

SOMMAIRE

A - SCHEMA GENERAL ET PHASES DE L'ETUDE 1

 Préambule 2

 Phases de l'étude 2

 Déroulement dans le temps 5

B - GRAPHIQUE D'INTERVENTION DES INGENIEURS PRINCIPAUX, DES
SERVICES SOGREAH ET DES SOUS-TRAITANTS 6

C - TRAVAIL EFFECTUE PENDANT LE MOIS DE MAI 1971 7

 Travaux de la Sogréah 8

 Travaux des sous-traitants 9

oOo

- A -

SCHEMA GENERAL ET PHASES DE L'ETUDE

-

1. PREAMBULE

Le programme de l'étude se rapprochera le plus possible du schéma prévu au contrat (Tableau 1).

L'exposé ci-dessous n'en diffère que sur certains points de détail dont la révision s'est imposée à la suite des premiers travaux sur place, effectués au mois de Mai 1971, et dont on trouvera le compte rendu dans la troisième partie du présent rapport.

2. PHASES DE L'ETUDE

Schéma général

L'étude débutera par le choix de la position du barrage. Ensuite, un premier avant-projet des ouvrages sera exécuté et proposé à l'appréciation de l'Organisation dans un rapport intérimaire. Après examen de l'Organisation et en fonction de ses observations, le premier avant-projet sera repris pour être présenté dans le rapport final, accompagné d'un exposé des résultats qu'il permettra d'obtenir.

La phase "premier avant-projet" se décomposera elle-même en deux :

- Détermination des caractéristiques de base en fonction des buts à atteindre, des conditions hydrauliques et des conditions de fondation.
- Dessin et estimation, en bureau d'études, des ouvrages de génie civil et de leur équipement en vannes.

Choix de la position du barrage

Compte tenu de la topographie, des buts assignés au barrage et des

ouvrages existants en rive gauche (endiguements et prises d'eau), il semble que les positions extrêmes envisageables sont :

- à l'amont, le coude par lequel le Sénégal s'infléchit de la direction ouest à la direction sud, au droit du village de Keur Marsal ;
- à l'aval, dans le resserrement entre le Toundou Bérêt et le Tound Nguinor, au voisinage du village de Diama.

Ce secteur du Sénégal sera exploré par les méthodes suivantes :

- pour le relevé des fonds du lit, utilisation d'un sondeur-enregistreur à ultra-sons (ou écho-sondeur) monté à bord d'un bateau ;
- pour les terrains sous le fond, emploi d'un appareil "Sparker", traîné par le même bateau (le "Sparker" fonctionne sur le principe de la "sismique réflexion", les ébranlements étant produits dans l'eau par éclatement de décharges électriques) ;
- un appareillage de "sismique réfraction" sera apporté et utilisé au cas où la présence de zones "sourdes" au Sparker en justifierait l'emploi ;
- exécution de sondages mécaniques dans le lit mineur pour l'étalonnage des mesures géophysiques.

En combinant les résultats de l'étude précédente, l'examen de la topographie du fleuve et de son champ d'inondation, et en tenant compte des digues existantes, on pourra sélectionner un petit nombre d'emplacements favorables. La connaissance de ceux-ci sera complétée par une exploration géophysique plus serrée et par de nouveaux sondages mécaniques avec prise d'échantillons non remaniés pour essais de mécanique des sols.

A l'issue de ces investigations, ou bien une position s'imposera avec évidence, ou bien le choix sera déterminé par une comparaison économique où interviendront le coût du barrage (variable suivant sa hauteur et les conditions de fondation) et celui des digues de fermeture. Cette comparaison sera effectuée après un premier dégrossage des caractéristiques de la retenue.

Détermination des caractéristiques de l'avant-projet

La détermination de la cote maximale de retenue sera essentiellement fonction des nécessités d'alimentation en eau du lac de Guiers et de l'Aftout es Sahel (pendant les crues) et des cuvettes cultivables

(en partie par pompage dans la retenue pendant l'étiage). La carte au 1/50 000 existante et les études antérieures seront utilisées à cet effet. L'intérêt de constituer une réserve suffisante pour les irrigations pendant l'étiage pourra amener à choisir des cotes de retenue différentes suivant la position du barrage.

L'estimation de la valeur des terres, des procédés de culture et de leurs besoins en eau, par l'économiste agricole, jouera son rôle et nécessitera des contrôles sur le terrain.

La détermination de la cote du seuil et de la largeur du débouché sera plus délicate.

