

Inga

par F. CAMPUS,

pro-recteur de l'Université de Liège, président du Conseil d'Administration
de l'Institut national d'études pour le développement du Bas-Congo

Enfin et surtout, il y a Inga.

Rapport de la mission F. I. B. au Congo Belge
et au Ruanda-Urundi (26 avril-19 mai 1957),
Industrie, n° 12, décembre 1957.

Ce vocable percutant retient depuis quelques mois l'attention de l'opinion publique, non seulement en Belgique et au Congo Belge, mais dans le monde entier. Il retient en particulier l'attention des ingénieurs. Il a inspiré récemment de nombreuses communications notamment à l'Académie royale des sciences coloniales, et il existe déjà une importante bibliographie à son sujet.

Il n'est cependant pas superflu d'en parler encore ; il est nécessaire de parfaire l'information au sujet de cette gigantesque entreprise. Ne me demandait-on pas, il y a peu de temps, ce que signifiait au juste Inga, que l'on prenait manifestement pour un sigle.

Je ne doute pas qu'une grande partie de mes auditeurs soit mieux informée, en raison notamment du remarquable exposé que mon confrère P. Geulette a présenté le 3 décembre 1957 à la tribune de l'A. I. M. à Bruxelles et auquel je puis seulement ajouter quelques précisions. Je vous ferai cependant un exposé complet, bien que succinct, d'abord à l'intention de mes auditeurs, tant nationaux qu'étrangers qui n'auraient pas déjà connaissance de ces informations, ensuite et également pour préciser la question et la situation.

Le site

Le plateau d'Inga est situé à une quarantaine de kilomètres en amont du port de Matadi sur le cours inférieur du Congo, soit à 140 km environ de Banane, à l'embouchure du fleuve (fig. 1). A cet endroit, le cours d'eau décrit un coude très accentué parsemé de rapides. La branche amont constitue l'hypothénuse, de 20 km de longueur, d'un triangle rectangle dont le petit côté, de 10 km de longueur, est la branche aval (fig. 2). Le troisième côté de ce triangle est constitué d'un ensemble de petites vallées affluentes (Bundi, Mumbombo, Mombazi et Makongo). Le long de la branche amont existent trois

