

RAPPORT DE SYNTHÈSE
POUR UN
DÉVELOPPEMENT INTÉGRÉ DU BASSIN DU NIGER
DANS LA
RÉPUBLIQUE DU MALI

PARIS, MARS 1965

Par convention n° 156 du 24 septembre 1963, le Gouvernement de la République du Mali a confié à Electricité de France (EDF) l'établissement d'un rapport présentant une synthèse des connaissances accumulées à ce jour, en vue de la mise au point d'un plan général d'aménagement du Niger.

Pour ce faire, EDF a sélectionné les études qui lui paraissaient devoir être retenues, tant à cause de la compétence que de l'expérience de leurs auteurs. Ces études concernant la géographie, les problèmes socio-économiques, la topographie, l'hydrologie, la régularisation du débit du fleuve, la navigation, les transports, la région lacustre, les aménagements hydroagricoles ou hydroélectriques, la pêche et l'élevage, etc ... ont été réunies sous un classement provisoire qui figure en annexe au compte rendu de la mission effectuée au Mali par MM. JAMME et CAMUS en septembre 1963.

Chacun des documents primitivement sélectionnés a fait ensuite l'objet, en bureau d'études à Paris, d'une analyse très attentive, laquelle a permis d'éliminer certains d'entre eux parce que dépassés ou hors du sujet de la mission, puis de réunir les autres en un classement chronologique à l'intérieur de chacun des dix paragraphes subdivisant la documentation retenue.

. . .

Le rapport proprement dit, établi à partir de cette importante documentation et après les contacts pris sur place avec les autorités maliennes, traite successivement du régime naturel du fleuve et des possibilités de régularisation de ses débits, de l'équipement hydroélectrique, des voies de communication tant navigables que routières ou ferroviaires, des aménagements hydroagricoles. Un dernier chapitre est consacré au barrage projeté à

Sélingué sur le Sankarani. Les généralités telles que les études socio-économiques, la géographie, la démographie ... n'ont pas été traitées à part dans le rapport, elles sont intégrées dans ses différents chapitres, de même tout ce qui concerne la pêche ou l'élevage.

La bibliographie, constituant un inventaire des connaissances sérieuses acquises sur le Niger depuis un demi-siècle, figure à la fin du rapport. Parmi les documents ainsi retenus, certains qui méritent une attention spéciale sont rappelés en tête de chapitre.

Placés hors texte, les quatre documents suivants sont destinés à faciliter la lecture du rapport :

- . en annexe I, une carte à l'échelle du 1/3 000 000 de la République du Mali portant les noms de villes, de rivières, de zones bénéficiant d'aménagements hydroagricoles, noms cités au long de l'étude (des cartes régionales, plus détaillées, sont incluses dans certains chapitres) ;
- . en annexe II, une carte hydrologique du bassin du Niger comportant, notamment, le tracé des isohyètes moyennes annuelles ;
- . en annexe III, un graphique faisant ressortir la transformation de l'hydrogramme du Niger de Koulikoro à Mopti ;
- . en annexe IV, une carte des voies de communication du Mali.

Concernant le fleuve dont le cours malien se développe sur environ 1 800 km, le chapitre I du rapport est d'abord une analyse de la monographie établie par l'ORSTOM (1) pour la MEAN (2) : l'hydrographie, le climat de la vallée, la géologie du bassin,

(1) Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer.

(2) Mission d'Etudes et d'Aménagement du Niger.

puis les données hydrologiques essentielles mettant en évidence la variation du régime entre le bassin supérieur, c'est-à-dire en amont de Koulikoro, avec ses crues annuelles de 6 à 7 000 m³/s et ses étiages de 50 m³/s en moyenne, la cuvette lacustre où chaque année la crue submerge largement les terres des deux rives, et en aval de la cuvette où le débit du fleuve devient plus régulier.

Les crues jouent un tel rôle pour l'agriculture traditionnelle ou pour la navigation, que la nécessité s'est imposée d'en prévoir la propagation et l'ampleur à certaines stations. Les méthodes de prévision mises au point sont précisées dans le rapport. A l'inverse, la pauvreté des étiages avec ses conséquences dans tous les domaines incite à rechercher une régularisation partielle des débits de saison sèche.

Autrefois, il s'agissait de maintenir un débit élevé - 600 m³/s - pour étendre la période de la navigation lourde à 9,5 mois par an (soit une prolongation de 3 mois) et les études furent poussées sur le Niandan dont les caractéristiques sont rappelées dans le rapport. Il est également précisé comment l'on en est venu à rechercher une réserve de l'ordre du milliard de m³ pour aboutir finalement au site de Sélingué sur le Sankarani.

°
° °

Le chapitre II est consacré à l'équipement hydroélectrique. Après un rappel des études existantes en la matière, le problème de l'alimentation en énergie de la région de Bamako est abordé. Les équipements existants ou en cours d'aménagement - centrale thermique de Bamako, son renforcement en 1965 et la centrale hydraulique de Sotuba à 2 groupes - représentant une puissance garantie de 9 400 kW, ne permettront pas de faire face aux besoins en énergie au delà de 1970 ou 1972 suivant les hypothèses admises pour le développement de ces besoins.

Les différentes possibilités hydroélectriques sont passées en revue mais seules des études comparatives entre elles, ou avec des solutions thermiques, permettront de dégager un programme d'équipement. Ces études à entreprendre dès maintenant visent, au point de vue hydroélectrique, l'extension de la centrale de Sotuba

et l'équipement du Sankarani à Sélingué - barrage-réservoir et centrale. L'aménagement du Grand Kénié ne prend de l'intérêt qu'une fois les débits de saison sèche renforcés.

L'alimentation en énergie de Ségou et du territoire de d'Office du Niger est également évoquée, étant entendu qu'aucune solution purement hydroélectrique ne peut exister. Le renforcement des moyens de production, imposé notamment par la vétusté des nombreux groupes thermiques existants, doit tenir compte de la possibilité d'installer des groupes hydrauliques au barrage de Markala.

En conclusion de ce chapitre, il est proposé un programme d'études à entreprendre concernant les possibilités d'aménagements hydroélectriques et, plus généralement, l'évolution des besoins en énergie et les moyens de production pouvant satisfaire ces besoins.

.
.

Débordant le cadre de la convention, à la demande du Ministre des Travaux Publics, le rapport traite en son chapitre III des routes et voies ferrées en plus du problème des voies navigables. Un paragraphe est ensuite consacré à l'étude des circuits commerciaux.

Dans l'état actuel du fleuve, la navigation au Mali n'est assurée que dans certaines parties du cours en raison d'accidents géographiques, et que certains mois en raison du régime hydrologique.

Ces conditions géographiques et hydrologiques sont exposées dans les premières pages du chapitre. Sont rappelées ensuite les caractéristiques des différents types de navigation après substitution du poussage à la traction et les hauteurs d'eau nécessaires sur les seuils : pour les barges de 200 tonnes et de 100 tonnes à pleine charge ces hauteurs sont respectivement 1,30 et 1,05 m. Si on allège le chargement à 70 tonnes pour les barges de 200 tonnes et à 45 tonnes pour celles de 100 tonnes, ou avec de nouvelles barges de 60 tonnes, la hauteur requise est de 0,70 m.

Cette navigation légère se trouve actuellement interrompue 153 jours en année moyenne.

Les procédés généraux d'amélioration sont rappelés successivement : les aménagements à courant libre, la canalisation et la régularisation du débit d'étiage. Les épis, le "bandeling" et la canalisation sont écartés dans le cas du Niger.

Les études de la Mission Russe de 1963 concernant les dragages mécaniques et celles concernant les panneaux type Chatou (1) sont examinées, ce dernier procédé paraissant le plus intéressant.

Il est noté que le seul aménagement réalisé pour la navigation est le canal de 8 km qui contourne par la rive droite le barrage de Markala et qui se termine par l'écluse de Tio.

La régularisation des débits, évoquée au chapitre I, est reprise plus en détail. L'effet supplémentaire qu'elle apporterait à un aménagement genre Chatou est mis en évidence.

Après ces considérations techniques, le chapitre III donne quelques indications sur le trafic fluvial et son évolution, puis sur les tarifs et leur comparaison avec les tarifs routiers ou ferroviaires.

L'étude des routes et de la voie ferrée met en avant l'important développement du réseau routier qui représente un gros effort de la part du Mali. A titre indicatif, il est fait mention des liaisons transsahariennes à l'étude.

Pour en terminer avec la question des voies de communication, la fin du chapitre est consacrée à l'étude des circuits commerciaux et plus particulièrement les échanges avec les principaux pays ouverts sur l'Océan, le Sénégal, la Côte d'Ivoire et la Guinée.

(1) Laboratoire National d'Hydraulique de Chatou.

Un important chapitre, le quatrième, traite des aménagements hydroagricoles, c'est-à-dire de l'Office du Niger, des aménagements type Génie Rural, de la région lacustre et du casier de Baguinéda.

L'Office du Niger comptait à la fin de la campagne 1961-62 environ 46 000 ha aménagés et 111 000 ha susceptibles de l'être, dans les trois systèmes hydrauliques du Kala inférieur, du Kouroumari et du Macina.

Le rythme des extensions peut être estimé à 3 400 ha/an ce qui conduirait à une superficie de 80 000 ha dans une dizaine d'années.

A partir des hypothèses généralement admises, tant pour les modules d'irrigation que pour les pertes dans les canaux, il est établi que le débit naturel du fleuve permet pratiquement d'assurer l'irrigation de ces 80 000 ha.

Au delà il faut envisager un renforcement des débits d'étiage par des lâchures à partir d'une réserve telle que celle qui est étudiée sur le Sankarani.

Mention est faite également dans cette partie du chapitre du casier sucrier, du périmètre cotonnier et des activités industrielles de l'Office (rizeries, usines d'égrenage, huilerie-savonnerie, magasins généraux), ainsi que du combinat textile prévu à Ségou.

Les aménagements type Génie Rural reposent sur l'irrigation par submersion naturelle contrôlée et conduisent à une culture traditionnelle améliorée. Ces aménagements doivent être économiques et à caractère social. Les types d'aménagements sont fonction des conditions locales différentes entre les hautes vallées (en amont de Koulikoro), la moyenne vallée du Niger ou celle du Bani, le delta central.

La mise en valeur de la région lacustre et plus spécialement des lacs de la rive gauche a fait l'objet de nombreuses études, le principe de base étant le contrôle du remplissage des lacs, l'évaporation assurant ensuite la baisse du niveau d'eau.

Le rapport rappelle tout d'abord les conditions locales : le climat, la géologie, la géomorphologie et l'hydrographie du Kessou et l'hydrologie. Suit la description du fonctionnement du système des lacs Télé et Faguibine. Les différents projets d'aménagement envisagés sont exposés dans leur principe.

En ce qui concerne le casier de Baguinéda, premier centre expérimental de culture rizicole de l'Office du Niger, il est rappelé tout d'abord la baisse de rendement qui a conduit à l'abandon de la riziculture en faveur des cultures riches. L'état du canal de Sotuba, dont une Mission Bulgare a fait l'étude, conduit à d'importantes pertes d'eau aux dépens ou de la centrale hydraulique ou des irrigations et des décisions sur l'utilisation de l'eau ou sur la réfection du canal devront intervenir dès la mise en route de la centrale.

°
° °

Le dernier chapitre du rapport, le chapitre V, est consacré au barrage-réservoir de Sélingué sur le Sankarani ; il s'agit de l'analyse de l'étude préliminaire d'ITALCONSULT de 1964. Sur le site même de barrage il n'y a pas d'information nouvelle par rapport aux études antérieures, par contre, la connaissance de la capacité de la cuvette de retenue permet d'étudier de plus près les possibilités de régularisation.

Les hypothèses admises pour l'étude de la régularisation sont, d'une part les besoins en eau pour un programme d'irrigation de 156 000 ha, c'est-à-dire un programme à longue échéance, d'autre part les besoins en eau pour une navigation légère permanente, étant supposé implicitement que des travaux, genre travaux de Chatou, contribueraient à l'amélioration de la navigation.

Au point de vue hydroélectrique, ITALCONSULT étudie l'influence de la régularisation sur la centrale de Sotuba et sur son extension éventuelle, sans faire une grande place à la possibilité d'une centrale de pied à Sélingué quant au programme d'exploitation de la réserve.

°
° °

En conclusion du rapport, et pour chacun des points développés, sont rappelées les recommandations et observations faites précédemment, ainsi que les études particulières nécessaires.

Dans la dernière partie de ces conclusions sont examinées les études d'ensemble, études surtout économiques, qui doivent être entreprises.

En ce qui concerne la monographie, il est nécessaire de poursuivre les observations et mesures, principalement aux stations situées dans des régions dont l'aménagement hydroagricole est envisagé, ou à proximité de sites de barrages tel que celui du Sankarani.

La prévision des crues, tant pour la navigation que pour les cultures, doit être améliorée. Le Gouvernement du Mali devra s'efforcer d'obtenir de la Guinée la reprise de la transmission des observations pluviométriques.

Au point de vue équipement hydroélectrique, l'aménagement en cours de réalisation, associé à la centrale thermique de Bamako, pourra assurer une puissance garantie de 9 400 kW

		Puissance	
		maximale	garantie
. centrale thermique	kW	8 800	6 800
. Sotuba (2 groupes)	kW	4 850	2 600
		13 650 kW	9 400 kW *

* en hautes eaux, un groupe thermique arrêté -

c'est-à-dire faire face aux besoins de la région jusqu'en 1970/72. C'est donc à cette époque que devront être mis en service de nouveaux moyens de production.

Ces moyens sont assez limités en nombre : extension de la centrale de Sotuba, barrage-réservoir de Sélingué et usine de pied de barrage. Avec la centrale thermique existante amputée des groupes les plus anciens, nous estimons que l'ensemble des moyens pourra, dans certaines hypothèses concernant l'exploitation de la réserve, satisfaire la demande d'énergie vers 1980 :

		Puissance		
		maximale	hautes eaux	basses eaux
. centrale thermique	kW	7 200	7 200	7 200
. Sotuba 4 groupes	kW	9 700	5 200	6 000
. Sankarani	kW	19 000	12 000	8 500
		35 900	24 400	21 700

soit une puissance garantie d'environ 20 000 kW en cas de défaillance d'un groupe thermique de 2 000 kW.

En fait, il conviendra d'étudier en détail ces différentes possibilités compte tenu des conditions de régularisation qui pourront résulter du réservoir de Sélingué, compte tenu également d'un renforcement de la centrale thermique s'il s'avérait économique.

Il est recommandé également, dans un deuxième temps, d'étudier les possibilités qui pourront assurer la fourniture d'énergie au delà de 1980 dans la région de Bamako ou y satisfaire un client gros consommateur.

Les possibilités connues actuellement sont : l'aménagement des rapides de Kénié - variante aval -, le site de Balandougou sur le Fié et le site de Diofla sur le Baoulé.

L'alimentation de l'Office du Niger est à étudier entièrement dans le sens d'une réduction du nombre des centrales et avec l'installation de groupes au barrage de Markala. L'économie de cette installation doit être examinée car les groupes seraient en chômage chaque année en hautes eaux par manque de chute. En basses eaux, la production hydraulique serait fonction des débits disponibles, donc des conditions de régularisation.

Enfin, il est recommandé de parfaire l'inventaire des ressources hydroélectriques et de dégager les caractéristiques générales des diverses possibilités. Dans l'état actuel des connaissances en cette matière et en plus des sites mentionnés ci-dessus, les possibilités à examiner seraient le défilé de Tossaye, les rapides de Labbezenga et le site de Toubani.

Les voies de communication doivent être organisées de telle sorte que le Mali ne soit pas sous la dépendance d'un voisin en conservant la possibilité d'orienter le trafic vers tel ou tel port.

Les transports sur le fleuve requièrent une amélioration notable des conditions de navigabilité si l'on veut prolonger la navigation lourde au delà du 15 janvier dans le bief Koulikoro-Ségou.

La substitution du poussage à la traction a fait baisser sensiblement les tirants d'eau nécessaires. Pour aller au delà, il est conseillé d'associer, d'une part la méthode Chatou agissant sur la hauteur des seuils, d'autre part un relèvement des débits de saison sèche.

Les seuils étant traités par cette méthode, les caractéristiques de la flottille imposeraient les débits suivants que l'on pourra comparer aux débits nécessaires avant aménagement :

	tirant d'eau	hauteur d'eau sur seuil	débits m ³ /s	
			après aménagement	avant aménagement
barges de 200 t	1,15 m	1,30 m	300	570
bateau courrier	0,90 m	1,05 m	170	430
	0,85 m	1,00 m	120	410

A noter qu'une drague serait nécessaire pour l'aménagement de zones particulièrement difficiles, telles que passages de gravier, ou pour des interventions rapides.

Le relèvement des débits de saison sèche est le problème de la régularisation, problème général qui sera examiné dans son ensemble.

Dans les autres biefs, le trafic ne justifie pas de travaux importants, mais des études pourront être entreprises entre Kouroussa et Bamako, entre Markala et Mopti, en particulier par le canal de Macina. Des reconnaissances devront être faites du défilé de Tossaye et des rapides de Labbezenga, sites qui doivent également être examinés du point de vue possibilités hydroélectriques.

Pour les routes, l'importance des contrôles de trafic ou des prévisions de trafic ne doit pas être perdue de vue. L'étude des prix de transport sera particulièrement utile pour les études économiques.

Les transports par voie ferrée souffrent de l'état du matériel ; il est recommandé d'organiser un atelier malien de réparation.

A l'Office du Niger, la progression des superficies irrigables est telle que dans une dizaine d'années, il faudra tabler sur 80 000 ha, et sur 156 000 ha dans 30 à 50 ans.

L'étude des besoins en eau a porté chronologiquement sur un programme de 300 000 ha dont la réalisation doit être considérée comme trop lointaine, sur un programme de 156 000 ha étudié par ITALCONSULT et sur un programme de 80 000 ha étudié autrefois et que nous avons réexaminé. Pour ce dernier, les débits naturels du fleuve sont suffisants si les irrigations du riz et du coton ne commencent pas le 1er juin et en limitant la navigation sur le canal Macina.

Au delà de ces 80 000 ha, ou avant si la navigation doit être maintenue, il sera nécessaire de renforcer les débits de saison sèche.

D'importants problèmes sont à traiter, tant agronomiques qu'hydrauliques : possibilité de réaliser deux récoltes successives, possibilité de développer la technique du repiquage, étude des variétés adaptées au pays et des problèmes que pose l'extrapolation en cultures industrielles des expériences faites en station d'essais, étude du drainage qui parfois joue un rôle plus important que l'irrigation, étude des pertes dans les canaux, - ces dernières études étant particulièrement importantes.

Les aménagements type Génie Rural échapperont pratiquement à l'influence de la régularisation des débits qui ne peut être que très partielle.

Seule une irrigation de certains casiers pourrait être envisagée si les débits de saison sèche sont renforcés, mais nous estimons que ces débits supplémentaires doivent être réservés pour l'Office du Niger.

Il est à noter que le niveau de base du fleuve s'abaisse lentement au détriment de l'alimentation en eau des zones latérales de la cuvette centrale, phénomène extrêmement lent. Un barrage au défilé de Tossaye pourrait provoquer un exhaussement du lit par sédimentation, mais naturellement l'étude d'un tel ouvrage n'est pas urgente.

Dans la région lacustre, la pièce maîtresse est l'aménagement des lacs Télé et Faguibine lié à celui du Kessou.

Le contrôle du remplissage des lacs est le principe de l'aménagement. Un ouvrage à Goundam, l'abaissement du seuil de Kamafina qui sépare les deux lacs et la construction d'un ouvrage de garde au seuil sont conseillés, sous réserve d'études complémentaires, cet abaissement étant intéressant pour la navigation et, indirectement, pour la pêche.

Une mention spéciale doit être faite se rapportant à la topographie : deux nivellements ont été exécutés dans la région, l'un par l'Office du Niger (ONS), l'autre par l'IGN. La différence d'altitude entre les plans de comparaison ne semble pas constante.

En ce qui concerne le détail de l'exploitation, nous préconisons le recours à un modèle mathématique.

Il est à noter qu'un calcul reposant sur un certain nombre d'hypothèses a permis de mettre en évidence l'action de l'infiltration dans le maintien de la salure à un taux acceptable. Des études sont à faire pour confirmer cette conclusion.

L'attention est attirée sur la pêche, élément important de l'économie de la région qui profiterait du maintien en eau des lacs à une cote relativement haute.

Il n'est pas fait état, dans la documentation dont nous disposons, des lacs de la rive droite. D'un intérêt plus faible, ces lacs devront être étudiés quand le Mali le jugera opportun, dans le contexte de la région.

Plus près de Bamako, la mise en valeur du casier de Baguinéda doit faire l'objet d'études pédologiques et agronomiques en même temps qu'hydrauliques. Ces dernières en raison de la centrale hydroélectrique de Sotuba, dont les débits turbinés retournent au Niger, des pertes dans le canal adducteur et des possibilités de régularisation.

La régularisation des débits intéresse, à divers degrés, la production d'énergie, la navigation et l'agriculture.

L'examen des différentes possibilités a conduit à retenir le site de Sélingué sur le Sankarani dont l'étude préliminaire a été faite par ITALCONSULT en 1963/64 : la réserve utile pourrait être de $1\,130\,10^6\text{ m}^3$ pour un plan d'eau à 346, et $1\,450\,10^6\text{ m}^3$ pour un plan d'eau à 347, en supposant la retenue minimale à la cote 339. Le remous submergerait 1 500 à 2 150 ha en Guinée.

Une telle réserve d'eau pourra satisfaire séparément les différents besoins. Au point de vue énergie, et pour une réserve à 346, il serait possible en année minimale (1) de turbiner à Sélingué $80\text{ m}^3/\text{s}$ durant la saison sèche et d'assurer pratiquement un débit minimal de $100\text{ m}^3/\text{s}$ à Sotuba aux pertes près dans le fleuve ; en année faible le débit à Sotuba dépasserait $130\text{ m}^3/\text{s}$, sauf en avril.

(1) Classification ITALCONSULT dans l'ordre croissant des volumes de la période février-juin pour les années 1907 à 1963 : année faible : 11ème année, année minimale : 1ère année.

En ce qui concerne la navigation, on ne peut envisager la régularisation qu'associée à des travaux genre Chatou.

La prolongation de la navigation lourde jusqu'au 15 avril exigerait une régularisation à $300 \text{ m}^3/\text{s}$ correspondant à un appoint de $1\,350\,10^6 \text{ m}^3$ en année faible et $1\,800\,10^6 \text{ m}^3$ en année minimale ou, pour tenir compte des pertes par évaporation estimées à $100\,10^6 \text{ m}^3$ pendant la durée de la vidange, correspondant à un volume stocké de respectivement $1\,450$ et $1\,900\,10^6 \text{ m}^3$. En année faible, une réserve tendue à 347 permettrait donc la navigation lourde jusqu'au 15 avril ; en année minimale cette limite se situerait entre le 15 mars et le 1er avril. Toutefois, la situation serait améliorée très sensiblement si l'on développait le trafic par barges de 200 tonnes ne calant qu'un mètre à pleine charge.

Au point de vue irrigations, et comme il ressort de l'étude ITALCONSULT, la réserve tendue à 346 permettrait un programme de 156 000 ha à l'Office du Niger.

En fait, les différents besoins ne sont pas concordants dans l'année et l'exploitation optimale de la réserve résultera d'un compromis.

Pour fixer les idées, on peut remarquer qu'en année faible, une navigation lourde prolongée jusqu'aux premiers jours de mars et l'alimentation de la centrale de Sélingué à $80 \text{ m}^3/\text{s}$ pendant la saison sèche seraient conciliables dans l'hypothèse d'une réserve tendue à 347 ($1\,450\,10^6 \text{ m}^3$). Les débits à Koulikoro seraient alors de $130 \text{ m}^3/\text{s}$ ou plus au delà du début mars, sauf en avril, permettant ainsi une navigation à tirant d'eau de 0,85 m environ. L'Office du Niger disposerait de quantités d'eau suffisantes pour un programme de 156 000 ha sauf en juin.

En année minimale la prolongation de la navigation devrait être limitée aux premiers jours de février.

En conclusion, nous pensons que la construction du barrage-réservoir de Sélingué s'imposera avec sa centrale de pied pour la production d'énergie à partir de 1970/72 ou 1973/75, les besoins en eau de la centrale allant croissant. Dès la mise en service du barrage la navigation, alors améliorée par les travaux

Chatou, sera partie prenante de l'eau mais sans qu'une progression dans ses besoins puisse être envisagée. Les besoins de l'Office du Niger, ou du casier de Baguinéda, seront comme pour l'énergie, croissants.

La détermination du mode d'exploitation de la réserve relève donc d'éléments de base divers, chacun résultant souvent d'une étude économique particulière.

Il faut en effet étudier le développement des besoins, le prix de revient de l'énergie à Sélingué, le prix marginal à Sotuba dans le cas de l'extension sans régularisation des débits ou avec régularisation ou simplement dans le cas de la régularisation sans extension, le prix de l'énergie thermique d'appoint.

Dans le domaine de la navigation, l'étude du trafic fluvial et l'étude du prix de revient des transports en navigation lourde ou légère sont à entreprendre.

Le développement des cultures irriguées à l'Office du Niger ou à Baguinéda interviendra également. Enfin, il ne faut pas omettre le problème des submersions en territoire guinéen.

Une étude économique générale, à confier à un spécialiste compétent, permettra de déterminer à la fois les conditions optimales de cote et d'exploitation de la réserve de Sélingué.

Il est à noter que le renforcement de la régularisation à partir d'un deuxième barrage-réservoir n'est pas exclu dans une étape ultérieure.

La rentabilité des aménagements hydroagricoles autres que l'Office du Niger ou Baguinéda est plus simple à déterminer par simple comparaison des dépenses et des profits.

°
° °

Il n'a pas été possible de chiffrer l'ensemble des crédits nécessaires aux études recommandées.

A titre indicatif, pour des études particulières à effectuer assez rapidement le Gouvernement Malien devra engager 350 à 400 millions de francs maliens.

Les études de détail visant le développement de la consommation en énergie de la région de Bamako et de l'Office du Niger et les moyens de production à mettre en oeuvre à court terme pour y faire face interviendraient pour 150 à 175 millions, les études techniques concernant le barrage et l'usine de Sélingué étant comprises. Les études préliminaires des autres possibilités hydroélectriques de la région de Bamako interviendraient pour 45 à 55 millions.

Concernant les aménagements hydroagricoles, l'étude de la région lacustre de la rive gauche, qui requiert des travaux de topographie et de cartographie ainsi que la mise au point d'un modèle mathématique, représenterait 50 à 75 millions de francs maliens, auxquels il faudrait ajouter 80 à 100 millions pour l'étude des ouvrages proprement dits.