La position du fond du lit, les caractéristiques des terrains sous-jacents et les conditions d'affouillements laisseront peu d'incertitude sur le calage en altitude de l'extrémité aval du radier et sur le débouché en largeur nécessaire pour un débit donné. Par contre, la hauteur du seuil au-dessus du radier pourra, à priori, être choisie dans des limites assez larges. Un seuil très bas sera économique du point de vue de génie civil (ouvrage moins épais et moins long) et créera peu de pertes de charge en crue, mais exigera des vannes très hautes. Un seuil assez élevé permettra d'économiser sur les vannes, mais sera moins avantageux aux autres points de vue. Les nombreuses études antérieures de seuil en rivière, effectuées par SOGREAH, permettront de dimensionner l'ouvrage, en fonction de la cote du seuil et du débit à passer.

Le modèle mathématique, après la détermination par le service hydrologique des hydrogrammes-types des crues exceptionnelles, en tête de la vallée, permettra de calculer rapidement les débits et les lignes d'eau dans le cours aval, dans les différentes hypothèses sur la position du barrage. On en tirera les conditions hydrauliques extrêmes de fonctionnement du barrage et le calage des digues latérales. Une solution voisine de l'optimum se dégagera sans doute rapidement. On pourra le corriger après coup, quand on aura fait l'étude de génie civil du barrage et le métré approximatif des digues.

Il est possible aussi que l'on s'aperçoive que le principe des digues insubmersibles pour la crue millénaire conduirait à des dépenses exagérées, auquel cas il serait raisonnable de prévoir des déversoirs de décharge. Le modèle mathématique permettra d'analyser les écoulements dans cette hypothèse.

Phases suivantes

Une fois les données de base fixées (au moins approximativement) par l'analyse précédente et des investigations complémentaires effectuées sur le site choisi (topographie, sondages, mécanique des sols), l'élaboration de l'avant-projet sera un travail de bureau d'études.

Une attention spéciale sera portée aux deux points suivants :

- . Comportement des terrains de fondation, déformations et déplacements prévisibles ;
- . Etude des vannes les mieux adaptées à l'ouvrage et aux conditions locales.

L'avant-projet sera dessiné sur un levé au 1/1000 d'une zone définie à l'issue de la première phase (choix de l'emplacement).

Il est possible qu'au fur et à mesure qu'il se précisera, un certain nombre de sondages et levés complémentaires s'avèrent souhaitables.

3. DEROULEMENT DANS LE TEMPS

Le tableau 1, établi à partir de la date de l'ordre de commencer l'étude, c'est-à-dire le 15 Avril 1971, en donne le programme général (articulation des différentes composantes de l'étude et déroulement dans le temps). Il est impérativement lié aux dates des pluies et de la crue du Sénégal. Les premières commencent en général en juillet et risquent de rendre la circulation des véhicules très aléatoire, en dehors des grands axes, passé le 15 juillet. Cette date coïncide approximativement avec le début normal de montée de la crue (quelques décimètres de montée suffisent pour gêner considérablement les déplacements au bord du fleuve, qui s'effectuent commodément à l'étiage sur la plage de bordure, découverte à marée basse).

Nous avons donc fixé au 15 juillet la fin des travaux sur le terrain en 1971. Si nécessaire, les contrôles et investigations complémentaires s'effectueront après la décrue et le ressuyage des terrains vers le mois d'Avril 1972. Cette époque est convenable à tous points de vue : elle correspond au moment où l'organisation aura terminé l'examen du rapport intérimaire et se place au début de la phase "Modifications de l'avant-projet".

La période critique du programme est celle qui précède le 15 juillet.

Il sera nécessaire en particulier de mettre en oeuvre de gros moyens de sondage (trois ateliers) et de réduire au minimum la longueur de la phase "Choix du site" (qui comprendra, comme on a vu, une pré-détermination des caractéristiques de la retenue) de façon qu'il reste suffisamment de temps avant le 15 juillet pour réaliser le levé topographique du site retenu et y effectuer des sondages complémentaires.

