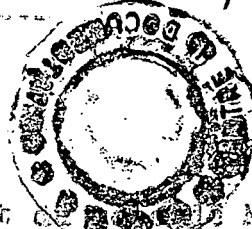


11277  
MIM

TRAVAIL DU BORD P LICE

par A. Pauplin -

- mars 1953 -



Depuis notre précédent rapport du 15 Mars 1952, les études qui ont été menées sur le barrage du Niandan nous ont conduit à réviser notre point de vue sur cet ouvrage que nous avions considéré alors comme la clef de route d'un aménagement général du Niger.

Les mesures et les observations ont fixé les limites des possibilités du barrage en matière de navigation.

En année moyenne, la retenue assure la permanence de la navigation entre Koulikoro et Ségou : jusqu'au 15 Mars en navigation semi-lourde, en navigation légère au-delà, la navigation semi-lourde reprenant vers la fin du mois de Juin ; mais, entre Ségou et Mopti, la navigation légère cesse dès le 15 Mars ; et encore ce résultat n'est-il acquis qu'au prix d'un aménagement du seuil de Nakry.

Le barrage, étant donné la faiblesse du volume de retenu, ne peut permettre une régularisation interannuelle : en année défavorable la navigation semi-lourde n'est possible que jusqu'à la fin du mois de Janvier.

L'élément de rentabilité qui justifierait la construction de l'ouvrage n'est pas la navigation mais son utilisation par l'Office du Niger en vue de la réalisation de son programme des 300.000 hectares et de l'irrigation du coton égyptien jusqu'au 15 Mars. Les moyens actuellement à la disposition de l'Office et la cadence d'avancement obtenue confirment la conclusion du précédent rapport, à savoir que le barrage du Niandan est un ouvrage certainement rentable, mais à long terme.

Cette considération fait apparaître le caractère véritable de l'ouvrage, qui est avant tout un barrage pour l'irrigation et seulement accessoirement un barrage pour la navigation. Elle montre la nécessité de repenser le problème de la navigation sur le Niger, indépendamment de l'étude de cet ouvrage.

Le problème d'ensemble de la navigation pose celui de la connaissance du fleuve. Il est irréaliste de procéder à l'étude complète d'un aménagement sans se demander si d'autres solutions ne sont pas possibles et sans essayer de les déterminer. Le barrage du Niandan constitue l'une d'entre elles, imparfaite d'ailleurs ; rien ne prouve que ce soit la plus efficace et la plus économique.

Cette étude, pour être menée à bien, nécessite que l'on dispose de renseignements suffisamment précis et abondants. Or l'étude hydrologique du fleuve jusqu'à Mopti vient seulement de s'achever ; et nous devons faire l'aveu de notre ignorance

.../...



à peu près totale en matière d'hydrographie.

C'est pour porter remède à cette situation nous avons pris nos dispositions pour créer au Soudan une mission hydrographique chargée d'effectuer le lever du fleuve. Sur ce Niger, qui a donné lieu et donne encore lieu aux desseins les plus grandioses, il est étonnant de constater la pauvreté de notre information. Aucune carte digne de ce nom n'existe, qui permette à un navigateur européen de se diriger en sûreté. Les Messageries Africaines elles-mêmes doivent s'en remettre à l'expérience de leurs pilotes africains.

Quelle que soit la forme d'aménagement qui sera retenue, la réalisation de la continuité du trafic fluvial entre Bamako et Koulikoro revêt un égal intérêt. Un récent rapport de Mr. Masclanis, Ingénieur Géologue, donne une première idée de la puissance des gisements de manganèse d'Ansongo. L'exploitation probable de ce minerai confère une importance particulière à l'aménagement de la section Bamako-Koulikoro, qui avait déjà été soulignée : l'un des modes de transport à envisager consisterait à utiliser la voie d'eau jusqu'à Kouroussa et la voie ferrée, de Kouroussa à Conakry.

Enfin, dans notre rapport du mois de Mars 1952, nous indiquions que les problèmes posés par un aménagement du Delta Intérieur se présentaient encore de façon confuse. Depuis, l'étude du bilan de la crue 1951-1952 a permis de préciser le rôle régulateur de la cuvette centrale et d'établir une première esquisse d'aménagement en aval de Mopti.

Le présent rapport portera sur les points suivants :

- 1°) Organisation de la section de l'Hydraulique fluviale du Soudan.
- 2°) Barrage du Niandan.
- 3°) Section Bamako-Koulikoro.
- 4°) Travaux préliminaires à l'étude générale d'un aménagement.
- 5°) Le Delta Intérieur.

## ORGANISATION DU SERVICE

Le Service de l'Hydraulique du Soudan est rattaché au zone Arrondissement des Travaux Publics.

Il comprend actuellement deux sections :

- une section d'hydraulique souterraine et d'aménagement de pointe d'eau.
- une section d'hydraulique fluviale.

La création d'une 3ème section, d'hydraulique agricole, a été envisagée.

La section d'hydraulique fluviale est placée sous l'autorité directe du Chef d'Arrondissement. Elle comprend deux sous-sections, chacune dirigée par un ingénieur :

- une sous-section hydrologique chargée de l'étude du régime du Niger.
- une sous-section d'études géométriques chargée de l'examen des différents problèmes que pose l'aménagement du fleuve.

La sous-section hydrologique dispose de deux brigades spécialisées :

- une brigade topographique : créée au mois de Janvier 1952, elle est composée d'un Géomètre Principal, un Chef d'équipe et deux chaîneurs ; elle exécute les travaux topographiques relatifs aux jaugeages, aux nivellements et aux levés de seuils.
- une brigade chargée de l'installation et de l'entretien des échelles limnimétriques : créée au mois d'Avril 1952, elle comprend un Chef de brigade, un forgeron et un maçon à titre permanent ; les manoeuvres sont recrutées temporairement et localement.

Enfin, une troisième sous-section, hydrographique, se trouve en cours de création. Jusqu'à ce jour, les travaux hydrographiques ont été menés par la sous-section hydrologique.