Pour la navigation, les études sont achevées quant à la section la plus importante, à savoir Koulikoro-Ségou ; pour les autres biefs, il n'y a pas urgence.

Les dépenses à prévoir, soit pour les études générales telles que l'hydrologie, l'étude du trafic aussi bien routier que fluvial ou ferroviaire, soit pour les études d'ensemble, telles que l'étude de la régularisation des débits, ne peuvent pas être estimées avec les éléments dont nous disposons.

. . .

TABLE DES MATIERES

pages

CHAPITRE I - LE REGIME NATUREL DU FLEUVE

LES POSSIBILITES DE REGULARISATION

DU DEBIT

1 - LES DOCUMENTS DE BASE	1
2 - LE REGIME NATUREL DU FLEUVE	5
2,1 Hydrographie - Climat de la vallée - Géographie	5
2,11 La vallée du Milo	8
2,12 La vallée du Niandan	8
2,13 La vallée du Sankarani	8
2,14 La vallée du Niger	9
2,2 Les données hydrologiques essentielles du fleuve	10
2,21 Le bassin supérieur	12
2,22 La cuvette lacustre	14
2,3 La prévision des crues	22
2,31 La prévision des crues en aval de Mopti	23
2,32 La prévision de la crue à Mopti	24
2,33 La prévision de la décrue du Niger à Diré	25
3 - LES POSSIBILITES DE REGULARISATION DU DEBIT	27
3,1 Le projet du Niandan	27
3,2 La réserve de 1 milliard de m ³	36
3,3 Etude économique d'une réserve de régu- larisation du débit d'étiage	46
3,4 La réserve du Sankarani	47

CHAPITRE II - L'EQUIPEMENT HYDROELECTRIQUE

1 - LES DOCUMENTS DE BASE	51
2 - LES ETUDES EXISTANTES D'AMENAGEMENTS HYDROELECTRIQUES	53
2,1 Région de Bamako	53
2,2 Hors région de Bamako	62
3 - L'ALIMENTATION EN ENERGIE DE LA REGION DE BAMAKO	67
3,1 Moyens de production actuels ou prochainement mis en place	67
3,11 Centrale thermique de Bamako	67
3,12 Centrale hydraulique de Sotuba	68
3,2 Développement des besoins en énergie	69
3,3 Développement des moyens de production	71
3,31 Extension de la centrale de Sotuba	71
3,32 Régularisation partielle des débits	73
3,33 Nouvel équipement hydroélectrique	74
3,34 Remarque sur l'éventualité d'un appoint thermique	79
3,35 Remarques sur le programme de vidange de la réserve de Sélingué	79
3,4 Conclusion sur le problème de l'alimentation en énergie de la région de Bamako pour les quinze prochaines années	81
4 - L'ALIMENTATION EN ENERGIE DE L'OFFICE DU NIGER	83
4,1 Secteur de Markala-Ségou	85
5 - LES ETUDES A ENTREPRENDRE	91
5,1 Etudes de détail	91
5,2 Etudes préliminaires	93
5,3 Dossiers de reconnaissances	94
5,4 Crédits d'études	95

CHAPITRE III - LES VOIES DE COMMUNICATION

1 - LES DOCUMENTS DE BASE	97
2 - LES VOIES NAVIGABLES	99
2,1 Le Niger et ses divers biefs Les seuils sableux Les seuils rocheux	99
2,2 Caractéristiques hydrologiques influant sur le régime de la navigation	106
2,3 La formation et les modifications des seuils sableux	108
2,4 Les caractéristiques de la navigation lourde, semi-lourde, légère - Les durées d'interruption de la navigation pour di- vers étiages caractéristiques - L'intro- duction du poussage et des barges à fond plat	110
2,5 Les procédés généraux d'amélioration de la navigation	114
2,51 Aménagements à courant libre	115
2,52 Canalisation	127
2,53 Régularisation du débit d'étiage	127
2,54 Conclusions	133
2,6 Le trafic sur le fleuve	138
2,7 Les tarifs des transports fluviaux	144
3 - LES ROUTES	147
4 - LA VOIE FERREE	153
5 - L'ETUDE DES CIRCUITS COMMERCIAUX	157
5,1 Rapport d'octobre 1955 de l'Institut de Géographie de Strasbourg	157
5,2 Contribution à l'étude des transports au Mali	162
5,3 Palliatif au chemin de fer Dakar-Niger	171

	pages
CHAPITRE IV - LES AMENAGEMENTS HYDROAGRICOLES	
1 - LES DOCUMENTS DE BASE	177
2 - L'OFFICE DU NIGER	181
2,1 L'aménagement de l'Office du Niger - Les possibilités de mise en valeur	181
2,2 Programme des 300 000 hectares	193
2,3 Programme des 156 000 hectares	204
2,4 Programme des 80 000 hectares	207
2,5 Le casier sucrier	210
2,6 Le périmètre cotonnier	213
2,7 Les activités industrielles de l'Office du Niger	217
3 - LES AMENAGEMENTS HYDROAGRICOLES TYPE GENIE RURAL	219
4 - LA REGION LACUSTRE	231
4,1 Caractères généraux	231
4,2 Le système lacustre Télé Faguibine	249
4,3 Les cultures traditionnelles - leurs alées	257
4,4 Les projets d'aménagement	263
4,41 Le lac Fati	264
4,42 Le lac Horo	265
4,43 Les lacs Télé et Faguibine	268
5 - LE CASIER DE BAGUINEDA	291

CHAPITRE V - LE SANKARANIETUDE PRELIMINAIRE DU BARRAGE-RESERVOIR
DE SELINGUE

301

1 - Rapport n° 1 :

TRAVAUX TOPOGRAPHIQUES - ITALCONSULT

303

2 - Rapport n° 2 :

STATIONS DE JAUGEAGES - ITALCONSULT

307

3 - Rapport n° 3 :

PROBLEMES DE GEOLOGIE TECHNIQUE - ITALCONSULT

311

4 - Rapport n° 4 :

BESOINS EN EAU POUR L'IRRIGATION - ITALCONSULT

315

4,1 Evaluation de la superficie globale irrigable

315

4,2 Calendrier des cultures

317

4,3 Modules d'irrigation

318

4,4 Besoins globaux en eau pour le périmètre
de 156 000 ha

319

5 - Rapport n° 5 :

PRODUCTION ET BESOINS EN ENERGIE
ELECTRIQUE - ITALCONSULT

321

6 - Rapport n° 6 :

ETUDE DE LA REGULARISATION ET DU BARRAGE-
RESERVOIR - ITALCONSULT

327

6,1 Evaporation

328

6,2 Les crues

328

6,3 Calcul des débits utilisables

330

6,4 Besoins en eau pour la navigation

330

6,5 Production d'énergie

331

6,6 Volumes à stocker dans diverses hypothèses

332

7 - RAPPORT GENERAL - ITALCONSULT

337

8 - CONCLUSIONS

339

CONCLUSIONS

341

BIBLIOGRAPHIE

383

TABLEAUX CARTES ET CROQUIS

N.B. Les documents sont encartés après la page indiquée.

	<u>pages</u>
. La cuvette centrale du Niger et la région lacustre	16
. Les rapides de Sotuba et de Kénié	54
. Placement de l'énergie journalière de basses eaux de Sotuba	68
. Région de Bamako. Développement des besoins en énergie. Développement des moyens de production	70
. Exploitation de la réserve de Sélingué. Année faible (1950) - Tableau I	76
. Exploitation de la réserve de Sélingué. Année minimale (1945) - Tableau II	-
. Les voies navigables. Section Markala-Kokry-Mopti	136
. Les voies de communication. Liaisons routières transsahariennes à l'étude	148
. Irrigation d'un périmètre de 80 000 ha - Tableau I	208
. Irrigation d'un périmètre de 80 000 ha - Tableau II	-
. Débits des ouvrages du Point A du 15/5/60 au 15/5/61	212
. Office du Niger. Plan schématique du système hydraulique	218
. La région du Kessou. Lignes d'eau des marigots de Kongi-Tassakent-Goundam	240
. Lignes d'eau du Niger de Koulikoro à Tossaye	-
. Profil en long du Niger et de ses affluents	-
. Station de Mopti. Limnigramme type	242
. Station de Diré. Variations du limnigramme en crue	244
. Variations triennales 1957-1960 (Diré - Goundam - Lacs Télé et Faguibine)	250
. Hydraullicité du Niger à Koulikoro (1907-1957)	252
. Lac Faguibine. Variations interannuelles du niveau du lac de 1924 à 1957	-
. La région lacustre rive gauche	290
. Casier de Baguinéda. Plan schématique du système hydraulique	300

LES DOCUMENTS DE BASE

La Monographie du Niger

Niger Supérieur et Dani	V-1	V-2	V-3	1958	1959	1961
La cuvette lacustre	V-4	V-5	V-6	1960	1960	1961

La Monographie est l'étude de base indispensable à laquelle on aura recours, quel que soit le problème traité ; c'est elle qui fait connaître :

- les facteurs conditionnels du régime ,
- les débits observés ,
- les éléments caractéristiques du régime ,
- les bilans hydrologiques ;

c'est elle qui donne l'interprétation des résultats d'observations, c'est elle encore qui développe largement la géologie, la géographie, l'hydrographie de la vallée du Niger.

En dehors de cette Monographie que l'on pourrait appeler générale, il existe des études non moins importantes qui peuvent être considérées comme des monographies de détail ou régionales :

V-10	Note hydrologique sur la région du Kessou	BRAQUAVEL - avril 1959
V-13	Etude hydroclimatique lacs Télé Faguibine	DUREUIL - janvier 1961

Enfin, deux notes qui constituent chacune un essai de synthèse :

V-15	Données hydrologiques essentielles	RODIER - février 1963
V-16	Etude des effets sur le régime du Niger des principaux projets d'aménagement des états riverains	ITALCONSULT - août 1962

Concernant la régularisation du débit du Niger, nous noterons encore, car il convient de ne pas avoir à revenir sur les travaux et conclusions de ces documents, sauf pour les compléter :

II-A-1	Documents sur les possibilités d'amélioration de l'exploitation des terres de l'Office du Niger	1955-1956
II-A-3	Prospection de sites de barrages de régularisation partielle du débit du Niger Rapport de synthèse EDF	1959
II-A-5	Rapport GALLAIS Professeur agrégé de géographie	(oct. 1958 (avril 1959)
II-B-1	Barrage de Fomi - Evaluation sommaire des frais d'aménagement pour 4 variantes EDF	1951
II-B-4	Barrage de régularisation sur le Niandan- Etudes complémentaires 1952 Présentation EDF - COYNE	1955
II-B-6	La conférence du Niandan	mars 1958
II-C-1	Compte rendu de reconnaissance DUQUENNOIS	janv. 1958
II-C-4	Etude préliminaire du barrage-réservoir de Sélingué ITALCONSULT	mars 1964

La Monographie du Niger a été conçue et réalisée par l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM) à la demande et pour le compte de la Mission d'Etudes et d'Aménagement du Niger (MEAN), suivant Convention du 3 décembre 1957.

Cette Monographie a été basée, au départ, sur les renseignements recueillis en décembre 1957. Par la suite des études complémentaires ont permis de dater certains rapports de 1960 et même de 1961.

Qu'il s'agisse d'une amélioration de la navigation, d'aménagements hydroélectriques, de barrages de régularisation, de réseaux d'irrigation, il importe avant tout de connaître le régime des variations du débit du fleuve, d'où la nécessité de cette Monographie ; ce d'autant plus que des aménagements divers sont susceptibles de faire jouer au fleuve un rôle beaucoup plus important que celui qu'il assume naturellement.

Dans l'utilisation de ce document magistral, établi par une équipe alliant la compétence à l'expérience, il conviendra de bien distinguer entre les observations directes et les résultats obtenus par corrélation ; de même on n'établira des comparaisons entre modules, ou entre débits maximaux ou minimaux, que pour des périodes identiques d'observations ou de réajustement.

Il est indispensable d'ailleurs que les observations directes soient poursuivies aux postes principaux et particulièrement à ceux pour lesquels des lectures ou mesures ne portent encore que sur quelques années.

Dans la Monographie, la corrélation la plus couramment employée pour les prévisions de crue est celle reliant les pluies à la lame d'eau ; on aura tout intérêt à adopter cette méthode pour les corrélations futures, toutes les fois que cela sera possible.

°
° °

Les caractères principaux de l'hydrologie du fleuve ne sauraient être définis sans une étude particulière de la zone lacustre, portant sur sa morphologie et le système d'alimentation des lacs proches ou éloignés du lit mineur, ce qui donne toute son importance à :

- VI- 19 l'étude géomorphologique du professeur
TRICART de mai 1960
- VI- 17 la note hydrologique de l'ORSTOM d'avril 1959
- VI- 24 l'étude hydroclimatique de l'ORSTOM de janv. 1961

ces deux dernières complétant heureusement l'étude sur le régime du marigot de Goundam que l'on trouve dans la Monographie au Tome

II "La cuvette lacustre", dont le chapitre "Bilan hydrologique" est plus spécialement axé sur le régime de ce marigot.

Des esquisses d'aménagement hydroagricole de la région lacustre - Kessou et lacs Télé Faguibine - n'auraient pu être entreprises sans les additifs à la Monographie générale du fleuve que nous venons de citer.

2 LE REGIME NATUREL DU FLEUVE

2,1 HYDROGRAPHIE - CLIMAT DE LA VALLEE - GEOGRAPHIE

Ces études générales sont largement développées dans la Monographie du Niger, document auquel le lecteur plus particulièrement intéressé par ces questions pourra se reporter.

Nous noterons seulement quelques points essentiels :

- alors que le Niger Supérieur draine normalement son bassin versant, le lit s'est graduellement exhaussé par alluvionnement dans la cuvette lacustre, où le fleuve domine la plaine qu'il submerge à chaque crue sur ses deux rives ;
- à l'étiage le lit mineur est constitué par une succession de mouilles profondes et de seuils ~~saboteux~~ qui constituent obstacle à la navigation ;
- le régime hydrologique du Niger, en amont de la cuvette, est caractérisé par l'énorme écart qui existe entre le débit de crue (6 000/7 000 m³) et le débit d'étiage moyen (50 m³/s), ainsi que la durée de celui-ci ; ce régime annuel irrégulier pose des problèmes à la navigation, à l'équipement hydroélectrique et n'est pas sans influencer grandement le développement agricole dans la vallée, où, à la crainte des crues, s'ajoute celle d'une insuffisance d'eau ;
- d'amont en aval, des obstacles naturels ou artificiels, tels les rapides de Sotuba et du Kénis, le barrage de Markala et les rapides de Labbaxenga, à la limite du Territoire, délimitent des biefs navigables distincts :

Kouroussa-Bamaké	380 km
Koulikoro-Fanchon (limite amont du remous du barrage de Markala)	150 km
Fanchon-Ségou-Markala	70 km
Markala-Ansongo	1 250 km

- au delà d'Ansongo la navigation, interrompue par les rapides de Labbezenga, ne reprend que très en aval sous des formes qui, tant au point de vue hydraulique qu'au point de vue économique, sont sans aucun lien avec les conditions d'utilisation du Niger au Mali ;
- concernant la région du Kessou, on retiendra les études hydrologiques et géomorphologiques déjà citées, qui ont mis en évidence que les deux grands collecteurs du Kessou, les marigots de Kondi et de Tassakant, n'avaient pas une pente uniforme de leur point d'effluence dans le Katoua jusqu'à Goundam où ils convergent. Sur les deux tiers amont de leurs cours, ils cheminent dans la plaine, sans lit bien marqué, avec une pente très faible, de l'ordre de 2 cm/km, jusqu'au moment où, atteignant la cassure géologique marquée sensiblement par une ligne Gallaga-Kondi, ils entrent dans la zone d'action régressive du marigot de Goundam pour s'écouler dans un lit plus encaissé, avec une pente de l'ordre de 22 cm/km.

Dans la vallée, la vie se poursuit au rythme de l'écoulement du fleuve ; rythme différent suivant que l'on se situe :

- . en amont de la cuvette lacustre, où à une crue de l'ordre de 6 à 7 000 m³/s qui s'écoule dans un lit majeur large de 5 à 7 km succède un étiage de l'ordre de 50 m³/s dans un lit mineur de 200 à 300 m ;
- . dans la cuvette lacustre, où chaque année la crue submerge largement les terres sur les deux rives ;
- . en aval de cette cuvette, où le fleuve a un débit beaucoup plus régulier ;
- . dans les vallées des affluents, où se situe de part et d'autre du lit une large plaine d'inondation, avec ses villages de culture bien caractéristiques.

Ce régime naturel du fleuve et de ses affluents :

- impose le rythme à la navigation ;
- détermine les méthodes culturales et, par voie de conséquence, a une influence directe sur l'économie agricole du pays ;

- limite les possibilités de production hydroélectrique, deux époques creuses se présentant : en basses eaux en raison des faibles débits et en hautes eaux où les hauteurs de chutes deviennent insignifiantes.

Si la crue est assez régulière, en ce sens que l'allure générale de l'hydrogramme se répète chaque année en un point donné, on note des décalages interannuels dans le temps, tant à la montée des eaux qu'en décrue ; il existe également des écarts dans les cotes atteintes par les plus hautes eaux, toutes conditions naturelles préjudiciables à l'agriculture, comme à la circulation sur le fleuve.

Le fleuve n'est pas domestiqué, sauf dans le secteur de l'Office du Niger.

L'agriculture traditionnelle n'utilise pas l'irrigation par gravité.

Là où arrive la crue, c'est l'irrigation en nappe par submersion (riz flottant) ou la culture de décrue à la baisse des eaux (mil, maïs, etc...).

Là où l'eau bénéfique du fleuve est absente, c'est la culture sèche du coton ou de l'arachide (Koutiala, Kolokani, etc.)

Les pluies sont peu abondantes et irrégulières (Annexe II - Isohyètes) et ne peuvent de ce fait apporter qu'un appoint faible à l'irrigation.

A partir de décembre, et pendant plusieurs mois, souffle un vent chaud et sec (stérilisant) : l'harmattan.

2,11 La vallée du 'ilo

Plaine alluviale plus étroite et plus sinueuse. Riziculture contrariée par le régime du 'ilo qui, dans son cours supérieur (station de Konsangoro), présente des irrégularités (s'accroissant avec le déboisement) que l'on ne rencontre pas dans son cours inférieur (station de Kankan), ni sur les autres rivières de la région.

Peuplement important, du confluent à 30 km en amont de Kankan : 23 000 habitants, qui sur une largeur de la vallée de 6 km donne une densité de 16 habitants au km², en dehors de Kankan (21 000 habitants).

Les rizières occupent la partie inférieure de la vallée entre le confluent et Kankan ; en amont l'élevage est florissant sur les prairies du cours moyen.

2,12 La vallée du Niandan

Plaines plus exigües, interrompues par des cloisons rocheuses. Quelques pointes de crue assez brutales.

Peuplement médiocre sur les rives, hors la vallée inférieure où l'on trouve 14 000 habitants dans 70 km de vallée.

Conditions défavorables à la riziculture.

2,13 La vallée de Sankarani

Cette vallée et celle du Ouassouloubalé offrent de larges plaines alluviales dans les cercles de Kankan et Bougouni.

Leur peuplement est très important 45 000 habitants du confluent avec le Niger au confluent avec le Dion. Sur la rive droite les Ouassoulounké possèdent 1 charrue pour 24 habitants.

La riziculture en progrès a des possibilités considérables d'extension le long des vallées du Sankarani et de son affluent le Ouassouloubalé, elle est limitée par l'irrégularité du régime de

ces deux cours d'eau.

Dans son étude préliminaire du barrage de Sélingué, ITALCONSULT note (son rapport n° 6) :

- au sud de 10°30' de latitude on rencontre de hautes et moyennes futaies (arbres) ;
- au nord de ce même parallèle, une savane boisée, puis des cultures.
- à Sélingué, le lit mineur est fortement encaissé : 8 m sous la plaine d'inondation, dont la largeur est de 2 450 m ; le lit mineur ne peut contenir le débit de crue qui, d'après DUQUENNOIS, submergerait la plaine sous une nappe variant de 0,50 m à 2,00 m.

Une étude du type rapport GALLAIS (doc.II-A-5) reste à faire en ce qui concerne le Sankarani et ses affluents.

2,14 La vallée du Niger

Jusqu'à Bamako, la vallée du Niger est relativement encaissée. Elle ne laisse place cependant qu'à des plaines larges de 1 à 3 km sur chaque rive, et longues de quelques kilomètres, interrompues par des éperons de terres hautes (généralement collines de grès), ou par les zones d'épandage propres aux marigots affluents.

Après la traversée des formations subhorizontales de grès des plateaux Mandingues marquée par les rapides de Sotuba et de Kénié, la pente du fleuve s'adoucit sensiblement (10 cm/km).

Au delà de Koulikoro, la vallée apparaît moins encaissée, quoique toujours à profil concave, les anciennes terrasses alluvionnaires s'élargissent annonçant le delta mort - les bourrelets de berge du lit majeur sont peu accusés et discontinus - les cuvettes riveraines sont généralement hautes et très ouvertes à la crue. Les principales dépressions sont formées par d'anciens bras du fleuve allongés dans le lit majeur ou nettement séparés (Tamani).

A 80 - 100 km à l'est du Niger, le Bani draine de son côté le bassin de la rive droite.

Dès sa formation par la jonction du Baoulé et du Bagoe, le Bani coule déjà avec une pente très faible (2 cm/km), en contre-bas par rapport au Niger ; Ségou est à la cote 279,47 IGN et Douna sur le Bani à la cote 270,71, Ké Macina à la cote 268,79 et Beneni-Kéni à la cote 265,92. Les plaines d'inondation sont ici beaucoup plus larges que dans le cours moyen du Niger, notamment dans la zone de confluence des principaux marigots affluents. La pente devient extrêmement faible (2 cm/km) et après Baramandougou on entre dans la zone deltaïque, où les plaines d'inondation du Niger et du Bani se rejoignent.

Cette différence de niveau entre ces deux cours d'eau laisse apparaître les difficultés que l'on aurait à réaliser économiquement un canal de jonction assurant l'intercommunication fluviale entre les deux vallées.

Cette haute vallée du Niger compte 65 000 habitants, en dehors de Siguiri (11 800) et Kouroussa (5 500), et présente la plus forte densité de population, soit 35 habitants par km.

La crue du fleuve est relativement plus régulière que celle de ses affluents ; aussi la vallée réunit-elle les meilleures conditions pour la riziculture.

2.2. LES DONNEES HYDROLOGIQUES ESSENTIELLES DU FLEUVE

Etant données l'étendue de son bassin, 1 500 000 km² (1) et la longueur de son cours, 4 200 km environ, le Niger présente une alimentation assez complexe, comme on peut le voir par ce qui suit :

Les branches supérieures prennent leurs sources sur le revers oriental du Fouta Djallon et dans le massif qui le prolonge vers le sud-ouest, au voisinage de la frontière entre Guinée et Libéria. Ces régions montagneuses, relativement élevées et bien arrosées, fournissent des débits spécifiques abondants.

(1) bassin théorique, y compris les zones désertiques.

Avec son principal affluent de rive droite, le Bani, le Niger constitue un fleuve puissant qui se dirige vers le nord-est, c'est-à-dire le centre de l'Afrique Occidentale, où l'attendent de nombreuses difficultés qui l'empêcheront de tenir les brillantes promesses de son cours supérieur. Entre Ségou et Mopti, il arrive en effet dans une cuvette lacustre à très faible pente, dont les apports sont insignifiants. Le Niger se divise alors en plusieurs bras et alimente de nombreux lacs, d'innombrables zones d'inondation où les pertes par évaporation sont énormes.

Après Diré - dernière station de jaugeage avant sa sortie de la cuvette lacustre - le fleuve s'infléchit peu à peu vers l'est, passe par le défilé rocheux ou seuil de Tossaye, par où il peut enfin s'échapper vers l'Océan. C'est grâce à cette capture récente par le seuil de Tossaye, à l'extrême pointe est de l'ancien lac central où se déversait autrefois le Niger Supérieur, que le fleuve finit par sortir de la cuvette lacustre bien amoindri et avec un régime sensiblement modifié ; il se dirige alors vers le sud-est, constituant ainsi une très grande boucle, et va rencontrer des affluents de mieux en mieux alimentés.

Cependant, le Tilemsi, sur la rive gauche, qui est sensé drainer le sud de l'Adrar des Iforhas, est désespérément fossile ; ce ne sera qu'à environ 40 km en aval de la frontière avec la République du Niger que l'on rencontrera le premier affluent notable : le Gorouol situé sur la rive droite du fleuve.

A hauteur des rapides de Labbezenga, le Niger quitte le Territoire du Mali pour traverser celui du Niger et atteindre enfin le Nigeria, tout en conservant la même direction générale.

En cours de route son débit va être renforcé par des apports de plus en plus importants. A Lokodja, la Bénoué, son principal affluent, débouche dans le grand fleuve avec un débit annuel moyen de $3\,400\text{ m}^3/\text{s}$, soit 120 % du débit du Niger à l'amont du confluent.

Après quoi le fleuve prend franchement la direction sud pour se jeter dans l'Océan Atlantique par un très grand delta (près de $25\,000\text{ km}^2$), où il arrive avec un module de $7\,000\text{ m}^3/\text{s}$.

Avant la capture du Niger Supérieur par le seuil de Tossaye, la Bénoué était le fleuve principal, d'autant qu'à cette époque elle était grossie par les déversements de la mer paléotchadienne et recevait le Logone et le Chari.

° °

Pour l'étude du régime du fleuve, on peut diviser le bassin comme suit :

- 1° - le bassin supérieur : Niger à l'amont de Koulikoro et Bani à l'amont de Mopti.
- 2° - la cuvette lacustre qui s'étend de Kéllacina, en aval de la prise d'eau de l'Office du Niger, jusqu'à Tombouctou.
- 3° - le Niger Moyen : depuis la boucle jusqu'au confluent avec la Bénoué.

Il serait trop beau qu'aux limites de chacun de ces bassins partiels se trouve une très bonne station de jaugeage, observée depuis longtemps. Mais il est possible de déterminer les caractéristiques hydrologiques de chacun de ces biefs avec une précision suffisante. On les trouvera - en ce qui concerne le Niger malien - dans le tableau qui figure page 19.

2,21 Le bassin supérieur

Est représenté dans le tableau précité par la station de Koulikoro, en ce qui concerne le Niger seul, et par les caractéristiques cumulées des stations de Koulikoro et Douna, en ce qui concerne l'ensemble des bassins du Niger et du Bani, en amont de ces 2 stations.