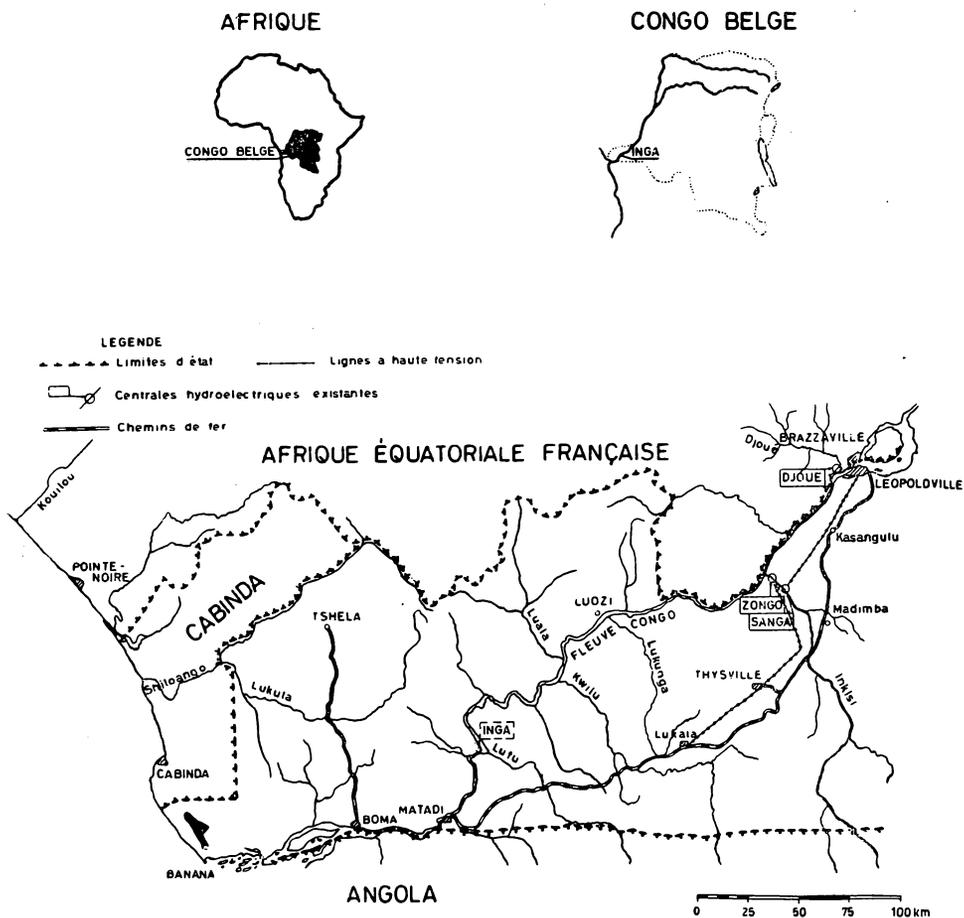


Fig. 1. — Le Bas-Congo.

dépansions qui se font suite et qui ont été nommées, de l'amont vers l'aval, la Grande Vallée, la Vallée de Sikila et la Vallée Van Deuren. Les deux premières sont séparées de la Makongo par une crête creusée de trois cols à altitude assez faible. La vallée Van Deuren aboutit au fleuve dans la baie de Shongo, peu en amont du sommet du coude.

La dénivellation entre l'amont et l'aval des rapides, sur 26 km de distance, varie peu selon l'état du fleuve, de 100 m aux très basses eaux à 96 m aux très hautes eaux.

Le bassin versant à Inga est d'environ 3.800.000 km², à peu près également réparti de part et d'autre de l'équateur. Il en résulte un régime fluvial particulièrement uniforme et régulier. Les observations

La première étape d'aménagement

L'utilisation de ces prodigieuses ressources d'énergie hydraulique est rendue possible en raison de la situation géographique d'Inga.

L'estuaire du Congo présente le long de sa rive droite des accostages possédant un mouillage de 10 m sur une longueur cumulée de 20 km. Il permet l'établissement sur cette rive droite de grands complexes d'industries électrométallurgiques et électrochimiques, grandes consommatrices d'énergie électrique et utilisant la puissance disponible à près de 100 %. La proximité atlantique permet l'apport économique de matières premières et l'expédition des produits fabriqués par la voie maritime. La pénurie d'énergie qui commence à se manifester en diverses parties du monde, notamment en Europe, donne au gîte d'Inga une valeur exceptionnelle, tant en raison de sa situation géographique que de sa puissance. A cet attrait s'ajoute celui du bas prix de l'énergie, qui résulte à la fois des circonstances naturelles très favorables et de la production énorme. En contrepartie, en raison de cette puissance même, l'aménagement intégral exige des travaux, des fournitures et des investissements d'une durée de plusieurs dizaines d'années.

Cet aménagement intégral n'est donc pas actuel. Les spéculations les plus approfondies ne permettent pas de prévoir avec certitude les développements techniques et économiques pour une telle période. Cela n'est d'ailleurs pas nécessaire. Il suffit que les possibilités énergétiques soient bien connues, ce qui est le cas, et que toutes les mesures conservatoires puissent être prises pour permettre à toute époque leur utilisation la plus efficace, ce qui sera également réalisé.

Dès lors, le problème actuel est celui de la première étape d'aménagement dont les éléments déterminants sont les suivants.

Il faut installer une puissance suffisante et prévoir une production suffisante pour que le prix de l'énergie soit aussi attractif que possible, comparable à celui des centrales hydro-électriques les plus économiques. Cependant, il faut que cette puissance ne dépasse pas les capacités d'investissement immédiates ni les possibilités actuelles d'établissement des industries grandes consommatrices de courant électrique. Comme telles entrent en ligne de compte en premier lieu les usines électrométallurgiques d'aluminium et les usines électrochimiques d'engrais artificiels (nitrates et phosphates) et de pâte à papier. D'autres développements sont cependant à l'étude, tant en électrométallurgie qu'en électrochimie, notamment en rapport avec les développements prévus pour l'énergie nucléaire.

Les études de quatre bureaux d'ingénieurs-conseils, consultés par le Ministre des Colonies, corroborées par l'examen d'un comité international de dix experts auquel elles ont été soumises, ont conduit pour l'aménagement initial au résultat suivant, dont les traits fondamentaux sont fixés, mais dont certains détails sont encore sujets à variation, d'une manière entièrement prévue d'ailleurs et qui dépendra notamment de la demande finale d'énergie.