## LE BARRAGE DU NIANDAN

La construction du barrage du Niandan a été envisagée initialement en vue de son utilisation par l'Office du Niger.

Néanmoins, il convenait de déterminer dans quelle mesure l'ouvrage permettait d'améliorer les conditions de la navigation grâce au relèvement du débit d'étiage et, notamment, s'il était susceptible de créer un bief navigable permanent entre Koulikoro et Mopti.

### LA NAVIGATION

Dès le début de l'année 1952, nous avons fixé le problème précis à résoudre :

Quel est le débit nécessaire en régime permanent à Koulikoro pour assurer en chaque point de la section Koulikoro Mopti une navigation d'un type donné ?

Trois types de navigation ont été considérés :

- 1<sup>re</sup>) navigation lourde : tirant d'eau supérieur à 1,60 m.
- 2<sup>re</sup>) navigation semi-lourde : tirant d'eau compris entre 1,10 m et 1,60 m.
- 3<sup>re</sup>) navigation légère : tirant d'eau compris entre 0,70 m et 1,10 m.

A Koulikoro, le Niger émerge des rapides de Setuba et du Kanié. Il pénètre dans le bassin de Ségou où son lit prend une allure homogène, constitué d'une alternance de bouilles séparées par des bancs de sable.

On a distingué les sections suivantes :

- 1<sup>re</sup>) Koulikoro-Fanchon, Fanchon marquant sensiblement la limite du remous du barrage de Sansanding.
- 2<sup>re</sup>) Fanchon-Markala.
- 3<sup>re</sup>) Markala-Kokry, Kokry étant situé à l'extrémité du canal distributeur du même nom.
- 4<sup>re</sup>) Kokry-Mopti.

La section Fanchon-Markala bénéficie du relèvement du plan d'eau dû à la retenue du barrage de Sansanding et la navigation s'y effectue toute l'année dans de bonnes conditions.

La section Kokry-Mopti profite des déversements du canal de Kolongo et de la régularisation naturelle résultant des inondations de hautes eaux. La navigation y est conditionnée par le passage des seuils de la section précédente : un courvoi léger capable de les franchir peut arriver sans encombre à Mopti.

Ces deux sections ne présentant pas de problème particulier l'étude a porté sur les sections Koulikoro-Fanchon et Markala-Kokr.

La méthode utilisée a consisté à caractériser chacune d'elles par un seuil type, sur lequel pouvaient être précisées les conditions de navigation pour toute la section correspondante : sur la section Koulikoro-Fanchon le seuil type choisi a été celui de Segala, sur la section Markala-Kokr celui de Sama.

Abstraction a été faite du seuil de Nakry, qui a été considéré comme singulier et doit faire l'objet d'un aménagement particulier.

Trois courbes ont été dressées donnant en fonction du tirant d'eau sur le seuil :

- 1°) le débit à Koulikoro à la crue
- 2°) le débit à Koulikoro à la durée
- 3°) le débit au droit du seuil.

Les deux premières courbes ont été établies à partir des sondages effectués sur le seuil et des données de la courbe d'étalonnage de la station de Koulikoro. La troisième a été déduite de la courbe des débits instantanés.

Pour calculer le débit de régularisation nécessaire à Koulikoro en fonction d'un tirant d'eau donné sur le seuil, il a fallu évaluer les pertes entre Koulikoro et Mopti.

Ces pertes dépendent de divers facteurs :

- 1°/ les apports du bassin versant.
- 2°/ l'action des nappes souterraines, variable selon l'époque.
- 3°/ l'évaporation.
- 4°/ les prélèvements de l'Office du Niger.

En dehors des prélèvements de l'Office qui sont exactement chiffrés, seule l'évaporation peut faire l'objet d'une estimation.

Avec une moyenne de 0,5 cm par jour, on obtient entre Koulikoro et Mopti une perte de 5 à 6 %.

En établissant une certaine compensation entre les apports du bassin et les infiltrations, le débit de régularisation à Koulikoro a été déterminé en majorant le débit d'écoulement sur le seuil de  $6 \pm 1\%$ , 1 étant la distance en kilomètres séparant le seuil de Koulikoro.

Au mois de Mars 1952, les mesures qui avaient été exécutées ne fournissaient qu'un seul point de chaque courbe. Les valeurs manquantes avaient été évaluées à partir des statistiques des Messageries Africaines en comparant le tirant

.../...

desu des convois avec la date de leur passage.

De ce fait, les débits obtenus comportaient une certaine imprécision.

Au mois de Juillet 1952, une campagne de relevés et de sondage menée en période de hautes eaux, a permis d'améliorer les résultats en déterminant deux points : un point à chaque extrémité.

Les courbes ont théoriquement leur concavité tournée vers les débits croissants. Dans le doute, elles ont été assimilées à des droites : il en résulte que les débits intermédiaires sont susceptibles d'un réajustement dans le sens d'une faible diminution.

Les valeurs obtenues des débits de régularisation nécessaires à Koulikoro sont consignées dans le tableau suivant ; elles tiennent compte, pour ce qui concerne le seuil de Sama, des prélèvements actuels de l'Office, mais non des prélèvements futurs.

| Type de navigation           | Seuil de Segala       | Seuil de Sama         |
|------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Lourde<br>1,50m + 0,10m      | 920 m <sup>3</sup> /s | 915 m <sup>3</sup> /s |
| Semi-lourde<br>1,10m + 0,10m | 650 m <sup>3</sup> /s | 685 m <sup>3</sup> /s |
| Légère<br>0,70m + 0,05m      | 345 m <sup>3</sup> /s | 420 m <sup>3</sup> /s |

Ces évaluations se trouvent en discordance avec celle avancée par l'avant-projet établi par le Service d'Etudes. Outre que la l'Electricité de France et reprise par le rapport de M. l'Ingénieur Général AUBERT à l'issue de la mission effectuée en 1951 - Rappelons que ces études envisagent un débit de 450 m<sup>3</sup>/s pour assurer les besoins de la navigation lourde entre Koulikoro et Ségou.

