

LA HOUILLE BLANCHE

ÉDITIONS B. ARTHAUD, Succ^r de J. REY, GRENOBLE

Abonnement pour une Année $\left\{ \begin{array}{l} \text{France} \dots\dots 40 \text{ francs} \\ \text{Étranger} \dots\dots 50 \text{ francs} \end{array} \right\}$ Le Numéro : 7 francs

Compte Chèques Postaux LYON 5-84

SOMMAIRE

LES FORCES HYDRAULIQUES. — L'usine hydro-électrique du Félou, la chute de Gouina, par G. CHAINEAU, ingénieur des T. P. E., chef de la subdivision du Contrôle au Félou. — Représentation graphique facilitant la recherche d'aménagements hydro-électriques rationnels, par Robert BLOIN, ingénieur hydraulicien à la Compagnie générale d'électricité.

HYDRAULIQUE. — Etude sur la température de montage des collecteurs de conduites forcées, par A. MULLER, ingénieur en chef chez M.-J. Buchi, ingénieur-conseil à Zurich.

ELECTRICITÉ. — Les machines électriques à vitesse variable. — L'électrification des chemins de fer du Maroc,

LÉGISLATION. — L'implantation des pylônes dans les propriétés privées (Arrêt de la cour d'appel de Nîmes, du 7 juillet 1922), par Paul BOUGAULT, avocat à la cour d'appel de Lyon.

DOCUMENTATION. — Huiles et graisses industrielles, etc., etc.

INFORMATIONS.

BIBLIOGRAPHIE.

LES FORCES HYDRAULIQUES

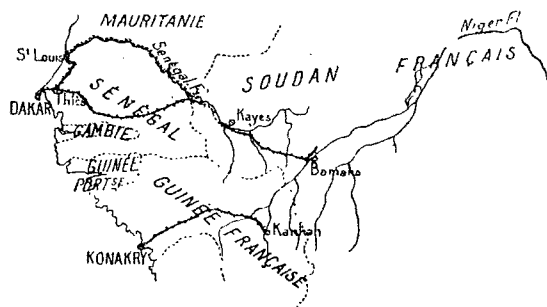
L'usine hydro-électrique du Félou — La chute de Gouina

par Y. CHAINEAU, Ingénieur des T.P.E. Chef de la Subdivision du Contrôle au Félou

L'examen de la carte du Sénégal montre que ce fleuve franchit dans son cours moyen, c'est-à-dire à 700 kilomètres environ de son embouchure, deux chutes importantes.

La première en aval est celle du Félou, à 18 kilomètres de Kayes; elle marque l'ancien terminus de la navigation pour les bateaux venant de la côte. La seconde est celle de Gouina, à 60 kilomètres plus en amont.

La chute du Félou alimente une usine hydro-électrique qui



vient d'être terminée; la chute de Gouina n'est pas encore équipée, mais elle a fait l'objet de plusieurs études.

Un examen plus détaillé de l'ensemble du fleuve Sénégal permet de constater que ce dernier descend, depuis sa source, les marches d'un gigantesque escalier. Chaque marche longue de 80 à 100 kilomètres, creusée de fosses profondes atteignant jusqu'à 40 mètres, forme un lac de 350 à 400 mètres de largeur, restant en eau toute l'année, et ayant comme cote d'étiage la cote d'arasement du seuil aval.

Ces diverses cotes d'étiages créent, entre elles, des différences de niveau atteignant 14 mètres aux chutes du Félou, 20 mètres

à celles de Gouina, 1,00 aux rapides de Médines, 1,90 à ceux de Bakel, pour ne citer que les principaux.

Le régime torrentiel du Sénégal, dont le débit varie de 4 mètres cubes seconde à 1.600 mètres cubes et plus, joint aux variations rapides des hauteurs de chute, rend difficile l'installation d'usine hydro-électrique de puissance sensiblement constante.

