sa branche amont, mais n'intéressent l'aménagement du site que comme source de matériaux pour le barrage de coupure principal.

3. — Hydrologie.

Le régime du fleuve présente un cycle annuel particulièrement régulier [6]. Son débit atteint un minimum en août et un maximum en décembre. Des fluctuations secondaires donnent un second minimum en mars et un nouveau maximum en mai, moins prononcés en général que les valeurs extrêmes. En se basant sur les jaugeages du fleuve à Léopoldville et en appliquant aux valeurs mesurées un coefficient tenant compte du bassin versant complémentaire entre Léo et Inga (53.000 km² sur

3.747.320 km²), on a pu déterminer les débits extrêmes correspondant à la période d'observation de 1902 à 1957, soit 23.000 et 67.000 m³/s. Par ailleurs, les niveaux d'eau à de nombreux endroits du site ont été relevés de manière continue depuis 1953 et ont pu être mis en relation avec les niveaux et débits correspondants à Léopoldville et Boma, lesquels [6, p. 108] sont mesurés depuis 1902. La crue maximum catastrophique a été estimée à 90.000 m³/s, c'est-à-dire à 5.000 m³/s au-dessus de la crue dix-millénaire.

4. — Bathymétrie.

Le personnel de la mission locale a pu exécuter de remarquables levés bathymétriques du lit du fleuve par échosondeur, notamment dans la branche amont entre Kianda et Shongo, aux endroits prévus pour l'installation d'ouvrages importants [10, p. 6-13]. Ces investigations seront poursuivies pour atteindre le maximum de précision dans l'élaboration du projet d'exécution.

II. PUISSANCE ET ÉNERGIE DISPONIBLES

La puissance brute disponible est une fonction de la hauteur de chute et du débit disponible, suivant la relation

$$P = 9,81 \times Q \times H$$

où P est exprimé en kW, Q en m³/s et H en m.

1. — Hauteur de chute.

En se basant sur les relevés limnimétriques effectués depuis 1953 au site même et sur les courbes de correspondance avec le régime du fleuve à Léopoldville, on peut estimer que les cotes extrêmes atteintes à Kianda (point amont) et à l'embouchure de la Bundi (point aval) sont les suivantes :

- Kianda : 150,5 pour un débit de 23.000 m³/s
167 pour un débit de 67.000 m³/s
- Bundi : 50,5 pour un débit de 23.000 m³/s
71 pour un débit de 67.000 m³/s.

Il en résulte comme chute brute disponible :

- Aux très basses eaux : 100 m ;
- Aux très hautes eaux : 96 m.

En créant une retenue par le barrage de coupure du fleuve, le niveau amont peut être élevé à la cote 190, ce qui porte les chutes brutes disponibles aux valeurs suivantes :

- Aux très basses eaux : 139,5 m ;
- Aux très hautes eaux : 119 m.

La cote amont de 190 correspond à un lac artificiel dont la limite est voisine de la frontière de l'Afrique Équatoriale française dans la région de Manianga, à 175 km en amont de la Bundi en suivant le cours du fleuve. La possibilité existe d'ailleurs d'augmenter encore les hauteurs de chute à Inga en portant le niveau du réservoir à la cote 200 par exemple.

2. — Débit.

Ainsi qu'on l'a vu dans le chapitre précédent, les débits extrêmes connus sont respectivement de 23.000 et 67.000 m³/s. Les études ont cependant été basées sur un débit d'étiage de 25.000 m³/s, dont la fréquence est de 99,8 %.

3. — Puissance.

Les puissances brutes disponibles dans l'ensemble du site sont dès lors :

— En période de basses eaux :

$$P_{b.e.} = 9,81 \times 25.000 \times 139,5 = 34.200.000 \text{ kW ;}$$

— En période de hautes eaux :

$$P_{h.e.} = 9,81 \times 67.000 \times 119 = 78.215.000 \text{ kW.}$$

Le comité des experts, institué pour l'examen des avant-projets déposés par quatre bureaux d'ingénieurs-conseils, a recommandé (voir pages 21 à 24) de n'utiliser initialement qu'une fraction de la chute totale disponible.

En demi-première phase, un débit d'environ 2.000

m³/s actionnera des turbines sous une chute nette de 46 à 50 m, suivant le régime des eaux, garantissant ainsi une puissance de 830.000 kW aux bornes haute tension des transformateurs de départ. Le même aménagement alimenté par un débit d'environ 4.000 m³/s et pourvu d'un équipement électro-mécanique doublé fournira en première phase une puissance de 1.570.000 kW (*fig. 4*). Les phases ultérieures sont à fixer suivant la demande ; la possibilité existe d'équiper graduellement le site jusqu'à une puissance garantie aux transformateurs de départ s'élevant à 25.360.000 kW.

Les experts ont cependant été plus loin en attirant l'attention sur le fait qu'un débit de 30.000 m³/s était disponible pendant environ 90 % de l'année. Cette particularité peut être mise à profit pour produire un supplément garanti de 5.000.000 kW pendant 330 jours par an.

4. — Énergie.

En admettant une utilisation annuelle de 8.000 h, les productions d'énergie correspondant aux puissances précitées sont les suivantes :

— Demi-première phase : $830.000 \text{ kW} \times 8.000 \text{ h} = 6,6$ milliards de kWh.

— Première phase : $1.570.000 \text{ kW} \times 8.000 \text{ h} = 12,6$ milliards de kWh.

— Aménagement intégral (pour 25.000 m³/s) :
 $25.360.000 \text{ kW} \times 8.000 \text{ h} = 202,9$ milliards de kWh.

A titre de comparaison, la production globale d'énergie électrique en Belgique a été de 12,6 milliards de kWh en 1957. Les valeurs correspondantes pour la Norvège, la Suède et la Suisse, pays typiquement producteurs d'énergie d'origine hydraulique, ont été respectivement de 26, de 28 et de 14,9 milliards de kWh.

III. HISTORIQUE ET CONSISTANCE DES ÉTUDES (*)

Depuis que le premier explorateur européen, le capitaine J. K. TUCKEY [20], passa à Inga en 1816, il a fallu attendre près d'un siècle pour que l'attention de quelques rares initiés fût attirée par le site.

Ce fut d'ailleurs un problème tout différent de celui de la production d'énergie électrique qui amena des étrangers à cet endroit, déserté même par les autochtones lorsque H. M. STANLEY [15] le traversa en 1877. Il s'agissait en effet d'apporter une solution au problème des transports entre le Stanley-Pool et l'océan Atlantique.

Le site d'Inga fit l'objet, en 1885, d'une première étude topographique au cours de la recherche d'un tracé pour le chemin de fer destiné à contourner la région des cataractes.

La première reconnaissance géologique du lit du fleuve au saillant d'Inga eut lieu en 1887.

La première carte du site, au 1 : 250.000, fut dressée quelques années plus tard par le service du Cadastre et fut reprise en 1900 dans l'atlas au 1 : 100.000 consacré par Hubert DROOGMANS, Secrétaire de l'État Indépendant du Congo, à la région comprise entre l'océan et le Stanley-Pool.

La mission Rob. THYS, qui étudia le fleuve à l'aval de Léopoldville et à l'amont immédiat de Matadi, réunit en 1910-1911 les premières données scientifiques concernant le régime et le débit du Congo [19].

(*) L'histoire du site d'Inga a fait l'objet d'un substantiel mémoire de M. J.-H. PIRENNE, publié en 1957 par l'Académie royale des Sciences coloniales [13], auquel le présent chapitre a fait de larges emprunts.

Mais à cette époque, ce fut le problème de la navigabilité du fleuve entre Léopoldville et Matadi qui ramena l'attention sur le site d'Inga. En 1913, un syndicat créé à l'initiative de la SOCIÉTÉ GÉNÉRALE DE BELGIQUE et de la firme LEVER chargea l'ingénieur anglais B. WALL [27] d'examiner cette question dans l'espoir de rendre le port de Matadi accessible aux bateaux navigant sur le Haut-Congo. L'ingénieur et ses adjoints furent les premiers à évaluer l'importance de l'obstacle qui se dressait à Inga, mais ils ne disposèrent que de trois jours pour reconnaître l'endroit. WALL préconisa entre autres solutions, de mettre à profit, pour y établir un canal, la dépression de terrain parallèle au fleuve sur la face nord-est du saillant et que l'on dénommera plus tard vallée Van Deuren. La guerre de 1914-18 vint bientôt mettre en veilleuse les projets envisagés.

Après les hostilités, l'insuffisance du chemin de fer Matadi-Léopoldville apparut en pleine lumière, ses installations ne parvenant plus à faire face au trafic croissant des marchandises, bien que l'Administration belge eût pris rapidement la décision de moderniser la ligne. En 1925, le colonel Pierre VAN DEUREN envisagea la construction d'une série de grands barrages pour permettre la montée des navires de mer jusqu'au Stanley-Pool [21]. Comme l'étude, entamée précédemment, de l'électrification du chemin de fer à partir de centrales sur l'Inkisi et la Mpozo n'avait pas encore abouti à une décision, le colonel VAN DEUREN recommanda en même temps l'équipement de chutes d'eau. Il prévoyait en tout sept barrages, avec centrales hydroélectriques, assurant chacun une retenue de 40 m de hauteur et répartis en deux groupes, de Matadi à Isangila et de Manianga au Stanley-Pool. Mais les renseignements dont on disposait alors sur Inga étaient vagues, au point que le colonel se basa sur une dénivellation de 12 m seulement sur 8 km pour implanter le barrage sur le flanc sud du saillant, à l'amont de l'embouchure de la Bundi.

Ce ne fut qu'au début de 1927 que les renseignements topographiques recueillis par la mission WEBER permirent une vision plus réaliste des choses. Le colonel VAN DEUREN prospecta la région, en juin de la même année. Il reconnut, à Inga, la dépression formée par les vallées de la Bundi et de la Makongo — qu'il appelait « Matamba » — et signala qu'on pourrait y capter 5 millions de kW moyennant des travaux relativement modestes : le percement de la crête entre le fleuve et la Makongo et la construction d'un barrage à 1 km environ de l'embouchure de la Bundi. Dès ce moment, l'aménagement de la « Matamba » devint pour Pierre VAN DEUREN le centre de ses projets de développement du Bas-Congo. Il y voyait déjà la source d'énergie qui alimenterait une grande industrie à l'échelle mondiale, et suggéra la création d'un syndicat d'étude pour la mise au point de la question et la constitution des sociétés d'exploitation nécessaires.