Comme nous l'avons précédemment indiqué, ces différences peuvent s'expliquer par une confusion entre convois lourds et convois composés des mêmes éléments mais à charge réduite, les livres de navigation tenus par les escales de Koulikoro et Ségou ne comportant pas d'indications sur les chargements des chalands.

Ces débits théoriques ainsi évalués ont été vérifiés à partir des relevés des escales de Koulikoro : ils sont en conformité avec le mouvement des convois au cours de la montée des eaux de 1952. On peut considérer que de nouveaux sondages n'apporteraient que des réajustements de l'ordre de grandeur de la précision des mesures des débits, soit 5% environ.

L'élaboration d'un programme d'exploitation du barrage doit être faite en fonction des résultats précédents et des besoins à venir de l'Office du Niger.

Dans la perspective d'une extension des cultures sur 300.000 hectares, les prélèvements prévus sont les suivants :

|         |                                  |         |                        |
|---------|----------------------------------|---------|------------------------|
| Janvier | : 200 m <sup>3</sup> /s          | : Avril | : 40 m <sup>3</sup> /s |
| Février | : 200 m <sup>3</sup> /s          | : Mai   | : 40 m <sup>3</sup> /s |
| Mars    | : 200 m <sup>3</sup> /s jus-     | : Juin  | : 40 m <sup>3</sup> /s |
|         | : qu'au 15, 40 m <sup>3</sup> /s |         |                        |
|         | : s ensuite.                     |         |                        |

L'idée directrice est de satisfaire les prélèvements de l'Office et d'assurer simultanément la navigation semi-lourde entre Koulikoro et Markala et la navigation légère entre Markala et Mopti.

En année moyenne, ce programme se présente comme suit :

| Dates                | : Durée    | : Débit de               | : Volume d'apport en         |
|----------------------|------------|--------------------------|------------------------------|
|                      | : en jours | : complèment             | : millions de m <sup>3</sup> |
|                      |            | : en m <sup>3</sup> /s à |                              |
|                      |            | : Koulikoro              |                              |
| Du 23 au 31 Décembre | : 8        | : 42                     | : 29                         |
| Janvier              | : 31       | : 252                    | : 675                        |
| Février              | : 28       | : 455                    | : 1.101                      |
| Du 1er au 15 Mars    | : 15       | : 533                    | : 691                        |
| Du 15 au 31 Mars     | : 16       | : 266                    | : 368                        |
| Avril                | : 30       | : 287                    | : 744                        |
| Mai                  | : 31       | : 252                    | : 675                        |
| Juin                 | : 15       | : 135                    | : 175                        |
|                      |            | : Total                  | : 4.458                      |

On voit que la navigation semi-lourde entre Koulikoro et Markala, la navigation légère entre Markala et Mopti peuvent être maintenues jusqu'au 15 Mars.

Après cette date, la navigation légère se poursuit entre Koulikoro et Markala et assure l'évacuation des produits de l'Office du Niger ; mais elle cesse entre Markala et Mopti.

Il ressort de cette étude l'intérêt limité du barrage du Miandan en matière de navigation. A lui seul, l'ouvrage n'apporte d'amélioration que sur la section, d'ailleurs essentielle, Koulikoro-Markala. Mais il est incapable d'assurer la permanence des relations fluviales avec la région du Delta et de Mopti ; même au prix d'un aménagement du seuil de Nakry, ces relations seraient interrompues après le 15 Mars.

Ajoutons que l'on n'est plus dans l'hypothèse d'une année moyenne. En fait, étant donné la faiblesse de la retenue, le barrage ne permet pas une régularisation interannuelle. En année défavorable, entre Koulikoro et Markala, la navigation semi-lourde ne pourrait être pratiquée que jusqu'à la fin du mois de Janvier et la navigation légère que jusqu'au 15 Mars.

Aussi, ce n'est pas l'incidence sur la navigation qui légitimerait la construction de l'ouvrage, mais son utilisation par l'Office du Niger, comme on le verra plus loin.

#### SEUIL DE NAKRY

C'est entre Sigen et Ké-Dacina que l'on rencontre ce seuil, à hauteur du village de Nakry qui lui a donné son nom. A cet endroit, le Niger se sépare en trois bras, un bras principal et deux bras secondaires, de Diaro sur la rive droite et de Nakry sur la rive gauche qui ne débient qu'en moyennes et hautes eaux.

Le seuil comprend deux bancs de sable qui se réunissent par une vaste table de sable et de gravillons où coule le fleuve en basses eaux. Très étendu près de 1'400m il est parcouru par un fort courant transversal.

Les conditions de navigation y sont très défavorables. Les débits de régularisation nécessaires à Koulikoro pour assurer les différentes navigations sur le seuil seraient les suivants :

|                        |   |                         |
|------------------------|---|-------------------------|
| Navigation lourde      | : | 1285 m <sup>3</sup> /s. |
| Navigation semi-lourde | : | 960 m <sup>3</sup> /s.  |
| Navigation légère      | : | 640 m <sup>3</sup> /s.  |

Il était irréaliste de conditionner la navigation entre Markala et Koulikoro d'après les seuls caractères du seuil de Nakry et nous avons estimé qu'il devait faire l'objet d'un aménagement particulier.

Deux solutions se présentaient :

- 1°) contourner le seuil par le canal de Macina aménagé en vue de la navigation.
- 2°) améliorer le chenal par un aménagement à courant libre.

La première solution a été étudiée de façon complète par la sous-section d'Etudes Générales et a donné lieu à la rédaction d'une note détaillée, annexée au présent rapport.

Elle consiste à emprunter le canal adducteur celui de Macina et le marigot de Boky-Wéré jusqu'au déversoir de Kolongô. A partir de cet ouvrage, quatre variantes d'accès au Niger ont été examinées. La variante choisie en raison de son prix de revient présente l'avantage de desservir Kolongotomo qui est un centre important de la zone d'action de l'Office du Niger.

