Le projet de pompage de Guneid

Construction du système de canalisations

Guneid pump scheme

The construction of the canalisation

PAR I. HUTCHISON

B.SC., A.M.I.C.E., M.I.W.E.

INGÉNIEUR DIVISIONNAIRE POUR LA CONSTRUCTION, SERVICE D'IRRIGATION DU SOUDAN.

DIVISIONAL ENGINEER, CONSTRUCTION, SUDAN IRRIGATION DEPARTMENT

Emplacement, raisons d'être et dimension de ce projet de pompage, qui sera le plus important de ceux qui existent au Soudan, et qui prendra rang parmi les réalisations majeures de l'Afrique. — Description des travaux de mise en place de la canalisation. — Procédés d'exécution des terrassements; leurs volumes et leurs prix de revient. — Ouvrages de réglage des débits. — Habitations et entrepôts. — Détail des frais. — Exceptionnelle et remarquable célérité d'exécution des travaux, en dépit des conditions climatiques pénibles et de la difficulté des transports.

The location, size and reasons for the existence of this pumping scheme which is the largest in the Sudan and is numbered among major developments carried out in Africa. A description of the canals' construction. Methods of handling and compacting earthfill, size quantities and cost. Flow regulating structures. Living quarters and storage facilities. A summary of the costs involved. The extremely short time in which the work was done in spite of bad climatic conditions and transport difficulties.

AVANT-PROPOS

La région intéressée par le Projet de pompage de Guneid est située sur la rive droite du Nil Bleu, à une distance d'environ 145 kilomètres au sud de Khartoum. La seule culture qui soit actuellement pratiquée dans cette région est celle du doura ou grand millet. La pluviosité y étant faible et irrégulière (variant annuellement entre un minimum de 0,24 m et un maximum de 0,37 m, pendant les mois de juillet à octobre seulement), cette culture, — pratiquée à l'intérieur de talus ou terrasses servant à retenir l'eau de pluie —, est malheureusement trop souvent vouée à l'échec. Avec la réalisation du Projet, les cultures du coton en longue soie, du doura pour l'alimentation, et d'une légumineuse fourragère deviendront possibles, ce qui devrait entraîner un accroissement de prospérité pour la région avoisinante, ainsi que cela s'est produit de l'autre côté du fleuve depuis la mise en valeur du projet soudanais

INTRODUCTION

The Guneid Pump Scheme is situated on the East bank of the Blue Nile, about 90 miles South of Khartoum. The only crop grown at present in this area is Great Millet (dura), and as the rainfall is low and uncertain (ranging from an annual minimum of 9.5 inches to an annual maximum of 14.5 inches, falling during the months of July to October only), the crop—cultivated within banks (or terraces) to hold the rainwater—is often a failure. With the completion of the Scheme, long-staple cotton, great millet for food and a leguminous fodder crop will be grown—which should result in increased prosperity for the neighbourhood, as has happened across the river since the inception of the Sudan Gezira Scheme. Properly irrigated, Sudan offers ideal conditions for the production of fine cotton. Britain now imports more long-staple cotton from Sudan than from the rest of the world combined, and the

de Gézira. Irrigué correctement, le Soudan offre des conditions idéales pour la culture d'un coton de haute qualité. La Grande-Bretagne importe plus de coton en longue soie en provenance du Soudan que de tous les autres pays réunis. D'autre part, pour beaucoup de pays, les besoins augmentent de plus en plus.

Le Projet de pompage de Guneid est réalisé par le Service d'Irrigation du Soudan (S.I.S.) qui a également la charge de la manœuvre et de l'entretien des pompes et canaux, ainsi que du contrôle de l'irrigation; les transactions agricoles et immobilières et le contrôle de l'exploitation de leurs tenures de 6 hectares environ par les fermiers soudanais, sont assurés par le Comité du Gézira Soudanais.

Le Projet de Guneid couvre environ 13 150 hectares, et l'eau destinée à l'irrigation sera fournie par quatre moteurs Paxman de 1 250 ch chacun actionnant des pompes Gwynne de 1,32 m; chaque pompe doit débiter 3,2 m³/s et assurer une hauteur de refoulement maxima de 19 m. Une fois terminé, ce sera le plus important projet de pompage parmi ceux qui existent au Soudan et il prendra rang parmi les réalisations majeures de l'Afrique.

La firme anglaise d'ingénieurs-conseils, Sir Alexander Gibb and Partners, fut chargée de l'avant-projet et de la surveillance des travaux de construction concernant le bâtiment des pompes, les ouvrages de prise, la colonne montante, le bassin de décharge et les logements adjacents pour le personnel.