Ce fut le 21 janvier 1929 que fut créé ce « Syndicat d'Études du Bas-Congo » (SYNEBA) dont l'objet était triple :

- Établir un port maritime avec ses liaisons vers l'intérieur ;
- Créer dans le Bas-Congo des centres de production d'énergie hydroélectrique ;
- Étudier la navigation sur le fleuve en amont de Matadi.

L'étude de l'aménagement hydroélectrique du fleuve fut confiée à l'ingénieur-conseil suisse H.-E. GRUNER, qui envoya sur place dans le courant de 1929 l'ingénieur P. DE RHAM. Celui-ci envisagea trois variantes qui consistaient à capter les eaux à l'extrémité aval de l'île Sikila et à les amener, d'abord dans la vallée Van Deuren, puis par tunnel dans la vallée de la Makongo ou dans

la vallée de la Mumbombo, de manière à obtenir par stades successifs une puissance de 700.000 kW.

En conclusion de ces études, le Comité d'Administration de SYNEBA fit connaître, dans son rapport du 1^{er} mars 1932 au Ministre des Colonies, qu'on pourrait établir à Inga les installations de production d'énergie électrique satisfaisant à tous les besoins de la Colonie, même dans un avenir très éloigné, sans avoir à construire d'ouvrages de régularisation du fleuve. Il dissociait ainsi la production d'énergie de l'aménagement du Congo en vue de la navigation [17].

Cependant, une fois de plus, au moment du dépôt du rapport précité, la conjoncture s'était modifiée au détriment de l'avancement du projet d'Inga et le trafic du chemin de fer, qui avait dépassé le cap des 500.000 tonnes annuelles, était en nette régression en raison de la situation économique de la Colonie. Par ailleurs, les besoins en électricité de Léopoldville et de Matadi étaient couverts par les centrales de Sanga et de la Mpozo. Comme enfin l'apparition d'une première demande importante d'énergie se faisait attendre, le programme d'équipement du Bas-Congo fut abandonné par le Département des Colonies le 16 décembre 1939, en raison des événements internationaux.

Mais au lendemain de la seconde guerre mondiale, il apparut que le développement économique futur du Congo serait d'autant plus important que les ressources du pays en énergie électrique le mettraient à même de favoriser l'apparition d'industries nouvelles.

A l'initiative de M. F. LEEMANS, quatre Syndicats d'Études furent constitués, parmi lesquels le Syndicat pour le Développement de l'Électrification du Bas-Congo (SYDELCO), créé le 16 novembre 1946. Le but de ce dernier était d'abord l'étude du captage des chutes de l'Inkisi inférieur, mais ses statuts prévoyaient que ses travaux pourraient s'étendre à d'autres projets dans la région du

bas fleuve. Dès que la centrale de Zongo, sur l'Inkisi, fut mise en construction par la Société des Forces hydro-électriques du Bas-Congo, constituée le 18 décembre 1950, SYDELCO concentra ses études sur le site d'Inga, que l'emplacement et la puissance disponible rendaient capables d'alimenter à la fois le Mayumbe et la région de Matadi, ainsi que le chemin de fer de Matadi-Léopoldville. Le général VAN DEUREN évaluait à ce moment à environ 50.000 kW les besoins de la région Matadi-Mayumbe, envisageait un transport ultérieur de l'énergie d'Inga à Léopoldville, à 250 km de distance, et, dans un avenir plus lointain, l'alimentation de la province de Léopoldville, ainsi que des régions de l'Afrique Équatoriale française et de l'Angola, dans un rayon de 1.000 km.

On reconnut alors qu'avant même de pouvoir parler de projet d'exécution, il était indispensable de rassembler un grand nombre de données techniques précises et détaillées sur la topographie, la géologie et l'hydrologie du site.

Une piste carrossable de 20 km de longueur fut tout d'abord construite pour relier le plateau d'Inga à la route existante Matadi-Boma ; un camp fut établi, ainsi qu'une piste d'atterrissage pour avions légers. Enfin, les 26 km de rives à prospecter furent sillonnées d'un réseau de pistes raccordées au poste, où s'installèrent trois agents européens et une soixantaine de travailleurs autochtones. On procéda à l'installation du matériel d'études hydrographiques sur les rives du fleuve et au placement des signaux de repérage pour les levés aériens. Ces levés furent effectués par l'Institut Géographique du Congo belge au cours de la saison sèche 1953, tandis que des levés de détail étaient faits sur le terrain par l'équipe de topographes de SYDELCO. En même temps, des mesures systématiques de débit du fleuve furent entreprises à Léopoldville.

SYDELCO n'avait cependant pas à son programme

l'étude complète d'un aménagement aussi vaste que celui d'Inga et son capital social ne pouvait suffire à réaliser les nombreuses investigations nécessaires. Aussi son Conseil d'Administration proposa-t-il, en février 1955, au Ministre des Colonies le rachat des études déjà effectuées, ce qui fut accepté, et le travail sur le terrain fut poursuivi par le même personnel pour compte du Ministère.

Quelques jours plus tard, le 5 mars 1955, un Arrêté royal instituait une *Commission nationale pour le Développement économique du Congo belge et du Ruanda-Urundi*, dont le but était de faire rapport au Roi sur l'opportunité et éventuellement les modalités de la création d'un *Office de Développement économique du Congo belge et du Ruanda-Urundi*. Elle devait, en fait, s'occuper du problème de la mise en valeur d'Inga. C'est alors que, parallèlement aux travaux de la Commission, se développa dans la presse un vaste débat, l'ampleur de l'effort financier nécessaire et de ses conséquences ayant provoqué certaines réactions dans une partie de l'opinion publique. D'aucuns craignaient notamment que le Gouvernement fît aux capitaux étrangers des conditions plus favorables qu'aux capitaux belges. Entretemps, la Commission aboutit à la conclusion qu'il n'y avait pas lieu de créer un office spécial et recommanda de mettre sur pied un bureau d'études entièrement étatique, qui ferait appel à la collaboration technique du secteur privé.

L'étude se poursuivait cependant sur le plan technique et M. P. GEULETTE, président de SYDELCO, put présenter à l'Académie royale des Sciences coloniales un premier exposé technique de la question en juin 1955 [9]. Sur le plan économique, des informations complémentaires furent apportées par le mémoire des professeurs W. DE KEYSER et I. DE MAGNÉE, de l'Université de Bruxelles [5] ; ceux-ci envisageaient résolument la possi-

bilité d'installer utilement une puissance de 4 à 5 millions de kW en vue d'un développement industriel dans un avenir prévisible.

Bientôt, l'intérêt de l'aménagement d'Inga ne fut plus contesté. Mais la Commission nationale fut dissoute en juillet 1956, tandis que le Département des Colonies organisa une consultation pour dégager l'avant-projet le plus approprié de l'équipement du site.

Quatre bureaux d'ingénieurs-conseils, travaillant indépendamment, furent chargés de recommander au Ministre le meilleur type d'aménagement intégral compatible avec la nécessaire progressivité dans les investissements et dans le développement de la consommation d'électricité.

Ces organisations étaient les suivantes :

- 1) La Compagnie Africaine des Ingénieurs-Conseils (CADIC), à Bruxelles ;
- 2) La Société Commerciale et Minière du Congo (COMINIÈRE), à Bruxelles ;
- 3) La Société d'Étude de l'Aménagement hydro-électrique d'Inga (SYDELINGA), à Bruxelles ;
- 4) Le Vattenbyggnadsbyran (VBB), à Stockholm.

La COMINIÈRE s'est associée pour cette étude à la firme américaine HARZA ENGINEERING COMPANY INTERNATIONAL de Chicago et s'est acquis en outre la collaboration du bureau d'études EBASCO SERVICES INCORPORATED de New-York pour les lignes de transport d'énergie et les industries utilisatrices.

Un important dossier technique fut mis à la disposition des bureaux intéressés ; il comprenait notamment les documents suivants :

1) Topographie :

- Plan au 1 : 10.000 de l'ensemble du site ;
- Plans au 1:5.000 de la région de Kianda-Fwamalo et de la région de Kanza-Bundi ;
- Plan au 1:2.000 de la vallée Van Deuren.

2) Bathymétrie :

- Plans au 1:5.000 de la région de Kianda-Sikila et de la région de Kanza-Bundi.

3) Géologie :

- Levé de surface au 1:25.000 et rapport descriptif ;
- Fiches des sondages entrepris depuis le mois d'août 1956 dans la colline entre la Mumbombo et le fleuve, et dans la basse vallée de la Bundi.

4) Hydrologie :

- Tableaux des lectures limnimétriques à l'échelle de Léopoldville depuis 1902, recueillis auprès des services publics ;
- 25 jaugeages du fleuve à Léopoldville de septembre 1955 à novembre 1956 ;
- Lectures limnimétriques effectuées à Inga depuis 1953.

Les rapports détaillant les études des quatre bureaux d'ingénieurs-conseils furent déposés le 1^{er} avril 1957. Ainsi qu'on pouvait s'y attendre, les solutions proposées accusèrent des différences sensibles entre elles. De plus, chacun des concurrents présenta plusieurs variantes.

Il avait été décidé, dès le principe de la consultation de confier à un comité formé de personnalités compé-

tentes et indépendantes le soin d'apprécier les divers aménagements proposés, de souligner les avantages et inconvénients de chacun d'eux et de les confronter après les avoir rendus comparables. Le rôle de ce comité n'était cependant pas limité à un simple arbitrage objectif ; il lui était demandé en outre de formuler toutes suggestions de nature à améliorer les dispositions préconisées par les ingénieurs-conseils.