Elle se compose d'un tronçon de canal latéral, d'une longueur de 3.850 Km; comprenant les dispositifs suivants :

- une traversée en tuse ou autrement du thalweg latéral au fleuve, en vue d'assurer localement l'assèchement et la protection des remblais du canal.
- une porte de garde située au débouché, avec musoirs munis de roimères pour batardeau.
- éventuellement, un aménagement du chenal de débouché dans le fleuve.
- un balisage d'entrées avec feux de signalisation.
- un dispositif de franchissement de la digue marginale au moyen d'un bac.

Deux écluses, l'une au point A, l'autre à Kolongotomo, assurent le passage des convois d'un bief à l'autre, ainsi que le maintien du plan d'eau nécessaire aux irrigations.

La solution d'aménagement du canal de Macina assure un chenal permanent, à l'abri d'éventuelles modifications et résout une fois pour toute le problème de la navigation sur la section Markala-Kohry.

Du point de vue économique, elle permet de desservir des régions de future production de l'Office du Niger; mais elle comporte l'inconvénient de laisser en dehors du trafic fluvial, le centre de Digue qui constitue l'un des marchés les plus importants du Soudan et le deuxième marché du poisson du territoire.

Mais ce qui rend cette solution vraiment prohibitive, c'est son coût de revient de l'ordre de 600 millions au minimum. C'est à cette conclusion d'ailleurs que nous avons aboutie au mois de Mars 1952, après un examen sommaire, que l'étude achevée vient de confirmer.

En regard nous pensons qu'il est préférable d'accepter les aléas d'un aménagement à courant libre.

Cette seconde solution n'a pas encore été étudiée de façon approfondie. Néanmoins la simple observation a permis d'ores et déjà d'établir un schéma d'aménagement. Il semble bien en effet que le caractère exceptionnel du seuil provienne de la forme même du fleuve qui se sépare en 3 bras. En période de moyenne et hautes eaux, le bras de Nakry écoule une partie importante du débit et empêche le creusement naturel du chenal dans le lit principal. L'idée serait alors d'établir une digue insubmersible, barrant l'entrée du bras de Nakry et rétablissant l'écoulement complet dans le bras principal.

Dès la prochaine période des basses eaux, la brigade topographique procédera au lever topographique précis du seuil, qui sera complété par un lever aérien à grande échelle. Des mesures de débit seront effectuées en moyennes et hautes eaux dans le bras de Nakry.

Ajoutons, enfin, qu'en dehors du problème de la régularisation du fleuve, un aménagement local du seuil de Nakry améliorerait sensiblement les conditions de navigation entre Markala et Kokry et présente, de ce fait, un intérêt immédiat.

#### L'AMENAGEMENT DU MOYEN NIGER

Le problème a d'abord été examiné dans le cadre du barrage du Niandan. L'étude précédente montre que cette position n'était pas fondée. Certes, l'ouvrage permet de mettre en valeur des superficies importantes, mais il n'améliore pas comme il serait souhaitable les conditions de navigation. Nous considérons que le barrage du Niandan ne constitue qu'une variante de l'aménagement et que le problème doit être repensé dans son ensemble.

A cet égard, le rapport de Mr. L'Inspecteur Général AUBERT apporte d'utiles indications.

Mr. AUBERT examine la mise en oeuvre des trois procédés classiques :

- aménagement à courant libre.
- canalisation au moyen de barrages mobiles.
- régularisation du débit.

Un aménagement à courant libre comporte des aléas ; c'est une solution coûteuse, dont on n'est jamais sûr qu'elle soit efficace. D'autre part, en admettant même que l'on obtienne le mouillage désiré

.../...

la présence d'épis en enrochements représente un obstacle pour les bateaux.

Quant à la régularisation du débit par un barrage construit en amont, elle a fait l'objet d'une étude complète qui a permis d'en déterminer les principales incidences.

Il reste la seconde solution qui apparaît, a priori, comme fort intéressante.

M. Aubert estime que deux barrages analogues à celui de Sansanding suffiraient pour assurer la navigation sur le Moyen Niger et ajoute que ce nombre pourrait être réduit de deux à un, à condition de relever les rives du fleuve. Mais, il n'est pas exclu que cette disposition complémentaire soit inutile et même ne soit pas fâcheuse. Beaucoup de terres du Soudan sont cultivées à la dérive lorsque les eaux se retirent ; il semble qu'il y ait intérêt à étendre les zones d'inondation grâce à l'action des barrages et à augmenter ainsi les superficies mises en valeur.

Les études qui seront entreprises permettront de préciser ces différents points et d'apprécier la rentabilité de cette solution.

#### RENTABILITE DU BARRAGE DU NIANDAN.-

Cette question avait été examinée dans notre rapport du mois de Mars 1952.

Les incidences sur la navigation, le stockage, la pêche et les cultures du Haut Niger et du Delta, difficilement chiffrables, apparaissent comme secondaires en regard de l'objet même du barrage, qui est de permettre l'irrigation de surfaces importantes par l'Office du Niger.

Cet organisme a préparé un programme d'extension des cultures sur 300.000 hectares dont 230.000 hectares de terres à coton et 70.000 hectares de terres à riz.

La retenue constituée par le barrage permettrait, non seulement de mettre en valeur ces superficies, mais de prolonger les irrigations du coton égyptien jusqu'au 15 Mars. Il en résulterait une augmentation de la production de 100 Kg de coton brut à l'hectare au minimum, soit pour les 100.000 hectares de coton égyptien, une augmentation totale de l'ordre de 10.000 tonnes. Si l'on estime que le coton égyptien vaut environ 25% de plus que le coton américain, le bénéfice retiré serait de l'ordre de deux milliards de francs CFA. Il rentabilise largement la construction du barrage dont le coût actuel ne doit pas dépasser dix milliards.

Mais ce résultat ne doit pas faire illusion. Il convient également de tenir compte de la cadence d'avancement de l'Office et du délai nécessaire à l'exécution du programme.

Les surfaces aménagées en 1952 atteignent 26.000 hectares dont 20.000 seulement sont cultivées. Les moyens matériels de l'Office le mettraient en mesure d'aménager 5.000 hectares seulement par an, si les crédits mis à la disposition étaient suffisants. Ces considérations confirment la conclusion de notre précédent rapport, à savoir que le barrage du Niandan est certainement rentable, mais à long terme.