La construction du bâtiment des pompes, de l'installation d'alimentation, du bassin de décharge et des logements affectés au personnel a été confiée à une entreprise égyptienne, la Misr Concrete Development Company, S.A.E., et les travaux ont progressé d'une manière satisfaisante. En 1954, les logements et les ouvrages de prise furent achevés — cette dernière étant construite derrière un batardeau circulaire en «sudd» (végétal flottant qui gêne souvent la navigation sur le Nil) pendant la période des basses eaux. Le bâtiment des pompes fut muni de sa toiture en 1954 et, de même que le bassin de décharge, devait être achevé pour le mois de juillet 1955. La colonne montante consiste en une conduite en acier entièrement soudée, d'un diamètre de 2,438 m et d'une longueur de 1,1 km. Cette conduite fut construite et livrée par la firme Robert Watson.

Tous les moteurs devaient, en principe, être installés pour le début de la saison d'irrigation, c'est-à-dire juillet 1955; malheureusement, à cette époque, deux pompes seulement furent à même de fonctionner; par conséquent, une partie seulement de la zone du Projet put être irriguée durant la première saison.

demand from many countries is steadily increasing.

The Guneid Pump Scheme is built by the Sudan Irrigation Department, who will also operate and maintain the pumps and canals, and control the irrigation; all agriculture and business transactions will be the responsibility of the Sudan Gezira Board, who will supervise the Sudanese tenant farmers in the cultivation of their 15-acre holdings.

The gross area of the Scheme is about 32,500 acres, and water will be supplied by four 1250 H.P. Paxman engines driving 48-inch Gwynne Pumps. Each pump is designed to deliver about 3.2 cubic metres per second (112 cu.secs.), and the maximum static head is approximately 19 metres (62' 4"). When completed it will be the largest Pump Scheme in the Sudan and one of the largest in Africa.

The firm of English Consulting Engineers, Messrs. Sir Alexander Gibb & Partners, were invited to design and supervise the construction of the Pump House, Intake Works, Rising Main, Discharge Basin, and adjacent Staff Housing.

The Pump House, Intake Works, Discharge Basin, and Staff Housing were built by an Egyptian contractor, the Misr Concrete Development Company, S.A.E., and work is progressed well. In 1954 the Staff Housing was completed, also the Intake Works—which were constructed behind a ring sudd during low river. The Pump House was roofed in 1954 and, together with the Discharge Basin, should be completed by July 1955. The Rising Main is an all-welded steel pipe-line 8-feet in diameter and 3620 feet (1.1 Kilometre) long. Messrs. Robert Watson manufactured and delivered the pipe-line.

All engines should be installed before the commencement of the irrigation season in July, 1955, but unfortunately only two pumps were ready by then—with the result that only a portion of the Scheme was irrigated during the first season.

CANALISATION

Le système de canalisation du Projet — y compris les terrassements des canaux et drains et la construction des ouvrages pour le réglage des eaux, ainsi que des logements — fut entrepris par le Service d'Irrigation du Soudan. Le présent article est d'ailleurs consacré surtout à cet aspect des travaux.

La canalisation fut pratiquement achevée en une saison de travail de 9 mois, de novembre 1953 à juillet 1954 : ceci représente un gain d'une année sur les prévisions, qui indiquaient juillet 1955 comme date limite.

C'est en février 1953 que commencèrent les travaux préliminaires, lorsqu'une équipe, sous la direction d'un ingénieur soudanais très compétent, attaqua la construction de 27 des plus petits logements et de l'un des plus petits entrepôts, ceci en vue de loger l'équipe de construction appelée, dès la fin de la saison pluvieuse, c'est-à-dire à la fin d'octobre, à travailler dehors. Grâce à l'excellent travail de recherches effectué par cet ingénieur soudanais et portant sur les matériaux de construction que pouvait fournir la région, il fut décidé d'employer le grès au lieu de la brique, le premier de ces matériaux pouvant être obtenu sur place à moitié du prix du second. En juin, avant la date prévue, les petits logements furent achevés; l'ingénieur entreprit ensuite les fondations des édifices plus importants tout en continuant à rassembler les matériaux destinés aux organes de régulation, etc., ce qui permit à l'équipe principale arrivant à la fin d'octobre de commencer immédiatement à bâtir en puisant dans les dépôts de toutes sortes disponibles sur les lieux. En juin, avant le début de la saison des pluies, plus de 800 tonnes de ciment furent transportées de Khartoum par camions Diesel et entreposées dans les bâtiments achevés, cette disposition étant prise pour parer à une pénurie possible de ciment au Soudan que l'on craignait pour octobre.