- B -

GRAPHIQUE D'INTERVENTION DES INGENIEURS PRINCIPAUX,
DES SERVICES SOGREAH ET DES SOUS-TRAITANTS

-

- C -

TRAVAIL EFFECTUE PENDANT LE MOIS DE MAI 1971

-

1. TRAVAUX DE LA SOGREA

Au Sénégal

- Documentation auprès de OERS, MAS, SAED.
- Localisation de quatre sites de barrages satisfaisants du point de vue hydraulique et laissant l'espoir de conditions de fondations acceptables : de l'amont à l'aval,
 - au droit de Keur Marsal (longitude 16° 15')
 - à la pointe nord de l'île de N'Tieng
 - au droit de l'extrémité sud du Tound Marayo (latitude 16° 15')
 - à 1 km en amont de la pointe amont de l'île de Diankel (site de Diama).
- Localisation approchée des endiguements supplémentaires nécessités par le barrage dans ses quatre positions possibles.
- Calcul des courbes de surface et de volume des quatre retenues au-dessus de la ligne d'eau d'étiage, jusqu'à la cote + 3.
- Etablissement d'un programme de sondages et d'essais de perméabilité et de mécanique des sols.
- Contrôle de l'exécution de la campagne de géophysique et du début des travaux topographiques et de sondages.
- Premier examen des répercussions possibles de la retenue sur la nappe, à préciser quand seront connus les résultats des sondages et des mesures de perméabilité. (Il a été tenu le plus grand compte des études antérieures, en particulier du rapport de M. AUDIBERT).

- Examen des contraintes dues à la navigation : coordination avec l'étude de M. KAMMERER, implantation des barrages et des endiguements, de façon que les bateaux ne subissent pas d'écoulements transversaux, en crue, à l'approche de l'écluse.
- Début de l'enquête de l'économiste agricole.

Ces travaux ont été effectués par Messieurs :

- CHABERT, Ingénieur permanent en place depuis le 26 avril,
- LEMOINE, Chef de l'étude, présent au Sénégal du 3 mai au 29 mai,
- BLANCHET, Expert en hydraulique fluviale et navigation,
- BAZIN, Expert hydrogéologue,
- BAJARD, Géologue et mécanicien des sols,
- MOREAU, Economiste agricole.

Travail à Grenoble

- Détermination par étude sur documents des hydrogrammes de crues exceptionnelles en tête du modèle.
- Préparation des calculs sur le modèle mathématique, en particulier, mise au point de l'extrapolation aux débits millénaires.

2. TRAVAUX DES SOUS-TRAITANTS

Par la C.G.G. (Compagnie générale de géophysique)

- Présence à Saint-Louis du 10 Mai au 21 Mai,
- Travail sur le fleuve du 13 au 20 Mai :
120 Km de profils ont été effectués au "Sparker" : profils en long depuis l'île de Diankel jusqu'à Keur Marsal, profils en travers aux sites de barrages.

Par SASIF (Société africaine de sondages injections, forages) :

- Au site de Diama, mise en place d'une sondeuse sur portière, exécution d'un premier sondage au milieu du fleuve, jusqu'à la cote - 30 (commencé le 20 mai, terminé le 27), déplacement de la portière pour l'exécution d'un second sondage dans le fleuve (commencé le 29 mai).
- Au site de Keur Marsal, mise en place d'une deuxième sondeuse sur portière, début du sondage le 27 mai.
- Au site de Maraye, mise en place sur la rive, d'une troisième sondeuse (début de forage le 30 mai).

Ces sondages font partie d'une première série destinée à l'étalonnage de la géophysique.

Par le Cabinet topographique Muller :

- Positionnement du bateau pendant la campagne de géophysique à partir de 64 balises posées le long du fleuve.
- Positionnement des sondages.

oOo

F.A.O.
Food and Agriculture
Organization

HYDRAULIC AND AGRICULTURAL SURVEY OF
THE SENEGAL RIVER VALLEY

D e l t a d a m d e s i g n
Contract n° SF/AFR/REG61-10/AGL

General Work programme

June 1971

SOMMAIRE

-

A - GENERAL DIAGRAM AND STUDY PHASES	1
Introduction	2
Study phases	2
Time schedule	5
B - TABLE SHOWING THE SERVICES OF PRINCIPAL ENGINEERS OF SOGREAH AND THE SUB-CONTRACTORS (table II below)	6
C - WORK CARRIED OUT DURING THE MONTH OF MAY 1971	7
Sogreah's work	8
Sub-contracted work	9

oOo

- A -

GENERAL DIAGRAM AND STUDY PHASES

-

1. INTRODUCTION

The study programme will coincide as closely as possible with the scheme given in the contract (table I).

The description given below differs only in certain points of detail which have had to be revised after starting preliminary site work during May 1971. A report of the site work is given in the third section of this report.