En tout état de cause, sa construction ne saurait être raisonnablement envisagée dans un proche avenir et sans une extension des surfaces de l'Office Niger.

43

## TRAVAUX PRELIMINAIRES

---

L'étude d'un aménagement de fleuve doit s'appuyer sur la connaissance précise du régime et des formes du lit. D'autant, si l'aménagement envisagé est général et tend à tirer parti de toutes les ressources du fleuve, comme c'est le cas pour le Niger. Sans doute, sur des renseignements fragmentaires, il est permis, et dans une certaine mesure souhaitable, d'établir des esquisses et d'avancer certaines idées, mais on ne doit pas se dissimuler le caractère précaire de telles conceptions. Un avant-projet, même sommaire, doit se fonder sur de solides données expérimentales.

D'autre part, il y a lieu de souligner le danger que présente l'insuffisance des connaissances, qui risque de faire échapper des solutions intéressantes. Sauf exception, un aménagement comporte différentes variantes qu'il convient d'étudier et de comparer avant de faire son choix.

C'est en fonction de ces considérations que nous avons porté, au cours de l'année 1952, un effort particulier sur la sous-section hydrologique et que nous avons pris nos dispositions pour créer une sous-section hydrographique. Ce sont les travaux, menés sur le terrain de ces deux sous-sections qui permettront de réunir les éléments de base d'une étude complète du fleuve. D'ores et déjà, les résultats obtenus par la sous-section hydrologique ont conduit à rectifier certaines évaluations, à déterminer les conditions de navigation entre Koulikoro et Mopti et à suggérer le principe d'une mise en valeur du Delta intérieur.

### TRAVAUX HYDROLOGIQUES

En 1951, il n'existait qu'une seule station étalonnée sur le Niger, celle de Koulikoro.

En 1949, un certain nombre d'échelles avaient été établies par le Service des Travaux Publics, à Douna, Sofara, Tilembeya, Ké-Macina. Mais ces échelles, insuffisamment robustes, ont été détruites par les crues.

En 1951, un important programme de restauration et d'installation d'échelles nouvelles a été amorcé, qui s'est poursuivi en 1952 avec les moyens accrus d'une brigade spécialisée.

Les échelles suivantes ont été soit construites soit reconstruites : Douna, Sofara, Ké-Macina, Tilembeya, Kara-Diakara.

Des mesures de débits ont permis d'étalonner les stations de Mopti, Douna, Sofara, Ké-Macina et Tamani. Deux mesures ont été effectuées à Diré.

.../...

Parmi les stations du Soudan, seules les stations de Koulikoro et de Mopti faisaient l'objet d'observations de la part des Messageries Africaines en raison de leur intérêt pour la navigation.

Parallèlement aux travaux de construction ou de restauration d'échelles et à ceux de mesure des débits, il a été procédé à l'organisation des relevés quotidiens des niveaux. Actuellement, toutes les stations limnimétriques du Niger disposent d'un lecteur de niveaux et les transmissions des relevés se font régulièrement tous les mois.

A Bamako, le Service assure la centralisation et l'exploitation des renseignements. A chaque station, correspond un dossier où l'on trouve toutes les indications relatives à la station : son implantation, ses caractéristiques, les relevés mensuels, éventuellement, le tableau de correspondance hauteurs-débits et la courbe d'étalonnage.

En 1953, l'effort se continuera par l'installation au cours de la période d'étiage, des stations de Gouinc-Bharous, Tossaye, Niafunké (restauration complète), Kegnierébe, Gouala (Sankarani), Dioïla (Baoulé) Sama, Sotuba, par des mesures de débits à Diré, Tossaye, Gouala et Dioïla.

L'équipement des branches supérieures du Niger avait été prévu ; mais, ces stations sont en cours d'installation par les soins de la mission E.D.F. du Niandan.

#### CREATION D'UNE MISSION HYDROGRAPHIQUE

Au mois de Mars 1952, nous avons engagé la procédure de recrutement d'un Ingénieur hydrographe qui doit incessamment arriver à Bamako. Mais, dès cette date, un certain nombre de mesures ont été prises pour préparer le travail et l'équipement matériel de la future sous-section.

Du matériel topographique Wild de précision a été commandé : un théodolite T2, un niveau N3 et les accessoires de visées astronomiques.

Un chaland aménagé en base habitable a été construit par les Messageries Africaines. Il comprend une salle de travail, un magasin, un compartiment toilettes. Une roulotte de camping livrée au début de 1952 et inutilisable sur route, sera installée sur le chaland et servira de logement. L'achat d'une vedette a été envisagé, qui sera utilisée pour effectuer le travail sur place et remorquer le chaland.

Un lever hydrographique exige la connaissance d'un certain nombre de points précis le long du fleuve. Un nivellement avait été exécuté en son temps par l'Office du Niger, mais les bornes ont, soit disparu, soit été déplacées.

.../...

Depuis le début de l'année 1953, la section topographique du service a entrepris un important programme de nivellements qui comprend :

1°/ une grande maille Ségou-Markala-Tilembeya Mopti par la rive gauche du fleuve avec traversée du Diaka à Kara et du Niger à Nantaka ; ce nivellement, actuellement en cours de réalisation, sera rattaché au nivellement général du Service Géographique (Niamey-Mopti-Douna-Ségou-Bamako).

2°/ un nivellement Koulikoro-Gouni-Tamani-Konodimini.

L'exécution de ce programme s'achèvera vers le mois de Juin 1953, il assurera à la sous-section hydrographique les éléments de base d'un lever du fleuve entre Bamako et Mopti.

## AMENAGEMENT DE LA SECTION

### BAMAKO - KOULIKORO

Entre Bamako et Koulikoro, la navigation se trouve interrompue par la présence des deux séries de rapides de Sotuba et du Kénie.

Le problème consiste à étudier la suppression de cette discontinuité par un aménagement du fleuve.

#### INTERET DE L'OPERATION

Dans notre rapport du mois de Mars 1952, nous avons fait la comparaison des prix de revient d'une tonne de marchandises transportées à Koulikoro sur les deux parcours suivants :

- Dakar-Koulikoro par Chemin de fer
- Conakry -Kouroussa par chemin de fer, Kouroussa Koulikoro par le fleuve.