L'établissement d'une usine en bordure du Sénégal, exigera donc la création de réservoirs alimentés par les eaux de crue et servant de régulateur de débit. Si ces retenues ne peuvent être constituées, il faudra accepter, comme limite inférieure de la puissance de la Centrale, celle produite par le débit du fleuve en extrême saison sèche ou bien celle obtenue par le minimum de chute en Hautes Eaux, minimum qui peut être d'ailleurs inférieur à la première, pour des raisons d'ordre mécanique de construction de la turbine.

C'est cependant cette dernière solution qui a été retenue pour la construction de l'usine du Félou; un projet de régularisation du seuil rocheux destiné à relever le débit aux très basses-eaux n'ayant pas été retenu.

USINE HYDRO-ÉLECTRIQUE DU FÉLOU

Utilisant le barrage naturel qui ferme le banc rocheux du Félou, et sans y apporter aucune modification, le Gouvernement général de l'A. O. F. a fait installer la première usine hydro-électrique de nos possessions africaines.

Les chantiers ont été ouverts en novembre 1924; les travaux terminés en juin 1927.

Les travaux d'aménagement de cette chute comprenaient :

Travaux de Génie civil. — 1^o L'établissement d'un canal

d'amènée des eaux de 950 mètres de longueur, débitant 4 mètres cubes seconde à l'époque des plus basses eaux.

La section était de 5 mètres avec talus à 2/1 et une profondeur moyenne de 3 mètres; la lame d'eau d'alimentation minimum de 1 m. 05 d'épaisseur. Une pente de 0,0009 par mètre permettait de réaliser le débit de 4 mètres cubes nécessaire au fonctionnement de la turbine.

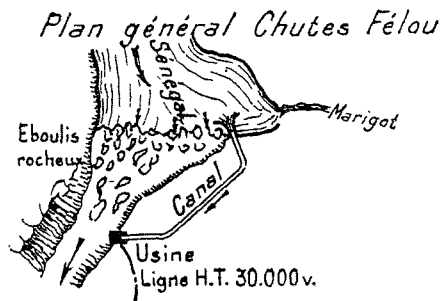
Entièrement creusé dans un plateau de grès compact, ce canal a exigé le déblaiement de 14.000 mètres cubes de rocher; il n'a pas été revêtu; le radier et les parements latéraux ont été dressés d'aussi près que possible par l'emploi de petits coups de mine.

Les trous de mines ont été entièrement forés à la main, les explosifs employés étant de la poudre Favier de la Société des Explosifs de sûreté. L'emploi de la dynamite a été limité au tirage des trous de mine présentant des traces d'humidité dans la section de raccordement du canal avec le fleuve.

La production mensuelle des déblais a atteint un chiffre maximum de 1.800 mètres cubes et la moyenne générale a été de 900 mètres cubes environ. Cette fluctuation dans la production est uniquement due à l'instabilité de la main-d'œuvre. L'emploi de marteaux perforateurs à vapeur, commencé un peu tardivement, n'a pas permis d'établir la comparaison des rendements.

2° La construction d'une chambre de mise en charge faisant suite au canal.

Cette dernière est constituée par des murs en béton. L'emploi d'un parement maçonné a supprimé les sujétions de coffrage, les matériaux employés sont du grès provenant des fouilles,



le dosage du béton est de 300 kilos de ciment pour 800 litres de pierre cassée à l'anneau de 0,04 et 400 litres de sable; l'épaisseur du coffrage est de 0 m. 30 environ; il n'entre pas en compte dans le calcul de la stabilité de l'ouvrage.

Une grille fine, une vanne de garde, une vanne de décharge et des rainures à batardeaux complètent l'équipement de la chambre de mise en charge.

A noter que le régime des fleuves en A. O. F. permet la suppression des ouvrages de défeuillage; un simple rateau à main suffira pour le nettoyage de la grille. Par contre, il semble qu'il y aura sans doute besoin d'un ouvrage de désablage, non prévu au programme, le fleuve charriant des boues fines chargées de sable et qui se colmatront dans le canal.

3° La mise en œuvre de l'usine proprement dite.

Les fondations sont entièrement encadrées dans le massif rocheux; les murs sont en béton avec parements en moellons taillés jusqu'au niveau du plancher de l'alternateur; au-dessus, toute la charpente est métallique avec remplissage en aggloméré; la couverture est en fibro-ciment et les salles sont plafonnées.

