

61. 00063

UD 00064 → 000

Bulletin n° 62

MISSION D'AMENAGEMENT DU SENEGAL

BARRAGE DE DAGANA

2- NOTE COMPLEMENTAIRE SUR LE CHOIX DE
L'EMPLACEMENT ET LES NOUVELLES
RECONNAISSANCES A EFFECTUER

1- NOTE SOMMAIRE SUR LE CHOIX D'UN EMPLA-
- CEMENT. PAR LA

JANVIER 1956

SO GE.TIM

ETUDE DU BARRAGE DE DAGANA SUR LE SENEGAL

NOTE SOMMAIRE SUR LE CHOIX D'UN EMPLACEMENT

-:-:-:-:-

I - CONSIDERATIONS GENERALES SUR LE CHOIX D'UNE IMPLANTATION

Les premières reconnaissances avaient conduit à limiter le choix de l'emplacement de l'ouvrage à la section du fleuve s'étendant sur 15 km environ à l'amont de RICHARD-TOLL, pour que les ouvrages d'alimentation du lac de GUIERS conservent des longueurs acceptables et, accessoirement, pour que les chantiers puissent profiter des avantages offerts par le voisinage des installations existantes de RICHARD-TOLL.

Dans cette section, la zone qui apparaît la plus favorable, au point de vue topographique aussi bien qu'à celui des conditions d'écoulement, est la partie rectiligne du lit de 3 km environ qui se trouve en amont des îles BAMBA et DJARAFF. Dans cet alignement, la profondeur du lit croît graduellement de l'aval vers l'amont en même temps que sa largeur se réduit. On a ainsi un échantillonnage assez complet des différentes formes du lit, qui permet de comparer techniquement et économiquement diverses solutions d'ouvrages.

A l'aval du tronçon envisagé, le lit s'élargit et se trouve encombré par des îles de formes peu stables tandis qu'en amont, le fleuve décrit une grande boucle dont le sommet est marqué par l'île de TODD. Les conditions hydrauliques et topographiques paraissent donc plus défavorables de part et d'autre du tronçon ci-dessus.

On avait néanmoins décidé de pousser la prospection géologique jusqu'au seuil de KEUR MOUR situé à 20 km environ en amont de RICHARD-TOLL, afin de rechercher si des terrains de fondation plus favorables n'étaient pas susceptibles de compenser l'allongement du canal d'alimentation du lac de GUIERS et de rendre ainsi l'emplacement de KEUR MOUR comparable économiquement aux implantations situées plus à l'aval.

II - ETUDE GEOLOGIQUE

I° - Reconnaisances effectuées.

Conditions de fondation.

Une première prospection des terrains constituant le lit du fleuve a été faite au cours de l'été 1955 :

- d'une part, entre RICHARD-TOLL et DAGANA au moyen de la Géophysique ;
- d'autre part, entre RICHARD-TOLL et KEUR MOUR au moyen de neuf sondages répartis sur différents emplacements examinés dans l'étude préliminaire de juin 1955. Un dixième sondage a été en outre exécuté à DAGANA même, à la demande du Maître de l'Oeuvre.

La prospection géophysique n'a pas donné de résultats bien concluants. Toutefois, l'emploi de la méthode sismique a permis de détecter, dans toute la partie du fleuve prospectée, une couche de terrains plus compacts que les autres et qui peut être le banc de calcaire coquillier rencontré dans différents sondages. Le toit de cette couche présumée rocheuse se situerait, d'une façon générale, aux environs de la cote - 20 (I.G.N.) et nulle part ce banc n'apparaît à une profondeur nettement moindre, sous réserve des écarts assez importants et de sens divers constatés entre les indications de la Géophysique et les résultats des sondages.

Les sondages de reconnaissance ont été exécutés : un sur le seuil de KEUR MOUR, trois sur le profil hydrographique n° 17 (P.K.149 environ), trois sur le profil n°12 (P.K.147), un dans l'île BAMBA et le dernier en face de RICHARD-TOLL. Ces différents sondages ont été complétés par des essais de pénétration et des prises d'échantillons intacts qui ont permis une étude d'ensemble des terrains constituant le fond du fleuve.