Le choix du comité des experts s'est porté sur un aménagement assurant une puissance garantie de 1.570.000 kW et une production annuelle garantie de 12,6 milliards de kWh pour une utilisation de 8000 heures. Il est fait d'emblée pour un débit de 4000 m³/sec (en ce qui concerne la prise d'eau et le canal d'amenée), mais l'aménagement progressif des usines permet le passage par une demi-étape intermédiaire, pour une puissance garantie de 830.000 kW et une production correspondante de 6,6 milliards de kWh par an. Il semble cependant que ce ne sera là qu'une phase transitoire de la réalisation de la première étape, car l'état actuel de la prospection dans le domaine de l'utilisation du courant n'exclut pas que le but de production assigné à la première étape soit inférieur à la demande. Il existe heureusement, du côté de la restitution, une flexibilité qui rend possible d'ajuster la puissance aux besoins sans augmenter le débit. C'est cela qui permet de réserver les détails concernant la restitution, ce qui constitue un grand avantage du site et du plan de son aménagement initial (fig. 3).

Selon ce plan, une prise d'eau, d'une capacité de 4000 m³/sec sera établie au point dénommé P. E. XIX, à la rive droite. Un canal d'amenée, de la même capacité, longera cette rive droite, pour aboutir à la Vallée Van Deuren.

D'une longueur de 6200 m, il est situé en majeure partie à l'amont dans des chenaux naturels du lit majeur à la rive droite, ce qui réduit relativement les excavations et exige la construction de quelques digues. Il en est de même à l'extrémité aval, à l'entrée dans la Vallée Van Deuren, qui s'approfondit rapidement. Les terrassements sont plus importants à la traversée du seuil entre Fwamalo et la Vallée Van Deuren. S'ils restent au total relativement réduits, ils sont cependant considérables en valeur absolue, du fait des dimensions de l'ouvrage (1000 m² de section mouillée). Le volume atteint plus de 7.000.000 m³ de déblais, rocheux en majeure partie, et environ 3.000.000 m³ de remblais de digues, principalement en enrochements. La situation du canal est à ce point définie qu'il est possible dès maintenant et n'importe quand d'y entreprendre en toute certitude d'importants travaux de creusement.

Vers son extrémité aval, la Vallée Van Deuren sera barrée par un barrage d'environ 60 m d'élévation et d'une longueur de quelques 630 m. Si la restitution de l'eau turbinée au fleuve se fait par le plus court chemin, dans la baie de Shongo, à l'extrémité aval de la Vallée Van Deuren, elle sera effectuée par un canal à ciel ouvert. Le barrage sera dans ce cas un ouvrage à gravité en béton et les centrales seront établies au pied du barrage, alimentées par des conduites forcées et du type out-door. Dans ce cas, la chute nette varie de 46 à 50 m, selon que les eaux sont très basses ou très hautes. La puissance et la production garanties sont celles indiquées plus haut (1.570.000 kW et 12,6 milliards de kWh pour le débit de 4000 m³/sec et 8000 heures d'utilisation).