2. STUDY PHASES

General diagram

The study will commence with the selection of a dam construction site. Subsequently, a first preliminary design for the structures will be drawn up in the form of an interim report and submitted to the Organization for their examination.

After examination by the Organization and, bearing in mind such observations as the Organization may make, the first preliminary design will be revised for presentation in the final report together with a statement of the results so obtained.

"The first preliminary design" phase will be divided into two parts :

- . Determination of fundamental data in relation to the required aims, hydraulic and foundation conditions,
- . design and estimates for the civil engineering structures and gates to be fitted to these structures - this work to be carried out in the design office.

Selection of the dam site

In view of the relief, the design purpose of the dam and existing structures on the left bank (embanking and water intake structures) it seems that the extreme site positions are :

- . upstream : the elbow where the Senegal curves from west to south at right angles to the village of Keur Marsal ;
- . downstream : where the river narrows between Toundou Bérêt and Tound Nguinor, near the Diama village.

This stretch of the Senegal will be surveyed adopting the following methods :

- . plotting the river-bed, using an ultrasonic recorder (or echosounder) fitted on board a boat ;
- . examination of the river subsoil using a "Sparker" towed by the same boat (a "Sparker" operates on "seismic reflexion" principles, concussion being caused in the water by electric discharges) ;
- . a "seismic refraction" unit would be allowed for and its use would be justified in areas insensitive to the "Sparker" ;
- . mechanical drilling would be carried out in the mean-water bed to calibrate the geophysical measurements.

A limited number of favourable sites could be selected by combining these results with those of the earlier study, by examining relief of the river and flood plain, and by allowing for existing embankments. A more detailed geophysical survey of these sites would be undertaken and further drilling would be carried out taking non-restituted samples required for soil mechanics testing of the selected sites.

After completion of these investigations, a site will either be apparent or a choice will be made by applying economic comparison in which the cost of the dam (variable, depending upon its height and foundation conditions) and that of the embankments will be considered relevant. This comparison will be effected after a preliminary determination of the reservoir characteristics.

Determining the characteristics of the preliminary design

The maximum reservoir level will depend essentially on the water supply required for the lac de Guiers and the Aftout es Sahel (during floods) and the cultivable basins (in part by pumping from the reservoir during the low water period). The existing 1/50,000 scale map and earlier surveys will be used for this purpose. The advantages of obtaining a water reserve sufficient for irrigations requirements during the low water period could lead to the selection of various reservoir heights which would depend upon the site selected for dam construction.

An estimate of land value, cultivation methods and water requirements, to be compiled by the agricultural economist, will also play a part and will necessitate a field survey.

Determining sill level and the width of the escape will be a rather more complex operation.

The position of the river-bed, subjacent soil characteristics and scour conditions will leave but little doubt concerning the height to be set for the downstream end of the apron and the escape width required to attain a given discharge. However, sill height above the apron may, a priori, be selected from within quite wide limits. A very low sill would be economic as regards civil engineering (structure less thick and less long) during flood there would be minimal head losses but very high gates would be required. A comparatively high sill would lead to savings in gates costs but would be less advantageous from other points of view. The dimensioning of the structure, in relation to sill level and required discharge, may be effected by SOGREAH, in view of the experience acquired from numerous sill and river projects which the company has already carried out.

After the hydrological department has determined typical hydrographs for exceptional floods at the head of the valley, the mathematical model will permit rapid calculation of discharges and water curves in the downstream stretch, adopting various hypotheses on the dam position. Extreme hydraulic conditions of dam operation and setting of the lateral embankments would be obtained from the model. It is certain that a near-optimum solution could be obtained rapidly. This solution could be corrected subsequent to civil engineering design of the dam and rough quantity surveying and measurements of its embankments.

It is also possible that the principle of unfordable embankments, proof against thousand year floods, would involve exaggeratedly high expenditure in which case it would be reasonable to plan discharge spillways. The mathematical model permits flow analysis under such hypotheses.

Subsequent phases

When the fundamental data is determined (at least approximately) by the afore mentioned analysis and when additional investigation has been carried out on the selected site (relief mapping, drilling, soil mechanics) the preparation of the preliminary design will become design office work.

Special attention will be paid to the two following points :

- . Behaviour of foundations, foreseeable deformation and shifting ;
- . Design of gates best adapted to the structure and local conditions.

The preliminary design will be drawn to a 1/1000 survey of an area to be defined at the end of the first phase (choice of site).

It is possible that while this work is in progress, a certain number of exploratory drillings and additional surveys may prove to be desirable.