Installé le 29 avril 1957 par le Ministre des Colonies, le « Comité des Experts » se mit immédiatement à l'œuvre : du 2 au 12 mai, ses membres se rendirent en groupe à Inga où ils purent se familiariser avec les particularités du site et réunir la documentation complémentaire jugée nécessaire. C'est ainsi que des sondages géologiques furent exécutés aux emplacements de certains ouvrages proposés. De même, trois galeries expérimentales furent creusées dans la vallée Van Deuren, dans les quartzites avoisinant le point dénommé PE XI et dans les roches vertes de la vallée de la Bundi. Au surplus, un des experts disposant d'un bureau d'études privé, fut chargé de l'important travail consistant à homogénéiser les projets, c'est-à-dire à unifier tous les plans, métrés et devis des ingénieurs-conseils, en les basant sur des hypothèses identiques. Le résultat de ce travail fut examiné au cours d'une deuxième session du comité, tenue en juillet 1957. C'est alors qu'apparut l'intérêt considérable d'équiper en première phase la vallée Van Deuren, ce qui doit permettre de produire une quantité relativement faible d'énergie à un prix de revient très bas, tout en laissant la possibilité de choisir les phases ultérieures parmi l'un quelconque des avant-projets. Il fut alors procédé à l'« homogénéisation » d'une solution partielle relative à la vallée Van Deuren, et on examina comment, techniquement, les phases d'aménagement pouvaient se souder l'une à l'autre au prix de remaniements de détail. Pendant ce temps, les experts se chargèrent, chacun dans sa

spécialité, d'étudier de manière approfondie les dispositions des avant-projets et de rédiger des rapports individuels exposant leurs vues personnelles sur les questions examinées. Au cours de la troisième et dernière session du Comité, en septembre 1957, les experts se mirent unanimement d'accord pour proposer au Ministre des Colonies un schéma mixte d'aménagement, qui représentait à leurs yeux la combinaison la plus favorable des éléments prélevés dans les divers avant-projets des ingénieurs-conseils. Ils formulaient en même temps diverses suggestions destinées à améliorer ce schéma.

Dans l'entretemps, SYDELCO ayant été dissous en mars 1957, la Régie de Distributions d'Eau et d'Électricité du Congo belge et du Ruanda-Urundi (REGIDESO) poursuit les investigations locales avec l'ancien personnel de SYDELCO, afin de compléter la documentation des experts et d'amorcer l'étude définitive de la vallée Van Deuren.

Enfin, l'Arrêté royal du 4 décembre 1957 créa l'Institut National d'Études pour le Développement du Bas-Congo qui a pour objet, en faisant éventuellement appel à des organismes publics ou privés spécialisés, d'étudier :

— L'ensemble de l'équipement hydroélectrique du site d'Inga, y compris l'infrastructure nécessaire ;

— Le mode de financement des travaux d'équipement du site ;

— Les possibilités économiques d'utilisation du courant électrique ;

— Les problèmes connexes, notamment les problèmes démographiques, sociaux, ainsi que ceux d'urbanisation et de transport ;

— Les questions qui lui sont soumises par le Ministre des Colonies.

L'Institut a immédiatement fait procéder aux sondages géologiques complémentaires dans la vallée Van Deuren au cours de la période d'étiage de 1958.

IV. AVANT-PROJET RETENU

1. — Choix d'un schéma mixte.

Le choix de la phase initiale d'aménagement du site d'Inga a constitué le point le plus important de la mission du comité des experts et ce pour les raisons suivantes :

a) La production annuelle d'énergie à Inga peut être comprise entre une valeur relativement faible et une valeur très élevée, supérieure à 200 milliards de kWh, tandis que son coût varie en sens inverse. Seule l'introduction d'industries nouvelles consommant une grande quantité d'électricité par unité de produit fabriqué peut donc absorber l'énergie d'Inga. De telles industries ne seront attirées que par un prix du kWh suffisamment bas en comparaison avec les sources actuelles les plus favorables. Il existe donc un seuil économique caractérisé non seulement par une certaine limite supérieure du coût du kWh et une certaine limite inférieure de la consommation annuelle, mais aussi par une compatibilité de ces limites avec les possibilités de développement des industries consommatrices. Plus ce seuil économique pourra être abaissé, plus le projet a de chances de recevoir un commencement d'exécution et donc d'aboutir.

b) Les étapes initiales ont une importance cruciale, car l'essentiel est de pouvoir démarrer. Lorsque les premières installations industrielles fonctionneront, de nouveaux développements peuvent être d'autant plus raisonnablement attendus que l'augmentation de la consommation d'énergie doit entraîner normalement une

diminution de son prix de revient et amener des résultats financiers favorisant de nouveaux investissements.

c) Quelle que soit la solution adoptée, il importe en tout cas de sauvegarder autant que possible la totalité des réserves énergétiques du site afin de ne pas hypothéquer l'avenir.

d) Les études des ingénieurs-conseils consultés montrent que divers aménagements initiaux sont possibles. Ils sont cependant inégalement avantageux et ont une incidence très nette sur le développement ultérieur. Les schémas initiaux les plus favorables grèvent généralement l'équipement ultérieur d'une manière défavorable, tandis que l'aménagement intégral le plus avantageux l'est fort peu dans son stade initial.

D'une manière conforme aux termes de la mission, l'avant-projet recommandé par le comité des experts réunit des dispositions fragmentaires extraites de certaines variantes des études déposées par les ingénieurs-conseils. Cet avant-projet mixte combine les étapes initiales les plus avantageuses avec les développements ultérieurs dont le coût de production ne serait que faiblement majoré, tout en sauvegardant l'économie de l'aménagement intégral.

Les caractéristiques de l'équipement des phases successives sont résumées dans le tableau de la page 28.

2. — Première phase.

Cette phase tire parti de la disposition favorable de la vallée Van Deuren et comprend l'installation à cet endroit des premières centrales fonctionnant au fil de l'eau (*fig. 4*).

Le comité des experts a reconnu la possibilité d'amé-

nager une première demi-phase, dite Shongo 1/2 d'une puissance de 830.000 kW. Toutefois, pour des raisons d'ordre pratique, on envisage d'établir immédiatement l'ensemble des installations de première phase, dite Shongo 1, pour une puissance de 1.570.000 kW.

La prise d'eau est située dans la baie en aval de l'échelle PE XIX. L'endroit est favorable, les déblais ne sont pas importants. Le débit dérivé est de l'ordre de 4.000 m³/s. Le canal d'amenée, d'une longueur de 6.200 m, a une section de 1000 m² environ pour limiter la vitesse de l'eau à 4 m/s ; sa largeur au niveau du radier est de 200 m avec des berges inclinées à 1/1. Il suit les chenaux naturels du lit majeur du fleuve adjacents à la rive droite et submergés aux hautes eaux. Les excavations sont réduites de ce fait. Elles prennent toutefois de l'importance à la traversée du seuil entre Fwamalo et la vallée Van Deuren. Celle-ci n'exige que des aménagements peu importants pour l'amenée de l'eau aux centrales.

Des digues en enrochement, dont la cote de couronnement a été fixée à 161,50, bordent le canal en divers endroits pour le protéger des courants de hautes eaux et pour éviter la submersion de certaines dépressions voisines de la rive, notamment la vallée de Sikila.

La vallée Van Deuren est barrée à l'aval par un ouvrage en béton de 60 m de hauteur et d'une longueur totale de 630 m. Il est relié au terrain naturel à son extrémité rive gauche par un déversoir de 125 m de longueur orienté perpendiculairement à l'axe du barrage. Un mur guideau prolonge le barrage au delà du déversoir pour diriger les eaux déversées vers le lit principal du fleuve et protéger la centrale. Le barrage proprement dit est divisé en voussoirs de 16 m de largeur correspondant à la distance d'axe en axe des groupes. De ce fait, chaque voussoir situé en regard d'un groupe comprend une prise d'eau et une conduite forcée de 5,60 m de diamètre.

L'usine de surface, située directement au pied du

barrage, a une longueur de 524 m et comprend 26 groupes de 76 MW, du type Francis à axe vertical, dont 2 de réserve. La distance d'axe en axe des groupes est de 16 m longitudinalement et de 12 m transversalement. Les 26 groupes sont répartis en deux séries de 7 aux extrémités de la centrale et deux séries de 6 au centre. Deux aires de montage et de réparation, dont la largeur égale deux fois le module de 16 m, ont été laissées disponibles entre les séries extérieures et les séries intérieures. Un espace libre ménagé au centre sera utilisé pour l'arrivée des conduites d'eau de réfrigération, les pompes de drainage et les groupes auxiliaires.

Un canal de fuite de 900 m de longueur restitue les eaux du fleuve dans la baie de Shongo, à l'extrémité aval de la vallée Van Deuren.

Au total, les volumes des travaux de génie civil pour l'aménagement de première phase sont les suivants :

excavations en terre	:	2.750.000 m ³
excavations en rocher	:	10.250.000 m ³
excavations en rocher sous eau	:	550.000 m ³
enrochements	:	3.250.000 m ³
béton massif	:	1.050.000 m ³
béton armé	:	40.000 m ³ .

Les études définitives devront comparer la solution « barrage en enrochement » avec celle « barrage en béton », de même que l'utilisation au moins partielle d'usines souterraines avec galeries de fuite débouchant en aval de Shongo. Plus la restitution sera située vers l'aval, plus la chute sera élevée, mais plus les ouvrages de fuite seront coûteux. Le point extrême d'aval à considérer est la région du PE IV ; il y correspond des galeries de fuite d'environ 5.500 m de longueur. A égalité de débit turbiné et de durée d'utilisation, la puissance installée et la production annuelle sont d'autant plus grandes que la restitution se fait plus en aval, sans toutefois

dépasser la région du PE IV. Tenant compte de la plus grande dépense pour les ouvrages de fuite, le coût du kWh pour une même production est d'un ordre de grandeur relativement peu variable. Le choix des experts se base sur la moindre puissance initiale, le moindre investissement, le moindre risque et la moindre durée d'exécution, sans que, dans le stade ultime, la solution puisse être considérée comme entraînant une perte d'énergie disponible, à condition de rester dans les limites modérées de puissance prévues. Si celles-ci devaient être dépassées en raison de la demande d'énergie, le problème des ouvrages de restitution devrait être reconsidéré lors de l'établissement du projet définitif. Les experts ont d'ailleurs expressément fait remarquer que le schéma mixte, établi conformément aux termes de leur mission, pouvait être sensiblement amélioré suivant leurs suggestions.

3. — Deuxième et troisième phases.

Les données actuellement admises pour ces phases sont encore sommaires et les investigations correspondantes doivent être complétées afin que l'on puisse être aussi catégorique et aussi relativement précis que pour la phase initiale. Il n'est, de plus, pas utile de se lier dès à présent pour des travaux différés d'une décennie, sinon davantage, d'autant plus que l'ampleur des besoins ne peut pratiquement pas être estimée actuellement. Et c'est précisément de cette ampleur que dépendent les caractéristiques de l'aménagement postérieur à la phase initiale. Les phases ultérieures répondront à des demandes déterminées d'énergie.

Quoiqu'il en soit, s'il s'agit d'assurer pour une longue durée une production annuelle d'environ 24 milliards de kWh, correspondant à une puissance installée de

3 millions de kW, il est intéressant d'effectuer en deuxième phase un second aménagement au fil de l'eau pour éviter à ce moment des investissements importants dans l'ouvrage de coupure du fleuve. Mais les avantages offerts par cette solution sont limités à la période pendant laquelle la production resterait inférieure à environ 40 milliards de kWh. Les dépenses engagées dans la construction du canal d'aménée, évaluées à 3,4 milliards de francs belges, grèvent en effet inutilement le développement postérieur au barrage du fleuve et il en résulterait en phase finale un coût du kWh plus élevé.