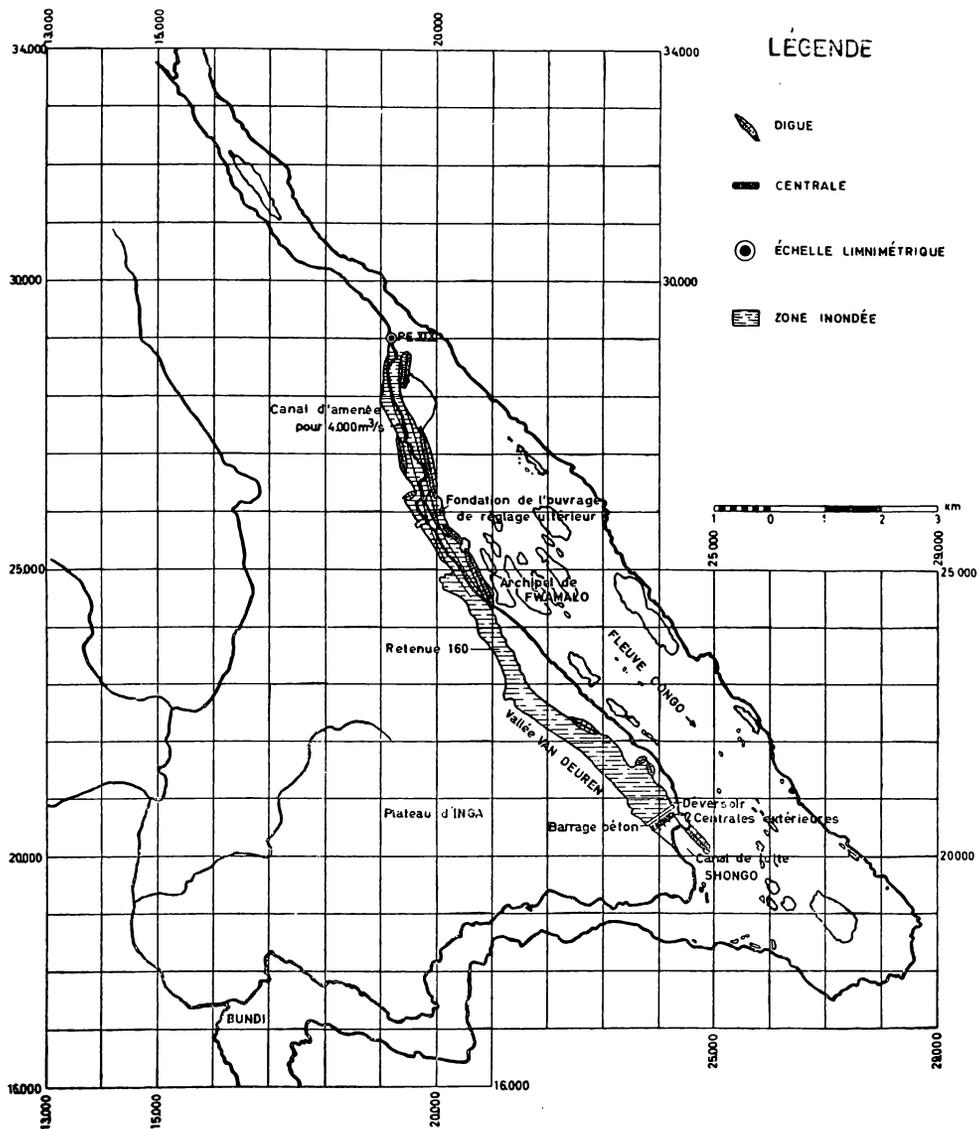


Fig. 3. — Schéma de la première étape : aménagement de la Vallée Van Deuren.

Ce schéma minimum est le plus simple, celui qui demande le moins d'investissements (environ 16 milliards de francs) et qui présente le moins de risques techniques. On peut affirmer que théoriquement il n'en présente pas. Le terrain est partout formé de roche d'excellente qualité, notamment à l'emplacement du barrage. Sauf par les quantités et les dimensions, l'aménagement ne présente aucun caractère particulier et difficile, sortant de l'expérience la mieux acquise. Il n'existe donc pas d'autres aléas que ceux inhérents à toute entreprise d'une telle importance.

Mais la possibilité existe de déplacer le point de restitution vers l'aval, entre la baie de Shongo, tel qu'il est indiqué ci-dessus, jusque près de l'embouchure de la Bundi, en aval des rapides. Il n'y a pas d'intérêt à descendre plus bas que le point P. E. IV. On peut ainsi réaliser toutes les chutes comprises entre les valeurs minima indiquées ci-dessus (46 à 50 m) et la chute naturelle totale (100 à 96 m). Pour le même débit turbiné de 4000 m³/sec, la puissance et la production peuvent être augmentées jusqu'au double éventuellement, pour répondre à la demande s'il y a lieu. Les aménagements de la prise d'eau, du canal d'amenée, du barrage, des digues et déversoirs ne sont pas modifiés. Il en résulte une diminution de l'investissement par unité de puissance et du coût du kWh, à mesure que la puissance et la production croissent.

On remarquera que ceci permet aussi, sans augmenter les buts indiqués plus haut pour la première étape d'aménagement, de réduire le débit turbiné et donc la dépense pour les ouvrages de prise et le canal d'amenée, en reportant la restitution vers l'aval, au prix d'une majoration éventuelle de dépense de celle-ci. Les dépenses unitaires restent quasi invariables. Il est possible qu'un minimum relatif corresponde à une restitution vers P. E. XIV. On se rend compte que cette particularité remarquable du site confère à l'aménagement une flexibilité particulièrement favorable. On peut par exemple envisager une demi-première étape selon la solution envisagée plus haut, avec restitution à ciel ouvert dans la baie de Shongo et centrale extérieure, la seconde demi-étape comportant une restitution par galerie à P. E. XIV et une centrale souterraine.