Nous avons trouvé une différence de l'ordre de 3.000 francs au profit du second parcours.

Le trafic actuel susceptible d'être détourné par Conakry ne dépasse pas 45.000 Tonnes ; environ 30.000 Tonnes à l'importation (hydrocarbures, ciment, produits manufacturés, produits alimentaires) et 15.000 tonnes à l'exportation (arachides, karité, coton, gomme, kapock, peaux etc...).

Un aménagement du Niger entre Bamako et Koulikoro permettrait une économie d'environ 135 millions de francs par an, ce qui rentabilise, au taux de 8%, un capital de l'ordre de 1.700 millions. Si l'on admet, d'après les premières études une dépense totale de l'ordre de deux milliards, on constate que l'opération se trouve à la limite de la rentabilité.

Ces considérations ne légitiment pas, bien entendu, une exécution immédiate, mais elles montrent que, même dans les conditions actuelles, l'examen du problème n'est pas déraisonnable et ne relève pas de l'utopie pure et simple.

Par contre, la liaison fluviale entre les deux biefs en amont de Bamako et en aval de Koulikoro pourrait revêtir une importance particulière dans l'éventualité d'un développement minier du Soudan, et notamment d'une exploitation du minerai de manganèse d'Ansongo.

Un récent rapport de Mr. Masclanis, Ingénieur Géologue, apporte d'intéressants renseignements sur cette question.

Le gisement affecte 3 séries principales de collines en bordure du fleuve, à une trentaine de kilomètres au Sud-Est d'Ansongo : collines d'Agaula, de Tondibi et de Tikanasité, d'une altitude variant entre 10 et 70m.

.../...

Le minerai est constitué par des oxydes de manganèse, se présentant sous des formes diverses : minerai massif dans l'axe des collines et minerai vacuolaire, tous deux très riches, minerai terreux et minerai durquatziqne, plus pauvres. .

En admettant une extension du gisement sur une profondeur moyenne de 10m, la réserve serait de l'ordre de 10 millions de tonnes.

Le problème qui se pose pour l'exploitation est celui du transport : il s'agirait d'évacuer un tonnage annuel d'environ 200.000 tonnes.

Quatre solutions ont été envisagées :

1°/ - Ansongo-Koulikoro par le fleuve, Koulikoro-Dakar par Chemin de fer.

2°/ - Ansongo-Gaya par le fleuve, Gaya-Parakou par la route, Parakou-Cotonou par chemin de fer.

3°/ - Ansongo-Ouagadougou-Abidjan par chemin de fer.

4°/ - Ansongo-Tessalit-Colomb Bechar par la Méditerranée-Niger.

Il convient, à notre sens, d'en ajouter une cinquième : Ansongo-Kouroussa par le fleuve, Kouroussa-Conakry par chemin de fer.

Les éléments nous font actuellement défaut pour procéder à une comparaison valable entre ces différentes solutions. Néanmoins, on peut affirmer d'ores et déjà que la dernière solution, dans l'hypothèse d'un trafic de 200.000 tonnes, serait plus économique que la première qui consiste à emprunter le Dakar-Niger.

Une objection cependant a été soulevée : les difficultés de tracé et notamment de pente du chemin de fer Guinée-Conakry constitueraient un obstacle majeur et un accroissement notable du trafic. Cette opinion ne semble pas partagée par le Directeur du Conakry-Niger, que nous avons eu l'occasion de rencontrer, et qui estime, qu'avec l'équipement envisagé en automotrices Diesel-électriques, cette ligne pourrait facilement absorber un supplément de 200.000 tonnes par an.

Nous attendons des informations complémentaires à ce sujet ; mais, dès maintenant, nous estimons que l'étude - nous ne disons pas la réalisation - de l'aménagement de la section Bamako-Koulikoro est complètement justifiée en raison de son intérêt éventuel pour le développement économique du Territoire.

.../...

## HISTORIQUE DES ETUDES

Les premières études ont été menées au début de 1952 par les soins des Travaux Publics du Soudan. Elles ont abouti aux choix d'une solution parmi trois variantes envisagées et à l'établissement d'un devis estimatif sommaire.

Les fortes dénivellations auxquelles donne lieu la section Bamako-Koulikoro suggèrent, par ailleurs, un aménagement hydroélectrique. Un avant-projet avait été élaboré par l'Electricité de France pour l'installation d'une usine aux chutes du Kénis.

A la suite d'une visite à Bamako de Mr. RODIER, Ingénieur en Chef de l'E.D.F., il est apparu avantageux de lier les deux objectifs : navigation et production d'énergie et de procéder à l'élaboration d'un seul et même projet synthétique.

Par lettre n°II5I TP/A2-H. du 29 Mars 1952 adressée à la Direction Générale des Travaux Publics, le Soudan demandait que les études soient confiées à l'E.D.F. qui disposait sur place d'une mission. A cet effet, un avenant à la convention du 21 Décembre 1951 conclue entre la Fédération et l'E.D.F. devait être passé.

Mais afin de ne pas perdre le bénéfice d'une saison d'été, la Mission d'Etudes a commencé ses travaux avant la signature de l'avenant, sur la base de la lettre-programme n°I.528 TP/2A-H. du 3 Mai 1952.

Cette lettre limitait la compétence de la mission à l'étude de la section Bamako-Koulikoro et à un rôle strictement technique.

Elle indiquait les différentes étapes à suivre :

1°/Reconnaissance des solutions techniquement possibles et détermination de la solution économique.

2°/Établissement d'un avant-projet comportant un devis estimatif détaillé et précis.

3°/Établissement du projet d'exécution.

Elle proposait que l'avenant reconnaisse aux Travaux Publics du Soudan un rôle plus actif que ne le faisait la convention, justifié par les études auxquelles ils avaient procédé, et qu'ils aient qualité pour demander à la Mission toutes explications et précisions qu'ils jugeraient utiles.