En juillet, les deux draglines 38 B affectées à l'excavation du canal de pompage à Guneid furent démontées et chargées sur wagons plats dans les ateliers du S.I.S. à Wad Medani (siège administratif du S.I.S., situé sur la rive gauche du Nil Bleu à environ 195 km au sud de Khartoum). Elles furent ensuite déchargées à Khartoum-Nord, sur la rive droite du Nil Bleu, et remontées à l'aide d'une grue appartenant aux Chemins de Fer Soudanais; après essais, elles couvrirent par leurs propres moyens la distance de 145 km les séparant de Guneid. Le même procédé fut adopté pour les tracteurs D. 7 et pour l'outillage, ce qui fait qu'au début d'octobre, tout le matériel de terrassement était sur place, essayé et prêt à fonctionner.

CANALISATION

The canalisation of the Scheme, including all earthwork in canals and drains, water control structures and housing, was constructed by the Sudan Irrigation Department. This article is chiefly concerned with this side of the picture.

Practically all the canalisation was completed in one working season of 9 months, from November 1953 to July 1954—which was one year ahead of programme as it had not been expected to complete all works before July 1955.

Preliminary construction work started in February 1953, when an experienced Sudanese engineer commenced building a few of the smaller houses (27 in number) and one of the smaller store sheds, to house the full construction team, who were to go out after the rains, i.e. about the end of October. As a result of the Sudanese engineer's excellent reconnaissance regarding building materials in the area, it was decided to build the houses in sand-stone instead of brick as it was possible to obtain stone on site at less than half the cost of bricks. By June the construction of the smaller houses was finished ahead of schedule, so the engineer commenced on the foundation of the larger houses and continued with the collection of materials for the regulators, etc. with the result that when the main construction team arrived on site at the end of October they were immediately able to start building from the large dumps of all materials already sited. Over 800 tons of cement were also transported from Khartoum to site in June by diesel lorry, before the onset of the rains, and stored in completed buildings: this was done as it was feared that there might be a shortage of cement in the Sudan in October.

In July the two 38 B Draglines—which were to excavate the Pump Channel at Guneid—were dismantled and loaded onto Railway flats in the S.I.D. Workshops at Wad Medani (this is the Headquarters of the S.I.D. and is situated on the West Bank of the Blue Nile about 120 miles South of Khartoum). They were off-loaded in Khartoum North on the East bank of the Blue Nile, and reassembled with the aid of a Sudan Railways crane. After assembly and testing, they walked the 90 miles to Guneid under their own power. The D. 7 tractors and equipment followed the same procedure, and all earth-moving equipment was on site, tested, and ready to work by early October.

Concrete mixers, compressors, pumps, etc. were all transported by road from Wad Medani to Guneid via the Blue Nile bridge at Khartoum.

Les malaxeurs de béton, les compresseurs, les pompes, etc., furent transportés par route de Wad Medani à Guneid, en traversant le Nil Bleu sur le pont de Khartoum.

Le Soudan jouit d'un climat exceptionnellement sec et, en octobre, après la saison des pluies, aucune eau n'était disponible sur les lieux. Il fallut donc puiser toute l'eau au fleuve à l'aide d'une pompe de 101 mm alimentant deux camions-citernes de 2 725 litres, répartis ensuite dans des fûts de 182 litres affectés au matériel de terrassement et aux équipes dispersées dans toute la région; l'eau nécessaire aux travaux de construction fut entreposée dans des réservoirs spécialement construits en briques sur le terrain des logements et des régulateurs; pour les besoins domestiques des ingénieurs, une partie de cette eau fut filtrée et pompée dans des réservoirs logés dans la toiture.

TERRASSEMENTS

Les travaux de terrassement furent entièrement exécutés mécaniquement, en employant les machines suivantes :

2 excavatrices draglines 38 B. — 2 ditchers (*) Killifer. — 1 excavatrice dragline 19 R.B. — 10 tracteurs D. 7. — 4 niveleuses élévatrices. — 2 ditchers (*) Briscoe. — 1 niveleuse à lame. — 3 bulldozers. — 1 accouplement Hystaway.

Le canal principal, ou canal des pompes, fut creusé par deux draglines Bucyrus-Erie 38 B équipées de pelles de 1,37 m³ et ayant une flèche de 13,70 m. Travaillant durant une semaine de 42 heures, ces machines fournirent d'excellents résultats et achevèrent en 5 mois l'excavation de 300 452 m³. Le rendement moyen par machine, pour la totalité des travaux, fut de 6 530 m³ par semaine, soit 165 m³ par heure, avec un maximum de 9 750 m³ par semaine sur une période de 3 semaines, correspondant à un rendement de 229 m³ par heure ou 4,82 m³ par minute. Ces machines furent chronométrées en fonctionnement et l'on constata qu'elles accomplissaient 3 cycles par minute, ce qui s'accorde sensiblement avec les prévisions de production.