En effet, lorsque la restitution s'effectue en aval de Shongo, il s'indique de recourir à un aménagement souterrain des centrales et de la restitution, avec chambres d'équilibre. Ceci augmente en principe les risques d'exécution, d'une manière croissante de l'amont vers l'aval, à la fois en raison de l'augmentation de la longueur des galeries et de la profondeur des centrales, mais aussi parce que les caractéristiques des roches deviennent moins favorables vers l'aval, ce qui n'affecte toutefois que les parties extrêmes d'aval des galeries. Il faut bien noter toutefois que ce risque est tout relatif et pas particulièrement grave, car les experts, exactement informés et ayant examiné des galeries d'essais dans toutes les roches d'Inga, ont pu reconnaître que ces roches ont des caractéristiques qui ne sont pas

plus défavorables que celles dans lesquelles des galeries et des cavernes de centrales ont été excavées souterrainement d'une manière économique, notamment en Scandinavie. La question pose des problèmes d'organisation du travail, mais il est à remarquer qu'elle mérite de retenir sérieusement l'attention. En effet, l'aménagement avec restitution le plus loin possible en aval est celui qui sauvegarde le mieux l'aménagement intégral et en diffère le plus l'exécution, puisqu'il permet, sans augmenter le débit de 4000 m³/sec prévu pour la première étape, de porter la puissance garantie à plus de 3 millions de kW.

Signalons encore que dans le cas de recours à des usines souterraines, le barrage serait éventuellement en béton, du type évidé ou à voûtes multiples, mais plus probablement en enrochements.

Les décisions sur ces variantes devront de toute évidence être prises dans les prochains mois si l'on veut respecter la prévision de mettre les premiers groupes en marche vers la fin de 1964 et cela notamment afin de pouvoir fixer les caractéristiques hydrauliques de ces groupes, dont le délai de fourniture est important.

L'aménagement intégral

Après la réalisation et la mise en service de l'aménagement de la première étape, il sera possible, selon la demande, de procéder progressivement à l'aménagement intégral au cours de la durée que cela implique. Il a été indiqué déjà que cette durée même confère à tout avant-projet actuel un caractère quelque peu spéculatif. Un grand nombre d'avant-projets ont été étudiés. Ils établissent à suffisance que l'aménagement intégral est possible et conduit à une production exceptionnellement économique au stade final du développement. Il n'est pas exclu que certains schémas, qui n'ont pas encore été considérés d'une manière approfondie, permettent encore des économies relatives appréciables. Mais comme le coût du kWh est déjà très faible, les progrès encore possibles se chiffrent par fractions de centimes.

En toute hypothèse, au stade ultime le fleuve Congo sera barré par une gigantesque digue en enrochements dont la construction dans l'eau courante constituera la performance la plus extraordinaire de tout l'aménagement. Elle a été jugée possible par le comité des experts, qui préconise toutefois des études préalables complètes, dont l'importance sera considérable. Cette digue est destinée à exhausser le niveau du fleuve d'environ 30 m à l'amont des rapides, sans dépasser la cote 190.00, afin de limiter l'étendue du remous à l'amont. On disposera ainsi, par rapport à l'aval des rapides, d'une chute variant de 130 m environ aux basses eaux à 113 m aux hautes eaux. Le débit maximum envisagé est de 25.000 m³/sec, qui a une fréquence de 99,8 %.