Si les besoins en énergie, immédiatement après la première phase, exigeaient par contre une production totale de l'ordre de 40 milliards de kWh ou davantage, il y aurait lieu alors de construire le barrage du Congo, sans recourir à la phase au fil de l'eau.

a) *Deuxième phase* (phase au fil de l'eau).

S'il apparaît nécessaire de passer par la phase au fil de l'eau (*fig. 5*), une prise d'eau pour 4.000 m³/s serait établie immédiatement en amont de celle du canal Van Deuren, dans le voisinage du point PE XIX. Un canal d'aménée d'environ 8 km de longueur conduirait les eaux dans les vallées de la Makongo et de la Mombasi en traversant le col C3. Un barrage de retenue en enrochement, écrêté à la cote 163, serait établi dans la basse vallée de la Bundi à quelque 1.000 m de l'embouchure. Une usine souterraine (étape 3), puis une deuxième (étape 4) seraient creusées dans la crête séparant les vallées du Congo et de la Mumbombo, chacune de ces centrales étant équipée de 12 groupes d'une puissance nominale de 216 MW travaillant sous chute réduite et restituant les eaux turbinées en amont de l'embouchure de la Bundi. Les dispositions générales de fonctionnement de ces usines ainsi que celles de cette phase sont indiquées en *figure 5*.

Ensuite seulement serait entreprise la coupure du fleuve. A l'emplacement choisi (*fig. 6*), le Congo a une largeur de 2.500 m et une profondeur maximum faible — en comparaison avec d'autres endroits du site — de l'ordre d'une trentaine de mètres. Les dispositions sont très favorables pour l'établissement en rive droite des ouvrages évacuateurs et régulateurs. Ceux-ci doivent être entrepris en premier lieu et poursuivis pendant les stades préliminaires du barrage des deux chenaux principaux.

Le barrage du fleuve serait du type mixte, comprenant :

— En rive droite : un barrage-poids en béton de 195 m de longueur, avec déversoir de surface et vannes de fond ;

— Au centre : un barrage-poids en béton de 940 m de longueur, avec déversoir de surface ;

— En rive gauche : un barrage en enrochement de 1460 m de longueur, avec noyau de sable semi-perméable compris entre filtres.

Les experts ont recommandé de construire directement l'ouvrage à sa hauteur définitive pour créer une retenue à la cote 190. Cette condition impose évidemment de surélever le barrage de la Bundi à la cote nécessaire (*fig. 6*).

L'établissement de centrales souterraines supplémentaires fonctionnant sous la chute complète entre la retenue et le fleuve à l'embouchure de la Bundi assurerait l'équipement successif et intégral du site.

b) *Troisième phase.*

Si, d'autre part, la demande d'énergie est suffisamment importante après absorption complète de la production des usines Van Deuren, le passage par la phase au fil de l'eau, comme décrit ci-avant, peut être évité. Dans ce cas, des travaux relativement peu importants

au col C3 (30 % environ du coût du canal d'aménée mentionné plus haut) suffiraient pour mettre aisément en communication la vallée du fleuve avec celle de la Makongo. En effet, on l'a vu dans la description du site, l'altitude des cols entre le fleuve et la Makongo ne permet pas une section de passage suffisante et entraînerait des pertes de charge assez grandes. Les barrages du Congo et de la Bundi seraient établis directement à leur cote définitive 190. Quant aux centrales avec leur équipement, elles pourraient être installées en fonction des besoins, comme il a été mentionné.

4. — Aménagement intégral.

Le tableau suivant résume les principales caractéristiques de l'aménagement du site, dans l'hypothèse de la construction du barrage du fleuve immédiatement après l'équipement de la vallée Van Deuren.

Phases	3												
	1		2		3		4		Aménagement intégral				
ÉTAPES	Shongo 1/2		Shongo 1		Shongo 1		Bundi 1		Shongo 1		Bundi 1-10		
USINES	Basses eaux	Hautes eaux	Basses eaux	Hautes eaux	Basses eaux	Hautes eaux	Basses eaux	Hautes eaux	Basses eaux	Hautes eaux	Basses eaux	Hautes eaux	
Cote de la retenue	160		160		160		190		160		190		
Chute nette	m	45,85	50,35	43,90	49,95	55,30	52,60	131,90	115,70	55,30	52,60	129,70	
Débit dérivé	m ³ /s	2.000	2.050	3.940	4.130	3.770	3.970	2.040	2.370	3.770	3.970	20.740	
Puissance installée aux alternateurs	MW	76 × 13		76 × 26		76 × 26		216 × 12		76 × 26		216 × 120	
Puissance garantie au départ	MW	830		1.570		4.160				25.360			
Énergie annuelle disponible au départ	milliards de kWh/an	6,64		12,56		33,3				202,9			
Coût du kWh à l'ar- rivée des lignes (ré- gion de Boma) pour 8.000 h d'utilisation	FB/ kWh	0,13		0,099		0,111				0,062			

V. LIGNES DE TRANSPORT D'ÉNERGIE

Dans l'état actuel, il est prématuré de localiser sur la carte les centres industriels vers lesquels devra s'effectuer le transport à partir d'Inga. Mais on sait que de nombreux emplacements favorables sont répartis tout le long de la rive droite de l'estuaire du fleuve, depuis les emplacements en face de Matadi jusqu'à Banana sur l'Océan Atlantique [7]. Une distance de transport de 120 km a été considérée, ce qui correspond à une fourniture en un point situé en bordure du fleuve entre Boma et Banana, et c'est sur cette donnée qu'a été basée la détermination des caractéristiques des lignes.

L'énergie des centrales Van Deuren sera transportée par quatre lignes (dont une de réserve) de 525 MW sous 380 kV. Chaque ligne sera équipée d'un terna de trois fois deux conducteurs jumelés et de deux câbles de garde. Les six conducteurs sont disposés dans un même plan horizontal, l'écartement moyen des deux conducteurs d'une phase étant de 40 cm. Les câbles de garde assurent la protection des conducteurs contre les coups de foudre directs.

Pour les centrales de la Bundi, on pourra envisager des lignes à deux ternes, par exemple avec pylônes du type DONAU utilisé dans le réseau allemand à 380 kV, dont l'emploi pourra être plus économique et réduira la bande de terrain utilisée pour le faisceau de lignes ; en même temps, la réactance kilométrique des deux ternes en parallèle est légèrement inférieure à celle d'une ligne en nappe, ce qui permettra de diminuer quelque peu la puissance des compensateurs synchrones.

Au stade définitif, il sera impossible de mettre en parallèle toutes les lignes de transmission entre un seul jeu de barres à Inga et un jeu de barres au centre d'utilisation. En effet, la puissance de court-circuit totale par ligne sera voisine de 2.750 MVA. Or, la limite actuelle courante de la puissance de coupure des disjoncteurs 380 kV à air comprimé est voisine de 20.000 MVA. Il conviendrait donc de ne pas dépasser par groupe 6 à 7 lignes en parallèle transportant une puissance de 3.900 à 4.500 MW.

Il ne semble pas qu'il soit opportun d'installer une station réceptrice unique dans la région industrielle, celle-ci pouvant occuper une superficie très importante ; il y aura donc intérêt à prévoir plusieurs stations d'arrivée aux centres de gravité des blocs de consommation.

Il apparaît enfin qu'une tension de distribution de l'ordre de 70 kV sera insuffisante pour assurer le transport de quantités aussi massives d'énergie vers les centres de consommation à partir des postes d'arrivée à 380 kV et que l'on sera vraisemblablement amené à utiliser une tension plus élevée, soit 132 ou 150 kV. Une décision définitive à ce sujet ne pourra toutefois être prise que lorsque la distribution de ces centres sera connue.

En ce qui concerne le facteur de puissance sous lequel devrait fonctionner la transmission d'énergie, les études montrent qu'il n'y a pas un intérêt économique à augmenter la capacité des compensateurs synchrones à l'arrivée au delà d'une valeur telle que le facteur de puissance des alternateurs soit supérieur à environ 0,8. Ce résultat peut sembler en opposition avec la pratique actuelle courante, qui envisage au contraire la production de la puissance réactive aux points de consommation ; cette différence résulte du prix particulièrement bas du kWh et, en conséquence, de l'incidence assez faible de la capitalisation des pertes Joule. Pour la puissance mentionnée des compensateurs synchrones, le

facteur de puissance résultant de la charge et des compensateurs doit être voisin de 0,95.

Il n'en reste pas moins qu'il y a intérêt à ce que les récepteurs travaillent sous un facteur de puissance aussi voisin que possible de cette valeur pour réduire la capacité des compensateurs synchrones. Lorsque la nature exacte des récepteurs sera connue, il conviendra de faire une étude plus poussée de la question afin de voir dans quelles limites il y aura lieu de compenser la puissance réactive des récepteurs par des condensateurs statiques branchés directement aux bornes.

VI. DÉLAIS D'EXÉCUTION.

Il a été déjà indiqué que le début proprement dit des travaux de chantier doit être précédé d'études définitives au cours desquelles devront être constitués progressivement les dossiers d'adjudication du projet de première phase (construction des divers ouvrages, fourniture des groupes, etc...). La durée de ces études a été estimée à deux ans. Dans l'entretemps, on réalisera les voies d'accès au site et le logement du personnel de direction locale et des entreprises, ainsi que d'autres travaux préliminaires éventuels.

Les délais mentionnés ci-après ne sont d'ailleurs pas cumulatifs, mais peuvent courir indépendamment à partir des dates d'adjudication. Ils comprennent le temps nécessaire à la préparation locale des chantiers.

1. — Première phase.

La construction de la prise d'eau et du canal Van Deuren demande $4\frac{1}{2}$ ans, dont 1 an pour la préparation des chantiers.

L'établissement du barrage, des conduites forcées, d'une première centrale de 13 groupes et des ouvrages de restitution à Shongo prendra 5 ans, dont 1 an pour la préparation des chantiers, 1 an pour l'exécution des fouilles et 3 ans pour le bétonnage. Le premier groupe pourra être mis en service 5 ans après le début des travaux. Les groupes ultérieurs pourront le cas échéant être montés par un certain nombre à la fois, dans des délais assez courts.