3. TIME SCHEDULE

Table I begins with the date of order to commence work i.e. 15th April 1971 and gives the general programme (timing of the various sections of the survey and time scheduling). The table is closely connected with the rains and flood period of the river Senegal.

The rains generally begin in July so that, after the 15th July, the passage of traffic is problematic except on the main roads. This date coincides approximately with the normal commencement of flood rise (a rise in the river level of a few decimetres is sufficient to greatly hinder movement along the river bank which is quite simple, during low water periods, when the banks form dry land at low tide). Therefore, the 15th July is the target date for completion of the 1971 site work. If necessary, checks and additional investigations could be carried out in April 1972 after the floods have abated and the ground has dried. This period is suitable from every respect as it corresponds with the moment when the Organization will have completed its examination of the interim report and is also the date for beginning the "Preliminary design modification" phase.

The critical period in the programme precedes the 15th July.

Especially, it will be necessary to form large scale exploratory drilling equipment (three rigs) and to reduce, in so far as is possible, the duration of the "Site selection" phase (which will include, as has been mentioned, predetermination of the reservoir characteristics) so that sufficient time remains before the 15th July for carrying out the relief survey of the selected site and for performing complementary drilling work.

- B -

TABLE SHOWING THE SERVICES OF PRINCIPAL ENGINEERS
OF SOGREA AND THE SUB-CONTRACTORS

(Table II below)

-

- 7 -

- C -

WORK CARRIED OUT DURING THE MONTH OF MAY 1971

-

1. SOGREAH's WORK

In Senegal

- Documentation with OERS, MAS, SAED.
- Pin-pointing the four sites satisfactory for dam construction, from the hydraulic aspect, and on which the foundation conditions may be suitable : from upstream these are :
 - at right angles to Keur Marsal (longitude $16^{\circ} 15'$),
 - at the northern tip of N'Tieng island,
 - at right angles with the southern tip of Tound Maraye (latitude $16^{\circ} 15'$),
 - 1 km upstream of the upstream tip of DIANKEL Island (Diama site).
- Approximate localisation of additional embankments which would be required if a dam were to be constructed at one of the four possible sites.
- Calculation of the surface area and volume curves of the four reservoirs above the low-water line up to level + 3.
- Preparation of an exploratory drilling programme permeability and soil mechanics tests.
- Checking the geophysical field survey work and beginning topographical and exploratory drilling work.
- Preliminary examination of the possible effects of a reservoir on the water table, these effects will be stated when the exploratory drilling and permeability measurement results are known (great attention has been paid to earlier studies, particularly to M. AUDIBERT's report).
- Examination of limitations due to navigational requirements coordination with Mr. Kammerer's survey, arrangement of dams and embankments so that ships do not suffer from cross-currents when approaching the lock during the flood season.

- . Commencement of agricultural economist's survey.

This work was carried out by Messrs :

- . Chabert, permanent site Engineer, on site since 26th April,
- . Lemoine, survey Manager, present in Senegal from 3rd May to 29th May,
- . Blanchet, Expert in river hydraulics and navigation,
- . Bazin, Hydro-geological Expert,
- . Bajard, Geologist and soil mechanic,
- . Moreau, Agricultural economist.

Work in Grenoble

- . Determination by document study of exceptional flood hydrographs at the head of the model ;
- . preparation of calculations using mathematical model, especially finalizing the extrapolation of thousand year discharges.

2. SUB-CONTRACTED WORK

Work carried by the C.G.G. (Compagnie générale de géophysique)

Present at Saint-Louis from 10th May to 21st May - Work on the river from 13th to 20th May : 120 km of sections ; were produced using the "Sparker" : longitudinal sections from the Island of Kiankel to Keur Marsal, transversal sections at the dam sites.

By SASIF (Société africaine de sondages injections, forages)

- . At the Diama site, direction of a raft-mounted drilling rig, carrying out the preliminary exploratory drilling in the middle of the river up to level - 30 (commenced 20th May, finished 27th), moving the raft so as to carry out further exploratory drilling in the river (commenced 29th May).
- . At Keur Marsal site, setting up a second raft-mounted drilling rig (drilling began 27th May).

- At the Maraye site, setting up a third drilling rig on the river bank, (drilling began 30th May).

The drilling work forms part of a first series intended for calibration of the geophysical results.

By le Cabinet Topographique Muller

- Positioning the ship during the geophysical survey by 64 markers placed along the river course.
- Positioning the exploratory drilling work.

oOo