Les canaux secondaires furent creusés par deux niveleuses élévatrices remorquées par des tracteurs D. 7 de 60 ch. Ces quatre machines creusèrent en 4 mois et demi 581 494 m³ représentant un rendement moyen par machine et par semaine de 7 270 m³, avec un maximum de 10 750 m³ par semaine sur une période de 3 semaines. Le rendement journalier par ma-

The Sudan has an exceptionally dry climate, and after the end of the rains in October no water was available on site. All the water for the Scheme was transported by two 600-gallon water tankers which were filled from the river by a 4-inch pump. These tankers filled 40-gallon drums which supplied the needs of the earth-moving plant and their crews scattered over the whole area; water for construction purposes was stored in specially constructed brick tanks on the housing and regulator sites whilst some of this water was filtered and pumped into roof tanks for the domestic requirements of the engineers.

EARTHWORK

All earth work was excavated by machine, and the following equipment was used:

2-38B Dragline excavators. — 2-Killifer Ditchers. — 1-19R.B. Dragline Excavator. — 1-Blade Grader. — 10-D.7 Tractors. — 3-Bulldozers. — 4-Elevating Graders. — 1-Hystaway Attachment. — 2-Briscoe Ditchers.

The main Canal, or Pump Channel, was excavated by two 38B Bucyrus-Erie Draglines with 1½-yard buckets and 45-foot jibs. Working a 42-hour week these machines were successful and completed the cube of 300,452 m³ (392,900 cu.yds) in 5 months. The average output per machine over the whole job was 6,530 m³ (8,540 cu.yds) per week, or 165 m³ (216 cu.yds) per hour worked, and the best output over a 3-week period was 9,750 m³ (12,750 cu.yds) per week, giving an output of over 300 cu.yds per hour, or 5 cu.yds. per minute. These machines were timed whilst working, and it was found that they were completing 3 cycles per minute—which agrees roughly with the output figures.

The Minor Canals were dug by four elevating graders, which were hauled by 60 H.P. D.7 tractors. These four machines excavated 581,494 m³ (760,400 cu.yds) in 4½ months. The average output per machine week was 7,270 m³ (9,510 cu.yds.) with a maximum of 10,750 m³ (14,060 cu.yds.) per week over a three weeks period. The daily average output per grader was 1,235 m³ (1,615 cu.yds.) giving an output per hour worked of 201 m³ (263 cu.yds.).

At the end of the job one canal was excavated by an elevating grader powered by an

(*) Machines à creuser les fossés.

chine fut de 1 235 m³, ce qui fait ressortir à 201 m³ le rendement horaire.

Vers la fin des travaux, un canal fut creusé par une niveleuse élévatrice mue par un tracteur D.7 de 80 ch : le progrès réalisé dans le rendement fut surprenant; cette machine creusa en 4 jours un volume de 13 150 m³, ce qui indique une production journalière de 3 290 m³ et horaire de 470 m³.

En trois semaines, les quatre niveleuses et les deux draglines 38 B creusèrent un total de canaux de drainage équivalant à 80 124 m³, dont 64 418 au crédit des niveleuses et 15 706 à celui des draglines.

Certains canaux d'alimentation et les extrémités de quelques canaux secondaires où la section s'avérait trop étroite pour le passage d'une niveleuse, furent creusés avec une dragline 19 RB. Le volume creusé dans ce genre de travail atteint 32 678 m³, avec un rendement hebdomadaire moyen de 1 583 m³.

Les canaux principaux et secondaires de distribution ont des sections transversales respectives de 0,75 m² et 0,24 m². Les premiers furent creusés en quatre passes par deux tracteurs D.7 de 80 ch remorquant des ditchers Briscoe, et les seconds en une seule passe par un tracteur de 60 ch remorquant un ditcher Killifer. En 6 mois, la totalité des canaux principaux creusés représentait une longueur de 508,6 km, un volume de 381 450 m³, avec un rendement maximum hebdomadaire de 23 km et 17 250 m³. Pour ce qui est des canaux secondaires creusés en cinq mois, leur longueur est de 1 920 km et leur volume de 480 000 m³, le rendement moyen hebdomadaire se montant à 83 km en 20 750 m³.

80 H.P. D.7 tractor, and the increase in output was amazing. This grader excavated 13,150 m³ (17,200 cu.yds.) in 4 days, giving a daily output of 3,290 m³ (4,300 cu.yds.) and an output per hour worked of 470 m³ (615 cu.yds.).