L'obligation de placer la turbine au-dessus des plus hautes eaux aval et les nécessités de démontage ont imposé un bâti-

ment très élevé. L'encadrement dans le rocher atteint près de 15 mètres et le faitage est à 15 mètres au-dessus du sol.

4° L'établissement d'un canal de fuite.

Ce dernier n'a que quelques mètres de longueur; il débouche directement dans un couloir rocheux qui est creusé naturellement sur un ancien emplacement de la chute.

Equipement hydro-électrique. — L'équipement hydro-électrique de l'usine comprend :

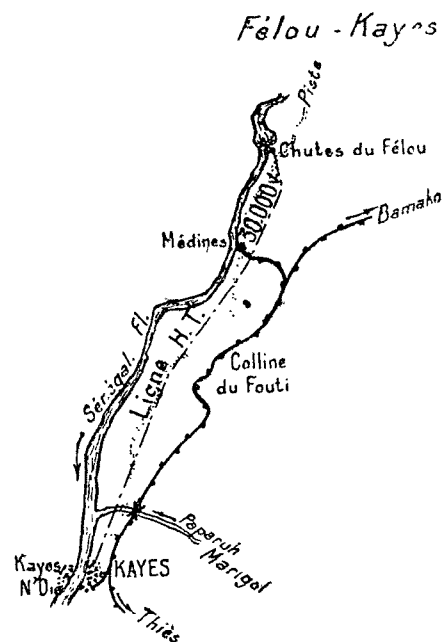
1° L'établissement d'une conduite forcée en tôle d'acier de 4 m. 60 de diamètre, reliant la vanne de garde à la turbine.

2° L'installation d'une turbine à une cote telle qu'elle réponde, en principe, aux conditions suivantes:

Etre située au-dessus de la cote des plus hautes eaux;

Avoir l'orifice de son tube d'aspiration en dessous de la cote des plus basses eaux.

L'importance des variations du niveau du fleuve en aval des chutes n'a pas permis de réaliser entièrement ces conditions, et



pendant une période de 35 à 40 jours par an, la turbine fonctionnera noyée sous une charge d'eau de 0 à 3 m. 50.

De ce fait, la turbine a dû être installée dans un caisson en ciment armé étanche.

Elle donne, pour un débit de 4 mètres cubes seconde, une puissance sur l'arbre de 750 CV. avec une vitesse de 300 tours minute et sous une hauteur de chute réelle de 14 mètres. La régularisation est automatique ainsi que le graissage; régulateur et graisseurs sont installés dans la salle de l'alternateur. L'huile du régulateur est refroidie par circulation d'eau dont la prise est greffée sur la conduite forcée.

La totalité du matériel hydraulique provient des Constructions Electriques de France.

3° L'installation d'un alternateur triphasé, d'une puissance réelle de 520 KVA., fonctionnant sous une tension de 5.500 volts, un cosinus de -0,80, une fréquence de 50 périodes et une vitesse de 300 tours minute. L'alternateur est du type vertical spécialement étudié pour fonctionner dans un milieu où la température peut atteindre 45° centigrades.

La totalité du matériel électrique provient de la Société Alsacienne de Constructions mécaniques, à l'exception du transformateur fourni par la Savoissienne.

La plateforme de l'alternateur est à 5 mètres au-dessus de la cote de la turbine, de façon à mettre ce dernier et les canalisations électriques au-dessus de la cote des plus hautes eaux connues.

4° L'installation d'un transformateur triphasé à bain d'huile et à refroidissement naturel, qui élève la tension de 5.500 à 30.000 volts.

5° L'installation de l'appareillage correspondant à deux départs aériens, l'un à 5.500, l'autre à 30.000 volts. Les disjoncteurs de départs et le disjoncteur de protection de l'alternateur sont commandés directement du tableau par des volants à main.

Un pont roulant de 20 tonnes, à commande à main, complète l'équipement de la salle des machines.