Le Niger Supérieur est constitué par la réunion de quatre branches mères d'importance comparable ;

- . le Niger proprement dit, (BV 18 600 km² - module : 250 m³/s)
- . le Niandan (BV 12 700 km² - module : 260 m³/s)
- . Le Milo (BV 13 500 km² - module : 260 m³/s)
- . le Tinkisso (BV 19 800 km² - module : 220 m³/s)

Le Niandan et le Milo, dont les bassins supérieurs sont les mieux arrosés (plus de 2 000 mm par an) et dont la pente est la plus forte, présentent les débits spécifiques les plus abondants. Tous ces cours d'eau ressortent du régime tropical de transition : la partie supérieure du Niandan et du Milo correspond à la variante méridionale de ce régime ; elle est caractérisée par une période de hautes eaux très longue, une période de basses eaux très courte, marquée de quelques petites crues.

Dans leur cours inférieur, les autres branches mères présentent des plaines d'inondation assez étendues qui contribuent, en année très humide, à laminier les pointes de crues.

Le Niger Supérieur étant ainsi constitué un peu à l'amont de Siguiri, reçoit sur sa rive droite un important affluent, le Sankarani (BV 35 500 km² - module 405 m³/s à Gouala). Le régime du Sankarani est intermédiaire entre celui des cours d'eau dont nous venons de parler et le régime du Bani, très voisin du régime tropical pur.

Entre le confluent du Sankarani et Bamako ou Koulikoro, le Niger ne reçoit aucun affluent important. Seules les parties septentrionales des bassins du Sankarani et du Tinkisso ressortent du régime tropical pur. La faible abondance et l'extrême sévérité des étiages de cette petite partie du bassin sont compensées par les caractéristiques inverses du Milo et du Niandan Supérieur. On peut dire qu'à Koulikoro le régime correspond sensiblement au régime tropical de transition classique, avec une hauteur de précipitation annuelle de 1 600 mm(1), un débit d'étiage soutenu et une période de hautes eaux prolongée.

Le Bani est constitué par la réunion du Baoulé et de la Bagoé. Ces deux cours d'eau prennent leur source dans des régions de collines au nord de la Côte d'Ivoire. Au voisinage de ces sources, la hauteur des précipitations est assez élevée : 1 500 à 1 600 mm, puis le climat devient plus sec. L'ensemble du bassin occupe une position beaucoup plus septentrionale que le Niger Supérieur. La pente diminue très rapidement : 70 % du bassin est compris entre 300 et 400 m, aussi après quelques dizaines de kilomètres, ces cours d'eau présentent-ils un lit très sinueux au milieu d'une large plaine d'inondation ; ces caractéristiques que

(1) hauteur moyenne des précipitations sur l'ensemble des bassins versants de la branche mère supérieure et des quatre affluents (ANNEXE II).

l'on observe déjà chez le Tinkisso et le Sankarani sont absolument la règle pour tous les tributaires du Bani. Il en résulte des crues amorties par les pertes dans les plaines d'inondation et un diagramme annuel de forme très régulière ; par contre, les plaines d'inondation restituent en basses eaux une faible partie de ce qu'elles ont absorbé en crue ; c'est fort heureux, car même dans le sud du bassin, il est assez rare de rencontrer des petits cours d'eau à écoulement permanent. Le tiers méridional ressort du régime tropical de transition ; il s'agit d'une variante assez peu répandue dont le régime est intermédiaire entre celui des branches du Niger et le régime Dahoméen. Le reste du bassin fait partie du régime tropical pur.

Le module de $660 \text{ m}^3/\text{s}$ (1) à Douna est relativement abondant ; c'est la conséquence d'une influence guinéenne marquée.

°
° °

Le bassin supérieur du Niger, Bani compris apporte - voir tableau page 10 - 70 milliards de m^3 par an avec un débit maximal annuel de $6\,220 + 2\,980 = 9\,200 \text{ m}^3/\text{s}$ et un débit d'étiage de $50 \text{ m}^3/\text{s}$. Qu'en restera-t-il après l'épreuve redoutable de la traversée de la zone lacustre ?

2,22 La cuvette lacustre

Est un exemple typique de la traversée des régions sahéliennes par un grand fleuve venant de régions méridionales mieux arrosées. Elle est comparable au Sud que traverse le Nil et à la Mésopotamie tchadienne formée par le Chari et le Logone.

Il s'agit d'un pays très plat, légèrement en contrebas par rapport au niveau de crue du Niger et soumis à une très longue saison sèche pendant laquelle l'évaporation est très forte. On constate en effet que la hauteur d'écumoyenne évaporée en un an est voisine de 2,50 m sur cette nappe peu profonde.

-
- (1) la note rectificative sur le régime du Bani de février 1961, jointe à la Monographie du Niger, apporte les précisions suivantes :
- . module moyen estimé sur la période de 51 ans (1907-1957) de débits observés ou calculés - $660 \text{ m}^3/\text{s}$.
 - . module moyen pour 25 années de la période 1923-1957 = $735 \text{ m}^3/\text{s}$.
-

On comprend aisément que, dans ces conditions, les plaines d'inondation s'étendent à l'infini, que de nombreux effluents quittent le bras principal en hautes eaux et que la majeure partie de l'eau quittant le fleuve soit perdue par évaporation, d'autant plus que, dans le cas particulier du Niger, ces bras alimentent de nombreux lacs sur les deux rives du fleuve.

Un autre trait caractéristique de cette zone lacustre est l'abaissement progressif du plan d'eau au cours des siècles, par le lent creusement du seuil de Tossaye qui commande l'écoulement à l'aval. Il en résulte qu'à l'amont de la zone lacustre certains effluents sont maintenant fossiles, tel le bras de Molodo, artificiellement remis en eau par l'Office du Niger.

La zone de dégradation hydrographique de la cuvette lacustre commencerait théoriquement à Ségou avec cet effluent fossile. En fait, elle débute 100 km plus loin vers Ké Macina. De même sur le Bani, elle commence peu après Douna, mais jusqu'au confluent avec le Niger les pertes du Bani vers ce fleuve sont limitées, malgré la présence de nombreux bras secondaires joignant ces deux cours d'eau.

A Diafarabé, le Diaka quitte le fleuve principal et se dirige vers le nord-est pour rejoindre le lac Debo. La répartition du débit moyen annuel est la suivante : $\frac{2}{3}$ restent dans le Niger, $\frac{1}{3}$ emprunte le Diaka ; la répartition est la même pour le débit de crue.

Une série de bras secondaires quittent encore le Niger sur la rive gauche, vers le Diaka ou le lac Debo, tandis que sur la rive droite, de nombreuses communications relient le Niger et le Bani, comme nous venons de le dire.

Puis le fleuve parvient à Mopti, où il reçoit le Bani, il oblique légèrement vers le nord pour rejoindre le lac Debo. Il y retrouve ce qui reste des apports des bras rive gauche.

De la rive nord du lac Debo partent le bras principal : Issa Ber et les bras secondaires : Bara Issa et Koli Koli qui se rejoignent à Diré, au nord-est, pour former à nouveau le grand fleuve.

Du lac Débo à Diré, l'Issa Ber alimente sur sa rive gauche une série de mares et de lacs, dont les lacs Horo et Fati ; de même le Bere Issa alimente sur sa rive droite un certain nombre de lacs dont les plus importants sont : le Korakou, le Dô, le Garou, le Niangaye. Les plus éloignés ne sont remplis qu'en période de forte hydraulité.

A l'aval de Diré, le Niger alimente le lac Télé qui se déverse dans le lac Faguibine, lequel présente beaucoup de points communs avec le lac Tchad ; en particulier, ses eaux restent douces grâce au même processus d'infiltration.

Bien entendu, il faut ajouter à ce schéma déjà complexe de bras principaux et de lacs, d'innombrables bras et dépressions secondaires, ainsi que les plaines d'inondation qui les bordent. Cet ensemble constitue une zone lacustre de 450 km environ, atteignant 200 km dans sa plus grande largeur et dont la superficie est de l'ordre de 80 000 km².

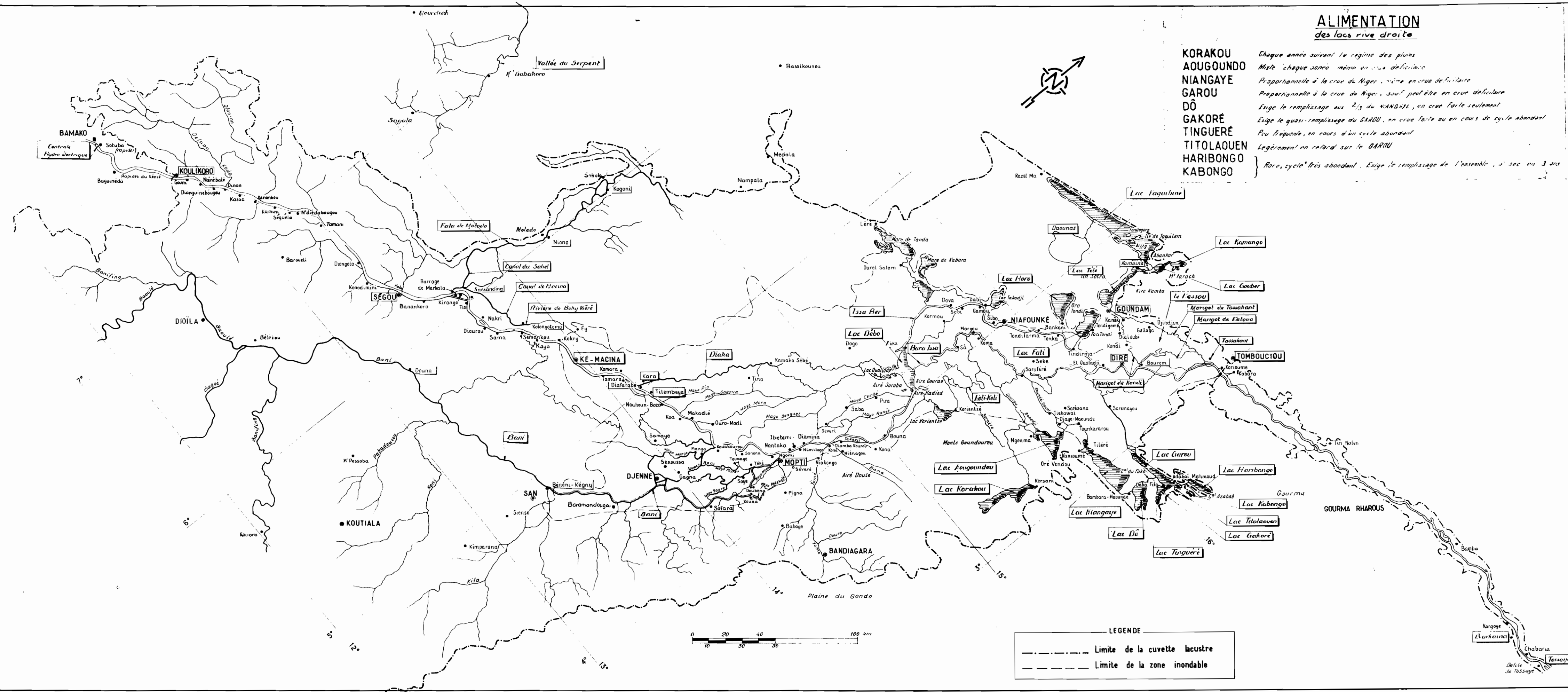
Au droit de Tombouctou, les divagations cessent, les plaines d'inondation deviennent très réduites, c'est la fin de cette cuvette lacustre.

Pour des raisons de facilités d'implantation et de surveillance qui sont évidemment sans rapport avec l'hydrographie ou l'hydrologie, la station principale de la sortie de cette cuvette est Diré et non Kabara, faubourg de Tombouctou. Mais les pertes entre Diré et Kabara sont à peu près de l'ordre de grandeur des erreurs de mesures sur le module de Diré. On peut en avoir une idée par le débit qui passe à Goundam et alimente les lacs Télé et Faguibine.

Depuis les stations de Koulikoro et de Sofara (sur le Bani) le Niger a reçu :

- de juillet à septembre : les apports directs des précipitations sur la partie de la cuvette en eau. Ces apports sont faibles, la superficie correspondante étant minimale à cette époque de l'année,
- les apports d'un unique affluent : la Yamé, issue du massif de Bendiagara : moins de 500 10⁶ m³ par an.

LA CUVETTE CENTRALE DU NIGER ET LA REGION LACUSTRE



Mais ses pertes sont énormes. En effet, le module à Diré n'est plus que de $1\,110\text{ m}^3/\text{s}$ (sur 51 ans), soit la moitié du module entrant dans la cuvette lacustre. Par ailleurs, les valeurs maximales annuelles à Koulikoro et Douna sont respectivement en année moyenne de $6\,220\text{ m}^3/\text{s}$ et $2\,980\text{ m}^3/\text{s}$, soit $9\,200\text{ m}^3/\text{s}$ au total ; le débit maximal sortant ne dépasse pas $2\,350\text{ m}^3/\text{s}$. Par contre, nous avons déjà vu que le fleuve est devenu beaucoup plus régulier. L'étiage, difficile à mesurer, est resté à peu près le même qu'à l'entrée dans la cuvette ; le maximum correspond seulement à 2,1 fois le module ; la crue décennale n'est plus que de $2\,640\text{ m}^3/\text{s}$, soit 1,12 fois la crue annuelle, alors qu'à Koulikoro le même rapport est égal à 1,27 ; l'irrégularité inter-annuelle définie par le coefficient $K_3(1)$ est de 1,71, nettement amélioré par rapport à l'ensemble Koulikoro + Douna. On trouvera dans le tableau ci-après les caractéristiques principales à Koulikoro ainsi qu'à Diré, sortie de la cuvette lacustre.

En ANNEXE III, on notera la transformation de l'hydrogramme, aux stations de Koulikoro - Ké Macina - Nopti et Diré, pour une année de faible crue (1956-1957) et une année de forte crue (1957-1958).

L'examen de ce graphique permet de constater que si à Ké Macina la forme générale de l'hydrogramme n'est pas encore transformée par la cuvette, le volume annuel transitant en ce point est nettement inférieur à celui passant à Koulikoro, ce parce que Ké Macina se trouve en aval de la prise d'eau de l'Office du Niger.

Il n'est peut être pas sans intérêt, pour mieux interpréter les données hydrologiques du Niger et mieux comprendre son régime, d'esquisser un parallèle entre ses caractéristiques à Koulikoro et celle du Sénégal à Bakel, qui présente un bassin versant actif de superficie voisine : $135\,000\text{ km}^2$. L'un représente assez bien le régime tropical pur, avec une hauteur de précipitations annuelles de $1\,160\text{ mm}$, l'autre le régime tropical de transition avec $1\,600\text{ mm}$ par an.

Le module du Niger est le double de celui du Sénégal, bien que la hauteur de précipitations annuelles ne soit supérieure que de 38 %, mais sur le Sénégal l'hydrogramme est nettement

(1) K_3 représente le rapport du module de l'année humide de fréquence décennale, au module de l'année sèche de même fréquence.

plus aigü, les crues y étant plus violentes, malgré un réseau hydrographique un peu moins favorable ; la crue annuelle correspond à 75 % de la crue du Niger pour un module 2 fois moindre ; les crues décennale et centenaire étant très voisines. Par contre, les basses eaux sont beaucoup moins abondantes sur le Sénégal (DC 9 = 40 m³/s au lieu de 115 m³/s) et le débit d'étiage est de 10 à 12 fois plus faible. Notons cependant que le débit d'étiage du Niger est très irrégulier (18 à 137 m³/s) du fait que sur la partie supérieure du bassin la saison sèche peut être trop courte certaines années pour que le tarissement soit très avancé, alors que sur le Sénégal, à la fin de la saison sèche, le tarissement est presque complet. Cette singularité mise à part, on constate que le Niger à Koulikoro présente un régime beaucoup plus régulier que le Sénégal à Bakel : K 3 = 1,89 au lieu de 2,75

.../

NIGER SUPERIEUR ET CUVETTE LACUSTRE

Caractéristiques hydrologiques essentielles
aux stations de Koulikoro, Koulikoro + Douna, Diré

Caractéristiques	Unité	Koulikoro	Koulikoro + Douna	Diré
Superficie des bassins versants	km ²	120 000	222 000	333 000
Précipitations moyennes annuelles	mm	1 600	1 450	(*)
Débit moyen annuel (module)	m ³ /s	1 545	2 215	1 110
Volume moyen annuel	m ³	49 10 ⁹	70 10 ⁹	35 10 ⁹
Débit d'étiage le plus fréquent	m ³ /s	32	(50)	(50)
DC 9	m ³ /s	115	170	250
DC 3	m ³ /s	2 400	3 700	1 960
Débit caractéristique de crue	m ³ /s	5 840	5840 + 2900	2 320
Maximum de crue moyenne annuelle	m ³ /s	6 220	6220 + 2980	2 350
Crue décennale	m ³ /s	7 900	7900 + 3180	2 660
Crue centenaire	m ³ /s	9 600	9600 + 3750	2 800
Volume annuel année humide 1er décile	m ³	63,5 10 ⁹	90 10 ⁹	47 10 ⁹
Volume annuel année sèche dernier décile	m ³	33,5 10 ⁹	50 10 ⁹	27,5 10 ⁹
Déficit d'écoulement	mm	1 165	1 135	(*)
Coefficient d'irrégularité interannuelle K3		1,89	1,80	1,71

(*) sans signification.

(...) valeur déduite non observée.

La note hydrologique de BRAQUAVAL de 1959 et l'étude hydroclimatique de DUBREUIL de 1961 ont complété les données hydrologiques d'ensemble concernant le fleuve, par une étude de détail portant sur la région lacustre en aval du parallèle de Niafunké, mais aussi et surtout sur la région du Kessou et le complexe lacustre Télé Faguibine, en aval de Diré, sur la rive gauche du Niger.

De Tondiferma à Korioume, par de nombreux effluents et par déversement en nappe sur leur rive gauche, l'Issa Ber, puis le Niger perdent à chaque crue un volume plus ou moins important qui inonde de multiples mares ou dépressions, dont certaines plus importantes prennent le nom de lacs.

Cependant que le même phénomène, réduit quant au volume perdu, se produit à partir du Barra Issa et du Koli Koli qui, par effluents et débordement sur leur rive droite, alimentent une série de lacs.

DUBREUIL a très clairement schématisé l'hydrologie du Kessou :

- le drainage de cette vaste cuvette est assuré finalement par la coupure ou marigot de Goundam, qui alimente le complexe lacustre Télé Faguibine ,
- le marigot de Goundam reçoit les eaux des deux grands collecteurs que sont les marigots de Kondi et de Tassakant, issus l'un et l'autre du bras de Katoua qui est l'un des bras principaux du lit majeur du grand fleuve ,
- en début de crue, au maximum de la crue, en décrue, le sens de l'écoulement dans les marigots de Kondi et de Tassakant reste invariablement le même : les eaux se dirigent du Katoua vers Goundam, il n'y a jamais retour au fleuve ; le Katoua, quant à lui, coule toujours dans le sens naturel nord-est, qui est celui du Niger ; cependant que le courant sous le pont de Dialoubé se dirige vers le sud-ouest en début de crue, pour prendre le sens inverse au maximum de la crue et en décrue,
- les débits qui entrent dans chacun des marigots de Kondi et Tassakant qui, à leur origine, sont plus une succession de cuvettes aux contours imprécis qu'une rivière au lit marqué, se perdent en partie par évaporation ou épandage diffus, pour être, au

droit de Kaneye pour l'un, de Djin Djin pour l'autre, renforcés par des apports de la nappe qui submerge le Kessou et se dirige lentement vers le nord-ouest ,

- c'est ainsi qu'au cours des crues 1957-58 et 1958-59, les volumes passés à Kaneye ont toujours été supérieurs à ceux passés à Bourem ; c'est ainsi également que les volumes passés à Goundam sont supérieurs au total des volumes enregistrés à Kaneye et à Djin Djin, la différence provenant des apports du bras de Galaga,
- en définitive, la répartition entre les différents tributaires du marigot de Goundam a été la suivante pour ces deux crues :

en %	crue 1957-58	crue 1958-59
. marigot de Kondi à Kaneye	42	44
. marigot de Tassakant -bras de Djin Djin	39	42
. marigot de Tassakant -bras de Galaga	19	14
en valeurs absolues (millions de m ³)		
. Bourem	725	600
. Kaneye	960	645
. Djin Djin	890	615
. Goundam	2 280	1 470
. Goundam-(Kaneye + Djin Djin) =	430	210

Ces observations sont très importantes pour un projet d'aménagement du complexe Télé Faguibine.

L'hydrogramme à Goundam a été reporté sur le graphique ANNEXE III, cité plus haut, où figurent déjà les hydrogrammes à Koulikoro- Ké Macina, Mouti et Diré.

.../

2.3 LA PREVISION DES CRUES

Cette prévision, ainsi d'ailleurs que celle de la décrue, revêtent une importance primordiale pour l'agriculture et la navigation.

La prévision des crues était basée à l'origine, tant pour le Niger que pour le Bani, sur une centralisation rapide à Bamako des relevés des stations pluviométriques qui couvrent le haut bassin de ces fleuves en nombre suffisant.

Dans la pratique, il est bien vite apparu que cette centralisation ne se faisait pas avec toute la célérité désirable ; plus particulièrement en ce qui concerne les stations guinéennes dont les relevés ne parvenaient plus ou parvenaient trop tardivement pour être utilisés dans une prévision à longue échéance. Au surplus, nombre d'observations transmises par télégramme étaient entachées d'erreurs.

C'est alors qu'en 1959 les hydrologues de l'ORSTOM, qui avaient mis au point la méthode de prévision basée sur la corrélation hydro-pluviométrique, ont essayé de définir des méthodes empiriques qui permettraient une prévision des crues en aval de Mopti. Ces méthodes, que nous examinerons plus loin, ont permis depuis quatre ans de prévoir avec une approximation très satisfaisante, et plusieurs semaines à l'avance, la crue à Akka et à Diré, par exemple.

Cependant, ces méthodes, pour aussi intéressantes qu'elles soient, ne permettent pas, comme la centralisation en temps opportun des relevés pluviométriques, une prévision pour l'amont de Mopti, tant sur le Niger que sur le Bani, ce qui n'est pas sans créer une gêne importante au Génie Rural qui exploite le casier rizicole de Tamani (14 000 ha) sur le Niger et celui de Beneny Kégné sur le Bani.

Il serait souhaitable qu'un effort soit fait pour reprendre la prévision basée sur la pluviométrie, au moins en ce qui concerne le bassin du Bani, à cause de l'importance de la riziculture dans la vallée de cette rivière et de l'intérêt de cette prévision pour la ville de Mopti soumise à des inondations périodiques.

En ce qui concerne le casier rizicole de Tamani sur le Niger, il doit être possible d'assurer une liaison par radio avec Kénieroba, ce qui permettrait une prévision à courte échéance certes, mais tout de même en temps opportun.

2,31 La prévision des crues en aval de Mopti d'après les méthodes empiriques de substitution

1ère méthode applicable à toutes stations en aval de Mopti

Quand la décrue est amorcée à Koulikoro, on suit les variations de la somme des hauteurs d'eau journalières relevées aux limnimètres de Tilembeya et de Mopti amont (sur le Bani) ; quand cette somme atteint son maximum on utilise les courbes de corrélation qui ont pu être tracées d'après de nombreuses observations et qui lient ce maximum à celui atteint par diverses stations en aval de Mopti ; qui lient également entre elles les dates d'apparition des maxima.

Par cette méthode, la prévision pour Diré peut être faite avec 1 mois 1/2 d'avance.

2ème méthode applicable à la seule station de Diré

Deux corrélations qui se vérifient ont pu être établies, basées sur une vingtaine d'années d'observations :

- a - entre la cote à Mopti le jour J1 où le fleuve en décrue à Koulikoro atteint la cote 6,00 m et la cote maximale qui sera atteinte à Diré ,
- b - entre la cote à Mopti le jour J2 où le fleuve en décrue à Koulikoro atteint 5,50 m et la cote maximale qui sera atteinte à Diré.

Il suffit donc de suivre la décrue à Koulikoro et de relever la cote à Mopti aux jours J1 et J2 où le fleuve passe par les cotes 6,00 m et 5,50 m .

Par cette méthode, la prévision peut être faite avec 2 mois à 2 mois 1/2 d'avance (d'après comparaison des limnigrammes relevés à Koulikoro et Diré) ; mais elle est un peu moins précise qu'avec la méthode générale applicable à toutes stations.

Si l'on a pris soin de tracer jour après jour le limnigramme de Diré, il suffira d'extrapoler jusqu'au maximum prévisible, en respectant l'allure habituelle du sommet de la courbe pour en déduire la date du maximum, avec une approximation d'autant plus suffisante que ce maximum se maintient généralement pendant une dizaine de jours.

2,32 La prévision de la crue de Mopti

Une méthode a été mise au point par l'hydrologue de l'ORSTOM, Conseiller Technique de la Direction de l'Hydraulique du Mali. Elle est basée sur l'observation suivante : le début du palier du limnigramme à Tilembeya se situe environ 8 jours après la date où la crue atteint la cote 6,00 m à Koulikoro, elle utilise deux corrélations :

a - celle existant entre deux intervalles de temps :

1. celui T1 pendant lequel la cote à Koulikoro dépasse 6,00 m (du jour J1 au jour J2)
2. celui T2 qui sépare J1 + 8 du jour J4 qui est le premier des 10 jours où la cote de Mopti est à son maximum ,

b - celle existant entre les débits observés à l'amont et le volume total écoulé à Mopti pendant la montée de la crue.

Ces deux corrélations permettent :

- une première prévision destinée à la population de Mopti pour l'informer de la valeur de la cote qui ne sera probablement pas dépassée ,
- une seconde prévision destinée à la Compagnie Malienne de Navigation et lui fournissant l'allure la plus probable du sommet de la crue et du début de la décrue. L'intérêt de cette seconde prévision apparaît lorsque l'on sait que la navigation à Mopti s'arrête pour une hauteur d'eau de 1,96 m à l'échelle de Mopti amont sur le Bani.

2,33 La prévision de la décrue du Niger à Diré

Cette prévision, d'une importance capitale pour les cultures de décrue de la zone lacustre est obtenue après détermination:

- 1° - de la date -jour J- du maximum de la crue à Diré soit le milieu de la période pendant laquelle la cote reste à sa valeur maximale ou n'en diffère que de 1 ou 2 cm ;
- 2° - du type de la décrue à prévoir, après comparaison de la cote à Koulikoro au jour J ci-dessus et de la cote maximale à Diré.