The four elevating graders and two 38B draglines excavated 80,124 m³ (104,800 cu.yds.) of drains in 3 weeks; of this 64,418 m³ were dug by graders and 15,706 m³ were dug by draglines. Carrier canals and the tails of a few minor canals, where the section was too narrow to permit of grader work, were dug by a 19RB dragline. The total cube of this type of work was 32,678 m³ (42,700 cu.yds.) at an average output of 1,583 m³ per week.

The primary and secondary field channels have cross-sections of 0.75 and 0.25 square metres respectively. The first were dug in four passes by two 80 H.P. D.7. tractors hauling Briscoe Ditchers, and the second in one pass by a 60 H.P. tractor hauling a Killifer Ditcher. The total length of primary channel excavated in 6 months was 508,6 kilometres, cube of 381,450 m³ (498,800 cu.yds.) at an average output of 14 kilometres per week, or 10,500 m³ (13,700 cu.yds.) per week, and a maximum weekly output over a three weeks period of 23 kilometres, or 17,250 m³ (22,600 cu.yds.). The total length of secondary channel dug in 5 months was 1,920 kilometres, cube of 480,000 m³ (627,700 cu.yds.), at an average weekly output of 83 kilometres, or 20,750 m³ (27,100 cu.yds.).

FIG. 1

Niveleuses élévatrices
creusant
un canal secondaire

*Elevating graders
digging
a Minor Canal*

Le tableau ci-après donne le détail du volume total de sol creusé durant l'exécution du Projet de pompage de Guneid :

	m ³
Canal principal.	300.452
Canaux secondaires.	581.494
	32.678
Canaux de distribution principaux..	381.450
Canaux de distribution secondaires.	480.000
Drains.	80.124
	<hr/> 1.856.198

Ainsi que nous l'avons vu dans l'avant-propos, le sol était auparavant cultivé par les propriétaires qui plantaient le grand millet (doura) à l'aide d'outils à main sur des terrasses bordées de petits talus servant à retenir l'eau de pluie. Ces talus, risquant de gêner le libre écoulement des eaux d'irrigation, durent être nivelés autant que possible. Ce nivellement employa durant 5 mois trois tracteurs D.7 avec angledozer et un tracteur D.7 remorquant une niveleuse à lame. Cette dernière racla également les voies d'accès à travers la zone du Projet. Pour ces travaux de dégagement, le rendement moyen dépassa légèrement 22 hectares par jour et par machine.

Avant le début du travail, tout le matériel de terrassement fut soigneusement inspecté par le Service Mécanique du S.I.S.; ce Service installa également sur les lieux un excellent atelier d'entretien, ce qui permit à la durée du travail d'atteindre 90 % du nombre d'heures possible : les travaux furent terminés en six mois, alors que cela était considéré comme impossible avec le matériel dont on disposait. Les rendements atteints sont encore plus surprenants si l'on songe aux difficultés de toutes sortes auxquelles de telles entreprises se heurtent au Soudan : longs trajets de mise à pied d'œuvre pour les pièces de rechange, les carburants, l'eau, etc., le climat surchauffé du désert (plus de 46° C à l'ombre), le sol argileux, dur et sec, le manque presque absolu de commodités et de communications, etc.

Les conducteurs des diverses machines, les ajusteurs et les contremaîtres étaient tous soudanais. Un ingénieur mécanicien britannique était responsable de l'entretien de toutes les installations, et deux ingénieurs civils britanniques étaient chargés de l'organisation, de la répartition des travaux et de leur contrôle après achèvement.

The following table gives details of the volume of earth moved during the construction of the Guneid Pump Scheme:

	Cubic metres	Cubic yards
Main Canal	300,452	392,900
Minor Canals	581,494	760,400
	32,678	42,700
Primary Field Channels.	381,450	498,800
Secondary Field do.	480,000	627,700
Drains.	80,124	104,800
	<hr/> 1,856,198	<hr/> 2,427,300

As mentioned in the Introduction, the land had previously been cultivated by the owners who had planted great millet (dura) in rain water impounded behind terraces of small earth banks built with hand tools. As these terraces would have interfered with the free flow of irrigation water, they had to be levelled as much as possible. This levelling fully occupied three tractors D.7 and angle-dozer and one D.7 tractor hauling a blade grader for 5 months. The blade grader also scraped access roads throughout the Scheme; the average rate of clearance per machine was 55 acres per day.