Dans la zone a priori la plus intéressante comprise entre RICHARD-TOLL et le profil 17 (P.K.149), le lit est constitué, sur une vingtaine de mètres d'épaisseur, par des alternances plus ou moins fréquentes de couches (ou de lentilles) de sable franc ou légèrement argileux et de couches de silt vaseux, qui apparaissent même imbriquées en lamelles de faible épaisseur dans certaines carottes.

Les couches à prédominance vaseuse ont une cohésion moyenne de 300 gr/cm², avec un frottement interne négligeable et une très forte compressibilité ; par contre, ces terrains sont peu perméables ($K = 10^{-8}$ cm/sec). Les couches sableuses compactes ont, au contraire, de bonnes qualités mécaniques, avec un frottement interne variant de 32 à 43° et une faible compressibilité, mais une perméabilité beaucoup plus forte que les silts ($K = 10^{-3}$ cm/sec).

La dispersion, qui paraît assez générale, des formations de sable franc dans les zones à caractéristiques essentiellement vaseuses et le caractère lenticulaire des sables confirmé par l'absence de nappes, constituent des éléments très défavorables car la portance intrinsèque du sable ne peut être utilisée. Il semble bien qu'en aucun point, et compte tenu de la profondeur minimum des fondations, la couche de sable non argileux soit suffisamment épaisse et continue pour que l'on puisse l'utiliser comme semelle de répartition.

Dans ces conditions, la portance des terrains considérés serait donc limitée par celle des couches à caractère vaseux dont la capacité de surcharge est inférieure à 1 kg/cm². De plus, le fait de limiter la surpression à une valeur compatible avec les caractéristiques mécaniques des silts vaseux ne mettrait pas pour autant les fondations des piles à l'abri des tassements par consolidation.

A titre d'exemple, on peut prévoir qu'une simple surcharge de l'ordre de 0,8 kg/cm², appliquée à 3 m de profondeur, pourrait donner lieu à un tassement relatif de 0 m,023 par mètre, se traduisant par un enfoncement de plusieurs décimètres qui s'échelonnerait sur un temps assez long pour que l'on ne puisse espérer y adapter l'ouvrage pendant les délais normaux de construction.

Si les observations ci-dessus sont exactes, on est normalement conduit à rechercher l'appui des ouvrages sur le banc de calcaire coquillier décelé par la prospection sismique et effectivement rencontré ou traversé dans quelques sondages mécaniques.

Dans le profil I7, le sondage n°3 sur 1 a été poussé assez profondément pour atteindre le calcaire à partir de la cote - 20,89 (I.G.N.), mais le rocher n'a été carotté franchement que sur une épaisseur légèrement supérieur à 2m, les couches sous-jacentes étant constituées sur 3 M environ par des sables pouvant provenir de la désagrégation du calcaire friable.

Dans le profil I2, deux sondages, les n°6 et 7, ont reconnu le calcaire entre - 22 et - 23. Le banc calcaire n'a pas été complètement traversé dans le sondage n° 6, mais l'épaisseur de rocher y était déjà de 5m. Dans le sondage n°7, le calcaire a été traversé après plus de 7m et on a trouvé au-dessous de l'argile feuilletée bariolée.

Dans les sondages n°8 et 9, situés plus à l'aval, le calcaire a été rencontré respectivement à - 27m,35 ET à 25m,80 alors que la géophysique l'avait détecté sensiblement plus haut (entre - 15 et - 20). Au sondage 8, son épaisseur est de 4m,50 et il repose sur une argile analogue à celle du sondage n°7.

En résumé, le calcaire coquillier a été rencontré dans tous les sondages effectués à l'aval de KEUR MOUR, mais le banc paraît d'une compacité très variable. Les faibles pourcentages de carottes obtenus dans certains sondages, en particulier dans les sondages n°8 et 9, tiennent probablement à la texture même du calcaire et à son degré de porosité, ainsi qu'au mode de perforation employé.