L'installation de la seconde centrale de 13 groupes pourrait se faire en moins de 3 ans, les ouvrages de génie civil ne demandant que quelques mois de travail.

2. — Deuxième et troisième phases.

Les délais de construction sont les suivants :

— Canal d'aménée : 5 ans, dont 1 an pour la préparation des chantiers ;

— Barrage de la Bundi, en enrochement : $5 \frac{1}{2}$ ans, dont $1 \frac{1}{2}$ an pour la préparation des chantiers ;

— Centrale souterraine et ouvrages annexes : $6 \frac{1}{2}$ ans, dont 1 an pour la préparation des chantiers ;

— Barrage du fleuve : 8 ans, dont 2 ans pour la préparation des chantiers, exception faite des blondins pour lesquels on a prévu une durée d'approvisionnement et de montage de 4 ans.

Le premier groupe de la deuxième phase entrerait ainsi en service 7 ans après le début de la période de préparation des chantiers de génie civil.

Quant à la troisième phase, on peut admettre que le premier groupe et même que plusieurs groupes pourraient être mis en marche avant que le barrage du fleuve soit terminé, donc avant la huitième année suivant le début de la préparation des chantiers de cette phase. La construction de la première centrale souterraine demandant $6 \frac{1}{2}$ ans, deux groupes pourraient tourner au début de la septième année.

En supposant que les centrales de la Bundi soient construites l'une après l'autre sans interruption, les deuxième et troisième phases s'étendraient sur une durée totale de 70 ans.

VII. INVESTIGATIONS COMPLÉMENTAIRES.

A. Phase initiale.

Cette phase étant définie au chapitre IV, il y a lieu d'entreprendre sans délai les investigations locales nécessaires à l'établissement du projet d'exécution définitif, dans les domaines suivants :

- Topographie ;
- Météorologie et hygiène ;
- Géologie ;
- Recherche et essais des matériaux de construction ;
- Hydrologie et hydrographie.

1. TOPOGRAPHIE.

Il convient de dresser le levé topographique complet et détaillé du terrain à la prise d'eau au fleuve, suivant le tracé du canal d'amenée et de la vallée Van Deuren, y compris les sites des digues longitudinales, des centrales et du barrage fermant la vallée Van Deuren à l'aval. Ceci implique aussi un levé hydrographique de détail au voisinage de la prise d'eau et dans les chenaux du fleuve empruntés par le canal d'amenée.

2. MÉTÉOROLOGIE ET HYGIÈNE.

Il importe d'installer immédiatement une station d'observation météorologique et climatologique à Inga, pour compléter celles de Boma et Banana. En plus des

relevés habituellement effectués, une certaine attention doit être accordée à l'étude du régime des vents et orages (niveau isokéraunique).

Les investigations et observations concernant l'hygiène devraient être entreprises ou intensifiées d'urgence, afin d'établir tous les préliminaires d'un assainissement complet du site. Dans la perspective des grands travaux à entreprendre, qui exigeront une activité humaine exceptionnelle, ce point est capital.

3. GÉOLOGIE.

L'avant-projet retenu demande en première urgence des travaux relativement modestes. Les sondages effectués et la galerie creusée depuis mai 1957 dans la vallée Van Deuren ont levé toute appréhension quant à la qualité et à l'homogénéité des rhyolites sur lesquelles se fonderont les ouvrages.

Il reste cependant à exécuter un levé géologique de précision, limité à la zone critique (prise d'eau, emplacement des barrages, centrales et ouvrages de fuite). Le levé sur le terrain devra être complété par des sondages carottés, des sondages à l'aiguille ou des fouilles (cubage des déblais meubles), par des galeries, ainsi que par l'attaque d'une carrière expérimentale (étude des matériaux de construction). Sur cette étude, il importe de greffer des essais de perméabilité et d'injection des roches, ainsi que des mesures géotechniques diverses.

Bien que le programme détaillé de ces travaux soit du ressort de l'ingénieur-conseil, le comité des experts a émis quelques avis, détaillés ci-après, sur ces investigations.

a) *Canal Van Deuren.*

Les forages au rocher peuvent être largement espacés suivant le fond de la vallée Van Deuren, où des rhyolites

fraîches affleurent ou ne sont couvertes que par une épaisseur généralement insignifiante de sable fin.

Il faudrait au contraire rapprocher ces forages dans le seuil et les replats entre le point PE XIX et l'extrémité nord-ouest de la vallée Van Deuren.

Un soin particulier est exigé au point de coordonnées $x = 20.900$, $y = 24.450$, où la digue de garde en rive gauche du canal croise une faille importante (*fig. 3*).

b) *Barrage Van Deuren.*

Des sondages sont à prévoir à l'emplacement du barrage. Il y aurait lieu de faire aussi à cet endroit des essais de perméabilité et d'injection de la roche. A cet effet, il sera utile de dégager complètement le *bed-rock* suivant l'axe du barrage projeté.

c) *Usines et ouvrages de fuite.*

Il y a lieu d'examiner la possibilité de remplacer le canal de fuite envisagé par des galeries souterraines recoupant le bec de Shongo et débouchant au fleuve à l'aval du PE XV.

De même, l'étude devrait porter dès à présent sur l'installation ultérieure d'une usine supplémentaire souterraine dans la rive droite de la vallée Van Deuren. Elle exige de longues galeries de fuite dont la construction se heurte aux difficultés de creusement et de soutènement prévues dans la traversée des quartzites sériciteux.

Il faudra établir la composition, assise par assise, de cette puissante formation. Il s'agit essentiellement de déterminer le meilleur tracé ainsi que le diamètre maximum possible, le profil transversal optimum et le type de revêtement bétonné des tunnels de fuite envisagés.

Une première reconnaissance pourra se faire par un alignement de sondages sur le bord sud du plateau d'Inga,

inclinés vers le nord-est et de profondeur suffisante pour atteindre le niveau des tunnels prévus.

Les sondages ne donneront pas assez de renseignements pour permettre de déterminer le comportement des quartzites sériciteux lors du creusement des tunnels de fuite éventuels. Il y a lieu de compléter l'étude par des galeries expérimentales, dont la longueur totale devra dépasser 2000 m. Partant du bord du fleuve, légèrement au-dessus du niveau des hautes eaux, elles seront disposées de façon à recouper l'ensemble des assises des quartzites sériciteux à proximité des tracés possibles pour les tunnels de fuite.

Il importe également d'étudier par sondages les emplacements favorables pour la ou les centrales et pour les chambres d'équilibre, ainsi que de lever en détail, aux très basses eaux, les emplacements possibles pour les ouvrages de restitution.

4. RECHERCHE ET ESSAIS DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION.

Cette recherche est entièrement à faire et est de première urgence. Elle concerne principalement les terres argileuses convenant pour les écrans étanches des digues et barrages.

Le comité des experts a recommandé d'établir sans tarder à Inga un *laboratoire de mécanique des sols* qui sera immédiatement chargé de ces investigations et qui ensuite, en cours d'exécution, assurera le contrôle des écrans étanches.

Ce laboratoire sera chargé également des essais géotechniques sur les roches fraîches et altérées aux endroits où elles seraient entamées par les travaux. Il s'agit de déterminer leur comportement en tant qu'après de barrages et parois de tunnels et cavernes.

Le laboratoire devra disposer de l'équipement nécessaire pour les essais *in situ* dans les galeries d'exploration.

Il semble que les roches convenant pour la confection des bétons sont disponibles en quantités suffisantes, encore qu'il soit utile de procéder à leur examen détaillé, en relation avec leur nature lithologique et leur composition minéralogique. Il faut notamment vérifier qu'elles ne sont pas réactives vis-à-vis des ciments. Selon le degré d'urgence, ces études peuvent être faites à Léopoldville ou en Belgique.

Comme les sables disponibles à Inga sont insuffisants en quantité et généralement trop fins, il faudra utiliser principalement des produits de broyage de roches siliceuses (granites, rhyolites peu micacées). Leur étude sera liée à celle des granulats concassés plus gros et pourra être faite en partie par le laboratoire de géotechnique. Celui-ci devra disposer en conséquence d'appareils de concassage, de broyage et de criblage appropriés.

D'autre part, un *laboratoire d'étude et de contrôle des bétons* sera nécessaire dès le début des travaux. Son installation et son équipement devront donc être prévus assez tôt. Il comportera tout ce qui est nécessaire pour les essais de contrôle des ciments, les mesures de la résistance à la compression des bétons et la mesure de leur compacité.

5. HYDROLOGIE ET HYDROGRAPHIE.

Les observations limnimétriques, hydrométriques (jaugeages) et hydrographiques (bathymétrie) doivent évidemment être poursuivies, mais également perfectionnées et amplifiées en vue des phases ultérieures. Des investigations actives doivent aussi être entreprises sur les points suivants :

- a) Caractéristiques de l'eau du Congo et leurs variations saisonnières (pH, etc...);
- b) Matières solides en suspension;
- c) Matières flottantes (jacinthes d'eau).

Des essais sur modèles sont à prévoir pour la prise d'eau à l'aval du PE XIX et éventuellement les dispositifs de prise d'eau aux usines. Il y a également lieu d'examiner les variations de niveau du fleuve :

- a) A l'endroit de la prise d'eau pour déterminer les effets du prélèvement sur le débit;
- b) A la restitution au fleuve des eaux turbinées par les centrales de Shongo, notamment dans les conditions correspondant à l'aménagement intégral avec dérivation de la majeure partie du débit vers les usines de la Bundi.

* * *

L'exécution du projet définitif et la préparation des documents d'adjudication exigeront que soient précisés au préalable les points suivants :

- 1) Choix des emplacements définitifs de la prise d'eau (deux endroits possibles à l'aval immédiat du PE XIX) et du point de restitution (entre Shongo et le PE IV), en relation avec la puissance requise;
- 2) Choix des puissance et caractéristiques optima des groupes générateurs;
- 3) Après sondage du terrain et levés topographiques de détail :
 - a) Caractéristiques définitives du canal (ou des canaux, d'aménée vers la vallée Van Deuren);
 - b) Choix de l'emplacement définitif et du type du barrage Van Deuren;
 - c) Tracé et caractéristiques des ouvrages de restitu-

tion de la centrale extérieure ; emplacement et caractéristiques de la ou des centrales souterraines éventuelles ;

4) Essais sur modèle réduit pour la prise d'eau et les ouvrages de restitution ;

5) Choix de l'emplacement définitif du barrage du fleuve, après nouveaux levés bathymétriques, pour permettre l'étude de l'infrastructure de l'ouvrage régulateur à établir en travers du canal d'aménée, entre les cotes 190 et 160, au cours des travaux de première phase.