Prix de revient. — Le prix de revient du kilowatt installé est d'environ 11.000 francs. Ce prix ne tient pas compte du coût de la ligne de transport de force, ni des installations de réception et transformation du courant au lieu d'utilisation.

Ligne de transport de force. — L'installation de la ligne de transport haute tension allant de l'usine du Félou à la ville de Kayes, n'a pas fait partie de la même adjudication, ni du même concours, et a été confiée à la Compagnie générale d'Entreprise et d'Electrification.

Cette ligne est installée sur pylônes métalliques; sa longueur est de 18 kilomètres environ.

Le courant est utilisé à Kayes pour l'éclairage et la force motrice à l'usine élévatoire des eaux. Il reste néanmoins, environ 250 KWs disponibles sur les 400 fournis par la Centrale du Félou. Ce supplément pourra être absorbé par des particuliers dans les usines d'égrenage de coton et par l'établissement de groupes moto-pompes servant à l'irrigation des cotonniers, par les ateliers du dépôt du chemin de fer de Thies au Niger, et par les petites industries locales : fabrication de glaces, huileries.



LA CHUTE DE GOUINA

Alors qu'au Félou, le banc de grès constituant le barrage est fortement découpé par le fleuve, il présente à Gouina un parement vertical de 20 mètres de hauteur. Cette différence, entre deux chutes situées à 80 kilomètres l'une de l'autre, provient uniquement de la consistance différente des grès formant barrage, et a pour conséquence un synchronisme plus parfait des variations de niveau en amont et en aval.

L'utilisation de la chute de Gouina a été étudiée en 1921-22 par une mission pour le compte du Gouvernement de l'A. O. F.

Il résulte de cette étude et du projet remis en août 1922, qu'il y a possibilité d'établir à Gouina une usine hydro-électrique comprenant trois groupes de 2.500 KVA, après régularisation du débit du fleuve à 20 mètres cubes seconde. Cette obligation entraîne la constitution d'une réserve de 32.000.000 de mètres cubes d'eau. Cette réserve serait obtenue par la construction de trois barrages.

Le premier de ces barrages serait installé en amont de la crête rocheuse actuelle; il servirait de déversoir en temps de crue, et son rôle serait de maintenir une hauteur de chute sensiblement constante.

Le deuxième et le troisième barrages, construits en amont de la chute à Manambélé et Diokolo, serviraient uniquement à constituer la réserve.

Une société française a déposé, en 1926, une demande de concession de la chute; il y a là une initiative heureuse pour permettre l'utilisation rapide des 5.000 C. V. de Gouina.

La régularisation du fleuve à Gouina aurait une répercussion heureuse au Félou, et permettrait sans aucun doute l'adjonction au groupe actuel de 400 KWs, de deux nouveaux groupes de 1.000 C. V.

Les deux usines, dont la puissance globale atteindrait 10.000 C. V., pourraient alimenter des industries locales, des entreprises du Gouvernement du Soudan.

Et il y a tout lieu de supposer que ce centre d'énergie créé dans un pays neuf deviendra un centre industriel important. La présence de calcaire, à une faible distance des deux chutes, laisse entrevoir la possibilité d'installer des usines de fabrication de ciment. L'agriculture, elle-même, pourrait, sans aucun doute, employer de la force pour actionner des groupes moto-pompes destinés à l'irrigation de champs de coton et des moteurs dans ses usines d'égrenage. Il appartiendra au Gouvernement, par la constitution de caisses de crédits agricoles et par une propagande appropriée, de mettre le colon à même de profiter des nouvelles ressources mises à sa disposition.

CONCLUSIONS

La construction de la petite usine du Félou marque la première étape de l'aménagement hydro-électrique de la vallée du Sénégal.

Réalisée dans des conditions particulièrement difficiles — température à l'ombre dépassant parfois 42°, réverbération des roches supprimant la fraîcheur relative des nuits soudanaises, l'emploi exclusif de main-d'œuvre indigène — la construction de l'usine du Félou constitue, en plus d'une expérience pour la construction de celle de Gouina, une référence coloniale pour l'entrepreneur dont le personnel de chantier a été soumis à une rude épreuve.