Bien qu'il soit difficile de formuler une conclusion générale en raison du nombre limité des sondages et du mauvais carottage, on peut cependant envisager favorablement la possibilité d'utiliser, notamment sur le profil I2, le banc calcaire comme semelle de répartition des charges qui lui seraient transmises par l'intermédiaire de pieux ou de puits forés.

Toutefois, la grande profondeur de ce banc et les sujétions de fondation qui en résultent amènent à considérer aussi l'emplacement de KEUR MOUR où les conditions hydrographiques seraient assez bonnes, les profondeurs d'eau ne dépassant pas 4 à 5m sous l'étiage, et où les résultats des prospections ne paraissent pas défavorables en ce qui concerne les alluvions. En effet, l'unique sondage effectué vers la rive gauche, à hauteur du seuil de KEUR MOUR, a traversé, sur une quinzaine de mètres, des sables fins mélangés parfois de gravillons de latérite, mais qui ne sont pas signalés comme argileux ou vaseux. Des débris calcaires remontés du fond du sondage pourraient annoncer la présence d'un banc rocheux que le forage n'a cependant pas atteint d'une façon nette.

On ne connaît pas les caractéristiques des sables de KEUR MOUR dont aucun échantillon n'a été soumis à des essais de laboratoire, et il est par conséquent difficile de déterminer s'il serait possible ou non d'y asseoir directement les piles du barrage. Cependant, même si les qualités mécaniques de ces matériaux se révélaient satisfaisantes, leur finesse devrait faire craindre (par analogie à ce que l'on a constaté aux abords du batardeau expérimental de RICHARD-TOLL) des érosions actives et, pour assurer la sécurité de l'ouvrage, il faudrait

nécessairement fonder les ouvrages devant être construits.

Dans ces conditions, et compte tenu également de la forte perméabilité des sables qui est de nature à compliquer sérieusement l'exécution de fouilles profondes, il est assez improbable que les économies escomptées sur les fondations d'un ouvrage à KEUR MOUR par rapport à celles sur pieux forés envisagées au profil n° 12 ou au profil n° 17 soient suffisantes pour compenser l'allongement de 13 à 14 km du canal d'alimentation du lac de GUIERS et la réduction des surfaces inondables par la retenue.

Pour compléter l'examen des emplacements amont, on peut signaler également que le sondage n° 10, exécuté à terre sur la rive gauche, près de DAGANA, a rencontré, jusqu'à 26m des éléments de calcaire beaucoup moins bien individualisés que dans les sondages de l'aval, mais que l'on peut supposer appartenir aux formations de calcaire coquilliers.

Il ne semble donc pas que la région de DAGANA corresponde, en fait, à une remontée des niveaux calcaires telle que la prospection géophysique le laissait prévoir.

2° - Conclusion des études géologiques préliminaires

En résumé, les prospections et analyses faites dans le cadre des études préliminaires n'ont pas permis de découvrir, dans le secteur reconnu du fleuve, un emplacement où les conditions de fondation des ouvrages seraient nettement plus favorables qu'aux autres implantations envisagées.

D'après les essais de laboratoire, on est nettement conduit à admettre que les sables silteux et les vases qui forment, sur d'assez grandes épaisseurs, le fond du lit du SENEGAL dans la partie aval de la zone étudiée, ne constituent pas des terrains de fondation acceptables en raison de leur faible portance et de leur compressibilité excessive par consolidation lente.

On peut également craindre que les sables fins non argileux que l'on rencontre en majorité dans les emplacements amont soient très affouillables (leur perméabilité devant accessoirement constituer une difficulté sérieuse pour les fondations profondes.).

Pour assurer la stabilité et la sécurité des ouvrages en rivière, on serait donc obligé de chercher appui sur un terrain plus résistant qui, normalement, est représenté par le banc de calcaire coquillier, détecté à la fois par la géophysique et par les forages mécaniques dans une large étendue de la zone prospectée.