Toutes ces études et recherches partiellement imbriquées, partiellement indépendantes, peuvent être effectuées simultanément et par ordre d'urgence, en vue d'éviter des retards dans le commencement des travaux.

B. Phases ultérieures.

Les recherches à effectuer au site concernant l'aménagement postérieur à la première phase seront précisées par l'ingénieur-conseil au moment de l'élaboration du projet.

Elles porteront principalement sur la géologie et la bathymétrie (les travaux topographiques, géotechniques et de recherche des matériaux ayant été effectués antérieurement).

Une étude importante et longue devra porter sur le site du barrage de la Bundi et sur le massif de schistes rhyolitiques entre la vallée du Congo et la basse vallée de la Mumbombo.

Les roches vertes, à l'emplacement prévu pour le barrage, devront, elles aussi, être étudiées par galeries creusées dans les deux appuis.

Les investigations géologiques relatives au barrage de coupure du fleuve et au canal d'aménée vers la vallée de la Makongo ne présentent pas de difficultés particulières. Pour ces travaux, la géologie n'est pas de nature

à influencer notablement les tracés, emplacements et modes d'exécution, sauf en ce qui concerne le profil transversal à adopter pour le canal.

D'autre part, il est nécessaire de procéder à un levé bathymétrique détaillé sur une longueur de 2 km environ, dans la région choisie pour le barrage du fleuve. Ce relevé doit être fait par des moyens plus précis que ceux employés jusqu'à présent et avec plus d'exactitude (stations plus rapprochées). Il faudrait recourir à un téléférique. La dépense sera importante, mais le travail est indispensable et doit être entrepris le plus tôt possible.

Le levé détaillé du fond du lit sera combiné avec les observations limnimétriques locales et les mesures hydrométriques à Léopoldville. Des levés du plan d'eau seront effectués et on procédera surtout à des observations de direction et de vitesse des courants, en surface et en profondeur.

Elles permettront l'exécution, au site même, d'un modèle à échelle réduite qui devra être soigneusement mis au point en vue d'y reproduire les écoulements observés dans le fleuve (directions et vitesses des courants, hauteurs d'eau et débits). Ce résultat atteint, le modèle servira à la recherche des dispositions les meilleures pour la réalisation de la coupure du fleuve. Il servira ensuite, pendant la construction, au contrôle de l'exécution et à la prévision des mesures à prendre. Il permettra aussi la mise au point des ouvrages d'évacuation et de réglage.

* * *

Les éléments principaux de la présente communication ont été empruntés au rapport collectif du Comité des Experts.

Je remercie M. E.-J. DEVROEY, Secrétaire général de l'Institut National d'Études pour le Développement du Bas-Congo et Secrétaire perpétuel de l'Académie royale des Sciences coloniales, pour son active collaboration à la publication de cette note.

24 mars 1958.

BIBLIOGRAPHIE (*)

- [1] BAUDHUIN, Fern., Le barrage d'Inga (*Revue générale belge*, Bruxelles, 93^e année, n^o 5, mai 1957, pp. 85-92).
- [2] BUISSET, A., Inga, signe de confiance internationale (*Eurafrica*, Bruxelles, 1^{re} année, n^o 2, décembre 1957, pp. 14-17).
- [3] CAMPUS, F., Inga (*Industrie*, Bruxelles, juin 1958).
- [4] DARCHAMBEAU, V., Note sur l'Euratom et les projets du Bas-Congo (Académie royale des Sciences coloniales, *Bulletin des Séances*, Bruxelles, nouvelle série, T. 3, 1957, fasc. 4, pp. 906-912).
- [5] DE KEYSER, W. et DE MAGNÉE, I., Possibilités d'emploi de l'énergie hydroélectrique du Bas-Congo (*Mém. A. R. S. C.*, Bruxelles, 1956).
- [6] DEVROEY, E.-J., Annuaire hydrologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi pour 1956 (*Mém. A. R. S. C.*, Bruxelles, 1957).
- [7] ID., Les ressources portuaires du Bas-Congo (*Mém. A. R. S. C.*, Bruxelles, 1957).
- [8] DEVROEY, E.-J. et VANDERLINDEN, R., Le Bas-Congo, artère vitale de notre colonie, 2^e édition (Éd. Gœmaere, Bruxelles, 1951).
- [9] GEULETTE, P., Considérations sur l'aménagement hydroélectrique du fleuve Congo à Inga (*Mém. in-8^o*, A. R. S. C., Bruxelles, 1955).
- [10] ID., État des données techniques relatives au projet d'équipement hydroélectrique du fleuve Congo à Inga (*Ibid.*, 1957).
- [11] HEYSE, Th., Documentation générale sur le Congo et le Ruanda-Urundi (1953-1955), (*Cahiers belges et congolais*, n^o 26, Bruxelles, G. Van Campenhout, 1956).
- [12] ID., Contributions au progrès des Sciences morales, politiques et économiques relatives aux territoires d'outre-mer. Relevés bibliographiques (*Bibliographie Belgica*, 32, Bruxelles, Commission belge de bibliographie, 1957).
- [13] PIRENNE, J.-H., Histoire du site d'Inga (*Mém. A. R. S. C.*, 1957).
- [14] SPRONCK, R., et TRIQUET, J., Hydrographie de la côte océane au Congo belge (*Bull. du C. E. R. E. S.*, Liège, III, 1948, pp. 317-357).
- [15] STANLEY, H. M., A travers le continent mystérieux (trad. Paris, 2 vol. 1880).
- [16] SYNDICAT D'ÉTUDES DU BAS-CONGO, Rapport de la mission du port maritime du Congo, établi par MM. GARBE, BLOCKMANS et GOUGENHEIM (Bruxelles, 1929).

(*) On trouvera de nombreuses autres références dans [6] (Hydrologie du bassin congolais) et [13] (Histoire du site d'Inga).

44 L'AMÉNAGEMENT HYDROÉLECTRIQUE DU FLEUVE CONGO À INGA

- [17] ID., Captage des forces hydrauliques dans le Bas-Congo, Rapport du Comité d'administration, suivi du Rapport technique par MM. GRUNER, H. E., et DE RHAM, P. (Bruxelles, avril 1932).
- [18] ID., Rapport de la Mission de reconnaissance hydrographique du Congo, bief Matadi-Léopoldville, 1930-1931 (Bruxelles, décembre 1932).
- [19] THYS, R., Études des forces hydrauliques du Bas-Congo (Bruxelles, 1912).
- [20] TUCKEY, J. K. (Capt.), Narrative of an expedition to explore the river Zaïre, usually called the Congo, in South Africa, in 1816, under the direction of Captain J. K. Tuckey (London, 1818).
- [21] VAN DEUREN, P., Projet de mise en valeur intégrale du fleuve Congo dans la région des cataractes (Rapport polycopié, octobre 1925).
- [22] ID., La solution des transports et la force hydroélectrique dans le Bas-Congo (*Congo*, avril 1926, pp. 631 à 656).
- [23] ID., Aménagement du Bas-Congo (Bruxelles, 1928).
- [24] Activité du Syndicat d'Études du Bas-Congo (*Bull. I. R. C. B.*, 1933, pp. 305-314.)
- [25] ID., L'électrification générale du Bas-Congo et son industrialisation par les chutes du fleuve Congo à la Matamba (*Bull. I.R.C.B.*, Bruxelles, 1951, n° 4, pp. 1093 à 1104).
- [26] VAN GOETHEM, Ch., Étude physique et chimique du milieu marin (Institut Royal des Sciences naturelles de Belgique. Expédition océanographique belge 1948-1949. Vol. II, fasc. 1, Bruxelles, 1951).
- [27] WALL, B. P., Première étude hydrographique du fleuve Congo entre Léopoldville et Matadi (Westminster, 1913 ; rapport dactylographié, conservé à la Bibliothèque du Ministère des Colonies, à Bruxelles, sous le n° 12.261).

TABLE DES FIGURES

1. Le Bas-Congo	<i>in fine</i>
2. Le site d'Inga	»
3. Carte géologique du site d'Inga	»
4. Travaux de première phase : aménagement de la vallée Van Deuren	»
5. Travaux de deuxième phase : aménagement de la vallée de la Bundi au fil de l'eau	»
6. Travaux de troisième phase : aménagement intégral du site..	»

TABLE DES MATIÈRES

I. LE SITE.		
1) Généralités	3	
2) Géologie	4	
3) Hydrologie	5	
4) Bathymétrie	6	
II. PUISSANCE ET ÉNERGIE DISPONIBLES.		
1) Hauteur de chute	7	
2) Débit	8	
3) Puissance	8	
4) Énergie	9	
III. HISTORIQUE ET CONSISTANCE DES ÉTUDES.		
IV. AVANT-PROJET RETENU.		
1) Choix d'un schéma mixte	20	
2) Première phase	21	
3) Deuxième et troisième phases	24	
4) Aménagement intégral	27	
V. LIGNES DE TRANSPORT D'ÉNERGIE		29
VI. DÉLAIS D'EXÉCUTION.		
1) Première phase	32	
2) Deuxième et troisième phases	33	

VII. INVESTIGATIONS COMPLÉMENTAIRES.

A. Phase initiale.	
1) Topographie	34
2) Météorologie et hygiène	34
3) Géologie	35
4) Recherches et essais des matériaux de construction	37
5) Hydrologie et hydrographie	38
B. Phases ultérieures	40
BIBLIOGRAPHIE	42
TABLE DES FIGURES	45
TABLE DES MATIÈRES	46

AFRIQUE



CONGO BELGE



LEGENDE

--- Limites d'état ——— Lignes à haute tension

☐/⊗ Centrales hydroélectriques existantes

— Chemins de fer

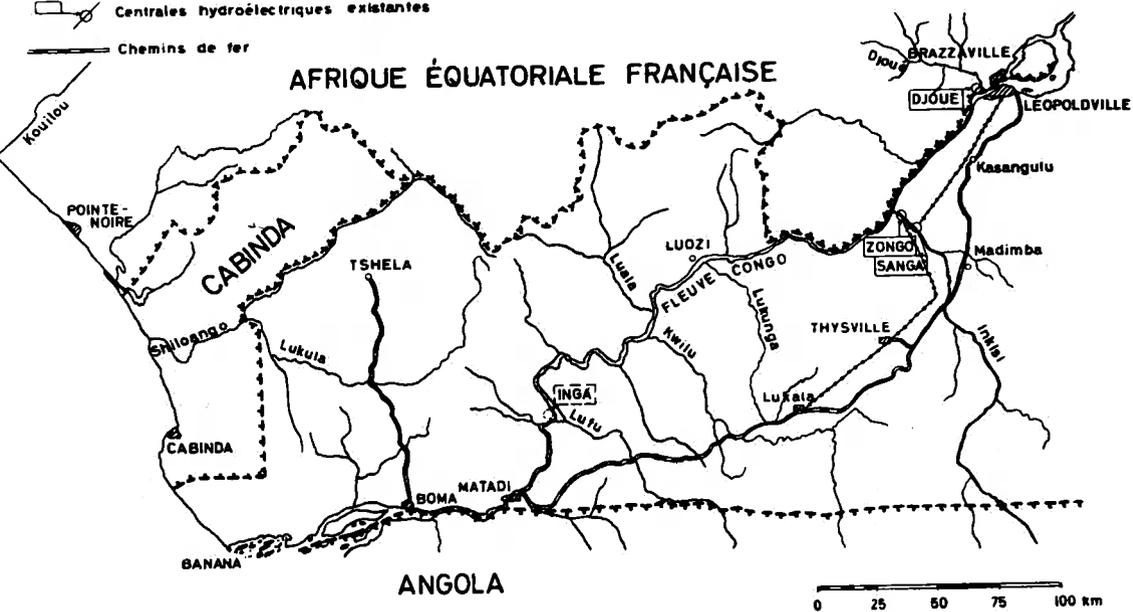


FIG. 1. — Le Bas-Congo.