Si HK est la cote à Koulikoro au jour J et HD la cote maximale à Diré, on distingue 3 types de décrue :

A - décrue rapide pour	$HK - 1/5 HD < 64 \text{ cm}$
B - décrue moyenne pour	$64 \text{ cm} < HK - 1/5 HD < 95 \text{ cm}$
C - décrue lente pour	$HK - 1/5 HD > 95 \text{ cm}$

Cela étant, on utilise l'un des trois tableaux établis qui donnent les temps de décrue à partir du jour J jusqu'aux cotes 5,00 - 4,50 - 4,00 - 3,00 - 2,00, en fonction des cotes maximales à Diré échelonnées de 5 en 5 cm, de 6,20 m à 5,00 m.

Pour une application pratique de prévisions par les masses paysannes, il a été tenu compte du calendrier stellaire qui rythme leur existence, lequel est ponctué par des intervalles de 13 jours limités par les dates fixes : 9 décembre - 22 décembre - 4 janvier - 17 janvier - 30 janvier, etc ... C'est ainsi que le Service de l'Hydraulique partant des trois tableaux cités ci-dessus a établi des prévisions de décrue à partir d'un cadre constitué précisément par ce calendrier stellaire, pour être mieux compris des utilisateurs.

On a à peu près 50 % de chance pour que la cote réelle le 2ème jour de prévision du calendrier stellaire diffère de ± 3 cm de la cote prévue ; cette différence va en augmentant avec le temps, ce qui est normal puisqu'une décrue aberrante a tendance à s'éloigner de plus en plus de la courbe moyenne. Très grossièrement,

l'incertitude vers le 7^{ème} jour stellaire (environ 100 jours après le jour J du maximum) est de l'ordre de ± 50 cm pour l'intervalle de confiance de 97 %. En temps cette incertitude est de l'ordre de ± 9 jours pour le même intervalle de confiance.

Une autre méthode de prévision est possible, utilisant une corrélation entre éléments caractéristiques de la crue à Diré et à Mopti ; elle permet une vérification de la précédente ; nous ne la citerons ici que pour mémoire.

°
° °

Les prévisions de crue et de décrue sont transmises sans délai aux autorités administratives et aux Services de l'Agriculture et du Génie Rural. Un bulletin radio diffuse ces prévisions ; c'est assez dire l'importance que l'on y attache.

3 LES POSSIBILITES DE REGULARISATION DU DEBIT

3.1 LE PROJET DU NIANDAN

Si le Niger est la grande voie de communication naturelle intérieure de l'Afrique Occidentale et particulièrement du Mali, où son profil en long offre des possibilités de navigation dans la zone la plus riche du pays : de Koulikoro à Mopti, depuis toujours la navigation sur le fleuve comporte des à-coups sérieux dus au décalage des crues et à la longue période d'étiage. De même si la vaste région qui englobe les terres de l'Office du Niger se prête à des aménagements agricoles, sa mise en valeur postule que l'on puisse disposer d'un important volume d'eau, à des époques où le régime capricieux du fleuve ne le met pas toujours à disposition.

Le régime naturel du fleuve appelle donc une régularisation de son débit.

Avant 1947, l'Office du Niger avait effectué une prospection des différentes branches mères du fleuve pour l'édification éventuelle d'un barrage de régularisation. Le choix se porta sur le Niandan, considéré comme la branche la plus abondante et présentant un étranglement de sa vallée à Fomi, à 30 km en amont du confluent avec le Niger.

Les études préliminaires de l'aménagement de ce site furent exécutées en 1948-49 par EDF, à la demande de la Direction Générale des Travaux Publics du Ministère de la France d'Outre-Mer.

Le but poursuivi était double :

- avec une capacité utile de $4,5 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ et un débit de restitution de $600 \text{ m}^3/\text{s}$, prolonger la période de navigabilité sur le Niger, en aval de Koulikoro, pour la porter de 6 mois 1/2 à 9 mois 1/2 par an ; cette prolongation facilitant incidemment

l'évacuation de la production agricole de la vallée du Bani, production commercialisable dès le mois de décembre, mais qui doit souvent attendre le début de la crue suivante pour rejoindre Koulikoro par voie d'eau ;

- permettre une extension des irrigations de l'Office du Niger en superficie et en durée (programme des 300 000 ha que nous examinons au chapitre IV).

En 1950, EDF présentait un avant-projet sommaire (appelé aussi dossier 1948-49 -date des opérations sur le terrain), lequel fut complété en mai 1951 par une "Evaluation sommaire des frais d'aménagement pour 4 variantes possibles" : volume utile retenu de 3,5 ou 4,5 milliards de m^3 ; débit de restitution de 300 ou 500 m^3/s ; ce sous certaines hypothèses concernant l'utilisation des diverses tranches de la réserve.

C'était là l'avant-projet du grand Niandan ou projet des 4,5 milliards de m^3 , dont le coût (3,8 milliards de francs CFA en 1951) s'est révélé prohibitif eu égard au bénéfice à en attendre.

La raison de cette faible rentabilité était triple :

- 1° - le site de Fomi exigeait pour le stockage prévu un barrage de 1 200 m environ de longueur et de 40 ou 42 mètres de hauteur et il fallait prévoir un évacuateur de crue de 2 000 m^3/s , compte tenu du laminage ;
- 2° - l'accroissement de la production agricole restait limité par des conditions agronomiques restant à résoudre et des considérations de main-d'oeuvre ;
- 3° - on ne pouvait attendre du barrage une production d'énergie équilibrée et utilisable dans des conditions normales.

Cet avant-projet de 1950, complété par l'étude économique de mai 1951 fut présenté au Comité des Travaux Publics à Paris, le 3 juillet 1952, par M. REFFAY, Ingénieur en Chef des Ponts et Chaussées, après réévaluation du devis estimatif à 4,4 milliards aux conditions économiques de janvier 1951 et à 6,3 milliards de francs CFA en juin 1952.

M. REFFAY estimait que :

- l'on ne pouvait plus dissocier les besoins de la navigation de ceux des irrigations ;
- les avantages économiques à attendre du barrage étaient essentiellement d'ordre agricole , la prolongation des périodes de navigabilité sur le bief Koulikoro-Mopti procurant un bénéfice sensiblement moindre. Ce bénéfice évidemment fonction du tonnage kilométrique empruntant le fleuve, serait à reconsidérer aujourd'hui ;
- une solution satisfaisante serait de trouver un site permettant de stocker, dans des conditions économiques acceptables : 1,5 à 2,0 10^9 m³ avec corrélativement une route Bamako-Ségou (route aujourd'hui existante avec une chaussée bitumée) ;
- les besoins en énergie de la région proche du barrage seraient et demeureraient encore longtemps pratiquement nuls ;
- les conditions de fonctionnement du réservoir, telles que prévues, étaient extrêmement défavorables à l'équipement d'une chute, la production nulle pendant un minimum de 6 mois par an, ne permettrait pas d'imputer une partie des dépenses à la production de kWh, ENERGIE AOF , dans sa note du 14.1.58, estimait que la production serait pratiquement répartie sur 4 mois de l'année ;
- cependant, le barrage aurait une incidence heureuse sur les centrales de Sotuba et de Kénié, dans des conditions qui restaient à évaluer (1).

°
° °

(1) Voir au chapitre II l'influence de la régularisation partielle des débits.

Intuitivement M. REFFAY avait indiqué comme possible un site sur le Sankarani. D'après la Monographie, on sait aujourd'hui que les caractéristiques comparées des deux sites sont :

Niandan : B.V. de $12\,700\text{ km}^2$ - module de $260\text{ m}^3/\text{s}$

Sankarani (station de Gouala) B.V. de $35\,500\text{ km}^2$ - module de $405\text{ m}^3/\text{s}$.

o o

Tandis que M. REFFAY rédigeait son rapport de présentation au Comité des Travaux Publics, en l'assortissant de suggestions pour l'établissement du projet définitif, des équipes d'EDF retournaient sur le terrain pour compléter les études de 1948-49, principalement en ce qui concerne l'hydrologie et la géologie. Ces équipes sont demeurées sur place en 1952 et 1953, à la suite de quoi EDF, en collaboration avec le Bureau d'Etudes COYNE, présentait en 1955 un nouveau dossier intitulé "Etudes Complémentaires 1952".

Du dossier 1948-49 on a conservé la topographie, sauf à la compléter par une triangulation au droit du barrage, et quelques petits levés complémentaires, ainsi qu'une étude des routes d'accès au chantier et à la carrière ; sans cependant rechercher un autre site pour le barrage.

Au dossier initial on a ajouté trois imposants chapitres, portant respectivement sur les études :

hydrologiques	: chapitre III
géologiques	: chapitre IV
des sols	: chapitre V

Ces compléments d'études étaient faits dans le but de présenter un dossier de concours.

Si le projet du Niandan était repris, il conviendrait de joindre aux données hydrologiques des études de 1952, celles plus récentes de la Monographie et les observations qui ont pu être faites à la station de jaugeage de Baro.

Il conviendrait également de revoir toutes les hypothèses de base concernant les besoins de la navigation (introduction nouvelle du poussage et d'une flottille à fond plat) et ceux de l'agriculture exposés au chapitre IV .

Le projet, après les études complémentaires de 1952, se présente avec les caractéristiques suivantes :

- capacité utile de la réserve : $4,5 \cdot 10^9 \text{ m}^3$,
- maintien d'une digue constituée par un noyau central étanche en argile compactée, avec protection ou enrochements, mais avec interposition de massifs stabilisateurs en sable, mis en place hydrauliquement. L'absence de rocher sain à une profondeur raisonnable imposait la solution "digue en terre", avec cependant une carapace en enrochements assurant la sécurité pendant la construction ,
- débit de restitution porté à $800 \text{ m}^3/\text{s}$ sous charge correspondant à la cote de retenue normale ;
- hauteur maximale du barrage portée à 44 m ,
- débit maximal à évacuer estimé à $2\,500 \text{ m}^3/\text{s}$ au lieu de $2\,000 \text{ m}^3/\text{s}$.

Enfin, et c'est là un point important, l'objectif principal de l'aménagement est ramené à la régularisation du débit en vue de l'amélioration des conditions de navigabilité, alors que nous avons vu que cet objectif ne saurait être à lui seul une justification de l'ouvrage. Mais ce pouvait être une simplification du problème en première approximation, les besoins de la navigation exigeant à l'époque des lâches plus importantes que ceux de l'agriculture.

Cette étude complémentaire ne comporte aucun dessin des ouvrages, même schématique : on n'y trouve donc pas d'avant-métré(1). Par contre, dans le "Dossier de Concours pour les travaux de Génie Civil" qui l'accompagnait, figurent :

- a) un sous-dossier "dessins des ouvrages" ,
- b) un sous-dossier "détail estimatif", prix en blanc, mais qui donne les quantités par diverses natures d'ouvrages.

(1) Tous ces éléments figurent dans le dossier de concours, que nous citons plus loin, et dont l'étude complémentaire constituait en quelque sorte la note technique justificative.

Ainsi que le précise le titre de ce Dossier de Concours, il n'y a là que le génie civil ; les travaux de vannage devaient faire l'objet d'un autre dossier de concours qui reste à établir.

Le dossier de concours de mars 1955 n'a fait l'objet d'aucune évaluation de la part de l'Administration ; c'est ainsi que la réévaluation de l'ouvrage faite en février 1957 par la MEAN (sa présentation au Plan de 1958 - dossier II 9 éliminé de la documentation) est basée sur une masse de travaux qui correspond à l'avant-projet de 1948-49. C'est ainsi que cette réévaluation qui fait apparaître le chiffre de 7,7 milliards de francs CFA ne comprend pas 1 800 000 m³ de remblais sableux hydrauliques, mais par contre 2 000 000 m³ d'enrochements au lieu de 810 000 m³ ; etc. On notera qu'aucune administration n'a jamais donné suite à ce dossier de concours minutieusement préparé.

°
° °

Il y aurait bien des précisions à apporter si l'on reprenait le projet du Niandan.

- 1° - Dans sa note du 14.1.1958, ENERGIE AOF écrivait que le volume écoulé à Fomi représentait environ 10 % du volume écoulé à Koulikoro, or les modules à Baro et Koulikoro sont dans le rapport 260/1545.
 - 2° - Cette même note précisait que la capacité utile de 4,5 10⁹ m³ à Fomi permettra de maintenir un débit minimal de 460 m³/s à Koulikoro aux basses eaux, débit qui est nécessaire à la navigation, qui s'arrête normalement au-dessous de 420 m³/s (1). Ce chiffre est en contradiction apparente avec ceux cités plus récemment par ROUSSELOT : débits limites pour navigation légère 350 m³/s, pour navigation semi-lourde 550 m³/s.
 - 3° - ENERGIE AOF fixait à 7 10⁹ m³ le volume écoulé à Fomi en année moyenne (PODIER dit 8,2 10⁹ m³) et estimait qu'il assurerait de justesse le remplissage du réservoir (4,85 10⁹ m³ pour une tranche utile de 4,5 10⁹ m³), compte tenu de l'évaporation et des lâchures de septembre qui seraient à faire en vue d'éviter de réduire le débit de crue dans les plaines rizicoles de la vallée entre Kouroussa et Siquiri. Sur ces lâchures de septembre, M. REFFAY n'était d'ailleurs pas d'accord.
-
- (1) en l'absence de précisions que l'on ne possédait pas à l'époque, ce débit moyen avait été retenu comme susceptible de permettre une prolongation satisfaisante de la navigation des chalands lourds ou mi-lourds, plus ou moins chargés.
-

- 4° - Le débit de crue à prendre en considération serait à fixer avec plus de précision ; on le voit évoluer suivant les documents de 1 720 (crue centenaire estimée) à 3 000 m³/s (crue millénaire d'après ENERGIE AOF)(1).
- 5° - L'exploitation de la réserve serait à revoir en entier pour tenir compte des besoins actuels respectifs de la navigation et de l'agriculture.

°
° °

Les 19 et 20 mars 1953, sous la présidence de M. AM , Ministre des Travaux Publics du Mali, s'est tenue à Bamako ce que l'on est convenu d'appeler la conférence du Niandan.

Bien que l'objet principal de la conférence ait été la régularisation partielle annuelle du débit du Niger, les débats se sont élevés et l'on a abordé très longuement les possibilités de développement économique du Mali par l'exploitation des ressources minières et la création éventuelle d'une industrie lourde axée sur l'électro-métallurgie (ferro-manganèse, aluminium) et basée sur une production d'énergie à bas prix. Incidence tout à fait logique, le grand Niandan ne pouvant se justifier ni par la régularisation des transports des produits agricoles, qui ne représentent et ne représenteront à courte échéance qu'un tonnage kilométrique faible, ni par l'irrigation des terres de l'Office du Niger, le programme des 300 000 ha, base du projet du Niandan, n'étant réalisable que dans un demi-siècle à la cadence actuelle de mise en culture des terres.

Au cours de cette conférence, des rapports très importants ont été présentés concernant, d'une part l'influence que pourrait avoir la réalisation d'une grande réserve sur :

- le développement de l'Office du Niger,
- la production d'énergie hydroélectrique au Mali,
- le trafic fluvial,

(1) Il faut s'en tenir aujourd'hui aux données de la Monographie qui, pour la station de Baro, indique :

débit maximal observé sur 12 ans	:	1 490 m ³ /s
crue décennale estimée	:	1 370 m ³ /s
crue centenaire estimée	:	1 720 m ³ /s
crue millénaire estimée	:	2 060 m ³ /s

et concernant d'autre part :

- les ressources du Mali en énergie hydroélectrique et les besoins en énergie de la région de Bamako (1) ,
- les possibilités minières du Mali et le marché mondial du manganèse,
- le prix de revient de l'évacuation par voie ferrée d'un tonnage massif de pondéreux, en relation avec l'exploitation possible du manganèse d'Ansongo.

Ce tour d'horizon a été fait pour essayer de trouver une justification au grand Hiandan par un accroissement notable du trafic fluvial, faisant suite à une exploitation de minerai, et par une utilisation industrielle de l'énergie produite directement au pied du barrage ou indirectement par le Kénié.

Dans les perspectives du moment la réalisation d'une réserve de 1 milliards de m³ avait été considérée, après examen, comme une demi-mesure.

On pourra retenir certaines idées émises au cours de cette conférence, comme pouvant s'appliquer éventuellement à un autre ouvrage de régularisation du débit du fleuve :

- l'écrêtement des fortes crues, pour autant qu'il puisse être réalisé, serait favorable à la riziculture des plaines bordières inondées ; il conviendrait par contre de maintenir les moyennes eaux à leur niveau actuel pour ne pas gêner l'irrigation des rizières ,
- la surélévation de la cote du plan d'eau en étiage est un élément favorable à l'alimentation de la nappe phréatique et à la prolifération des poissons ; elle conduira par contre à une amélioration des engins de capture qui doit être facilement acceptée, puisque le tonnage pêché doit être accru ; elle n'est pas nuisible à l'agriculture, les terres découvertes dans le lit du fleuve étant de consistance sableuse ,
- à défaut de transports massifs de pondéreux, des aménagements locaux du chenal navigable par panneaux de fond et de surface, ou par dragages mécaniques, sont préférables - sur le plan économique - à la régularisation du débit, sauf à conjuguer les deux méthodes dans certains cas ,

((1) Voir au chapitre II "L'équipement hydroélectrique" les besoins de cette région évalués en 1964.

- si un tonnage relativement important (de l'ordre de 79 000 tonnes à l'époque) circule sur le tronçon Koulikoro-Ségou, il ne représente en fait qu'un faible chiffre de tonnes.km ($32 \cdot 10^6$ environ). L'intérêt serait d'aménager le chenal jusqu'à Mopti (secteur en pleine croissance) et même au delà pour obtenir une amélioration des tarifs de navigation ,
- si l'on produisait quelques dizaines de millions de kWh à Fomi, qu'en ferait-on ? ce serait mieux d'en disposer près d'Ansongo, ou à Gouina, voire à Bamako. D'ailleurs Fomi n'est susceptible de donner, dans les hypothèses retenues pour l'exploitation de la réserve, qu'une production saisonnière sans intérêt pour une utilisation industrielle : c'était la l'avis de M. MERLIN ,
- ne pas oublier la pêche et ses impératifs : maintenir inondées les plus grandes superficies possibles ; ne pas supprimer complètement l'étiage, période pendant laquelle le poisson se concentre dans les lits mineurs ,
- retenir que si l'exposé de M. JOSSE sur le prix de revient du transport d'un tonnage massif de pondéreux est d'un très grand intérêt technique, il n'a qu'une valeur d'information pour notre étude ; le Mali ne pouvant que rechercher le meilleur contrat possible avec l'un des territoires limitrophes propriétaires des voies ferrées conduisant à Dakar, Conakry ou Abidjan.

Note doit être prise que le meilleur prix de revient d'un transport par voie ferrée n'est pas forcément obtenu en empruntant la ligne la plus courte ; il faut corriger les distances réelles pour tenir compte des caractéristiques de la voie (1).

- on retiendra, aussi que le Congo ex-Belge, les Rhodésies, l'Afrique du Sud ont des chemins de fer qui transportent des minerais à très grande distance ; que si les tarifs existant ont pu décourager la prospection minière dans les régions éloignées de la côte, on admet maintenant qu'un transport nouveau de produits pondéreux peut être tarifé au prix de revient partiel dans un réseau qui assure par ailleurs son grand équilibre ; le tonnage annuel de pondéreux à transporter dans ce cas devant rester compris entre un plancher de 65 à 100 000 tonnes et un plafond de l'ordre de 1 500 000 tonnes.

o
o o

(1) voir chapitre III, paragraphe "la voie ferrée".

En conclusion, la réalisation du projet du grand Niandan n'apparaît pas rentable dans les conditions actuelles du développement de l'agriculture au Mali et compte tenu du tonnage maximal de produits agricoles ou de biens d'équipement et de consommation susceptible d'emprunter la voie fluviale.

De plus, des changements politiques importants sont intervenus depuis 1947 ; la Fédération d'Afrique Occidentale a éclaté, le site de Fomi se trouve en territoire Guinéen, alors que l'ouvrage prévu ne bénéficierait qu'au Mali. Les problèmes d'ordre politique posent donc un préalable, indispensable à résoudre avant tout commencement d'exécution des travaux, même avant tout engagement de dépenses pour l'établissement d'un projet définitif.

o
o

Fallait-il pour autant laisser les choses en l'état ? Déjà M. RUFFAY estimait, dans son rapport de 1952, qu'une solution satisfaisante serait de trouver un site permettant de stocker, dans des conditions économiques acceptables, 1,5 à 2 milliards de m³. A la conférence du Niandan en 1958, M. MAS faisait ressortir dans une étude l'intérêt d'un petit Niandan ou d'un Sankarani de 1 milliard de m³ pour la régularisation du débit de basses eaux et l'accroissement corrélatif de nuisance à Sotuba ou au Kénié. C'est ainsi qu'est née l'idée de la réserve de 1 milliard de m³.

3.2 LA RESERVE DE 1 MILLIARD DE m³

Par lettre du 9 août 1957, le Service des Travaux Communs d'Equipement de base à Dakar a demandé à EDF de procéder à une prospection systématique des principaux sites de barrages du Haut Niger et de ses affluents, pouvant permettre la régularisation partielle des débits de basses eaux du Niger Supérieur.

Le volume de la réserve constituée devait être de l'ordre de 1 milliard de m³ ; l'étude devait permettre de comparer l'intérêt des sites retenus à celui déjà étudié de Fomi, au cas où serait aménagée une réserve réduite, de 1 milliard de m³, sur le Niandan.

Le réservoir de régularisation devait présenter des garanties suffisantes de remplissage, même et surtout en année sèche. Le coefficient d'irrégularité interannuelle (1) sur des périodes de 30 ans étant voisin de 2 dans ces régions, on devait pouvoir compter pour la seule alimentation de la réserve sur un volume annuel moyen de 1,75 milliard, soit au total 2 milliards en comprenant les besoins des populations riveraines, car dans des régions relativement peuplées on ne peut arrêter complètement l'écoulement d'un cours d'eau sans apporter de graves perturbations dans la vie des populations.

EDF a présenté un premier document en novembre 1957, concernant la "Prospection sur documents des sites de barrages de régularisation".

Dans son exposé d'ouverture de la Conférence du Niandan, le Ministre des Travaux Publics du Mali a fait état de cette prospection sur "documents".

Puis deux missions EDF se sont succédées sur le terrain, l'une en 1958 (9 mars-15 mai), l'autre en octobre 1959.

A la suite de quoi EDF établissait un "Rapport Préliminaire" en septembre 1958, puis enfin un "Rapport de Synthèse" en octobre 1959.

Les sites retenus au Rapport Préliminaire concernaient les vallées du Milo et du Sankarani qui présentent des caractères morphologiques différents bien que situées sur des terrains comparables (socle ancien rocheux affleurant de place en place dans le lit mineur - formations latéritiques de couverture sur les pentes des vallées).

(1) Rapport entre module année moyenne et module année sèche. Ce vieux critère que l'on trouvera dans des documents figurant à la bibliographie n'est pas commode à utiliser et, de plus, discutable. Pour tout calcul de rentabilité d'un aménagement hydroagricole on est amené à considérer aujourd'hui, soit l'année décennale humide, soit l'année décennale sèche. C'est pourquoi il convient d'introduire plutôt le coefficient d'irrégularité interannuelle K_3 dont nous avons donné la définition précédemment et qui est de 1,89 à Koulikoro, 1,84 à Baro, 1,46 à Kankan, 1,69 à Mandiana, 1,60 à Gouala.

Mais alors que les sites du Milo intéressent la moyenne vallée, ceux du Sankarani se placent dans la basse vallée. Cependant le Sankarani est une rivière beaucoup plus abondante que le Milo.

En fait, il était retenu comme possibles :

3 sites sur le Milo : Kogbédougou - Manimoridou - Koumana

3 sites sur le Sankarani: Sélingué - Balandougou - Sagnimalé

Tous sites techniquement valables pour stocker 110^9 m^3 dans des conditions économiques d'équipement assez voisines, mais d'un intérêt très variable suivant que l'on envisage ou non une production d'énergie pour l'alimentation du secteur Bamako-Koulikoro, ou la seule régularisation du débit d'étiage pour la navigation et l'irrigation.

Cependant que l'on éliminait les sites du Tinkisso, trop éloignés de Bamako (220 km) et conduisant à des longueurs de barrages de plus de 2 500 m, pour un stockage de l'ordre de $0,8 \cdot 10^9 \text{ m}^3$.

Comparé au Milo, le Sankarani a un bassin moins montagneux, moins arrosé, des étiages accusés, une abondance annuelle modérée, mais un BV plus étendu (34 300 km² à Sélingué contre 5 500 à Koumana) ; dans sa basse vallée, les plaines alluvionnaires d'inondation sont beaucoup plus larges, de pente plus faible et plus régulière (particulièrement à l'aval du confluent avec la Ouassouloubalé).

Ainsi les retenues du Sankarani, à stockages égaux, nécessiteraient une surélévation moindre du plan d'eau, donc des ouvrages plus bas, mais les longueurs en crête des barrages seraient plus élevées.

Par contre, les crues exceptionnelles à envisager pour le calcul des évacuateurs seraient plus fortes sur le Sankarani que sur le Milo.

Le rapport de synthèse - que nous prendrons seul en considération - fait une nouvelle analyse des résultats antérieurement rassemblés et présente comme éléments nouveaux :

- 1° - une note géologique assez détaillée de M. COUFFURE ainsi que quelques résultats d'analyses et essais mécaniques des sols de fondation ou des matériaux de construction du barrage et des diques ;
- 2° - une esquisse des possibilités de production d'énergie des sites du Wilo et du Sankarani, de laquelle on retiendra que Kogbédougou pourrait produire 300 millions de kWh, mais avec 3 mois déficitaires et sans que l'on puisse dire quelle serait l'utilisation de cette énergie, et qu'à Selingué, dans l'hypothèse d'une alimentation de la région de Bamako conjointement avec une centrale thermique et l'usine de Sotuba, il serait possible de tabler, pour la puissance garantie, sur la valeur du mois de mai, soit 11 200 MW (1). Cette esquisse fait appel à l'Etude des Possibilités d'amélioration de la navigation sur le Niger (UEAN - octobre 1957) à partir de laquelle un programme d'exploitation de la réserve a été établi pour l'année moyenne ;
- 3° - les profils en travers et les coupes géologiques réelles ou présumées des 6 sites retenus du Wilo et du Sankarani, avec pour chacun d'eux la cote de retenue et la hauteur approchée du barrage pour stocker $1 \cdot 10^9 \text{ m}^3$; c'est ainsi que dès 1959, on pouvait retenir comme caractéristiques approchées d'une réserve en amont de Selingué : volume annuel moyen écoulé de $12,4 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ pour un BV de $34 \cdot 300 \text{ km}^2$, module estimé de $395 \text{ m}^3/\text{s}$ et crue exceptionnelle de $3 \cdot 000 \text{ m}^3/\text{s}$; et concernant le barrage lui-même : longueur en crête 2 470 m, hauteur sur berges 12 m, hauteur sur lit 20,50 m, pour un stockage de $1 \cdot 10^9 \text{ m}^3$.
- 4° - des données hydrologiques plus étoffées que celles du rapport de novembre 1957, par suite de la parution de la Monographie du Niger ; c'est ainsi que l'on trouvera pour chacun des 6 sites possibles : le BV, le module, le débit spécifique, le volume annuel écoulé, les crues décennales et millénaires et la crue exceptionnelle réservant une marge de sécurité.
- 5° - on notera cependant que ces données hydrologiques ont été déterminées par corrélation. L'ajustement statistique des valeurs de crue pour le Sankarani a été délicat, car on ne disposait alors que de 5 ans d'observations directes aux stations de base(2).