Cette lettre-programme a été complétée par la lettre n°3.222 TP/2A-H. du 31 Juillet 1952 qui, répondant à une lettre de l'Ingénieur en Chef de la Mission, fournissait certains renseignements techniques sur les caractéristiques du chenal et du matériel flottant. En particulier, il était défini un convoi-type constitué de deux chalands accolés, chargés à 150 T, calant 1,50m. et poussés par un remorqueur de 200 CV.

.../...

L'établissement de l'avenant lui-même a donné lieu à un échange de correspondance entre la Direction Générale des Travaux Publics et le Soudan d'une part, entre la Direction Générale des Travaux Publics et l'E.D.F. d'autre part; à notre connaissance, cet avenant n'est pas encore signé.

### LES RESULTATS

Entre Bamako et Koulikoro, sur une longueur de 68 Km, le Niger présente une pente moyenne de 36 cm.

Les premiers rapides, ceux de Sotuba, prennent naissance à la prise d'eau des Aigrettes et se prolongent sur 13,5 Km. Ils aboutissent par un chenal rocheux et étroit, à un bief intermédiaire calme, d'une longueur d'une douzaine de kilomètres, où le lit s'élargissant jusqu'à 1.500m s'encombre à l'attiage d'îles et de bancs de sable.

Faisant suite à ce bief, les rapides du Kénis commencent avec l'île des Pêcheurs, un peu en aval de l'ancien village de Tiama.

En période de crue, ils parviennent jusqu'à Manambougou en attiage, ils empruntent un étroit chenal rocheux, s'épaissent dans un bief calme jusqu'à Manambougou et réapparaissent à Toulindio au Nord de l'île Caron.

Le chenal de Niakélé, au sud de cette île, ne coule plus en basses eaux.

Différentes solutions d'aménagement sont possibles ; celles d'entre elles qui méritent d'être retenues, prévoient le franchissement des rapides de Sotuba par un canal latéral et l'utilisation du bief intermédiaire. Au-delà, le passage des rapides est susceptible de quatre variantes :

1°) canal latéral jusqu'au chenal de Niakélé.

2°) Canal aménagé sur la rive droite entre la berge et une digue prenant appui sur des îles, suivi d'un canal latéral jusqu'au chenal de Niakélé.

3°) Barrage construit sur les deux bras délimitant l'île Caron et comprenant une écluse implantée sur le chenal de Niakélé.

Les trois solutions comprennent la construction d'une usine hydroélectrique au Kénis et l'utilisation du canal d'aménagement pour la navigation.

4°) Barrage unique implanté à l'aval des rapides et assurant un relèvement général de plan d'eau?

La comparaison économique entre ces 4 solutions n'a pas encore été effectuée. Cependant, il y a lieu de remarquer :

.../...

1°) que la solution n°3 présente sur les deux premiers l'avantage de ne prévoir aucun canal et de permettre une exploitation à moindres frais.

2°) que la solution n°4 comporte la construction d'un ouvrage important, mais ne nécessite que l'installation d'un seul chantier.

D'ores et déjà, il apparaît que l'intérêt va se concentrer autour de ces deux dernières variantes. Bien entendu, cette conclusion n'a d'autre valeur qu'une simple indication ; il faut attendre les études précises de l'Electricité de France, actuellement en cours, pour déterminer la solution optimale, qui peut être entièrement différente.

## LE DELTA INTERIEUR

La région lacustre représente les vestiges d'une mer intérieure dans laquelle se jetait autrefois le Niger.

D'après Mr. Urvoy, dans un premier temps se serait formé le bassin de Ségou limité par le plateau Mandingue au Sud, par le Massif Sarakolè et l'Erg du Ouagadou à l'Ouest, par les collines de Goundam au Nord. Dans un second temps, le fleuve aurait ouvert une brèche dans les grès de Tondifarma qui raccordent le massif de Goundam aux monts Goundourou et au plateau Dagon et envahi le bassin de Tombouctou, entre le Gourma au Sud et les sables de l'Azouad au Nord. Le seuil de Tossaye aurait constitué primitivement un déversoir pour le bassin occidental ; les eaux, usant les roches, auraient agrandi la trouée et donner issue au fleuve sur une vallée affluente du Tilemsi.

Le delta proprement dit commence dès Ké-Macina avec les premiers déversements latéraux du Niger. C'est une région de relief insensible, recouverte de dépôts argileux et argilo-sableux, pénétrée par les dunes au Nord. Le fleuve y dessine un réseau compliqué qui alimente de nombreuses dépressions formant des mares et des lacs.

Grosso modo, la zone lacustre joue le rôle d'un réservoir régulateur, se remplissant à la crue et se vidant à la décrue. En réalité, s'il en est bien ainsi pour les mares et lacs en bordure du lit mineur, les lacs éloignés, comme celui de Faguibine, ne peuvent jouer qu'un rôle d'écêtement. En raison de la topographie de la région le lac Faguibine se trouve à un niveau inférieur à celui du Niger : au moment de la montée des eaux, à partir d'un certain seuil, les eaux circulent en sens unique du fleuve vers le lac ; il n'y a aucune restitution à la décrue qui est uniquement due aux pertes par infiltration et par évaporation.

Notre précédent rapport abordait l'étude du Delta. Nous indiquions que nos idées à ce sujet étaient encore imprécises et que notre intention était de comparer les courbes de débits en fonction du temps à Mopti et à Tombouctou.

A la suite du manque de personnel qualifié, la station de Tombouctou n'a pu être établie et nous avons dû faire la comparaison entre les courbes de Mopti et de Diré.

Le problème posé à l'origine était purement hydrologique : il s'agissait d'évaluer les pertes dans le Delta au cours d'un cycle hydraulique et le volume maximum emmagasiné dans la cuvette.

La méthode graphique utilisée est exposée dans le détail dans une note annexée au présent rapport.

.../...