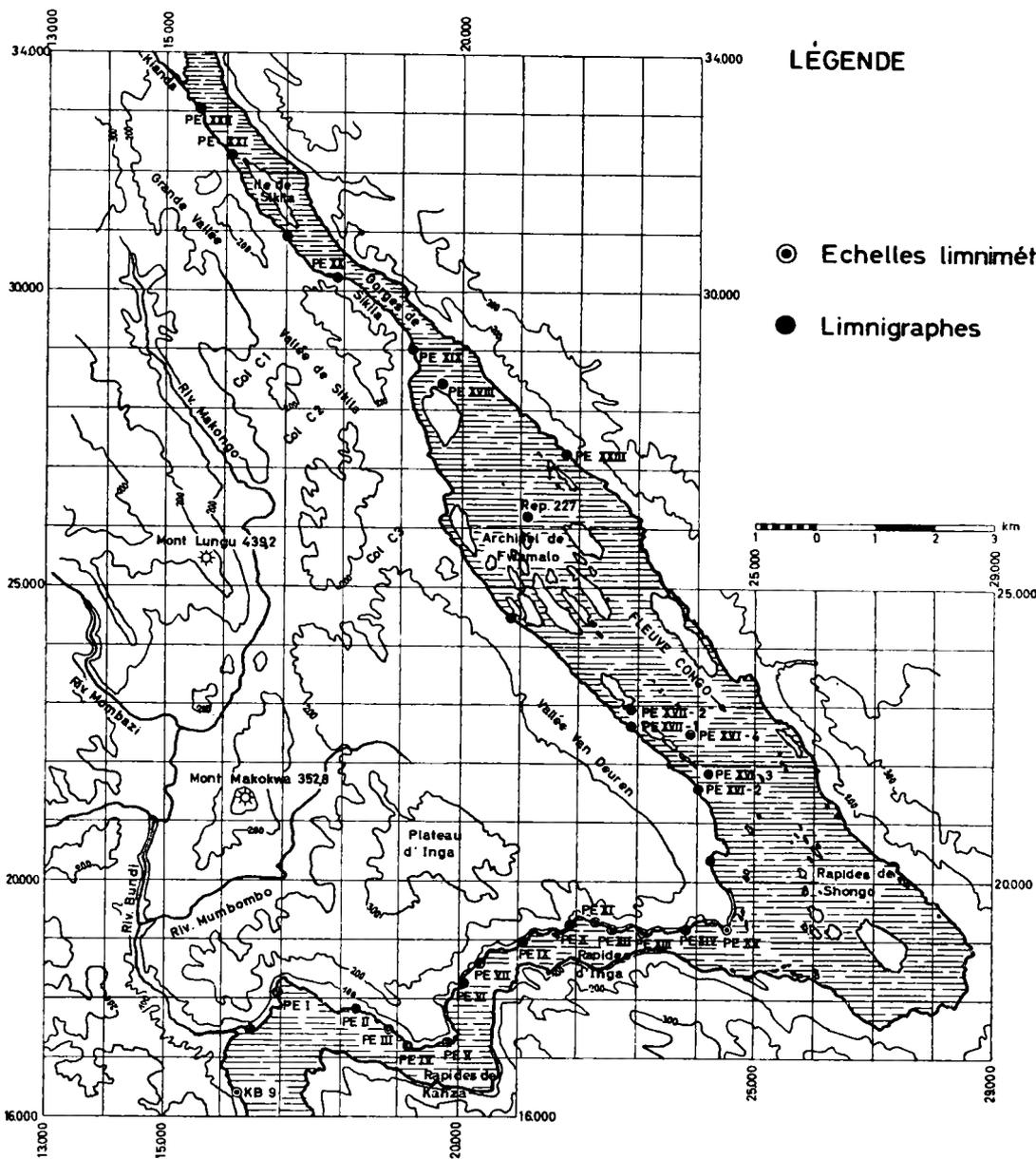


FIG. 2. — Le site d'Inga.

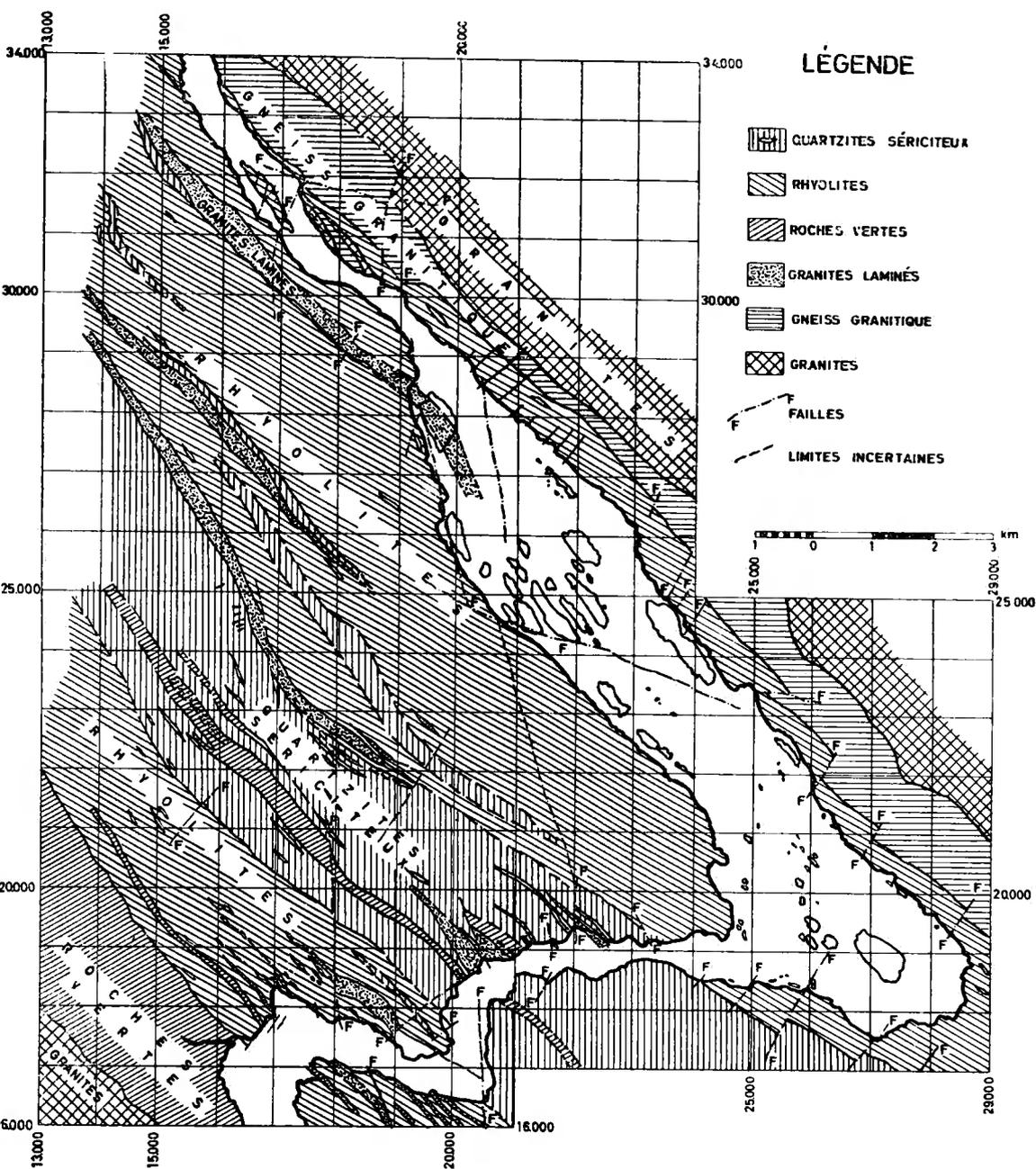


FIG. 3. — Carte géologique du site d'Inga.