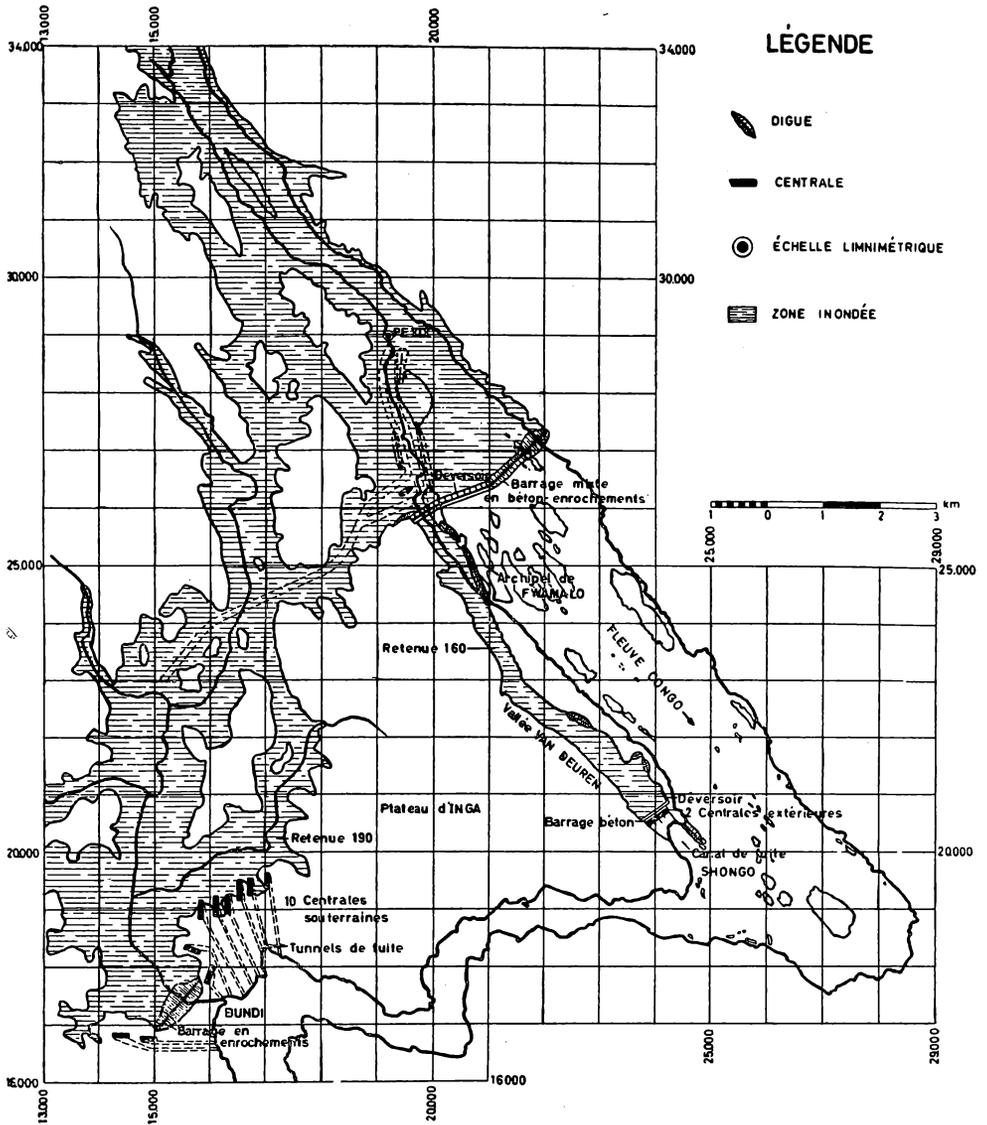


Fig. 4. — Schéma de l'aménagement intégral du site.

Le comité des experts a tablé dans ces conditions sur une puissance totale garantie de 25 millions de kW environ et une production annuelle de quelque 203 milliards de kWh. Ces quantités sont susceptibles de variations relativement peu importantes d'après les détails d'aménagement. Mais les experts ont aussi indiqué qu'en portant le débit maximum à 30.000 m³/sec (fréquence 90 %), une majoration importante de la production est possible, qui serait encore amplifiée par un exhaussement probablement admissible de 10 m de la retenue amont (cote 200.00).

Selon les hypothèses qui ont été le plus approfondies, à la faveur de l'exhaussement du plan d'eau du fleuve à l'amont des rapides et d'un approfondissement par excavation des trois cols existant dans la crête qui sépare les vallées amont (Grande Vallée et Vallée de Sikila) de la Makongo, l'eau du fleuve peut s'écouler vers le sommet de l'angle droit du triangle rectangle dont il a été question plus haut, suivant le long côté de l'angle droit, qui a quelque 17 km de longueur. Un barrage en enrochements, de 146 m de hauteur, serait établi en travers de la vallée de la basse Bundi, environ à 1 km en amont de son confluent avec le Congo. Un grand nombre de centrales souterraines seraient creusées successivement dans les collines situées au sud de la Mumbombo et restitueraient les eaux turbinées au fleuve immédiatement en amont de l'embouchure de la Bundi, dans la région du P. E. IV, en aval des derniers rapides. Selon les reconnaissances déjà faites, la nature des roches permet l'établissement de ces ouvrages.

Le barrage du Congo serait probablement dans la région de l'archipel de Fwamalo, où les profondeurs sont relativement faibles et où il est possible d'aménager les importants déversoirs, susceptibles de permettre l'écoulement du débit des hautes eaux, en excès sur les eaux turbinées. On envisage jusque 65.000 m³/sec, ce qui correspond à un débit catastrophique total de 90.000 m³/sec. (fig. 4).