(1) Voir à ce sujet notre étude plus récente au chapitre II.

(2) On notera que l'on dispose maintenant de 12 crues observées, ce qui autorise une révision des caractéristiques hydrologiques sur le Sankarani, dans le cadre de l'avant-projet de Selingué - voir chapitre V.

Le rapport de synthèse conclut ainsi :

- 1°/ il est indispensable de procéder à une étude, au moins sommaire, de la cuvette du Sankarani (levé topographique), son résultat pouvant modifier le classement actuel. Le rapport préliminaire recommandait aussi un levé de la cuvette du Milo ;
- 2°/ après quoi s'imposera une reconnaissance géologique et topographique de détail des sites conservés à la suite du levé des cuvettes ;
- 3°/ le choix sera alors subordonné à des éléments politiques, économiques, etc... le présent rapport ne visant que l'aspect technique du problème ; les sites à retenir pour des études ultérieures seront différents suivant les hypothèses de base :

a - La production d'énergie pour Bamako n'est à envisager ni dans l'immédiat ni à échéance lointaine	(Etudier : Koumana - Balan- (dougou - Sagnimalé - Fomi - (Il est probable que le levé (de la cuvette du Sankarani (et une première campagne de (sondages conduiront à élimi- (ner certains sites. Pour un (choix définitif 2 ou 3 avant- (projets sommaires suffiront.
b - La production d'énergie pour Bamako est considérée comme un des buts secondaires d'utilisation de l'ouvrage	(Les sites du Milo et du Nian- (dan perdent une grande par- (tie de leur intérêt. (Il est nécessaire d'étudier (le site de Sélingué.
c - Une égale importance est donnée à la régularisation du débit et à la production d'énergie pour Bamako.	(Le site de Sélingué est à (priori le plus intéressant. (Les sites du Milo et du (Niandan sont à éliminer.

- 4°/ la prospection systématique des sites de carrière reste à faire.

Le rapport de synthèse précise également que les sites de Koumana, de Fomi et du Sankarani peuvent être aménagés pour une capacité de réserve supérieure au milliard de m³ ; cependant Fomi reste nettement le meilleur site pour la réalisation d'une très grande réserve.

A notre avis, le volume annuel moyen écoulé à Fomi, de l'ordre de 8 milliards de m^3 , permettrait un stockage maximal de 4 milliards, alors que le volume annuel moyen du Sankarani à Sélingué est de l'ordre de 12 milliards de m^3 ; le Milo à Koumana restant très inférieur avec 4,5 milliards de m^3 .

L'hypothèse c devant logiquement prévaloir, dans les conditions actuelles des besoins en énergie de la région de Bamako, le site de Sélingué nous paraît devoir être le seul à retenir :

- sa distance à Bamako (112 km), ville à la disposition de laquelle il doit pouvoir mettre une puissance intéressante, est la plus courte de celles de tous les sites possibles ;
- au surplus dans une étude sommaire du prix de revient des barrages et de leurs ouvrages annexes, il n'apparaît pas de différences significatives entre les sites de Fomi, Koumana, Sélingué.

Enfin, si l'on veut une réserve en territoire Malien (peut-être avec un léger débordement sur la Guinée), on n'a pas le choix : le site de Sélingué s'impose. Il importe alors de l'étudier à fond, de rechercher le stockage maximal raisonnable, le coût de l'aménagement pour divers volumes retenus et les avantages directs ou indirects que l'on peut en retirer. Lors de l'étude géologique de détail, on se souviendra de cette observation de M. COUTURE : "les sites du Sankarani reposent sur un socle imperméable, mais l'on devra se préoccuper de l'existence d'anciens cours, ce qui ne serait pas invraisemblable dans cette vallée, et songer à l'élévation du niveau de la nappe phréatique et à l'apparition possible dans les vallées voisines de résurgences et même d'érosions régressives".

o
o o

Outre l'utilisation possible de la chute au pied du barrage à édifier, il faut tenir compte de l'amélioration sensible apportée au fonctionnement de la centrale de Sotuba, éventuellement de celle du Kénié, par la régularisation du débit d'étiage du fleuve. Il paraissait alors raisonnable d'escompter atteindre 4 objectifs par l'édification de la réserve :

- production de kWh supplémentaires à Sotuba ou à Kénié ;
- production de kWh au pied du barrage ;
- allongement de la période de navigabilité du Niger ;
- extension des superficies irriguées de l'Office et augmentation du rendement des terres à coton, par une meilleure répartition des doses d'irrigation.

pour autant que les besoins de la navigation, ainsi que ceux de l'Office du Niger, exigent dans l'immédiat un relèvement du débit d'étiage du Niger et que la centrale de pied s'inscrive dans le plan d'équipement hydroélectrique de la zone de Bamako.

°
° °

Après sa prospection sur le terrain EDF n'a pas cru devoir retenir le site de Koledjigoué signalé par M. DUQUENOIS, dans son compte rendu de reconnaissance du 3 février 1958, parce que conduisant à une longueur de barrage de plus de 3,500 km. Si la République de Guinée soulevait des difficultés par suite de la submersion de quelques centaines d'hectares sur son territoire, du fait d'un barrage à Sélingué, on pourrait penser à prolonger le levé de la vallée du Sankarani jusqu'à Koledjigoué, à l'aval, pour voir s'il est possible de stocker 1 milliard de m³ dans les limites du territoire "alien". Mais outre qu'un tel stockage nous paraît bien improbable dans ces conditions, il ressort d'une reconnaissance faite tout récemment sur le terrain (20 mai 1964) par M. KEITA, Directeur de l'Hydraulique, et M. TRANAIN, expert des Nations Unies, que face au remarquable éperon de rive droite, il n'existe à Koledjigoué aucun appui rive gauche pour un bouclage raisonnable de la vallée. Il apparaît donc qu'une telle solution doit être abandonnée.

°
° °

La prospection d'un site de barrage pouvant retenir 1 milliard de m³ a été décidée en fonction de besoins ainsi définis :

- 1°/ permettre la circulation continue, 9 mois 1/2 par an, d'une flottille qui jusqu'alors assurait, suivant les hauteurs d'eau du fleuve, une navigation lourde, semi-lourde ou légère, tout en chômant 5 mois 1/2 par an. Signalons que cette flottille a subi récemment des modifications profondes qui ont changé les conditions de sa navigabilité sur le Niger ;
- 2°/ permettre l'extension des périmètres irrigués des terres de l'Office du Niger, tout en accroissant les rendements de certaines des cultures pratiquées, par une meilleure répartition dans le temps des doses d'irrigation.

En ce qui concerne les besoins agricoles, on se doit de citer ici une pièce d'archive particulièrement importante : "Documents sur les possibilités de l'amélioration de l'exploitation des terres de l'Office du Niger" qui figure à la Bibliographie sous la cote II-A-1 et également sous la cote K-5.

De ces documents, dont on trouvera une analyse au chapitre IV : "les aménagements hydroagricoles - l'Office du Niger", on ne retiendra ici que quelques éléments de l'étude du 25 juillet 1955 de M. BERNIER sur la nouvelle estimation des débits à prélever dans le fleuve. Ce rappel, en ce chapitre, a pour but de montrer combien les besoins de l'agriculture peuvent être variables, non seulement en fonction des superficies mises en valeur, ce qui est l'évidence même, mais aussi en fonction des espèces cultivées et des méthodes culturales adoptées. M. BERNIER basait les besoins sur l'aménagement de 300 000 ha, dont 92 000 en jachère, et faisait 4 hypothèses sur la répartition des cultures, les méthodes d'assolement et la culture intensive du riz à l'intérieur de ce périmètre.

Les débits nécessaires calculés étaient évidemment très variables suivant les hypothèses :

en hypothèse I	: coton américain, assolement coton jachère; une seule culture annuelle de riz industriel ; les irrigations étaient prévues du 15 juin au 15 janvier, avec le débit naturel du fleuve
en hypothèse IV	: introduction du coton égyptien sur 80 000ha; assolement riz coton ; deux cultures annuelles de riz industriel ; la demande d'eau était maximale, elle était caractérisée par les débits suivants en m^3/s :

1/1	15/2	15/3	1/4	1/5	15/5	1/6	15/6	1/7	15/7	1/8	15/9
435	435	367	207	40	463	701	701	665	665	516	665

alors qu'une hypothèse intermédiaire :

introduction du coton égyptien sur 64 000 ha seulement ; assolement coton jachère ; une culture annuelle de riz ; irrigations du 15 mai au 15 mars ; les débits nécessaires étaient caractérisés par les chiffres suivants :

1/1	15/2	15/3	1/4	1/5	15/5	1/6	15/6	1/7	15/7	1/8	15/9
238	238	179	40	40	256	494	567	567	497	378	378

Une note du 8 février 1957 du Service Hydraulique de Dakar, complément à l'étude précitée du 25 juillet 1955, présente un programme moins ambitieux faisant ressortir qu'à la cadence annuelle des aménagements - 4 000 ha par an - il faudrait attendre 1980 pour que soit réalisée la moitié seulement du programme des 300 000 ha .

Les 4 hypothèses BEFFIER sont reprises dans cette note en les appliquant à des stades de développement moins lointains :

1er stade - actuel - 50 000 ha

35 000 ha riz industriel
10 000 ha coton américain
5 000 ha coton égyptien

2ème stade -1965-70- 80 000 ha

40 000 ha riz industriel
20 000 ha coton américain
20 000 ha coton égyptien

Il en est déduit les caractéristiques de la réserve, pour ce programme des 80 000 ha, dans l'hypothèse :

- a - de 2 récoltes annuelles de riz, dont une à contre saison ;
- b- de l'irrigation de 20 000 ha de coton égyptien, exigeant un fort débit en étiage.

Ces caractéristiques étaient :

volume à stocker $1 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ - lâchures maximales $200 \text{ m}^3/\text{s}$

En ce qui concerne le débit du fleuve à prendre en considération pour déterminer les lâchures de la réserve, il paraît réaliste d'assurer à l'Office une garantie d'exploitation normale de 9 années sur 10, le risque encouru devant être de l'ordre de grandeur de celui des cultures sous pluie des pays tempérés. Sur cette base la note du 8 février 1957 donne les valeurs suivantes pour l'exploitation des 80 000 ha .

	Etiage 1943	Etiage 1950	Q maximal à lâcher
Hypothèse II à stocker	350 10^6 m^3	350 10^6 m^3	$160 \text{ m}^3/\text{s}$
Hypothèse III à stocker	500 10^6 m^3	550 10^6 m^3	$200 \text{ m}^3/\text{s}$
Hypothèse IV à stocker	1050 10^6 m^3	1030 10^6 m^3	$200 \text{ m}^3/\text{s}$

D'où il ressort qu'une réserve de 1 milliard de m^3 permet de satisfaire à toutes les hypothèses, dans les limites d'un périmètre de 80 000 ha-jachère non comprise, soit au total environ 116 000 ha aménagés.

La bibliographie jointe au rapport JAMME-CANUS fait état d'une "Etude sommaire d'un barrage de 1 milliard de m^3 à Fomi (mars 1957)" . Cette étude semble avoir été stoppée en attendant le résultat de la prospection de nouveaux sites sur les branches supérieures du fleuve, prospection qui a fait l'objet de 3 rapports ~~FFF~~, dont le "Rapport de Synthèse" d'octobre 1959.

Un examen plus détaillé des améliorations attendues d'une retenue a montré qu'un volume de $1 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ permettrait d'assurer un débit d'étiage minimal de $150 \text{ m}^3/\text{s}$ de mars à juin, ou, autre hypothèse : une irrigation de 80 000 ha avec un débit de lâchures maximal de $200 \text{ m}^3/\text{s}$.

Suite logique de toutes ces études, la JEAN avait présenté au FED en juillet 1959, une demande de financement de 30 millions de francs maliens pour l'établissement d'un avant-projet de barrage de régularisation de 1 milliard de m^3 dans le haut bassin du Niger.

En définitive, le Mali a opté pour le site de Sélingué sur le Sankarani et confié à ITALCONSULT le soin de procéder à une étude préliminaire de cet aménagement.

° °

3,3

ETUDE ECONOMIQUE D'UNE RESERVE DE REGULARISATION DU DEBIT D'ETIAGE

A notre connaissance, cette étude reste à faire et bien entendu nous sommes d'avis qu'elle doit être faite d'urgence.

Dans la Bibliographie, nous citons (doc II-A-5) une étude géographique de M. GALLAIS ; bien qu'elle concerne plus particulièrement la Haute Guinée, elle rappelle les problèmes économiques et humains qui restent valables quel que soit le site retenu en définitive pour la réserve de $1 \cdot 10^9 \text{ m}^3$.

Ainsi l'aménagement d'ensemble de la vallée du Niger ne doit pas se limiter à quelques pôles d'attraction aussi importants soient-ils (Office du Niger, lacs Télé Faguibine) ; il existe en amont de Bamako des plaines dont la densité de population est relativement élevée et où la culture vivrière du riz, qui se développe normalement, ne doit pas être perturbée par des réserves de régularisation du débit du fleuve.

La régularisation posera 2 problèmes :

- en amont ne pas stériliser, par une submersion permanente, des terres normalement cultivables avec des aménagements réduits, tout au moins au delà d'une certaine superficie admissible ; sauf à être en mesure de mettre en valeur en aval, par une irrigation gravitaire permanente, une superficie au moins égale à celle stérilisée en amont ;
- en aval, contrôler le débit régularisé de l'étiage pour qu'il n'atteigne pas une limite supérieure qui soit préjudiciable à la pêche (ressource n° 1 du Mali) ou à l'élevage, en maintenant sous une nappe de submersion les bourgoutières qui doivent être exondées en temps voulu et en quantité suffisante pour permettre la subsistance des troupeaux.

M. GALLAIS expose par ailleurs quelques idées sur des points particuliers :

- à la recherche d'un équilibre, la Guinée a besoin d'un arrière-pays vivrier, c'est ce qui confère toute son importance à la riziculture en Haute Guinée. On conçoit alors que l'on ne puisse apporter d'importantes perturbations au régime hydraulique de cette région sans études économiques préalables;
- l'alimentation des rizières est assurée le plus souvent par l'action combinée des pluies et de la crue (riziculture pluvio-fluviale). Ce système n'assure pas une régularité de l'irrigation, il faut une intervention technique (voir aménagements hydroagricoles en haute vallée par le Génie Rural).

3.4 LA RESERVE DU SANKARANI

La prospection d'un site de barrage dans le haut bassin du Niger, en vue de constituer une réserve de régularisation de l'ordre de 10^9 m^3 , a été faite par EDF, au cours des années 1957-1958-1959, comme nous l'avons vu dans le paragraphe précédent.

M. DUQUENNOIS, Ingénieur Conseil, a été chargé par ailleurs de donner plus spécialement son avis sur les sites de Sankarani, celui de Sélingué apparaissant comme le seul à retenir après l'étude EDF. Dans son compte rendu de reconnaissance de janvier 1958 (II-C-1), M. DUQUENNOIS retient deux sites possibles dont celui de Koldjigoué, très en aval de Sélingué, n'a d'ailleurs été signalé qu'après une simple étude sur carte au 1/200 000, il faut le préciser.

Du compte rendu de M. DUQUENNOIS, nous croyons utile de retenir que :

- la submersion naturelle de la plaine formant le lit majeur varie de 0,50 m à 2,00 m suivant l'intensité de la crue ;
- cette plaine, qui comporte des zones boisées, n'est pas habitée en permanence à cause de son infestation par la mouche tsé-tsé ; on n'y rencontre que des villages de culture ;
- on devra porter son attention sur les superficies rizicoles qui seront submergées en permanence par la réserve et deviendront stériles, de même que sur les superficies rizicoles qui ne bénéficieront plus à l'aval de l'onde de crue qui chaque année fertilisait et arrosait les terres ;

- on pourra substituer à cette irrigation par nappe -au demeurant aléatoire - une irrigation dirigée par gravité à l'aval du barrage ; une telle irrigation pratiquée 12 mois par an permettant de tirer un meilleur parti des terres, mais impliquant de prévoir une "réserve de charge" supérieure à celle qui serait strictement nécessaire pour le débit minimal des vannes de fond ;
- une telle réserve sera d'ailleurs à prévoir, avec des caractéristiques appropriées, si l'on décide d'adjoindre au barrage une centrale hydroélectrique de pied ;
- il n'est pas démontré que, compte tenu des services possibles qui apparaîtront dans un avenir relativement proche, en dehors des besoins immédiats de l'Office du Niger et de la Navigation, l'optimum économique de capacité ne s'établisse pas pour un chiffre nettement supérieur à $1 \cdot 10^9 \text{ m}^3$; auquel cas, les divers sites du Sankarani deviendraient concurrentiels, la capacité différentielle y étant très bon marché ;
- il convient d'établir pour tous les sites étudiés la courbe des prix de l'ouvrage en fonction de la capacité de la réserve, sans préjuger du volume qui sera finalement retenu ;
- la réserve de charge créant un plan d'eau minimal important, le Sankarani étant très poissonneux, il est probable que cette réserve pourrait se justifier à un autre titre : augmentation des produits de la pêche (c'est l'avis du Directeur des Pêches du Mali qui expose que malgré la profondeur centrale de cette réserve, il y aura sur les rives à pente douce une place suffisante pour le développement de la microflore nécessaire à la vie des poissons. On devrait pouvoir espérer 50 000 t.an sous réserve que le planning d'exploitation de cette réserve permette la reproduction, le développement et la vie des espèces de ce cours d'eau) ;
- cette réserve de charge peut avoir une autre justification : garantir une proportion notable de la puissance installée ;
- il est de règle dans les études comparatives du prix de l'énergie, de prendre pour terme de comparaison le prix de l'énergie au lieu de distribution ; or la distance à Bamako des sites aval du Sankarani (112 km) est très inférieure à celle des sites du moyen Milo (400 km).

Mais peut être sera-t-il nécessaire de prévoir une irrigation par pompage en Guinée, si les conditions topographiques s'y prêtent, pour compenser la perte des superficies cultivées qui seront submergées.

De l'étude faite d'octobre 1958 à avril 1959 par M. GALLAIS, Professeur agrégé de géographie (II-A-5) on pourra retenir également :

- si la plaine n'est pas habitée en permanence, par contre les hauts plateaux sont relativement peuplés par une population en bonne santé ; du confluent avec le Niger au confluent avec le Dion, le peuplement y serait de 45 000 habitants ;
- le riz est largement cultivé dans la plaine (villages de cultures) ; la production, fonction de l'amplitude de l'onde de crue, est d'autant meilleure que celle-ci est plus grande ;
- la riziculture en progrès a des possibilités considérables d'extension le long des vallées du Sankarani et du Dion ; possibilités limitées par l'irrégularité du régime des 2 cours d'eau.

°
° °

Une décision d'autorité restait à prendre, elle l'a été par le Gouvernement Malien qui, en 1963, prenant en considération les recommandations de la deuxième réunion du Comité du Niger, confiait au bureau d'études italien ITALCONSULT, le soin de présenter une étude de la régularisation du débit du Niger par un barrage-réservoir à construire sur le Sankarani, au site de Sélingué.

En mars 1964, ITALCONSULT a remis au Ministre des Travaux Publics du Mali une "Etude Préliminaire du barrage-réservoir de Sélingué" que nous analysons au chapitre V du présent rapport de synthèse, après avoir mieux défini la nécessité de la régularisation.

°
° °

1 LA DOCUMENTATION DE BASE

III-2	Notes sommaires sur les possibilités d'aménagement du Niger pour les transports et la production d'énergie - A. MAS	Janvier 1957
III-4	Aménagement hydroélectrique de Markala. Avant-projet sommaire - EDF	Décembre 1961
III-5	Plan général des possibilités d'aménagements hydroélectriques de la République du Mali V. IVANOV	août 1962
III-6	Aménagement hydroélectrique de Sotuba - Avant-projet EDF	avril 1963
III-7	Problèmes du développement de l'énergétique sur le territoire de l'Office du Niger. V. FRANCOULIAN	août 1963
II-C-4	Etude préliminaire du barrage-réservoir de Sélingué sur le Sankarani - ITALCONSULT	mars 1964
IX-5	Navigation sur le Niger. Aménagement de la section Bamako-Koulikoro - EDF	décembre 1953

2

LES ETUDES EXISTANTES D'AMENAGEMENTS HYDROELECTRIQUES

Les différentes études hydroélectriques, effectuées jusqu'à maintenant dans la partie malienne du bassin du Niger, intéressent surtout la région de Bamako, principal centre de consommation d'énergie. Pour les autres régions, et à part une étude assez récente d'une centrale hydraulique au barrage de Markala, on trouve seulement quelques documents de reconnaissance ou quelques données résultant d'études sur cartes ou photographies aériennes (carte de situation annexe I).

2,1

REGION DE BAMAKO

Dès 1921, il avait été envisagé d'alimenter la région de Bamako en énergie électrique à partir d'une centrale hydraulique installée sur le Niger et plus spécialement à Sotuba. Par la suite, l'étude des rapides de Kénié, situés à 30 km en aval de Bamako, fut entreprise au point de vue de leur équipement hydroélectrique en premier lieu, puis dans le cadre de l'amélioration de la navigation entre Bamako et Koulikoro.

2,11

Les rapides de Kénié

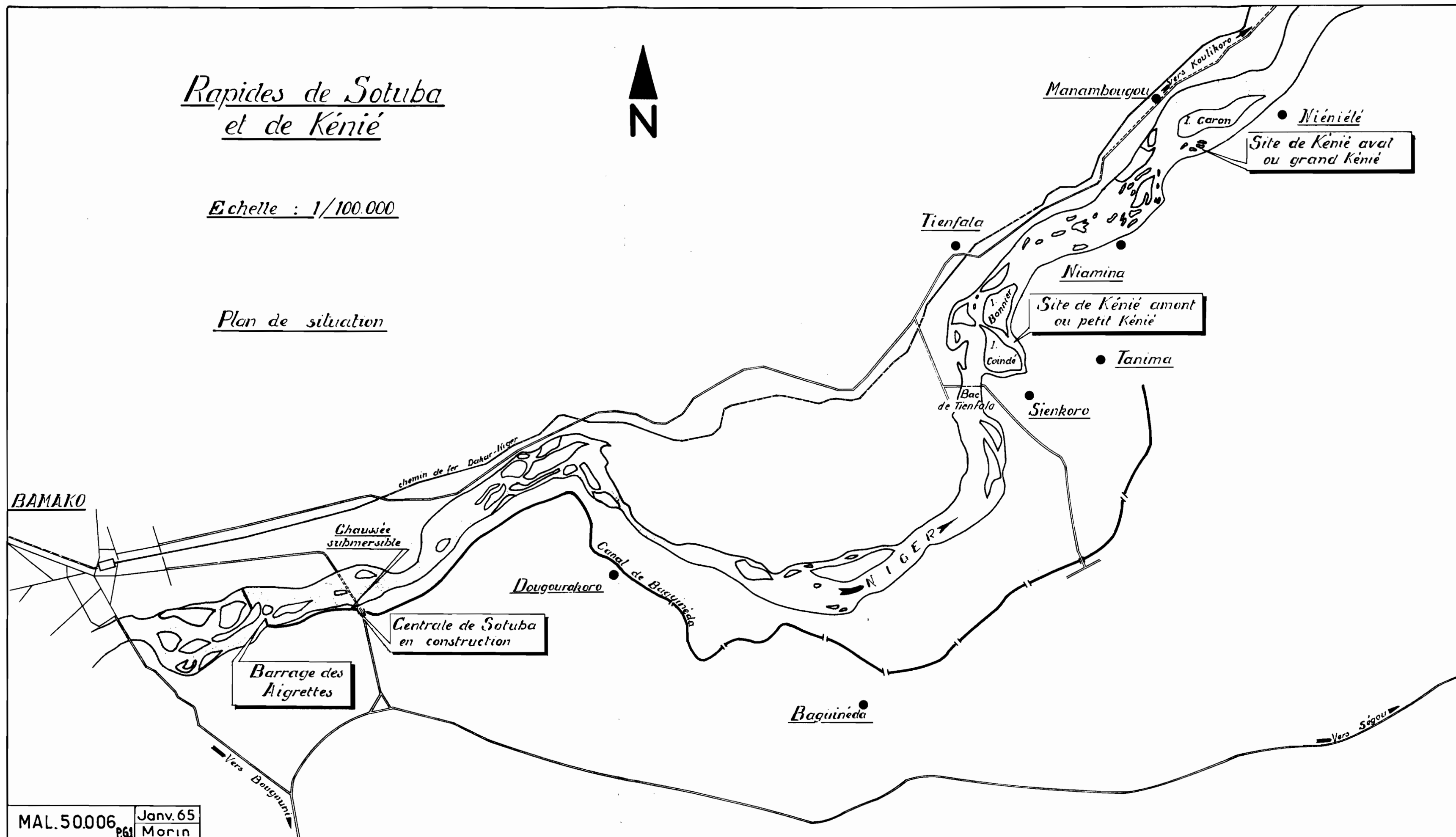
Le dossier "Aménagement des rapides de Kénié" EDF 1940 (doc.III-1) traite des besoins en énergie de la région de Bamako, fait une comparaison entre les possibilités hydroélectriques de Sotuba et de Kénié, puis donne un schéma et les caractéristiques de l'aménagement des rapides de Kénié. Seule cette dernière partie qui correspond à une étude préliminaire d'aménagement présente encore quelque intérêt.