Appliquée à différentes années depuis 1943, elle donne les résultats suivants :

| Années    | Volume maximum accumulé en milliards de m <sup>3</sup> | Pertes en milliards de m <sup>3</sup> |
|-----------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 1943-1944 | 10,6                                                   | 10,1                                  |
| 1944-1945 | 10,0                                                   | 8,6                                   |
| 1945-1946 | 13,6                                                   | 12,5                                  |
| 1947-1948 | 10,7                                                   | 10,4                                  |
| 1949-1950 | 13,4                                                   | 12,5                                  |
| 1950-1951 | 14,9                                                   | 12,1                                  |
| 1951-1952 | 17,7                                                   | 21,4                                  |

Ces évaluations ne tiennent pas compte des prélèvements des lacs Telé, Faguibine, Gouber et Komangui, qui viennent s'ajouter aux pertes ci-dessus.

Cette étude, quoique comportant un certain caractère approximatif, précise néanmoins le rôle régulateur de la cuvette et permet de dégager certaines idées sur des problèmes aussi importants que ceux de la régularisation du fleuve en aval de Kabara, de l'aménagement de la région lacustre et de l'hydrogéologie des régions sahariennes.

En matière de navigation, le fait saillant c'est que le volume maximum emmagasiné par la cuvette est sensiblement égal au volume nécessaire pour assurer une régularisation complète du Niger à la sortie du Delta. Au cours de la crue 1945-1946, légèrement déficitaire, le volume emmagasiné permettrait une régularisation à 860 m<sup>3</sup>/s ; le débit estimé pour la navigation lourde serait compris entre 850 m<sup>3</sup>/s et 875 m<sup>3</sup>/s.

Ces résultats suggèrent la construction d'un barrage à la sortie du Delta, qui aurait pour objet d'asservir la réserve ainsi accumulée.

Un pareil ouvrage résoudrait le problème de la navigation, non seulement à l'aval de Kabara, mais également dans la cuvette centrale. Des difficultés pourraient en effet surgir dans le Delta au moment où la réserve serait minima, c'est-à-dire aux mois de Juillet et d'Août ; or, c'est à cette époque précisément que les débits d'amont à Kopti commencent à devenir suffisants pour assurer la continuité de la navigation.

.../...

II est prématuré d'avancer avec certitude quelles seraient les conséquences économiques du barrage sur la région lacustre, notamment en ce qui concerne l'agriculture. Néanmoins, il est toujours intéressant d'essayer de s'en faire une idée préalable.

En supposant la cote de retenue fixée à la cote 8m de l'échelle de Dira, le volume emmagasiné serait de l'ordre de 15 milliards de m<sup>3</sup>. Le niveau des plus hautes eaux serait relevé de 2m et certaines villes, présentant quelque importance, comme Dira, devraient être réaménagées. En revanche, il est possible que les hauteurs minima dans le Delta soient assez faibles pour découvrir des superficies plus grandes à la baisse des eaux. Auquel cas, le barrage aurait pour conséquence une mise en valeur de nouvelles terres par une extension des cultures de décrue et du riz flottant.

Bien entendu, cette hypothèse reste à vérifier.

Ajoutons enfin que l'ouvrage permettrait d'exercer un certain contrôle des montées d'eau trop rapides et de diminuer l'un des aléas cultureux de la végétation à ses débuts.

Certes, il s'agit ici d'une étude préliminaire et nous n'en sommes encore qu'au stade de l'esquisse. Cependant on peut penser qu'il y a là, peut être, une solution simple et élégante au problème de l'aménagement du Delta intérieur et à celui de la navigation.

Nos conclusions, si risquées et précaires qu'elles puissent paraître, n'en sont pas moins utiles, sinon indispensables, pour donner une orientation valable à nos prochains travaux.

Cette étude hydrologique comporte un second résultat remarquable qui intéresse au premier chef l'hydrogéologie du Sahara : c'est l'importance des pertes qui sont du même ordre de grandeur que le volume emmagasiné.

Nous ne disposons pas de données certaines pour estimer l'évaporation dans le Delta; mais, il est difficile de lui imputer les quelques 20 milliards de m<sup>3</sup> de pertes de la crue de 1951-1952. Il semble bien qu'il faille chercher une explication dans ces infiltrations profondes, alimentant des nappes souterraines s'étendant au nord de la boucle, sous les régions sahariennes.

Nous avons eu l'occasion de nous entretenir de cette question avec Mr. ARCHAMBAULT ingénieur géologue, avant sa dernière mission. Nous ne possédons pas encore les données de son rapport, mais d'après les renseignements recueillis, l'eau prélevée dans les puits aurait une composition analogue à celle du Niger; l'hypothèse d'une alimentation des nappes sahariennes par le fleuve se trouverait ainsi renforcée.

.../...

Avant de clore ce chapitre, il convient de souligner que les résultats ci-dessus n'ont pu être obtenus que grâce aux travaux hydrologiques accomplis dans le Delta, notamment à Kara-Diakara et à Diré. Cette constatation confirme ce que nous indiquions précédemment, à savoir la nécessité de renseignements de base abondants et précis et l'importance, à cet égard, des travaux hydrologiques et hydrographiques.

Le présent rapport fait le bilan d'un an d'activité de la section de l'Instruction Militaire. Les résultats obtenus, qui sont dans les grandes lignes, l'indiquent, sont comparables au niveau de la section. Les résultats sont modestes, en comparaison absolue avec les problèmes traités. Toutefois, nous constatons que les instructeurs de la section ont travaillé en permanence sur le sujet et que leur effort s'est poursuivi au milieu des difficultés matérielles d'un service en cours de création.

Il reste donc encore beaucoup à faire, comme celui de la section, qui est peut-être l'un des plus beaux et des plus grands problèmes militaires qui se posent aux hommes, par leur des moyens autres et plus nombreux que ceux dont nous disposons.

Nous concluons de la même façon au lieu de dire que la section de l'Instruction Militaire, non seulement est ratée, mais encore est devenue un problème qualifié.

Un tel bilan est une nécessité pour évaluer les progrès réalisés, les besoins et les temps d'attente, ainsi que par les équipes militaires de l'armée complète de l'armée et de la zone la plus.

Paris, le 20 Mars 1953

Le Chef d'Instruction des F.F.O.  
Général de l'Armée Française

A. L. L. L. L.