Des suggestions ont été faites de situer le barrage du fleuve sensiblement plus vers l'aval, même à l'aval de Shongo. Ceci permettrait un aménagement limité à la Vallée Van Deuren même au stade final, mais la restitution par des galeries plus longues pourrait être plus coûteuse. On ne doit guère se faire de soucis à ce sujet actuellement, car on dispose certes du temps nécessaire pour élucider la question, sous la réserve importante toutefois que l'aménagement choisi pour la première étape ne compromette pas un aménagement intégral aussi avantageux que possible. L'investissement total est évalué en septembre 1957 aux environs de 160 milliards de francs.

Questions électromécaniques

Ce n'est nullement par esprit de paradoxe que cette communication, cependant faite à l'occasion de Journées internationales d'étude de centrales thermiques et hydrauliques modernes, consa-

créés à des questions électromécaniques, sera très brève sur ces points. C'est que la première étape d'aménagement ne présente en ce domaine aucun élément qui sorte de l'expérience acquise. La puissance des groupes, comprise entre 75 MW et 150 MW environ ne dépasse pas celle qui a déjà été réalisée dans des centrales récentes. La tension de ligne de 380 kV et la distance de transport de 120 km environ ne vont pas non plus au-delà de ce qui est réalisé déjà. Il en est de même de la tension de distribution aux usines consommatrices, de l'ordre de 70 kV. Cela n'exclut certes pas que des problèmes importants se posent, par exemple pour les groupes de réserve, la disposition des transformateurs élévateurs de tension, le facteur de puissance, la disposition des lignes, les pylônes, les postes d'arrivée et de départ, etc. Mais la solution de ces problèmes n'est pas complexe, comme celle du génie civil, essentiellement conditionnée par les circonstances naturelles du site. Elle peut s'étudier par des méthodes normales, qui ont été magistralement invoquées, au cours des travaux du comité des experts par mon Collègue P. Fourmarier jr.

L'aménagement intégral bénéficiera de tous les progrès que les techniques électromécaniques auront accomplis entretemps; probablement même contribuera-t-il par son importance à ces progrès. D'ores et déjà, on a prévu des groupes de plus de 200.000 kW. On a envisagé même la possibilité de dépasser 300.000 kW et de recourir à des tensions de distribution de 500 kV, éventuellement en courant continu.

Peut-être ces Journées internationales d'étude des centrales thermiques et hydrauliques modernes contribueront-elles déjà à préparer des progrès encore plus considérables.

* * *

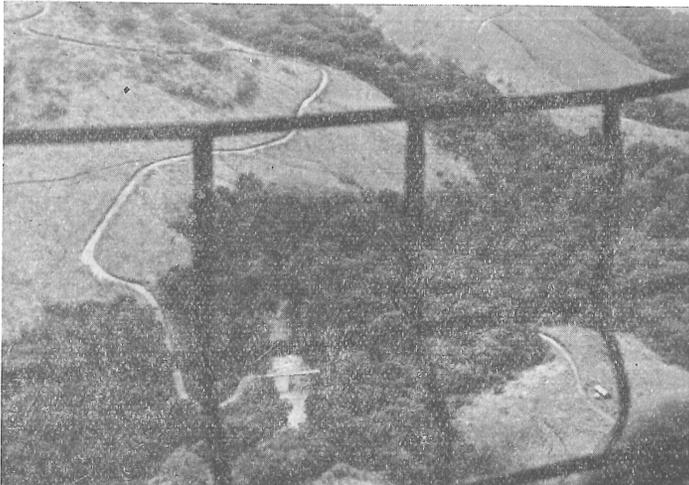
On ne doutera pas que la préparation de ces gigantesques aménagements soulève une quantité de problèmes qui, sans sortir du travail courant de l'ingénieur, acquièrent cependant une importance particulière en raison de l'échelle du travail. Le temps fait défaut pour les considérer ici; signalons à titre d'exemples: les préoccupations au sujet des délais d'exécution des travaux du génie civil, ainsi que de la fourniture et du montage des groupes, l'économie d'exécution des déblais rocheux à ciel ouvert et en souterrain, la constitution des pylônes, les conditions des marchés d'entreprises, etc.