Le schéma d'aménagement proposé se trouve légèrement modifié dans le dossier plus récent "Navigation sur le Niger - Aménagement de la section Bamako-Koulikoro" EDF 1953 (doc.IX-5), sans que l'esprit en soit changé. Dans ce dernier dossier apparaît,

Rapides de Sotuba et de Kénie'

Echelle : 1/100.000

Plan de situation



2.112 Aménagement du Grand Kénié

L'étude de 1953, déjà citée, sur l'aménagement du bief Bamako-Koulikoro avait mis en évidence, entre plusieurs solutions, la possibilité de noyer l'ensemble des rapides de Kénié dans le remous d'un barrage situé en aval. C'était la solution "E".

Le barrage, implanté à la pointe amont de l'île Caron, à proximité du village de Manambougou, relevait le plan d'eau à la même cote que dans le projet amont. Il comportait une écluse débouchant dans un canal de navigation.

La hauteur de chute variait de :

13 m en basses eaux

9 m en hautes eaux.

La puissance garantie n'était limitée que par les débits turbinables en saison sèche et pouvait donc être augmentée par une régularisation partielle de ces débits.

Les caractéristiques énergétiques qui sont rappelées dans le tableau ci-après sont extraites de la note de A. MAS, déjà citée, l'étude EDF n'ayant trait qu'aux ouvrages nécessaires à la navigation.

Il est à remarquer que la réserve d'eau créée par le barrage permettrait une modulation intéressante des débits de saison sèche, pour autant que les usagers d'aval, plus particulièrement la navigation, n'en soient pas gênés.

L'aménagement du Grand Kénié est une des possibilités pouvant faire face, à moyen terme, aux besoins en énergie de la région de Bamako.

.../

Kénié aval ou Grand Kénié

		Débits	
		naturels	régularisés à 200 m ³ /s
. Puissance garantie	kW	3 800	21 000
. Productibilité			
- à puissance garantie	10 ⁶ kWh	33	190
- pour une puissance équipée à 120 000 kW	"		600
50 000 kW	"		340
. Investissements (base 1957)			
- génie civil barrage		3,7 10 ⁹ Fr CFA	
- centrale + équipement		40 à 50 000 Fr CFA/kVA	

2,12 Les rapides de Sotuba

La décision d'aménager les rapides de Sotuba a été prise en 1962 par le Gouvernement du Mali.

Le schéma de principe de l'aménagement n'a pratiquement pas varié au cours des études successives (1) : utilisation de la prise d'eau des Aigrettes et du canal adducteur de Baguinéda, centrale à l'extrémité sud de la chaussée submersible de la route Bamako-Ségou.

Les principales caractéristiques du projet en cours de réalisation, sur les bases du dossier "Aménagement hydroélectrique de Sotuba - Avant-projet" EDF 1963 (doc.III-6) sont les suivantes :

- . hauteur de chute nette variable de 7 m en basses eaux
à 3 m en hautes eaux
- . débit d'équipement : 120 m³/s (60 m³/s par groupe)
- . puissance maximale disponible à Bamako : 4 850 kW (2).

(1) sauf une variante proposée par les techniciens russes mais écartée par le Gouvernement Malien (voir ci-après § 2,14).
(2) cette puissance est atteinte pour un débit de 95 m³/s sous hauteur de chute maximale.

- productibilité moyenne, compte tenu des débits réservés pour les irrigations dans le périmètre de Baguinéda (1) : 35 10⁶ kWh
- prix de revient de l'énergie aux bornes du réseau de Bamako - base avril 1962 : 70 fr./kWh.an.

La mise en route du premier groupe de la centrale est prévue pour mars 1966, la mise en route du second intervenant 4 mois après.

La puissance disponible à Bamako est limitée par la diminution de la hauteur de chute en hautes eaux et par la diminution des débits de saison sèche.

En hautes eaux, la puissance disponible peut tomber à :

2 850 kW	pour le débit de crue annuelle	6 200 m ³ /s
2 600 kW	" " " décennale	7 900 m ³ /s
2 350 kW	" " " centenaire	9 600 m ³ /s

La puissance disponible, garantie 24h/24, n'est pas susceptible d'être augmentée, sauf par l'adjonction de groupes supplémentaires.

En période de basses eaux, la puissance maximale n'est pas garantie, elle peut cependant être atteinte quelques heures par jour par le jeu de la réserve créée par le barrage des Aigrettes. En fait, la puissance utilisable sera fonction du placement de l'énergie produite dans le diagramme de charge journalier du réseau, énergie qui atteint -toujours compte tenu des débits réservés pour les irrigations-:

Etiage		Puissance moyenne	Production journalière
décennal	21 m ³ /s	1 000 kW	24 000 kWh
le plus fréquent	32 m ³ /s	1 600 kW	38 000 kWh

Cette défaillance de basses eaux peut être réduite par une régularisation partielle des débits.

(1) La direction de l'Hydraulique avait fixé la valeur des débits réservés à prendre en compte, variant de 9 m³/s environ en janvier-février à 5,00 en avril, 1,56 en juin, 0 en juillet-août. Voir chapitre IV ci-après les débits qu'il conviendrait de réserver compte tenu des pertes réelles du canal après une exécution totale ou partielle de travaux d'étanchéité.

2,13 Barrage-réservoir de Sélingué

La régularisation partielle des débits, ainsi qu'il a été dit dans le chapitre précédent, pourrait être obtenue par le jeu du réservoir de Sélingué sur le Sankarani (1).

L'étude préliminaire faite par ITALCONSULT (doc-II-C-4) a mis en évidence les possibilités topographiques du site. L'étude de la régularisation a été conduite dans des hypothèses bien définies faisant intervenir les besoins en eau de l'Office du Niger (2) et les besoins en eau pour assurer une certaine navigation. Par contre, l'intérêt d'un équipement hydroélectrique au site même de Sélingué - centrale au pied du barrage - n'est qu'effleuré par ITALCONSULT, l'étude ne tenant compte, en particulier, ni de la nécessité de maintenir une hauteur de chute suffisante - réserve de charge - pour assurer en fin de saison sèche une certaine puissance, ni de la nécessité d'effectuer des lâchures toute l'année, notamment en décembre-janvier-février d'une part et juillet-août d'autre part, alors que la navigation et l'irrigation n'expriment aucun besoin.

D'ores et déjà, on sait que la centrale de Sotuba profiterait de la régularisation partielle des débits. Dans les hypothèses ITALCONSULT (débit minimal porté à $120 \text{ m}^3/\text{s}$ à Koulikoro), la puissance disponible de basses eaux serait la puissance maximale et deviendrait garantie 24 h/24, la productibilité atteindrait $38 \cdot 10^6 \text{ kWh}$ - soit un gain de $3 \cdot 10^6 \text{ kWh}$ - environ. La puissance de hautes eaux serait inchangée et représenterait la puissance hydraulique garantie.

2,14 Autres possibilités hydroélectriques

L'étude "Plan général des possibilités d'aménagements hydroélectriques de la République du Mali" V. IVANOV 1962 (doc. III-5) passe en revue "tous les aménagements possibles pour une exploitation rationnelle des chutes et débits".

(1) voir chapitres I et V.

(2) dans l'hypothèse de la mise en valeur de $156\,000 \text{ ha}$.

En ce qui concerne le bassin du Niger, il est fait état des rapides de Kénié et de Sotuba, ainsi que du Sankarani d'une part et, d'autre part, de deux possibilités non citées auparavant: Balandougou sur le Fié et Dioïla sur le Baoulé.

Pour les rapides de Kénié (1), les études antérieures, précédemment citées, font le point des possibilités d'aménagements avec beaucoup plus de précision. La variante proposée pour l'aménagement de Sotuba (2) n'a pas été retenue par le Gouvernement Malien. Quant au Sankarani, l'auteur préconisait le site de Koledjigoué en aval de Sélingué. Actuellement seul le site de Sélingué est pris en considération, la tournée récente du Directeur de l'Hydraulique du Mali ayant confirmé le bien fondé de ce choix, comme il a été dit précédemment (3).

2,141 Balandougou sur le Fié

Le Fié est un affluent de la rive droite se jetant dans le Niger à 30 km environ en amont du confluent du Sankarani.

Le bassin versant en amont du site serait de 4 500 km², correspondant à un débit annuel de 1,75 10⁹m³ en valeur moyenne.

La retenue créée par un ouvrage de 26 m de hauteur aurait une capacité de 1,2 10⁹m³. Une centrale au pied du barrage serait susceptible de fournir 40 10⁶kWh sous 10 000 kW de puissance maximale.

La distance du site à Bamako est de 120 km à vol d'oiseau.

-
- (1) l'auteur se place, tant pour l'aménagement de Kénié que pour celui de Sotuba, dans l'hypothèse de débits régularisés à 300 m³/s par des réservoirs sur le Fié et sur le Sankarani, ou à 800 m³/s avec, en plus, le réservoir du Niandan.
 - (2) le barrage implanté au pied des rapides relevait le plan d'eau à la même cote que le barrage des Aigrettes ; l'usine était au pied du barrage.
 - (3) voir chapitre I.
-

Il avait été envisagé par l'auteur du rapport de construire cet aménagement à la place du Sankarani (1). En fait, la valeur moyenne du débit annuel ne permet pas de garantir, en année d'hydraulicité déficitaire, le remplissage de la cuvette de retenue (2). Il y a lieu de remarquer, en outre, que le remous créé par le barrage s'étendrait sur 40 km en Guinée.

Il ne s'agit semble-t-il que de reconnaissances, sans qu'il soit précisé jusqu'à quel degré elles auraient été poussées.

2,142 Diofla sur le Baoulé

Les données qui figurent dans le rapport de V. IVANOV résultent de l'examen de la carte au 1/200 000.

Le Baoulé est un des formateurs du Bani, lui-même affluent du Niger.

Le site de barrage se trouverait à 16 km en amont de Diofla, soit à environ 100 km à vol d'oiseau de Banako.

Au site, le bassin versant a une superficie de 30 000 km² correspondant à un débit annuel de l'ordre de $7 \cdot 10^9 \text{ m}^3$, en valeur moyenne.

Un ouvrage de 24 m de hauteur créerait une retenue de $1,2 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ de capacité utile, susceptible de relever le débit de saison sèche à 100 m³/s au mois de mai et à 150 m³/s les autres mois. Une centrale installée au pied du barrage et équipée pour 200 m³/s pourrait fournir de l'ordre de $120 \cdot 10^6 \text{ kWh}$ sous une puissance variant de 9 à 24 000 kW.

Les débits du Bani se trouveraient partiellement régularisés par un tel aménagement.

°
° °

(1) dans une note de fin 1961 intitulée "Rapports sur l'aménagement des barrages et centrales hydroélectriques" incluse dans le dossier de 1962 (doc.III-5).

(2) voir chapitre I.

2,2 HORS REGION DE BAMAKO

En dehors de la région de Bamako, seul l'aménagement hydroélectrique de Markala a fait l'objet d'une étude d'avant-projet sommaire. D'autres possibilités ont été reconnues ou même seulement signalées :

aménagement du défilé de Tossaye
rapides de Labbezenga
Toubani sur le Bani.

2,21 Aménagement de Markala

L'aménagement hydroélectrique de Markala a été étudié par EDF en 1961 (doc.III-4).

La solution préconisée consiste à installer deux groupes axiaux, absorbant chacun $12,5 \text{ m}^3/\text{s}$, à la place des 10 premières hausses de la travée rive droite du barrage de Markala. La puissance installée est de 1 000 kW et le productible $4 \cdot 10^6 \text{ kWh}$ en année moyenne. Le prix de l'énergie - base octobre 1961 - ressortirait à 50 fr¹/kWh.an.

La puissance disponible serait limitée par la diminution des débits de saison sèche et par les prélèvements effectués par l'Office du Niger ; elle pourrait même devenir nulle. En hautes eaux, la puissance disponible diminuerait avec la hauteur de chute, pour s'annuler pour une hauteur inférieure à 2,70 m, soit en général deux mois par an (septembre et octobre).

L'aménagement serait susceptible d'extensions par adjonction de groupes supplémentaires. La régularisation partielle des débits améliorerait la puissance disponible de basses eaux.

Il est à noter que l'étude EDF est un avant-projet sommaire d'aménagement s'appuyant, en ce qui concerne le barrage de Markala, uniquement sur documents.

La possibilité d'un aménagement à Markala est également mentionnée par V. IVANOV (ouvrage cité) mais avec des débits régularisés à 500 ou 800 m^3/s (réservoirs Fid - Sankarani - Biantan). La puissance installée pourrait atteindre 25 000 kW - $150 \cdot 10^6 \text{ kWh}$, cependant la puissance disponible s'annulerait toujours en hautes eaux.

Dans "Problèmes du développement de l'énergie sur le territoire de l'Office du Niger" (doc.III-7) V. FRANCOULIAN préconise, sans étude à l'appui, un aménagement à 4 groupes de 1 350 kW chômant en avril par manque de débit et en septembre-octobre par manque de hauteur de chute.

La puissance optimale d'équipement relève, en fait, d'une étude économique, comme il sera expliqué dans les pages suivantes.

2,22 Défilé de Tossaye

La possibilité de construire un barrage dans le défilé de Tossaye a été signalée à différentes époques, soit pour des fins hydroagricoles, soit pour des fins énergétiques, l'amélioration de la navigation pouvant, éventuellement, en être une conséquence.

En réalité, il y a à proximité de Bourem deux étroits, l'un dit de Taoussa ou de Tossaye à 25 km en amont de Bourem - entre les méridiens 0°32 et 0°35, l'autre dit de Bosselia ou de Barkaina à 50 km en amont de Bourem - entre les méridiens 0°44 et 0°46.

Mi 1956, la MTAN avait envisagé de construire un ouvrage à Barkaina dans le but de remonter le plan d'eau à Diré pour faciliter l'alimentation des lacs (1). Un ouvrage à hausses mobiles aurait tendu le plan d'eau à 9 m au maximum au-dessus du niveau d'étiage.

Dans le cadre de ces études, 15 profils en travers de la vallée ont été levés par SOGETEC (2) en août-septembre 1956. Ces profils sont classés dans les archives de la Direction de l'Hydraulique à Bamako. Le site de Barkaina est sur le profil 14. Il n'a pas été entrepris d'étude d'aménagement au sens propre du terme.

(1) voir chapitre IV .

(2) Société Générale de Topographie, Photogrammétrie et d'Etudes de génie civil.

En décembre 1956, eut lieu un examen géologique des deux sites de Barkaina et de Taoussa (Rapport DUCELLIER - doc. VI-9). Sous réserve d'un examen en basses eaux, le géologue concluait à la possibilité d'utiliser l'un ou l'autre des sites, seul celui de Barkaina-Bosselia permettant de dépasser notablement (+ 6 m), le niveau moyen des hautes eaux.

Plus récemment, dans le Plan IVANOV de 1962 (ouvrage cité doc. III-5), il a été fait état des possibilités du défilé de Tossaye.

Le barrage, envisagé au village de Taoussa - profil n°15- aurait une hauteur de 16 m et serait arasé à la cote 262 - retenue maximale à 259 (1).

D'après les profils SOGETEC, la réserve ainsi créée aurait une capacité de $800 \text{ } 10^6 \text{ m}^3$ correspondant à une capacité de $560 \text{ } 10^6 \text{ m}^3$ après déduction des pertes par évaporation.

Une centrale de pied de barrage pourrait être équipée pour un débit de $300 \text{ m}^3/\text{s}$ et fournir annuellement $90 \text{ } 10^6 \text{ kWh}$ sous 15 000 kW de puissance maximale.

Il est à remarquer que pour un ouvrage de hauteur relativement importante, si l'on s'en réfère aux observations du géologue et à l'examen des profils SOGETEC, le site de Taoussa ne serait pas le meilleur, celui de Barkaina étant plus étroit.

En conclusion, il ne semble pas que les possibilités hydroélectriques d'un aménagement dans la région de Tossaye-Barkaina soient connues avec quelque précision.

(1) cotes dans le système de nivellement des profils.

2,23 Rapides de Labhezenza

Ces rapides sont cités dans différentes études sans aucune précision concernant soit leur étendue, soit la dénivellation qu'ils représentent en basses eaux, soit la possibilité de les aménager du point de vue hydroélectrique.

Dans les archives du Service de l'Hydraulique il existe, cependant, un levé topographique à l'échelle du 1/5 000 daté de janvier 1937. Ce document comprend deux feuilles correspondant à deux groupes de rapides.

Les rapides amont s'étendent sur 6,8 km entre les cotes 247,3 et 243,5, cotes de hautes eaux. On peut distinguer deux bras, celui du nord comportant un chenal de navigation(1). A l'aval et à la jonction des deux bras, la vallée a les caractéristiques suivantes :

fond à 230 environ

largeur du plan d'eau à 243,5	750 m environ
ouverture de la vallée à 245	1 000 m environ
ouverture de la vallée à 247	1 600 m environ
ouverture de la vallée à 250	2 000 m environ (limite du levé en P.D.)

A 800 m plus en aval, le plan d'eau est à 243,3 puis sur 2,8 km environ, le Niger franchit normalement quelques barres rocheuses sans dénivellation appréciable. Les caractéristiques de la vallée sont alors :

ouverture à 245	1 200 m environ
ouverture à 247	1 400 m environ (limite du levé)

2,24 Toubani

La possibilité d'aménagement du site de Toubani sur le Bani, à 2 km en aval du village du même nom et à 80 km en aval de la centrale projetée de Dioïla, a été signalée par V. IVANOV dans son Plan général (doc.III-5).

(1) sans qu'il soit précisé de quelle navigation il s'agissait.

Il s'agit d'un aménagement qui profiterait de la régularisation des débits par le barrage d'amont mais qui serait en chômage en hautes eaux par manque de chute.

Le barrage serait arasé au niveau des berges, soit environ à 7 m et la hauteur de chute varierait entre :

- 0 à 1 et 2 m pendant l'hivernage
- 2 à 4 et 5 m pendant la saison sèche.

Il serait possible d'équiper 7 500 kW au pied du barrage et de produire $34 \cdot 10^6$ kWh en 10 mois.

Il n'est pas précisé si le site a été reconnu ou si, plus vraisemblablement, il s'agit d'une étude sur carte.

En résumé, outre l'aménagement en cours des rapides de Sotuba, il existerait au Mali :

- des possibilités hydroélectriques qui ont fait l'objet d'études préliminaires, de reconnaissances assez poussées ou même d'avant-projets sommaires, toutes ces possibilités intéressant la région de Bamako ou l'Office du Niger :

- . rapides de Kénié
- . Sankerani à Sélingué
- . Markala

- des possibilités qui ont été étudiées sur carte, ou reconnues très superficiellement, ou simplement signalées :

- . Balandougou sur le Fié
- . Dioïla sur le Baoulé
- . défilé de Tossaye
- . rapides de Labbezenga
- . Toubani sur le Bani.

°
° °

3 L'ALIMENTATION EN ENERGIE DE LA REGION DE BAMAKO

L'étude de l'alimentation en énergie de la région de Bamako conduit à examiner successivement :

- les moyens de production actuels ou prochainement mis en place ;
- le développement des besoins en énergie ;
- le développement des moyens de production.

3,1 MOYENS DE PRODUCTION ACTUELS OU PROCHAINEMENT MIS EN PLACE

3,11 Centrale thermique de Bamako

L'énergie électrique actuellement distribuée à Bamako est produite par une centrale thermique comprenant cinq groupes Diesel :

3 groupes de 1 000 kVA	ou	800 kW	2 400 kW
2 groupes de 2 500 kVA	ou	2 000 kW	4 000 kW
soit une puissance installée de			<u>6 400 kW</u>

Les 3 groupes de 800 kW datent de 1952, les groupes de 2 000 kW datent l'un de 1957, l'autre de 1959.

La puissance garantie, correspondant à l'arrêt d'un groupe de 2 000 kW, ressort à 4 400 kW .

Il est prévu d'installer au début de 1965 un nouveau groupe de 3 200 kW, l'alternateur étant entraîné par deux moteurs qui peuvent être découplés individuellement si nécessaire. Ce groupe serait installé à la place d'un groupe de 800 kW et l'équipement de la centrale deviendrait :

2 groupes de	300 kW	1 600 kW
2 groupes de	2 000 kW	4 000 kW
1 groupe de	3 200 kW	3 200 kW

soit une puissance installée de 8 800 kW

et une puissance garantie de 6 800 kW

correspondant toujours à l'arrêt d'un groupe de 2 000 kW, une défaillance survenant à un moteur du nouveau groupe de 3 200 kW n'entraînant qu'une perte de puissance de 1 600 kW .

3,12 Centrale hydraulique de Sotuba

En juillet 1966, la centrale de Sotuba sera en état de débiter sur le réseau 35 10⁶ kWh sous une puissance variable :

puissance maximale	4 850 kW
puissance permanente de hautes eaux	2 600 kW
puissance moyenne de basses eaux	1 000 kW

comptée à l'entrée du réseau de Bamako et dans les hypothèses suivantes :

- puissance disponible en crue décennale d'une part, en étiage décennal d'autre part ,
- débit de 5 m³/s réservé en basses eaux pour les irrigations dans le périmètre de Baguinéda.

La puissance de basses eaux pourra être modulée (1) de telle sorte que l'énergie correspondante se place en pointe du diagramme de charge journalier du réseau.

Si l'on retient, en première analyse, la forme de diagramme proposée par ITALCONSULT pour la période 1969/74 (ouvrage cité doc. II-C-4 - rapport n° 5) et pour des puissances de pointe du réseau de 6 à 10 000 kW, la puissance hydraulique interviendra pour au moins 2 800 kW (voir graphique ci-après). En d'autres termes, ce sera la puissance de hautes eaux - 2 600 kW - qui représentera la puissance hydraulique disponible minimale de l'aménagement

(1) la retenue des Aigrettes le permettra. La modulation pourra être envisagée puisqu'il s'agit d'une période où la navigation ne sera pas possible.

de Sotuba, tel qu'il est actuellement conçu, c'est-à-dire à 2 groupes (avec des hypothèses moins sévères, étiage le plus fréquent 32 m³/s conduisant à 38 000 kWh/j, et débit de crue annuelle, on arriverait aux mêmes conclusions, la puissance garantie étant alors 2 850 kW).

A la mise en route de Sotuba, les moyens de production pour Bamako seront les suivants :

	Puissance	
	maximale	garantie
Centrale thermique	8 800 kW	6 800 kW
Sotuba (2 groupes)	4 850	2 600
	13 650 kW	9 400 kW

La puissance garantie de l'ensemble est comptée, d'une part avec la puissance hydraulique disponible minimale, d'autre part, avec une défaillance mécanique sur le groupe le plus puissant.

Dans le cas présent, un groupe de Sotuba indisponible conduit à une perte de puissance de 1 300 kW, alors que du côté thermique il faut compter 2 000 kW comme il a été indiqué.

°
° °

3,2 DÉVELOPPEMENT DES BESOINS EN ENERGIE

En 1961, dans le cadre des études d'avant-projet sommaire de l'aménagement de Sotuba, EDF avait établi des prévisions de développement des besoins de Bamako suivant deux hypothèses :

- hypothèse dite forte : taux d'accroissement annuel de 15 % (1) jusqu'en 1965, 13 % pour chacune des 5 années suivantes, 10 % pour les 5 années suivantes et 7,2 % (2) au delà ;
- hypothèse dite faible : taux de 10 % jusqu'en 1965 et 7,2 % au delà.

(1) correspondant à un doublement en 5 ans;
(2) correspondant à un doublement en 10 ans.

Les perspectives d'industrialisation de la région de Bamako, inscrites au plan quinquennal, ne comportent pas d'industrie grosse consommatrice d'énergie et rien n'en laisse prévoir l'implantation à court terme. Dans ces conditions, les hypothèses de développement ci-dessus indiquées, réajustées pour tenir compte des valeurs atteintes en 1963, pourraient être conservées. Il y aurait lieu, cependant, de remarquer que la tendance actuelle serait proche de l'hypothèse forte et on pourrait admettre, comme limites de l'éventail du développement des besoins en énergie, l'hypothèse forte et la moyenne entre hypothèses forte et faible ou hypothèse médiane.

Ces valeurs, tant en puissance à l'entrée du réseau de Bamako qu'en énergie, sont schématisées sur le graphique ci-après jusqu'en 1975 (1).

Etant donné la marge que l'on est conduit à admettre dans l'estimation des besoins annuels en énergie, il n'a pas paru nécessaire de tenir compte des variations saisonnières de la demande, celle-ci étant la plus forte au cours des mois de mars à juin, et la plus faible en décembre-janvier et février. D'après ITALCONSULT (ouvrage cité), la demande en basses eaux (mars à juin) serait supérieure à la demande en hautes eaux (juillet à novembre), de 5 à 6 % en puissance et de 15 % en énergie.