All the earth-moving equipment was carefully overhauled by the Mechanical Division of the S.I.D. before being sent out to the field; this Division also established an excellent maintenance organisation on site, and as a result the actual working time was about 90 % of the possible working hours: the entire job being completed in six months, although it had not been expected that this would be possible with the equipment available. The output figures are much more astounding when one considers the difficulties of undertaking such work in the Sudan—the vast distances over which all spares, oils, water, etc. have to be transported, the hot desert climate (over 115° F. in the shade), the hard dry clay soil, and the almost complete lack of amenities and communications, etc.

The drivers of all these machines were Sudanese, as also were the fitters and foremen. One British mechanical engineer was in charge of the maintenance of all plant, and two British civil engineers organised, set out, and measured up the work on completion.

Le coût des travaux de terrassement est indiqué dans le tableau ci-dessous :

Type de canal	Machine employée	Coût au m ³ (en livres)
Canal principal.....	Dragline 38 B	0,031
Canaux secondaires.....	Niveleuse élévat.	0,011
	Dragline 19 RB	0,112
Canaux de distribution : principaux	Ditcher	0,010
	Briscoe	0,009
secondaires.....	Killifer	0,018
	Niveleuse élévat.	0,030
Drains	Dragline 38 B	0,030
Pour le nettoyage du sol.	Dozer, etc., à l'ha:	0,457

Costs for the above earthwork excavation are shown in the following table:

Type of Channel	Machine Used	Per m ³ £	Costs. per cu. yd. D.
Main Canal.....	38.B Dragline	0.031	6 d.
Minor Canals.....	Elev. Graders	0.011	2.1
Minor Canals.....	19 R.B. Dragline	0.112	21.5
Primary Field Channels.	Briscoe Ditcher	0.010	1.9
Secondary Field Channels	Killifer Ditcher	0.009	1.7
Drains	Elev. Graders	0.018	3.4
Drains	38.B Dragline	0.030	5.8
Land Clearance.....	Dozer, etc.	per acre 35.5	

OUVRAGES

Quatre barrages régulateurs, équipés de vannes automatiques, furent placés sur le canal principal afin de maintenir des niveaux constants à l'origine des canaux secondaires et de régler l'écoulement de l'eau dans le canal principal.

STRUCTURES

Four major regulators were built across the Main Canal, to hold constant levels at groups of Minor Canal off-takes, and to control the flow of water in the Main Canal. The steel work for these gates was supplied by Messrs. Ran-

FIG. 2

Un barrage régulateur sur le canal principal, avant l'installation de la vanne et de la superstructure

A major Regulator on the main Canal, before installation of the gate and super structure

Les éléments métalliques de ces vannes furent construits par la maison Ransomes & Rapier Ltd, d'Ipswich, Angleterre; le tableau ci-dessous donne un aperçu du coût de chaque modèle :

<i>Emplacement</i>	<i>Type de régulateur</i>	<i>Largeur et profondeur</i>	<i>Coût</i>
km 10,262	Vanne à rouleau submersible.....	3,00 m × 3,50 m	en £ 6.000
13,162		2,50 m × 3,00 m	5.000
16,062		2,50 m × 3,00 m	5.000
19,586	Déversoir mobile.....	Ouverture : 1,60 m	1.800

<i>Site</i>	<i>Type of Regulator</i>		<i>Cost.</i>
k. 10.262	Roller Sluice Gate.....	3.00 m span × 3.50 m deep	£ 6,000
k. 13.162	Roller Sluice Gate.....	2.50 m span × 3.00 m deep	£ 5,000
k. 16.062	Roller Sluice Gate.....	2.50 m span × 3.00 m deep	£ 5,000
k. 19.586	Movable Weir.....	1.60 m opening.	£ 1,800

La maçonnerie en moellons pour ces barrages régulateurs utilisait le grès local et reposait sur des fondations en béton armé; le tout fut achevé en six mois. Les quatre vannes furent mises en place en un mois. La construction de ces quatre barrages fut réalisée sous la direction d'un jeune ingénieur civil britannique. Dans le même laps de temps, environ 60 ouvrages pour canaux secondaires furent exécutés : ils consistaient en vannes automatiques pour canaux, d'un diamètre variant entre 1,24 et 0,50 m, et comportant des culées en briques avec ou sans blocages en moellons à l'aval.

L'eau destinée à l'irrigation est dirigée sur les canaux de répartition primaire par des conduites passant sous la berge du canal et sous la route. Ces conduites, dites F.O.P.'s (Field Outlet Pipes) comprennent quatre sections en acier d'un diamètre de 0,35 m, boulonnées l'une à l'autre et munies d'une vanne également boulonnée placée à l'extrémité, du côté du canal. Ces conduites provenaient d'Angleterre et, pour faciliter leur transport, durent être établies en parties semi-circulaires qui furent assemblées par rivetage après leur arrivée à destination. Elles furent posées au fur et à mesure du creusement des canaux secondaires et, en six mois, au total 1 600 conduites furent posées et recouvertes.