Les résultats escomptés sont la fourniture du kWh à l'arrivée pour la première étape d'aménagement sur la base d'un coût de 12,5 centimes; après l'aménagement intégral sur la base d'un coût de 8,5 centimes, aux prix de septembre 1957.

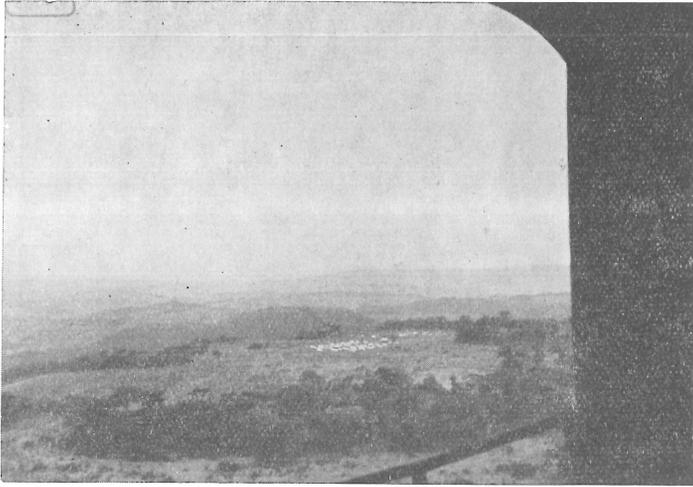
* * *



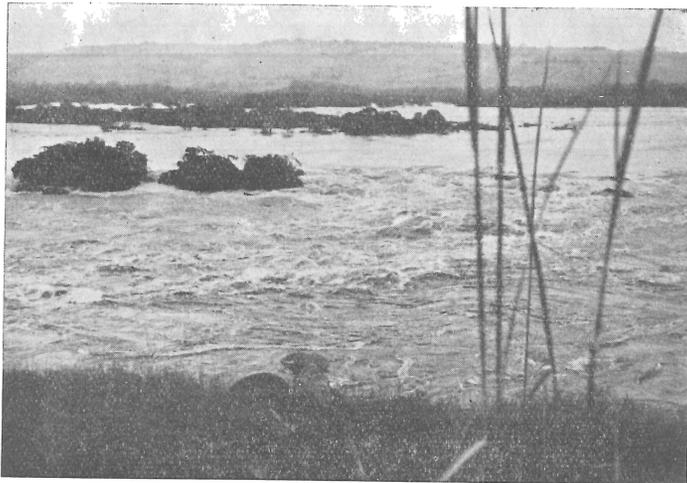
Pont sur la Bundi (vu d'hélicoptère).



Route de Matadi à Inga au pont sur la Bundi
(vue d'hélicoptère).



Les camps pour européens et noirs sur le plateau d'Inga
(vus d'hélicoptère).



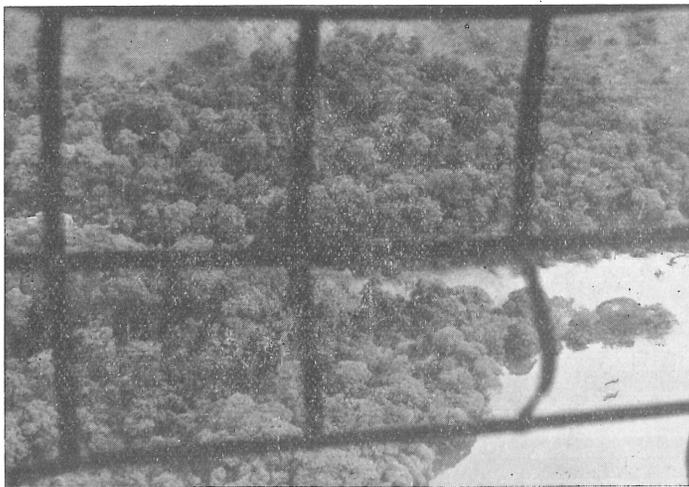
Les rapides du Congo à Fwamolo.



Vallée de la Mumbombo, affluent de la Bundi.
(vue d'hélicoptère)



Extrémité aval de la Vallée Van Deuren et Baie de Shongo.
(vue d'hélicoptère)



Confluent de la Bundi.
(vu d'hélicoptère)

Après cet exposé assez aride, quelques photographies pourront, je l'espère, donner une idée de la multiple splendeur de ce site privilégié par la nature et où l'esprit humain va pouvoir déployer toutes ses ressources. Car il est permis de croire que l'aménagement d'Inga sera effectué dans un esprit auquel rien d'humain ne sera étranger.