D'après les connaissances actuelles, encore assez limitées, ce banc existerait avec une épaisseur et une continuité vraisemblablement suffisantes dans les emplacements aval, entre RICHARD-TOLL et le profil n° 17 (km 149), mais à des profondeurs variant de - 21 à - 27 (cotes I.G.N.).

Les techniques de fondation et, notamment, celle des pieux forés, permettant sans nul doute d'envisager la fondation d'un barrage tel que celui de DAGANA sur un terrain compact à travers 15 à 20m de formations peu cohérentes telles que les silts ou les vases de RICHARD-TOLL, à condition toutefois que les formations sous-jacentes au banc rocheux ne soient pas trop compressibles et que le rocher lui-même présente une continuité, une épaisseur et une homogénéité suffisantes.

Si l'on admet cette possibilité et si l'on cherche à comparer d'une façon plus précise les emplacements correspondant respectivement aux profils n° 12 et 17, il semble que, dans le profil n° 12, on puisse espérer rencontrer une couche supérieure de sable assez compact sur une épaisseur de l'ordre de 6 à 10m, ce qui donnerait une certaine facilité pour la construction du barrage et des batardeaux. Cette circonstance favorable n'existerait pas dans le profil n° 17, où la vase constitue, dans les sondages n° 3 et 4, la couche supérieure des alluvions. Mais il convient de considérer avec une certaine prudence les appellations globales données sur les coupes de sondages qui peuvent, ainsi qu'on l'a constaté sur des échantillons intacts, ne pas rendre compte suffisamment de la fréquence des discontinuités de nature du sol.

En définitive, au point de vue des qualités des terrains, les sondages et essais exécutés ne permettent pas d'établir une nette préférence pour l'un ou l'autre des profils n° 12 et 17. On dispose toutefois de deux sondages profonds dans le profil n° 12 et la couche de calcaire, reconnue en deux points, y paraît plus épaisse que dans l'unique sondage du profil n° 17 qui l'a traversée.

Par ailleurs, ainsi qu'on l'a signalé plus haut, l'emplacement de KEUR MOUR ne peut être exclu en raison des conditions de fondation. Bien au contraire, les sables francs qui dominent dans la constitution du lit seraient plus favorables que les formations silteuses et vaseuses de l'aval, mais des prospections complémentaires devraient être entreprises sur cet emplacement, si des considérations économiques ne conduisent pas à l'éliminer.

III - CONSTRUCTION ET PRIX DE L'OUVRAGE

Il faut également tenir compte, dans le choix d'un emplacement, des considérations concernant la construction de l'ouvrage et son coût probable. Il faut donc comparer, de ces points de vue, les avantages et les inconvénients respectifs d'un premier emplacement où le lit est profond et étroit et d'un second emplacement où le lit est plus large et présente de moindre profondeurs d'eau.

L'étude préliminaire de Juin 1955 a déjà fait ressortir assez nettement que le barrage implanté au profil n°12 en eau peu profonde serait plus économique qu'un ouvrage situé vers le profil n°17 en eau profonde, tant par les moindres sujétions de fondation des ouvrages en rivière que par la réduction de longueur du canal d'alimentation du lac de GUIERS.

Des comparaisons un peu plus précises, basées sur l'étude de fondation comportant des pieux forés descendus jusqu'au calcaire, ont été entreprises et leurs résultats seront donnés très prochainement.

En ce qui concerne les aléas d'exécution, la construction de batardeaux, ou d'une enceinte étanche englobant le barrage, se heurtera, du fait des qualités médiocres des matériaux du lit, à d'assez grandes difficultés qui s'accroîtront considérablement lorsque le niveau du fond des fouilles de l'ouvrage définitif sera plus bas. En outre, les épaissements, qui risquent de toute manière d'être importants, croîtront en dépenses et en difficultés avec la profondeur, et les risques de retard devront être pris en sérieuse considération.