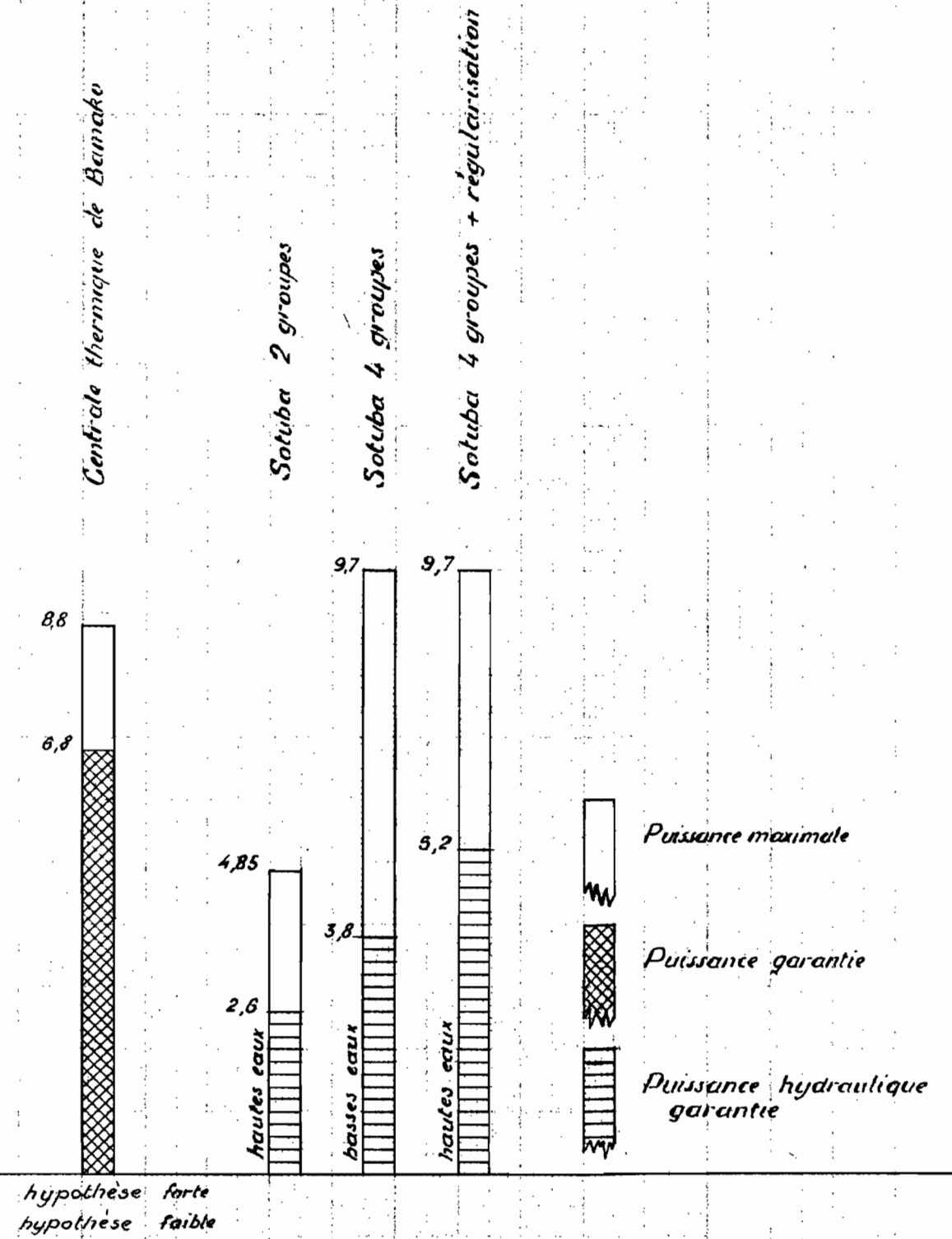
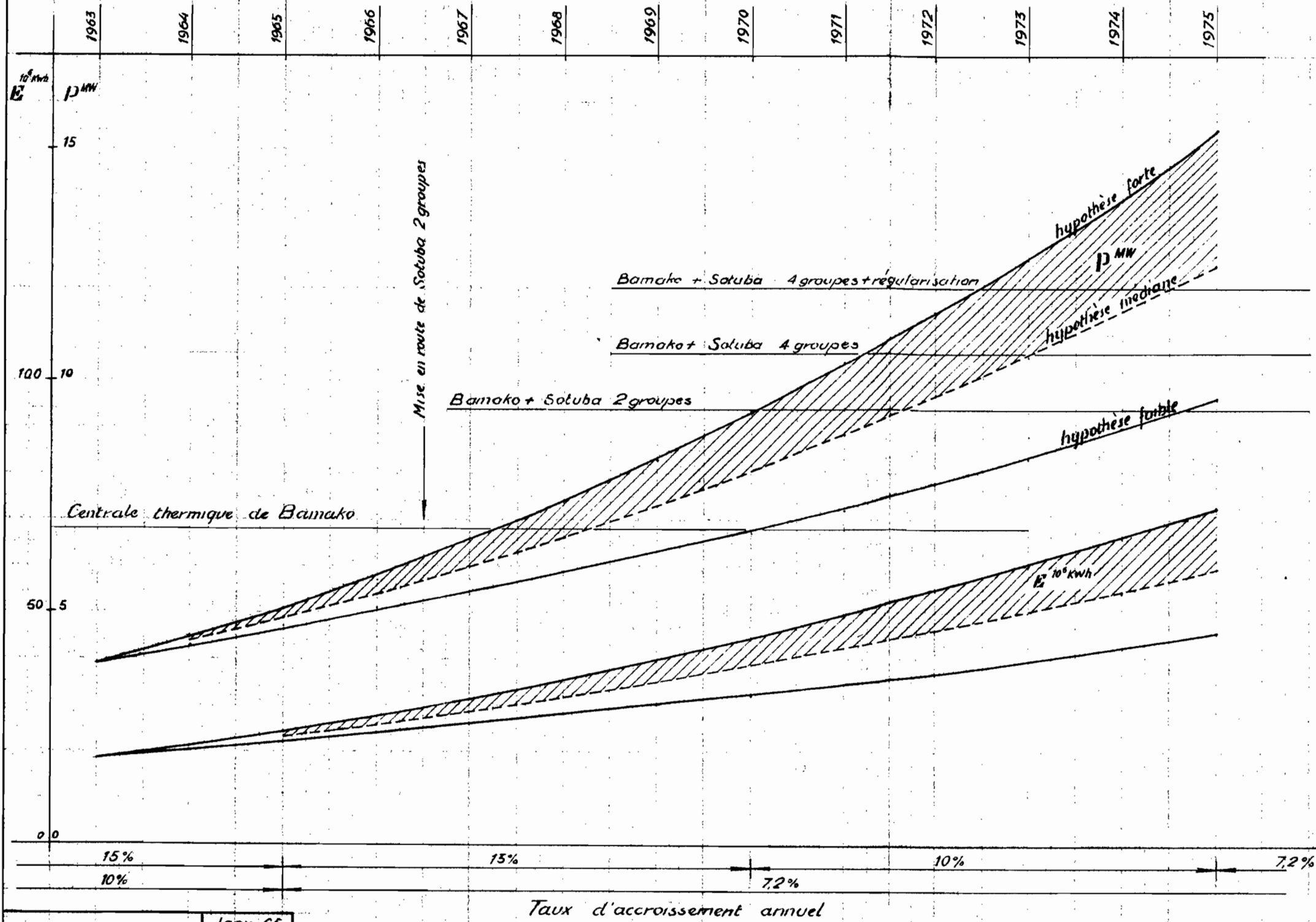
Parmi les hypothèses d'accroissement des besoins en énergie, définies ou retenues dans d'autres études, on peut citer celles d'ITALCONSULT qui adoptent un taux de 14 % jusqu'en 1974 et 8 % au delà, ce qui donne en énergie :

(10 ⁶ kWh)	1969	1974	1979
ITALCONSULT	39,3	74,5	110
EDF (hypothèse forte)	39,8	66	97

(1) au delà de 1975, à titre indicatif, on aurait :

	<u>hypothèse forte</u>	<u>hypothèse médiane</u>
1979	20 MW 97 10 ⁶ kWh	17 MW 80 10 ⁶ kWh
1980	22 MW 104 "	18 MW 81 "

Région de Bamako
Développement des besoins en énergie
Développement des moyens de production



Les besoins d'après ITALCONSULE seraient supérieurs aux prévisions EDF (hypothèse forte) à partir de 1971/72 pour atteindre environ + 13 % en 1974/79.

Dans le Plan général établi par V. IVANOV, il est fait état de valeurs manifestement surestimées quant aux besoins futurs, même si l'on considère qu'elles visent l'ensemble du Mali.

100 10 ⁶ kWh	à la fin du plan quinquennal
1 10 ⁹ kWh	en 1970/75, compte tenu d'une forte industrialisation.

°
° °

3,3 DEVELOPPEMENT DES MOYENS DE PRODUCTION

Dans l'état actuel de la centrale de Bamako et compte tenu des réalisations en cours - groupe Diesel et centrale de Sotuba - les moyens de production pourront faire face, dès juillet 1966, à une puissance de 9 400 kW dans les conditions suivantes : un groupe de 2 000 kW arrêté à la centrale de Bamako, crue décennale du Niger.

Les besoins de Bamako seront alors satisfaits jusque vers 1970 (hypothèse forte) ou 1972 (hypothèse médiane).

La demande en énergie, à la production, atteindra 45 10⁶ kWh qui pourront être fournis pour 70 % environ par la centrale de Sotuba.

3,31 Extension de la centrale de Sotuba

Au delà de cette période, il faut envisager de nouveaux moyens de production et l'extension de la centrale de Sotuba vient tout d'abord à l'esprit. L'étude de cette extension doit être confiée par le Gouvernement Malien à EDF. On peut, d'ores et déjà, se faire une idée des caractéristiques énergétiques qui en résulteront.

L'adjonction de deux groupes supplémentaires à la centrale de Sotuba conduirait à envisager une surélévation de l'ordre de 1,20 m du barrage des Aigrettes, surélévation qui n'interviendrait qu'en saison sèche pour augmenter le débit dérivable par le canal d'amenée.

La puissance maximale serait doublée par rapport à l'aménagement initial, soit 9 700 kW comptés à l'entrée du réseau de Bamako. La hauteur de chute nette maximale, compte tenu de la surélévation du barrage, atteindrait 7,65 m environ.

Pour le débit d'étiage, la puissance moyenne de l'aménagement à 4 groupes bénéficierait de cette augmentation de hauteur de chute (environ 10 %) d'où les valeurs suivantes, compte tenu des débits réservés pour les irrigations de Baguinéda :

étiage		puissance moyenne	production journalière
décennal	21 m ³ /s	1 100 kW	26 500 kWh
le plus fréquent	32 "	1 760 kW	42 500 kWh

En hautes eaux, la puissance serait limitée par la hauteur de chute et non par le débit. La puissance disponible serait donc double de la puissance de l'aménagement à 2 groupes dans les mêmes conditions :

puissance disponible		débit
5 700 kW	pour le débit de crue annuelle	6 200 m ³ /s
5 200	" " " décennale	7 900 "
4 700	" " " centenaire	9 600 "

Reprenant le raisonnement fait précédemment, on voit que l'énergie produite par l'aménagement à 4 groupes et pour le débit d'étiage décennal pourrait se placer dans le diagramme journalier de charge jusqu'à concurrence de 3 800 kW, la puissance de pointe du réseau étant de l'ordre de 10 000 kW, alors qu'en crue décennale, la puissance disponible serait de 5 200 kW. Ce serait donc les conditions de basses eaux qui fixeraient la puissance garantie de l'aménagement à 4 groupes.

L'ensemble centrale thermique de Bamako et centrale de Sotuba à 4 groupes pourrait alors faire face à une puissance de 10 600 kW :

	Puissance	
	maximale	garantie
centrale thermique	3 800 kW	5 800 kW
Sotuba 4 groupes	9 700	3 800
	13 500 kW	10 600 kW

La puissance garantie étant définie comme précédemment en notant, toutefois, que la puissance hydraulique de 3 800 kW requiert la mise en marche de 3 groupes seulement et se trouve garantie mécaniquement.

Cette puissance serait atteinte vers 1971 ou 1973, suivant les hypothèses admises pour le développement des besoins en énergie.

Il apparaît donc que l'installation de groupes supplémentaires à la centrale de Sotuba repousserait de 1 an environ l'échéance de la mise en route de nouveaux moyens de production. Sans préjuger de l'opportunité de l'extension de Sotuba, on peut remarquer que l'énergie que produiraient les deux groupes supplémentaires remplacerait pour une grande part de l'énergie thermique. Pendant les périodes où la puissance maximale de Sotuba serait garantie, la demande du réseau serait satisfaite dans les conditions suivantes :

puissance hydraulique	9 700 kW
puissance thermique	900 kW
	10 600 kW

3,32 Régularisation partielle des débits

Dans le cas de l'aménagement de Sotuba, la régularisation partielle des débits ne serait, au mieux, qu'une solution de transition. En effet, pour l'aménagement à 2 groupes, la puissance garantie, qui sera celle de hautes-eaux, resterait inchangée. Pour l'aménagement à 4 groupes, la puissance garantie, limitée par la

faiblesse des débits d'étiage, augmenterait par suite de la régularisation partielle (1) de ces débits sans toutefois dépasser 5 200 kW, puissance maximale de hautes eaux.

La régularisation, associée à l'extension de la centrale de Sotuba, permettrait donc de garantir :

	<u>puissance garantie</u>
centrale thermique	6 800 kW
Sotuba à 4 groupes	5 200 kW
	<u>12 000 kW</u>

Dans cette hypothèse, il faudrait renforcer les moyens de production vers 1972/73 ou 1974/75.

Au point de vue énergie, la régularisation des débits se traduirait par une légère augmentation de la productibilité tant pour l'aménagement à 2 groupes que pour celui à 4 groupes :

<u>productibilité (10⁶ kWh)</u>	<u>débits naturels</u>	<u>débits régularisés à</u>	
		<u>100 m³/s</u>	<u>120 m³/s</u>
Sotuba 2 groupes	35	38	38
Sotuba 4 groupes	62	66	68

Remarque -

Il est à rappeler que la régularisation des débits de saison sèche valoriserait notablement les possibilités du Grand Kénié.

3,33 Nouvel équipement hydroélectrique

Indépendamment de l'extension de Sotuba avec ou sans régularisation des débits de saison sèche, du renforcement éventuel de la centrale thermique, et dans l'état actuel de la connaissance des ressources hydroélectriques, l'augmentation des moyens de production pourrait être réalisée, soit par l'aménagement des rapides de Kénié, soit par l'aménagement hydroélectrique du site de Sélingué sur le Sankarani.

(1) à partir de 100 m³/s approximativement.

3,331 Aménagement des rapides de Kénié

Parmi les différentes solutions d'aménagement de ces rapides, la solution aval ou Grand Kénié (1) offrirait les plus grandes possibilités.

La puissance garantie de 3 800 kW pour les débits naturels de basses eaux pourrait être portée à 21 000 kW (24h/24) si le débit minimal de saison sèche était lui-même porté à 200 m³/s (13 000 kW pour 120 m³/s). La puissance de hautes eaux ne serait pratiquement limitée que par l'équipement de la centrale.

Il apparaît donc que l'aménagement de ces rapides ne serait à envisager, économiquement, qu'après régularisation partielle des débits de basses eaux.

3,332 Aménagement du site de Sélingué sur le Sankarani

La seule possibilité malienne de régulariser à une valeur acceptable les débits de basses eaux est le réservoir de Sélingué sur le Sankarani(2). Ce réservoir, tel qu'il a été étudié par ITALCONSULT (ouvrage cité), serait susceptible de maintenir les débits à 120 m³/s au minimum à Koulikoro. Il valoriserait donc la centrale de Sotuba à 2 groupes, son extension éventuelle et l'aménagement du Grand Kénié.

L'installation d'une centrale hydroélectrique au pied du barrage de Sélingué n'a pas été approfondie par ITALCONSULT comme il a été dit précédemment. L'étude d'une telle centrale sortirait du cadre du présent rapport, mais il paraît essentiel, pour mieux poser le problème du développement des moyens de production d'énergie, de définir, moyennant quelques hypothèses, au moins un ordre de grandeur des puissances qui pourraient être garanties, en particulier à retenue pleine et en hautes eaux et en fin de saison sèche.

(1) voir ci-avant 2,112

(2) la mise en route de la construction du barrage est inscrite dans le plan quinquennal 1961/65.

On peut admettre, avec ITALCONSULT, un débit d'équipement de $200 \text{ m}^3/\text{s}$ et une puissance installée de 20 000 kW en 4 groupes, et les cotes particulières suivantes :

- cote de retenue maximale	346
- restitution : cote des plus basses eaux	329
cote des plus hautes eaux	338

et adopter :

- cote de retenue minimale	339

Les valeurs suivantes en découleraient :

- capacité utile de la réserve : environ	1 130 10^6 m^3
- hauteur de chute brute :	
. minimale de hautes eaux	$346 - 338 = 8 \text{ m}$
. maximale de saison sèche	$346 - 329 = 17 \text{ m}$
. minimale de saison sèche	$339 - 329 = 10 \text{ m}$
. moyenne de saison sèche	environ 14 m

En toute première approximation, et en se basant sur les remarques faites par ITALCONSULT, on admettra que les débits du Sankarani à Sélingué représentent approximativement 25 % des débits du Niger à Koulikoro.

En raisonnant sur deux années particulières : année faible 1950 et année minimale 1945 (1), on peut mettre en évidence la capacité de réserve dont il faudrait pouvoir disposer pour turbiner en moyenne pendant la saison sèche 80, 100 ou $120 \text{ m}^3/\text{s}$ au pied du barrage (2). On peut également calculer les débits qui en résulteraient à Koulikoro (3) et les comparer aux besoins de l'Office du Niger calculés par ITALCONSULT pour le programme de 156 000 ha, ainsi qu'aux besoins d'un programme de 80 000 ha que nous avons étudié au chapitre IV.

Les résultats sont consignés dans les deux tableaux suivants, d'où il ressort que le volume d'appoint nécessaire pour la marche de la centrale en saison sèche serait :

-
- (1) classification ITALCONSULT dans l'ordre croissant des volumes de la période février-juin pour les années 1907 à 1963 : année faible 11^{ème} année, année minimale 1^{ère} année.
 - (2) compte tenu des pertes par évaporation sur la retenue estimées à $160 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.
 - (3) aux pertes près dans le fleuve.

Exploitation de la réserve de Sélingué
année faible (1950)

Mois	Débits naturels (m ³ /s)		Appoint (m ³ /s) pour turbiner à Sélingué			Débits à Koulikoro (m ³ /s) pour débits turbinés			Besoins Office du Niger (m ³ /s) (2)	
	Koulikoro	Sélingué (1)	80	100	120	80	100	120	156 000 ha 6 000/10	80 000 ha
I	286	71	9	29	49	295	315	335	167	58
II	145	36	44	64	84	189	209	229	141	45
III	74	18	62	82	102	136	156	176	115	32
IV	42	10	70	90	110	112	132	152	84	32
V	65	16	64	84	104	129	149	169	84	32
VI	128	32	48	68	88	176	196	216	301	160
VII	730	182	-	-	-				260	132
VIII	2 518	630	-	-	-				187	88
IX	5 198	1 300	-	-	-				232	118
X	5 547	1 390	-	-	-				279	150
XI	2 391	600	-	-	-				163	71
XII	768	192	-	-	-				247	88
Appoint total : 10 ⁶ m ³			780	1 100	1 410					
Pertes par évaporation			160	160	160					
Volume total à stocker : 10 ⁶ m ³			940	1 260	1 570					

(1) Débits estimés à 25 % des débits du Niger à Koulikoro.

(2) Les besoins du périmètre de Baguinéda seraient à ajouter.

Exploitation de la réserve de Sélingué

année minimale (1945)

Mois	Débits naturels (m ³ /s)		Appoint (m ³ /s) pour turbiner à Sélingué			Débits à Koulikoro (m ³ /s) pour débits turbinés			Besoins Office du Niger (m ³ /s) (2)	
	Koulikoro	Sélingué (1)	80	100	120	80	100	120	156 000 ha 8 ans/10	80 000 ha
I	199	50	30	50	70	229	249	269	149	58
II	93	23	57	77	97	150	170	190	127	45
III	39	10	70	90	110	109	129	149	104	32
IV	23	6	74	94	114	97	117	137	79	32
V	34	8	72	92	112	106	126	146	79	32
VI	117	29	51	71	91	168	188	208	258	160
VII	434	108	-	-	12	434	434	446	224	132
VIII	2 772	690	-	-	-				165	88
IX	4 592	1 150	-	-	-				202	118
X	4 266	1 070	-	-	-				242	150
XI	1 631	408	-	-	-				145	71
XII	592	148	-	-	-				215	88
Appoint total : 10 ⁶ m ³			930	1 240	1 590					
Pertes par évaporation			160	160	160					
Volume total à stocker : 10 ⁶ m ³			1 090	1 400	1 750					

(1) Débits estimés à 25 % des débits du Niger à Koulikoro.

(2) Les besoins du périmètre de Baguinéda seraient à ajouter.

	année faible	année minimale
débit moyen turbiné 80 m ³ /s	940 10 ⁶ m ³	1 090 10 ⁶ m ³
" " " 100	1 260 "	1 400 "
" " " 120	1 570 "	1 750 "

Pour une retenue tendue à 346, la capacité utile permettrait de garantir à l'usine de pied de barrage un débit de 80 m³/s en année minimale. En période de hautes eaux, juillet à décembre, il serait possible de turbiner 200 m³/s, la retenue se remplissant facilement en août et septembre.

Dans ces conditions, la puissance susceptible d'être fournie par le Sankarani serait de :

$$8 \times 200 \times 8 = 12\,800 \text{ kW en hautes eaux}$$

$$8 \times 80 \times 14 = 9\,000 \text{ kW en basses eaux}$$

soit, approximativement, à l'entrée du réseau de Bamako :

$$\text{en hautes eaux } 12\,000 \text{ kW}$$

$$\text{en basses eaux } 8\,500 \text{ kW}$$

correspondant à un productible de 85 10⁶ kWh en année faible. En année moyenne ce productible pourrait être de l'ordre de 100 à 110 10⁶ kWh, la puissance maximale comptée à Bamako étant de l'ordre de 19 000 kW.

Il est à remarquer que dans l'hypothèse d'un débit turbiné de 80 m³/s à Sélingué, le débit à Koulikoro se trouverait porté à 100 m³/s au minimum. L'aménagement de Sotuba verrait donc sa puissance de basses eaux devenir permanente et égale à la puissance maximale dans le cas de deux groupes, égale à 6 000 kW (1) dans le cas de l'extension à quatre groupes.

L'intervention de l'aménagement du Sankarani avant ou après l'extension de Sotuba conduirait à la situation suivante :

(1) en supposant que la modulation des débits serait interdite à cause de la navigation.

	Puissance- kW		
	maximale	hautes eaux	basses eaux
centrale thermique	7 200	7 200	7 200
Sotuba (2 groupes)	4 850	2 600	4 850
Sankarani	19 000	12 000	8 500 (1)
	31 000	21 800	20 550

en supposant, avec ITALCONSULE, qu'à l'époque les deux groupes Diesel de 800 kW seraient déclassés.

Les défaillances mécaniques dont il faudrait tenir compte pour le calcul de la puissance garantie seraient :

centrale thermique : 1 groupe de 2 000 kW à l'arrêt

Sotuba basses eaux : 1 groupe à l'arrêt, soit 2 425 kW

Sankarani hautes eaux: 1 groupe à l'arrêt, soit 3 000 kW

l'arrêt d'un groupe en basses eaux à Sotuba étant l'hypothèse la plus défavorable et conduisant à une puissance garantie de :

Sotuba 2 groupes + Sankarani

$$P_g = 20\,550 - 2\,425 = 18\,125 \text{ kW}$$

Dans le cas de la centrale de Sotuba à 4 groupes, on aurait :

	Puissance - kW		
	maximale	hautes eaux	basses eaux
centrale thermique	7 200	7 200	7 200
Sotuba 4 groupes	9 700	5 200	6 000 (2)
Sankarani	19 000	12 000	8 500 (1)
	35 900	24 400	21 700

(1) marche à 3 groupes en fin de vidange de la réserve.

(2) marche à 2 groupes.

Les défaillances mécaniques à craindre seraient alors :

centrale thermique : : 1 groupe de 2 000 kW à l'arrêt

Sotuba hautes eaux : 1 groupe à l'arrêt, soit 1 300 kW

Sankarani hautes eaux : 1 groupe à l'arrêt, soit 3 000 kW.

conduisant à une puissance garantie de :

Sotuba 4 groupes + Sankarani

$P_g = 21\,700 - 2\,000 \neq 20\,000\text{ kW}$

L'ensemble de ces moyens de production pourrait alors faire face aux besoins de la région de Bamako jusque vers 1980.

3,34 Remarque sur l'éventualité d'un appoint thermique

Dans le cas d'un aménagement à 2 ou à 4 groupes de la centrale de Sotuba et d'une centrale à Sélingué, la puissance hydraulique disponible maximale serait de :

Sotuba 2 ou 4 groupes 4 850 ou 9 700 kW

Sankarani 19 000 kW

soit au total 23 850 ou 28 700 kW

alors que la puissance garantie, compte tenu de l'appoint thermique de la centrale de Bamako, serait de 18 000 ou 20 000 kW. Au point de vue énergie, la production hydraulique serait largement prédominante, mais il serait nécessaire d'étudier l'intérêt économique d'un nouvel appoint thermique permettant d'utiliser au maximum les installations hydrauliques.

3,35 Remarques sur le programme de vidange de la réserve de Sélingué

La comparaison des débits renforcés à Koulikoro pour 80 m³/s turbinés à Sélingué, aux besoins de l'Office du Niger pour ses irrigations (1), fait apparaître un déficit (2) au mois de juin de 125 m³/s (330 · 10⁶ m³) en année faible et 90 m³/s (235 · 10⁶ m³) en année minimale.

-
- (1) programme des 156 000 ha compte non tenu des irrigations dans le périmètre de Baguinéda.
 - (2) réserve faite que pour le programme des 80 000 ha, le débit naturel est suffisant.
-

Pour faire face à ces besoins et compte tenu des pertes par transmission évaluées par ITALCONSULE à $50 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (1), la capacité totale nécessaire de la réserve devrait être :

10^6 m^3	année faible	année minimale
Volume pour centrale hydro-électrique	940	1 090
Appoint pour Office du Niger	330	235
Pertes de transmission	50	50
Volume total nécessaire	1 320	1 375

Le volume total serait alors supérieur à la capacité utile pour la retenue à 346.

Il est à remarquer cependant :

- 1 - que la retenue maximale pourrait sans doute être portée à 347 ce qui conduirait à une capacité utile de $1\,450 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ jusqu'à 339 ;
- 2 - que le débit de $80 \text{ m}^3/\text{s}$ turbiné à Sélingué serait en fait un débit moyen, sa valeur maximale, s'établissant à la fin de la vidange de la réserve, ce qui réduirait d'autant le déficit du mois de juin quant aux besoins de l'Office du Niger ;
- 3 - que ces besoins de juin pour les irrigations pourraient être limités, comme il sera expliqué par la suite (2).

La prise en considération de ces remarques dans une étude des possibilités de régularisation partielle des débits du Niger par le réservoir du Sankarani, montrerait peut être que l'on pourrait turbiner $100 \text{ m}^3/\text{s}$ ou plus à Sélingué en saison sèche.

Il n'a pas été tenu compte des conditions de navigation en aval de Koulikoro. ITALCONSULE avait retenu la nécessité d'un débit minimal de $120 \text{ m}^3/\text{s}$ à Koulikoro sous réserve, implicitement, de travaux d'aménagement du lit (3); ce débit serait pratiquement atteint en année faible et serait limité à $100 \text{ m}^3/\text{s}$ durant 3 mois en année minimale dans l'hypothèse d'un débit turbiné à Sélingué de $80 \text{ m}^3/\text{s}$.

-
- (1) sans débit réservé pour la centrale de Markala.
 (2) voir chapitre IV ci-après.
 (3) voir chapitre III ci-après.
-

3,4

CONCLUSION SUR LE PROBLEME DE L'ALIMENTATION EN ENERGIE DE LA
REGION DE BAKO POUR LES 15 PROCHAINES ANNEES

Les moyens de production existants, prévus à très court terme ou en cours de réalisation, permettront de garantir une puissance de 9 400 kW, c'est-à-dire de faire face aux besoins de Bakou jusque vers 1970 ou 1972, suivant l'hypothèse admise pour l'accroissement de la demande en énergie.