En deux mois, dix ponts en pierre sèche sans mortier furent construits en travers des drains.

somes & Rapier Ltd. of Ipswich, England and the following table shows the type and estimated cost of each regulator:

The rubble masonry for these regulators was built of a local sandstone on reinforced concrete foundations, and was completed in 6 months. The four gates took one month to erect and build into position. The construction of these 4 major regulators was supervised by a young British civil engineer. About 60 minor canal structures were also built in this time. These consisted of pipe regulators, varying from 1.24 m. to 0.50 m. in diameter, with brick abutments and/or rubble-pitching downstream.

Irrigation water is passed by field Outlet Pipes under the canal bank and road and into the Primary Field Channels. These pipes, or F.O.P.'s, are made of 4 sections of 35 cms. (1' 2") diameter steel pipe, each 3.0 m. long, bolted together, with a valve bolted to the canal end of the pipe. They were shipped from England cradled in halves for ease in transport, and had to be rivetted on site. The placing of these pipes was begun after the excavation of each minor canal was completed, and the total of some 1,600 pipes was placed and covered over in about 6 months.

Ten dry-pitched Irish bridges crossing the drains were built in two months.

LOGEMENTS

La plupart des bâtiments furent groupés en une colonie principale, au centre même du Projet, et en une autre moins importante, à son extrémité nord. En outre, des habitations à l'usage du personnel de contrôle des eaux, furent érigées tout le long du canal principal, aux points d'alimentation des canaux secondaires. Ainsi qu'il est dit plus haut, tous les logements sont en grès, avec les arêtes, parapets, etc., en briques rouge. Tous les matériaux étaient fournis par le Service d'Irrigation du Soudan et un entrepreneur local soudanais se vit confier la construction des logements de la colonie principale; malheureusement, au bout de 6 semaines, cet entrepreneur se heurta à des difficultés

HOUSING

Most of the buildings were congregated in one main colony in the centre of the Scheme, and in a second minor colony at the Northern end of the Scheme; whilst houses were built all along the Main Canal at minor canal off-takes for the water control staff. As already mentioned, all houses were built of sand-stone with red-brick quoins and parapets, etc. All materials were supplied by the Sudan Irrigation Department, but a local Sudanese contractor was given the job of supplying the building labour for the houses in the main colony. Unfortunately, after 6 weeks the contractor ran into financial difficulties, and after about two more months of very slow work, his contract

FIG. 3
Blocs de moellons en aval d'un barrage régulateur
Building block pitching downstream a major Regulator

FIG. 4
Coulage des fondations
en béton
de
l'un des barrages
régulateurs

*Pouring the
concrete foundations
of one of
the major Regulators*

financières et dut résilier son contrat; en sorte que ce travail, comprenant les logements de la colonie nord et ceux du personnel de surveillance, fut terminé par de la main-d'œuvre dirigée. Tous les bâtiments furent achevés en dix mois. Voici la liste de ceux qui furent terminés en 1954 :

- 5 grands logements,
- 11 logements moyens,
- 17 petits logements,
- 3 grands entrepôts métalliques (25 × 10 m),
- 1 petit entrepôt métallique (8 × 6 m),
- 3 locaux pour bureaux,
- 14 réservoirs de filtration,
- 15 petits bâtiments divers,
- 29 petits logements situés le long du canal principal et à l'usage du personnel de surveillance.

Le coût total des bâtiments construits en 1953 et 1954 par le S.I.S. est estimé à £ 96 500. Tous ces travaux furent dirigés par ce même ingénieur expert soudanais mentionné plus haut.

FRAIS

On estime que les frais totaux du Projet sont inclus dans le détail suivant :

Pompes et moteurs.....	£ 300.000
Conduite principale.....	160.000
Bâtiment des pompes, cités, pipeline pour mazout, honoraires de conseils.	295.000
Canalisation (comprenant terrassements, ouvrages, logements, etc.).	345.000
	<hr/>
£	1.100.000

Si, au stade actuel, il est impossible de prévoir le montant final réel des frais, il est évident qu'une économie substantielle sera réalisée au chapitre « canalisation », sur les prévisions initiales.