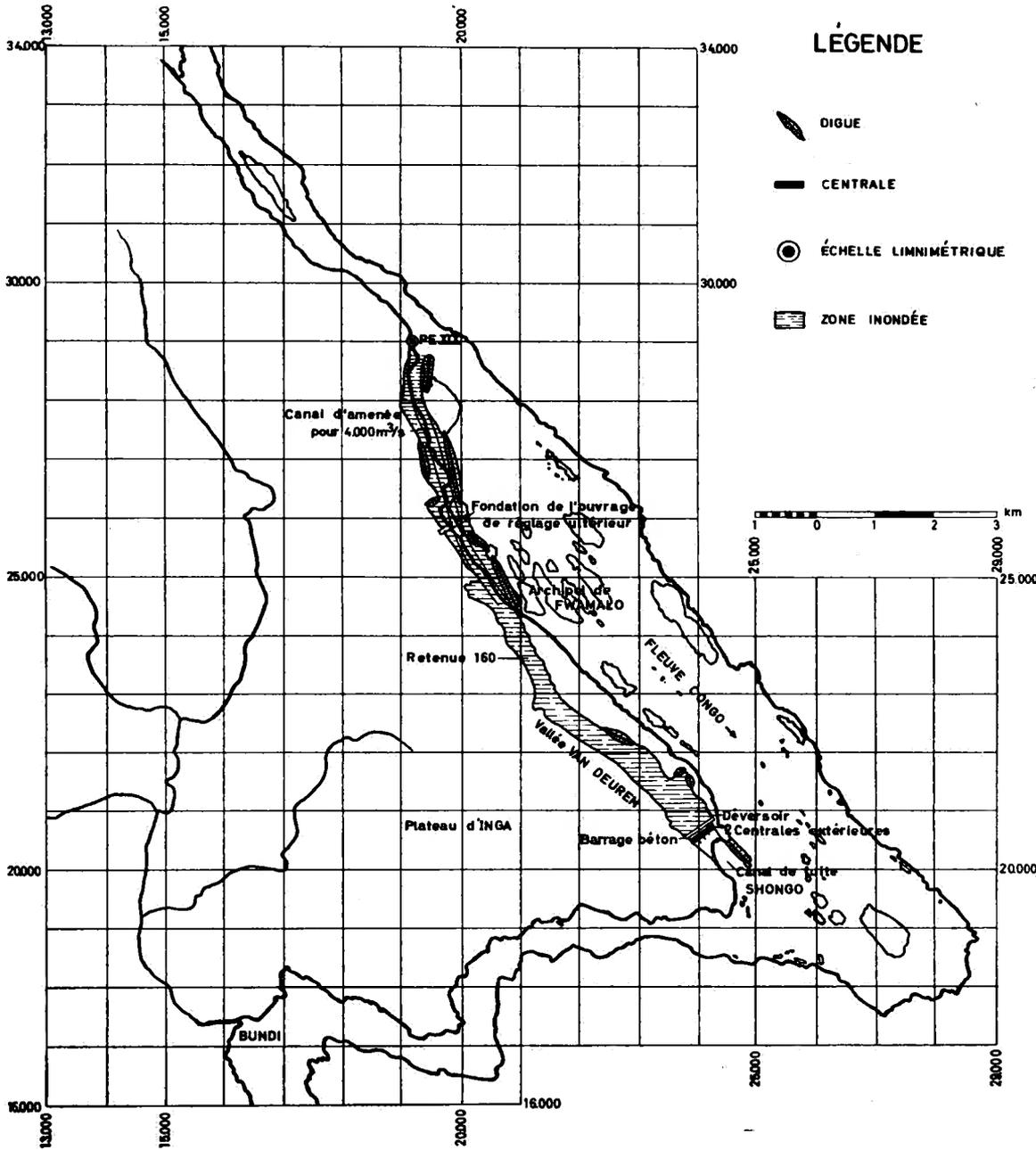


FIG. 4. — Travaux de première phase : aménagement de la Vallée Van Deuren.

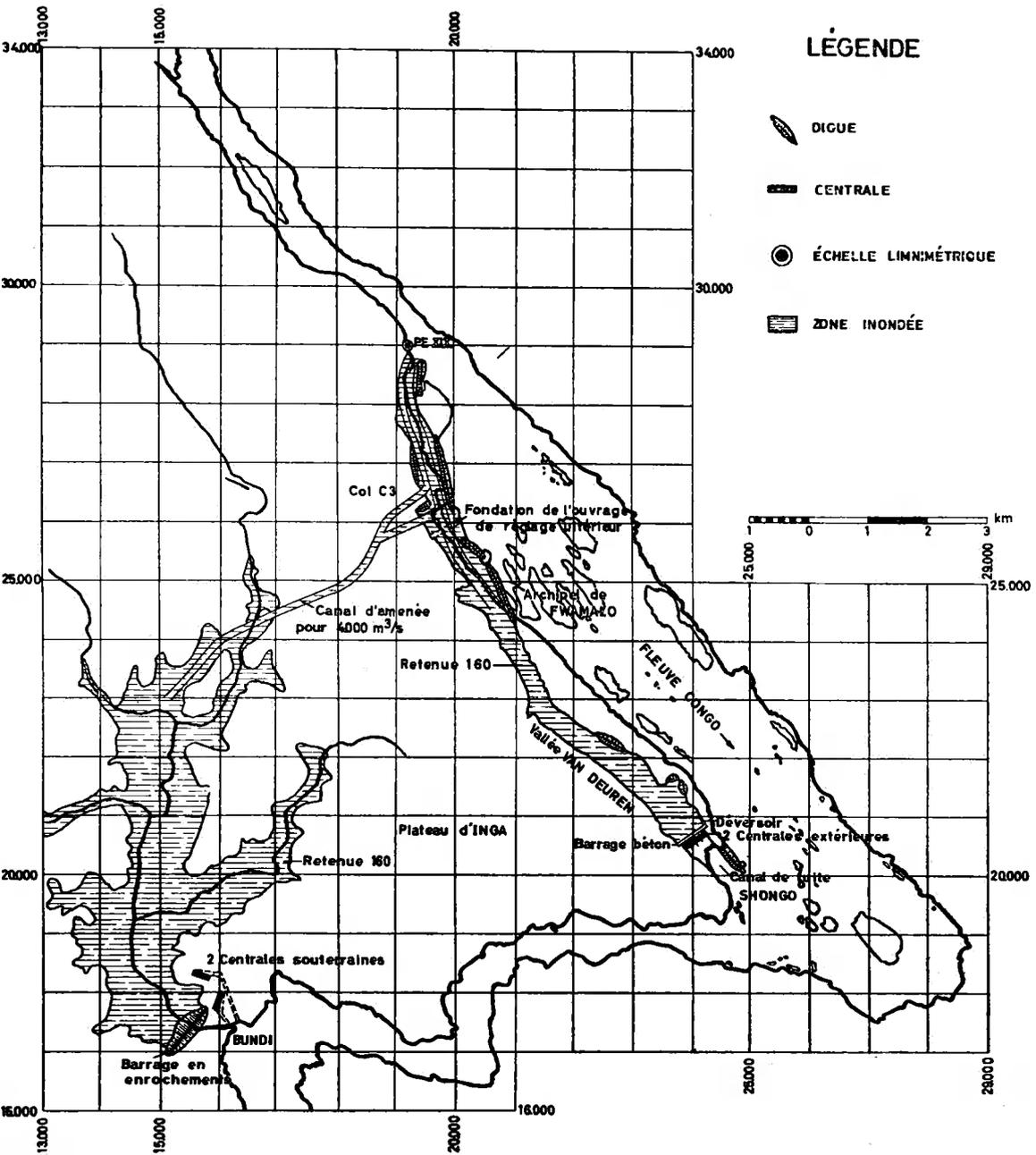


FIG. 5. — Travaux de deuxième phase : aménagement de la Vallée de la Bundi au fil de l'eau.

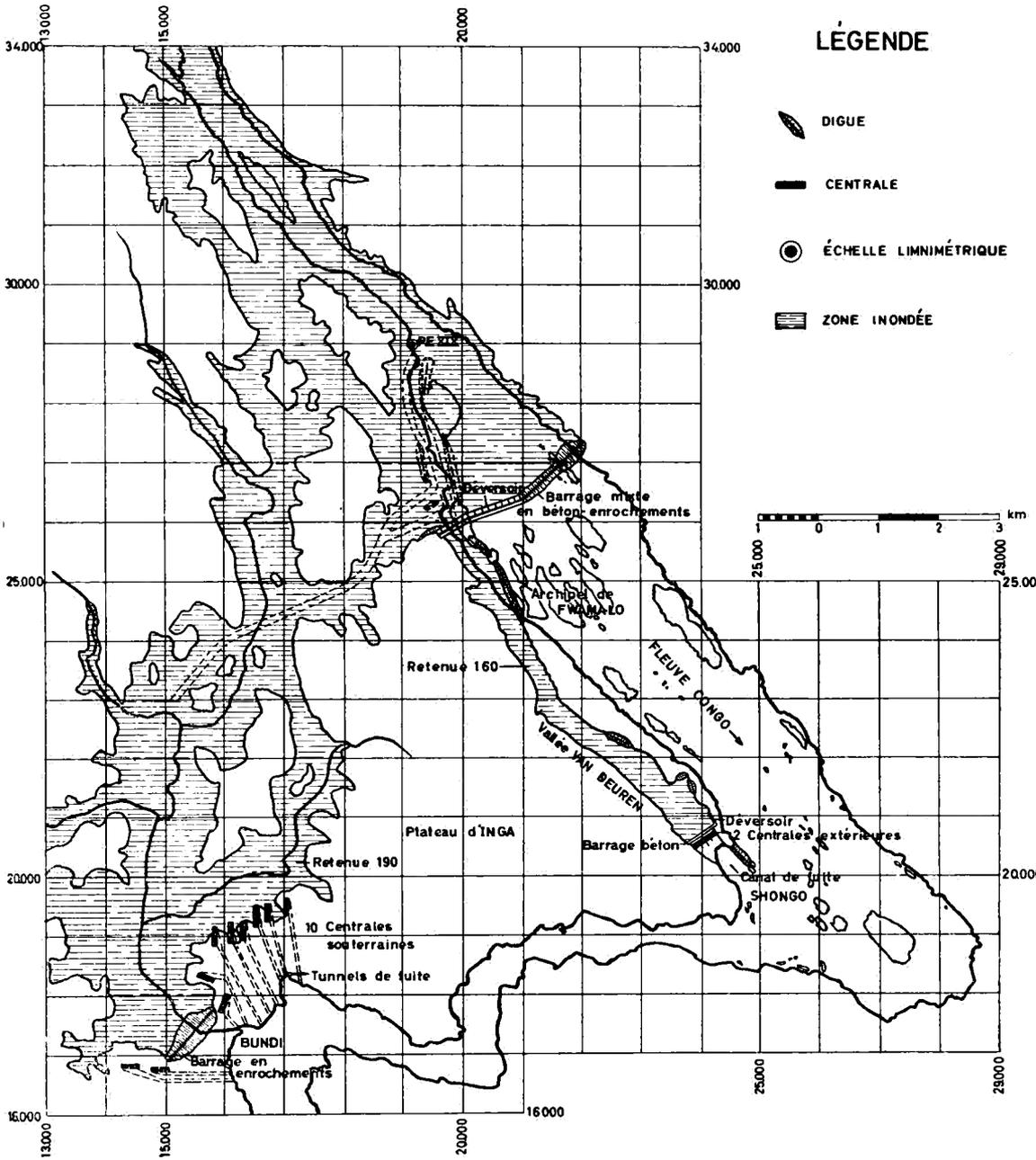


FIG. 6. — Travaux de troisième phase : aménagement intégral du site.