Pour ce qui est de la sécurité, il semble qu'il y ait intérêt, pour diminuer les érosions que l'on peut craindre à l'aval immédiat du barrage par suite de l'accroissement des vitesses d'écoulement à travers l'ouvrage, à ce que la cote supérieure d'arase du radier soit assez voisine du niveau du fond, surtout dans le cas du profil à faible profondeur d'eau ; d'autres précautions constructives devront d'ailleurs être prises, après des essais sur modèles réduits qui porteront notamment sur les formes du radier.

Le radier sera ainsi fondé à une cote plus basse dans les solutions en eaux profondes ; les vannes auront à supporter des poussées hydrostatiques résultantes qui croîtront avec la profondeur du radier et qui se traduiront par une augmentation des dimensions et des poids des piles. Les composantes horizontales des poussées sur les vannes et les piles devront, dans le cas d'une fondation sur pieux, être

absorbées par des pieux obliques. En outre, les alternances d'efforts, lorsque le niveau variera, seront très sensibles. On n'est d'ailleurs pas sûr des qualités mécaniques et de la continuité d'épaisseur de la couche de calcaire coquillier et il paraît prudent, par suite, d'établir un barrage relativement léger et d'éviter de grosses concentrations d'efforts sur cette couche.

De plus, il faut également envisager l'hypothèse dans laquelle il sera nécessaire de placer des batardeaux amont et aval pour fermer une passe, en vue de réparer le radier. Si celui-ci est établi profondément, il faudra compter avec les sous-pressions pour la stabilité du radier et prévoir des piles capables de résister à des poussées latérales importantes.

Il faut encore observer qu'une partie du lit devra être en principe obturée par un barrage fixe. On a intérêt à ce que ce dernier ouvrage soit fondé peu profondément pour en réduire le poids, ainsi que le coût.

En définitive, bien que l'état actuel des études ne permette pas encore de mettre des chiffres précis en regard des différentes considérations développées plus haut, nous pensons que les difficultés que nous avons mises en évidence et dont certaines mettent en jeu la sécurité de l'ouvrage, seront résolues plus facilement dans le cas d'un profil peu profond que dans le cas d'un profil profond.

IV - CONCLUSIONS

Les études préliminaires ne permettent pas encore de choisir en toute certitude une implantation pour le barrage de DAGANA.

Les éléments recueillis jusqu'ici incitent cependant à prévoir une fondation sur pieux et à adopter, pour l'établissement de l'avant-projet, le profil I2 de préférence au profil I7, des comparaisons économiques actuellement en cours devant vraisemblablement confirmer notre première appréciation à ce sujet.

Cependant, pour calculer les fondations des ouvrages en rivière telles qu'elles sont envisagées, il est nécessaire de connaître :

- pour le calcaire coquillier : son épaisseur, sa continuité, ainsi que les valeurs moyennes de son module élastique et de sa résistance à la traction ;

- pour les argiles feuilletées ou les autres terrains sous-jacents au calcaire : les caractéristiques oedométriques moyennes dont on peut déduire les valeurs nécessaires à l'exécution correcte des calculs (coefficient de compressibilité, module de réaction, module de déformation).

A ce point de vue, il serait évidemment désirable que nos notions, très insuffisantes, sur les couches de fondation profondes, puissent être précisées au stade même de l'avant-projet par quelques sondages complémentaires exécutés dans le profil I2 et poussés assez profondément pour recueillir des échantillons intacts de l'argile de base sur une épaisseur au moins égale à une fois et demie la largeur de la surface chargée.

De toute façon, pour l'établissement du projet définitif, la prospection devra être beaucoup plus poussée et nécessitera au moins un sondage sous chaque pile du barrage et deux sous l'écluse.

Si les comparaisons économiques en cours, basées sur les résultats des reconnaissances initiales, ne conduisaient pas nettement à éliminer l'emplacement de KEUR MOUR, on pourrait être incité également à compléter la reconnaissance de ce profil en y effectuant quelques sondages devant préciser si les sables francs existent dans toute la largeur du fleuve et si leurs caractéristiques sont compatibles avec la fondation directe sur semelles des ouvrages.