On estime que le prix de revient à l'hectare du Projet de pompage de Guneid sera :

Coût total.	£ 83.14.0 l'hectare
Coût de la canalisation seule.	£ 26. 4.0 l'hectare

CONCLUSION

Ainsi que nous l'avons vu plus haut, 3 ingénieurs civils britanniques et 1 soudanais, plus 1 ingénieur mécanicien britannique furent employés à la réalisation du Projet. Le restant du personnel, — y compris les 6 contremaîtres, 2 ingénieurs stagiaires, les ajusteurs, conduc-

had to be terminated, and the job was finished off by direct labour-including the houses in the northern colony and the water control staff housing. All buildings were completed in 10 months.

The following is a list of housing built in 1954:

- 5 No. Large Houses.
- 11 No. Medium Houses.
- 17 No. Small Houses.
- 3 No. Large Steel Stores (25 m × 10 m).
- 1 No. Small Steel Stores (8 m × 6 m).
- 3 No. Offices.
- 14 No. Filter Wells.
- 15 No. Small sundry buildings.
- 29 No. Small Houses for the water control staff and along the Main Canal.

The estimated total cost of all buildings constructed by the S.I.D. in both 1953 and 1954 is £ 96,500. The construction of all buildings was supervised by the same experienced Sudanese engineer mentioned earlier on in this article

COSTS

The estimated total cost of the Scheme is obtained from the following details:

Pumps and Engines.....	£ 300,000
Rising Main.	160,000
Pump House & Colony, Fuel Oil Pipe Line, Consultant's remuneration.	295,000
Canalisation (which includes earthwork, structures, housing, etc.)..	345,000
	<hr/>
	£ 1,100,000

Whilst it is impossible at this stage to give the actual final costs, it is quite clear that a substantial economy will be effected in the cost of the canalisation as against the original estimate.

The estimated costs per acre for the Guneid Pump Scheme will be:

Total Estimated Cost...	£ 33-17 Od per acre.
Estimated Cost for Canalisation only.	£ 10-12 Od per acre.

CONCLUSION

As already mentioned, 3 British and 1 Sudanese civil engineers and 1 British mechanical engineer were engaged on the construction of this Scheme. All other staff working on the site were Sudanese, including 6 foremen,

teurs, chaîneurs, maçons, charpentiers, etc. — était soudanais.

Ce personnel eut tôt fait de s'organiser en une équipe efficiente et les remarquables résultats obtenus sont dus à l'excellent esprit d'équipe qui unit les diverses professions.

Les longues distances à parcourir pour assurer le ravitaillement, la nécessité de synchroniser le programme de construction afin que les différents travaux progressent simultanément, et les conditions climatiques très défavorables qui prévalurent durant la plus grande partie des travaux : tous ces facteurs posèrent une série de problèmes délicats qui ne firent qu'accroître les difficultés. Le but à atteindre avait cependant autant d'importance que les obstacles qui se présentaient. On peut espérer que la réalisation de ce Projet aura pour résultat une amélioration du standard d'existence et une prospérité accrue pour cette vaste région.

2 apprentice engineers, fitters, drivers, chainmen, masons, carpenters, etc.

This staff quickly welded into a very efficient team, and the remarkable results achieved are due to the high standard of teamwork, which united all classes together.

It will be appreciated that distant sources of supply, the necessity of synchronising the programme of construction so that all works progressed simultaneously, and the very difficult climatic conditions prevailing for much of the time during which construction could be carried out, all posed a series of delicate problems which greatly increased the difficulties involved. But the objective to be attained was as important as the obstacles to be overcome, and it is hoped that this Scheme will result in a rise of the standard of living, and in increased prosperity to a large neighbourhood.

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA CALI — COLOMBIA

NOTE CONCERNANT LA QUALIFICATION DES ENTREPRENEURS

Il est prévu que durant la seconde moitié de 1956, la Compagnie demandera des propositions de prix pour l'exécution du projet hydroélectrique Calima près de Cali.

Le projet comprendra un barrage d'une hauteur maximum de 95 mètres et d'une longueur d'environ 250 mètres, d'une centrale souterraine de 120.000 kW avec un puits d'accès vertical de 140 mètres de profondeur, de conduites forcées et d'un canal de fuite d'une longueur totale d'environ 2.300 mètres, d'un tunnel de dérivation de 7 à 8 kilomètres de long et de tous travaux qui s'y rattachent.

Les firmes qui ont déjà réalisé d'une manière satisfaisante des travaux comparables et qui seraient intéressées par un tel projet, doivent demander les formes à remplir en vue de la qualification, à la Compagnie, Corporación Autonoma Regional del Cauca, Edificio Zaccour No. 934, Cali, Colombia.

Les demandes devront être reçues avant le 30 avril 1956, date limite.

Les offres de prix ne seront acceptées que si elles proviennent de soumissionnaires ayant été préalablement qualifiés.