De nouveaux moyens de production devront donc entrer en service dans 5 à 7 ans, moyens choisis parmi les aménagements hydrauliques suivants :

- extension de la centrale de Sotuba ,
- barrage-réservoir du Sankarani ,
- centrale de Sélingué,

sans écarter, toutefois, un renforcement de la centrale thermique s'il s'avérait économique.

Les possibilités hydrauliques ont été analysées dans les pages précédentes en vue de définir, moyennant un certain nombre d'hypothèses, un ordre de grandeur de leurs caractéristiques énergétiques. Ces caractéristiques devront, le plus tôt possible, faire l'objet d'études détaillées qui mettront également en évidence le montant des investissements et le prix de revient de l'énergie dans les différentes solutions envisageables.

Dans le cas du barrage et de la centrale de Sélingué, en particulier, il conviendra de rechercher les conditions optimales tant pour la capacité utile du réservoir que pour le débit d'équipement et le mode d'exploitation, compte tenu d'une part de l'énergie produite par la centrale elle-même et de l'influence sur la centrale de Sotuba en saison sèche, d'autre part des besoins en eau pour les irrigations et la navigation.

Une étude économique permettra alors de dégager un programme de renforcement des moyens de production à mettre en place à partir de 1970 pour faire face à la demande jusque vers 1980.

Pour assurer la production au delà de cette période, il faudra choisir parmi d'autres possibilités hydroélectriques qu'il conviendra d'inventorier avant d'en entreprendre des études préliminaires.

•
• •

4

L'ALIMENTATION EN ENERGIE DE L'OFFICE DU NIGER

V. FRANGOULIAN, dans son étude "Problèmes du développement de l'Energétique sur le territoire de l'Office du Niger" (doc.III-7), fait le point de la situation quant aux moyens de production existants et aux besoins actuels, fait une estimation des besoins futurs de l'Office et propose trois variantes pour satisfaire ces besoins.

L'énergie actuellement consommée dans la distribution publique de Ségou et dans les différents centres de l'Office du Niger provient de 12 centrales thermiques abritant au total 23 groupes dont la puissance nominale est d'environ 2 400 kW, mais dont la puissance effective tombe à 1 100 kW en raison de la vétusté du matériel.

La centrale de Markala, équipée de 3 groupes totalisant 1 240 kW (2 groupes de 380 kW + 1 groupe de 480 kW) est la plus importante du Mali, après celle de Bamako. En fait, les groupes mis en parallèle, la puissance disponible atteint 600 kW.

La ville de Ségou a également une centrale de deux groupes de 80 kW, mais qui ne joue qu'un rôle de secours, l'alimentation ayant lieu normalement à partir de Markala par une ligne à 15,5 kV d'environ 40 km de longueur.

Les dix autres centrales sont réparties, soit sur le marigot de Molodo entre 60 et 120 km à partir de Markala, soit sur le Boky Wéré entre 45 et 70 km à partir de Markala également(1).

Pour remédier à l'état des centrales et pour faire face à l'augmentation des besoins, V. FRANGOULIAN propose trois variantes d'équipement :

(1) voir "Plan schématique du système hydraulique de l'Office du Niger" - chapitre IV.

1ère variante

Remplacement des groupes usés par de nouveaux plus puissants.

On aurait alors 22 groupes totalisant 5 100 kW dont 9 groupes de réserve représentant 1 700 kW. Trois groupes de 400 kW équippaient une nouvelle centrale à Markala pour les seuls besoins de l'Office - Markala, Point A, Sucrerie et station de pompage de Doussabougou - à l'exclusion des besoins de Ségou et de l'usine de mécanique de Markala.

2ème variante

Le territoire de l'Office serait divisé en 4 secteurs, chacun alimenté par une centrale.

Dans cette hypothèse, on aurait 14 groupes totalisant à peu près 4 000 kW dont 4 groupes de réserve représentant 1 000 kW.

L'une des centrales serait à Markala avec le même équipement que dans la variante précédente et avec les mêmes besoins à satisfaire.

3ème variante

Toute l'alimentation de l'Office aurait lieu à partir d'une centrale hydraulique aménagée à Markala et équipée à 5 400 kW. Un appoint thermique de 3 200 kW en une centrale (Markala) ou en deux centrales (Markala et Miono) permettrait d'assurer la continuité de la fourniture pendant les défaillances de hautes et basses eaux.

La centrale hydraulique pourrait fournir $21 \cdot 10^6$ kWh en 9 mois de marche.

Dans cette hypothèse, il est prévu un réseau de transport à 35 kV de Markala vers les trois autres secteurs de la variante n° 2 et, éventuellement, vers Ségou (3 antennes de 110, 45 et 40 km). Dans chaque secteur les centres seraient alimentés sous 10 kV.

Cette dernière formule aurait la faveur de l'auteur qui précise, toutefois, qu'aucune comparaison économique des différentes variantes n'a été entreprise et que seuls la consommation de carburant et le nombre de groupes ont été retenus comme critères. En conclusion cependant, et tenant compte des délais plus longs pour la construction de la centrale hydraulique, V. FRANGOULIAN recommande de s'orienter, au départ, vers la variante n° 2 puis d'entreprendre la construction de la centrale hydraulique dès la mise au point du projet d'exécution.

La solution consistant à grouper les centres en secteurs et à ramener le nombre de centrales à 4 paraît la meilleure, évitant de ce fait un réseau de transport important - environ 200 km en 35 kV - eu égard aux puissances transitées. Par contre, il ne paraît pas logique, et surtout si l'on réalise un aménagement hydroélectrique, de dissocier la distribution publique de Ségou et l'usine mécanique de Markala de la satisfaction des besoins de l'Office.

Ce secteur de Markala-Ségou est le seul à prendre en considération dans la présente étude, en raison de la possibilité hydroélectrique de Markala.

4,1 SECTEUR DE MARKALA-SEGOU

4,11 Besoins en énergie

Les besoins en énergie de ce secteur étaient les suivants pour l'année 1962, d'après V. FRANGOULIAN :

Markala	Office du Niger	311 10 ³ kWh
"	Usine mécanique	252
"	autres utilisateurs	37
Ségou		704
		1 304
	pertes (9,7 %)	141
	Production totale	1 445 10 ³ kWh

Dans le plan quinquennal il est prévu, pour les prochaines années :

- la culture de la canne à sucre sur une superficie de 4 000 ha dans le casier de Dougabougou (1), cette culture nécessitant des irrigations par pompage notamment en saison sèche et du drainage également par pompage ;
- la mise en route d'une sucrerie d'une capacité de 20 000 t/an également à Dougabougou ;
- la mise en route d'un combinat textile à Ségou , susceptible de traiter 2 500 t de coton fibre.

Pour la culture de la canne à sucre, les besoins ont été estimés à 1 050 000 kWh sous 250 kW, alors que la sucrerie n'utiliserait l'énergie qu'en dehors de la période de traite de la canne et jusqu'à concurrence de 100 kW seulement et 426 000 kWh (d'après FRANCOULIAN)(2) .

Pour le combinat textile, en tablant sur les besoins unitaires suivants (3) :

filature	1,65 kWh/kg	de coton fibre
tissage	0,35	" " " "
teinture	0,10	" " " "

il ressort une consommation d'énergie de 5,3 millions de kWh pour 2 500 t de coton fibre, sous 1 300 kW environ.

Ces besoins agricoles et industriels nouveaux représentent donc environ 6,8 millions de kWh et 1 650 kW de puissance maximale.

Si l'on considère la situation dans 5 ans, pour fixer les idées, les besoins actuels auront sans doute doublé (taux d'accroissement de 15 % l'an), soit à la production $3 \cdot 10^6$ kWh - 800 kW et les réalisations ci-dessus mentionnées qui auront vu

(1) à 20 km au nord de Markala.

(2) l'énergie proviendrait de Markala sous 10 kV. Il y aura lieu de tenir compte, éventuellement, des excédents de production d'énergie de la sucrerie.

(3) d'après le rapport "Conférence du Niandan" (doc.II-3-6).

le jour demanderont à la production environ $7,5 \cdot 10^6$ kWh sous 1 850 kW. Au total, il faudra donc assurer une production de plus de 10 millions de kWh sous 2 650 kW approximativement.

4,12 Moyens de production

Les moyens existants étant à renforcer, voire à renouveler, il convient de déterminer quelle pourrait être la part de l'énergie hydraulique dans l'alimentation du secteur de Markala-Ségou.

L'étude d'avant-projet sommaire d'EDF (doc.III-4) met en évidence la possibilité d'installer au barrage de Markala des groupes de 500 kW, deux en première étape (1) avec possibilités d'extensions. Avec deux groupes, la centrale pourrait fournir, en année moyenne $4 \cdot 10^6$ kWh sous 1 000 kW - débit d'équipement $25 \text{ m}^3/\text{s}$ et avec quatre groupes $7,5 \cdot 10^6$ kWh, sous 2 000 kW - $50 \text{ m}^3/\text{s}$. La puissance disponible s'annulerait en hautes eaux par manque de hauteur de chute - septembre et octobre - et serait limitée ou s'annulerait en étiage suivant les débits turbinables.

La régularisation des débits pourrait améliorer la situation en saison sèche, mais il restera toujours les défaillances de hautes eaux qui impliqueront l'adjonction d'une centrale thermique devant faire face aux besoins totaux.

L'étude FRANGOULIAN table, pour la centrale hydraulique de Markala, sur un équipement à 4 groupes de 1 350 kW absorbant ensemble de 62 à $116 \text{ m}^3/\text{s}$ et pouvant produire $21 \cdot 10^6$ kWh.

Le calcul de la productibilité dans chacune des deux études repose sur des hypothèses différentes concernant les débits à réserver pour les irrigations en 1966 ou 1966/67, la valeur de $13 \text{ m}^3/\text{s}$ pour les pertes aux joints du barrage étant cependant la même. D'autre part, le calcul est conduit à partir de bases différentes :

(1) cette puissance d'équipement avait été avancée dans l'étude de M. LEBARBIER (doc.III-3).

- pour V. FRANGOULIAN

- . hauteurs chute brute moyennes mensuelles pour les années 1947/63,
- . débits moyens mensuels sur une période non précisée (module de 1 506 m³/s) ,

- pour EDF

- . défaillances de hautes eaux et de basses eaux comptabilisées et productibilité calculée pour chacune des années 1908 à 1957, productibilité moyenne déduite statistiquement.

La puissance optimale d'équipement ne pourra être déterminée qu'à partir d'une étude économique faisant intervenir :

- les besoins à satisfaire, leur évolution dans le temps et leurs variations saisonnières (1) ,
- les débits disponibles, compte tenu des débits nécessaires à l'Office du Niger, et leurs variations dans l'année et dans le temps, compte tenu également de la régularisation éventuelle des débits de saison sèche ,
- le prix de l'énergie d'appoint.

Au sujet de cette énergie d'appoint, M. LEBARBIER dans "Les ressources énergétiques de la Fédération du Mali " (ouvrage cité - III-3) recommandait d'étudier la possibilité de transporter

(1) les relevés de consommation de 1962, notés par V. FRANGOULIAN, mettent en évidence pour l'ensemble Markala-Ségou :		
3 mois à faible consommation	juillet	(0,91)
	août	(0,89)
	septembre	(0,89)
3 mois à forte consommation	mars	(1,14)
	avril	(1,13)
	mai	(1,20)
par rapport à la consommation moyenne mensuelle.		

tout le paddy à Markala et de l'usiner dans une rizerie moderne d'une capacité de 60 000 t/an à construire. Une centrale thermique alimentée à la balle de paddy fournirait, non seulement la puissance nécessaire à l'usinage du riz, mais un excédent de l'ordre de 50 %. L'association hydraulique (Markala) - thermique (paddy), pourrait constituer un ensemble harmonieux, la centrale diesel existante pouvant alors être conservée en secours.

L'étude d'une telle centrale thermique mérite sans doute d'être entreprise, tant sous l'aspect technique, que sous l'aspect économique. Il faut remarquer, cependant, que cette solution conduirait à augmenter assez sensiblement les tonnages transportés sur les canaux de l'Office (transport de paddy au lieu de riz) et qu'il conviendrait d'abandonner ou de mettre au chômage les rizeries existantes.

°
° °

5 LES ETUDES A ENTREPRENDRE

Le programme des études à entreprendre, conclusion du présent chapitre consacré à l'équipement hydroélectrique, découle naturellement de l'analyse des possibilités du Niger malien eu égard aux besoins en énergie. Certains problèmes, tel que celui de l'alimentation en énergie de Bamako ou de Markala-Ségou, revêtent un caractère d'urgence et conduisent impérativement à des études de détail de quelques possibilités définies. Parallèlement, il conviendrait d'établir l'inventaire des autres possibilités et, suivant leur intérêt, il faudrait, soit s'en tenir aux reconnaissances, soit au contraire en faire des études préliminaires.

5,1 ETUDES DE DETAIL

5,11 Alimentation de Bamako

Les équipements réalisés en 1966 - renforcement de la centrale thermique de Bamako, centrale hydraulique de Sotuba à 2 groupes - permettront de faire face aux besoins en énergie jusque vers 1970/72. Il est absolument nécessaire d'étudier, dès maintenant, les différentes solutions envisageables pour la période 1970/80 - solutions à choisir parmi les possibilités suivantes:

- . extension de la centrale de Sotuba
- . barrage-réservoir du Fankarani
- . centrale de Sélingué

en liaison, éventuellement, avec un appoint thermique supplémentaire.

L'extension de Sotuba à 4 groupes devra être envisagée avec ou sans régularisation des débits de saison sèche, avec ou sans étape intermédiaire à 3 groupes.

L'étude du barrage-réservoir du Sankarani fera intervenir les besoins de tous les usagers : la centrale de Sotuba à 2 ou 4 groupes, éventuellement la centrale de Sélingué, la navigation en aval de Koulikoro, les besoins en eau de l'Office du Niger.

La centrale de Sélingué sera étudiée avec une ou plusieurs étapes pour l'installation des groupes.

Une étude économique permettra de définir le programme d'équipement dont la réalisation devra être achevée en temps opportun compte tenu de l'évolution des besoins en énergie à ajuster s'il y a lieu (1970/72 dans les hypothèses avancées dans les paragraphes précédents).

5,12 Alimentation du secteur Markala-Ségou

Les moyens actuels sont vétustes et il faut raisonnablement envisager leur renouvellement. De plus, les projets à l'étude et notamment l'implantation d'un combinat textile à Ségou conduiront à un renforcement de la puissance installée à court terme.

Outre des groupes Diesel nouveaux, on peut envisager l'installation de groupes hydrauliques au barrage de Markala.

La puissance hydraulique à équiper, éventuellement par tranches, doit être étudiée compte tenu de l'évolution des besoins à définir, ainsi que de leurs variations saisonnières, étant bien précisé que cette puissance s'annule en général en septembre et octobre par manque de hauteur de chute et qu'elle est tributaire, en saison sèche, des prélèvements effectués pour les besoins en eau de l'Office du Niger.

L'étude économique fixera les puissances thermique et hydraulique et déterminera si, par exemple, dans l'éventualité d'une régularisation à venir, il serait judicieux de différer quelque peu la construction de la centrale hydraulique.

L'étude technique et économique d'une centrale vapeur alimentée par de la balle de paddy sera étudiée parallèlement et comparativement à des unités Diesel.

5,2

ETUDES PRELIMINAIRES

Sauf implantation d'une industrie grosse consommatrice d'énergie dans le bassin du Niger, ce sera toujours la région de Bamako le principal centre de consommation. Les aménagements dont l'étude a été recommandée ci-avant permettront de faire face aux besoins en énergie jusque vers 1980 dans les hypothèses admises dans les pages précédentes.

Les possibilités susceptibles de prendre la relève sont peu nombreuses :

- . Kénié aval
- . Balandougou sur le Fié
- . Diofla sur la Baoulé.

Si pour le Kénié, le barrage a fait l'objet d'un examen particulier dans le cadre des études de navigation (doc.IX-5), la centrale n'a pas été étudiée. Les deux autres sites n'ont, semble-t-il, pas fait l'objet de reconnaissances sur le terrain.

De telles reconnaissances seraient à entreprendre assez rapidement pour confirmer ces deux dernières possibilités et s'assurer qu'avec Kénié aval elles constituent bien les seules intéressantes. Des études préliminaires suivraient, après les études de détail mentionnées ci-avant, afin d'avoir une bonne connaissance des ressources hydroélectriques de la région de Bamako.

Il est rappelé que l'aménagement de Kénié aval ne semble intéressant qu'après régularisation partielle des débits du Niger par le réservoir du Sankarani, par exemple.

Une réserve à Balandougou sur le Fié pourrait contribuer à régulariser les débits du Niger, mais dans une moindre mesure que la réserve du Sankarani. Une centrale de pied de barrage serait alors à 25 km de la centrale de Sélingué ou à 120 km de Bamako, à vol d'oiseau. Le remous créé par le barrage s'étendrait en territoire guinéen sur 40 km environ.

L'aménagement de Diofla serait indépendant des aménagements précédents, étant sur le Baoulé, affluent du Bani. Ce serait le Bani qui profiterait de la régularisation partielle des débits découlant d'une réserve utile de $1,2 \cdot 10^9 \text{ m}^3$. La centrale, implantée au pied du barrage, serait à 100 km de Bamako à vol d'oiseau.

Pour ces deux derniers aménagements, la détermination de la capacité de retenue est à entreprendre à ce stade d'études.

5,3

DOSSIERS DE RECONNAISSANCES

Outre celles dont l'étude est recommandée, soit au stade d'avant-projet, soit au stade d'étude préliminaire, il existe des possibilités qui ont été signalées par différents auteurs :

- . Défilé de Tossaye
- . Rapides de Labbezenga
- . Toubani (1).

Il y aurait lieu de vérifier, par une étude sur documents - cartes ou photographies aériennes - et éventuellement par des reconnaissances sur le terrain, qu'il s'agit là des possibilités les plus intéressantes.

Pour chacune, il conviendrait d'établir, après examen des lieux, un dossier de reconnaissance mettant en évidence, notamment :

- les caractéristiques topographiques du site (ouverture de la vallée, profil en long, hauteur de chute) ,
- les données hydrologiques et géologiques ,
- les caractéristiques de puissance et de productibilité.

(1) il est rappelé que l'aménagement de Toubani a été prévu pour turbiner les débits régularisés par le barrage projeté de Diofla : il chômerait en hautes eaux par manque de chute.

Il ne paraît pas nécessaire de pousser les études au delà tant que des besoins en énergie ne se préciseront pas (1). Si de tels besoins se manifestaient (2) qui puissent être satisfaits par l'aménagement d'un de ces sites, il faudrait en entreprendre l'étude préliminaire pour apprécier sa valeur économique, puis l'avant-projet.

5,4

CREDITS D'ETUDES

A titre tout à fait indicatif, et aux conditions économiques actuelles, le montant des études recommandées pourrait être estimé à un total de 210 à 250 millions de francs maliens, répartis comme il suit :

Etudes de détail

Etude des besoins en énergie de Bamako	)	
Extensions de Sotuba	)	
Barrage du Sankarani	)	
Centrale de Sélingué	)	120 à 135 M Fr M
Appoint thermique	)	
Etude économique	)	
Etude des besoins de Markala-Ségou	)	
Centrale hydraulique de Markala	)	30 à 40 M Fr M
Appoint thermique	)	

Etudes préliminaires

Etudes sur documents et reconnaissances	)	
Centrale de Kénié aval	)	
Site de Dioïla (3)	)	45 à 55 M Fr M
Site de Balandougou (3)	)	

Dossiers de reconnaissances

Etudes sur documents et reconnaissances	)	
Défilé de Tossaye	)	
Rapides de Labbezenga	)	15 à 20 M Fr M
Toubani	)	

o
o o

-
- (1) sauf dans le cas où les barrages auraient un intérêt au point de vue navigation ou hydroagricole.
 (2) en particulier à la suite des prospections menées par la Sté Nouvelle de Recherches et d'Exploitations Minières dans la région de Bourém notamment.
 (3) y compris cartographie de la cuvette de retenue.
-

1

LES DOCUMENTS DE BASE

II-A-3	Prospection de sites de barrages de régularisation - EDF	octobre 1959
II-B-6	La conférence du Niandan	mars 1958
II-C-4	Etude préliminaire du barrage-réservoir de Sélingué sur le Sankarani - ITALCONSULT	mars 1964
IV-1	La boucle du Niger - Synthèse provisoire IDIART	1959
V	La monographie du Niger	1958/1961
VI-9	Rapport de mission dans la vallée du Niger - DUCELLIER	décembre 1956
VIII-2	La coordination des transports au Mali - TRICART	octobre 1955
VIII-3	La navigation fluviale sur le Niger - CHAMPAUD	1959
VIII-5	Contribution à l'étude des transports au Mali - IRANI	janvier 1962
VIII-6	Les transports au Mali - VION	1963
IX-1	Amélioration de la navigation sur le Niger - AUBERT	août 1951
IX-4	L'hydrologie et la navigation sur le Niger - AUVRAY	décembre 1952
IX-5	Aménagement de la section Bamako-Koulikoro - EDF	décembre 1953
IX-7	Navigation sur le Boky-Wéré - Office du Niger	novembre 1957
IX-11	Note sur l'étiage 1958/59 - Direction de l'Hydraulique	septembre 1959
IX-17	Rapport au Congrès de Baltimore - ROUSSELOT CHABERT	1961

IX-18	Report on the test dredging of the river Niger - NEDECO		1961
IX-19	Correction des rivières par panneaux de fond - LNH	janvier	1962
IX-21	Rapport préliminaire de la mission URSS	février	1962
IX-22	Procès-verbal de la réunion des experts russes et français à Bamako	mars	1962
IX-23	Aménagement du bief Koulikoro-Ségou - LNH	avril	1962
IX-25	Aménagement du bief Koulikoro-Markala - URSS		1963

2 LES VOIES NAVIGABLES

2,1 LE NIGER ET SES DIVERS BIEFS - LES SEUILS SABLEUX - LES SEUILS ROCHEUX -

Le Niger offre au Mali une grande voie transversale de communication, qui se déroule du sud-ouest au nord-est sur un parcours d'environ 1 800 km, au coeur même du pays (1).

D'amont en aval, des obstacles naturels ou artificiels, tels les rapides de Sotuba et de Kénié, le barrage de Markala et les rapides de Labbezenga, délimitent 4 biefs navigables distincts sur le territoire de la République du Mali :

- Frontière de Guinée (180 km en aval de Kouroussa) - Bamako	200 km
- Koulikoro - Fanchon (limite amont du remous du barrage de Markala (2))	150 km
- Fanchon - Ségou - Markala	70 km
- Markala - Ansongo - Labbezenga	1 250 km

De Bamako à Koulikoro, les rapides de Sotuba et de Kénié interdisent toute navigation sur 68 km ; le bief est court-circuité par une route et une voie ferrée.

Au delà D'Ansongo, la navigation interrompue par les rapides de Labbezenga ne reprend que très en aval, sous des formes qui, tant au point de vue hydraulique qu'au point de vue économique, sont sans aucun lien avec les conditions d'utilisation du Niger au Mali.

(1) Voir annexe IV .

(2) limite en basses eaux pour une retenue normale à la cote (+ 300,00) - Rapport AUVRAY - avril 1952.

Mais d'autres considérations vont intervenir dans l'étude du fleuve, qui amèneront à considérer le particularisme propre à des sections plus localisées :

- l'implantation du système hydraulique de l'Office du Niger, qui opère une première ponction du débit ,
- plus en aval, le delta intérieur qui opère en crue une deuxième et très importante ponction et joue tout au long de l'année un rôle régulateur de l'hydrogramme, tout en ralentissant la propagation de la crue. C'est ainsi que dans son étude sur la navigation fluviale de Koulikoro à Gao, H. CHAMPAUD a pu écrire en 1959 que le maximum de la crue se décale de la façon suivante pour une année donnée :

. Koulikoro	3ème décade septembre
. Mopti	3ème décade octobre
. Diré	vers le 1er janvier
. Gao	1ère décade février

- les apports du Bani, dont la crue généralement décalée en retard sur celle du Niger, jouent un rôle non négligeable sur le régime de la navigation en aval de Mopti.

Lors donc on est accoutumé à distinguer les tronçons suivants :

2,11 Bief Koulikoro-Ségou

Il eût été plus rigoureux de dire Koulikoro-Fanchon, puisqu'ensuite nous sommes dans le remous du barrage où la navigation a un caractère permanent, bien différent ; mais l'habitude a consacré cette appellation qui rappelle l'importance de la liaison entre la tête de ligne de la voie ferrée Dakar-Niger et le port fluvial de l'Office du Niger situé dès lors sur un réseau de voies navigables en permanence ; bief Fanchon-Markala prolongé par les deux antennes de Markala-Niono et Markala-Kokry.

En étiage la navigation est ralentie, puis toute circulation devient impossible, en année d'hydraulicité moyenne, du 15 janvier au 15 juin (1), même aux embarcations légères ayant un tirant d'eau de 0,70 m, à cause de la présence de nombreux seuils sableux qui, en alternance avec des mouilles, constituent le lit mineur du fleuve. Les seuils sont d'autant plus mauvais qu'ils sont plus longs et que l'écoulement transversal par rapport à la passe risque de drosser les convois sur les bancs ; parmi les plus longs et les plus difficiles à franchir nous citerons ceux de Kassa et de Kamani ; cependant dans l'ensemble, l'allure du lit est relativement homogène.

L'examen des tarifs de la Cie de Navigation nous apporte quelques éléments d'appréciation nouveaux sur les sujétions qu'impose l'insuffisance de tirant d'eau, en en chiffrant l'incidence. Les tarifs du barème applicables normalement en hautes eaux sont majorés de 30 % sur le parcours Koulikoro-Ségou dès que le fleuve atteint en décrue la cote de 2,25 m à l'échelle de Koulikoro et cette majoration est maintenue jusqu'à l'arrêt de la navigation ; à la reprise de celle-ci, vers le 15 juin, on applique à nouveau les tarifs du barème ou tarifs de hautes eaux. Ainsi sur ce bief, une notion de rentabilité du trafic vient imposer l'application d'un barème majoré dès la cote 2,25 m, alors que la navigation lourde doit pouvoir continuer et reprendre pour une cote de 1,95 m et que la navigation légère se poursuivra jusqu'à la cote 1,35 m. C'est là une indication que la navigation dite légère, et même celle dite semi-lourde, sont d'une part, moins économiques, d'autre part, moins concurrentielles des autres moyens de transport.

Même différence sur le bief Ségou-Mopti où la cote minimale fixant les départs est inférieure à la cote à partir de laquelle sont appliqués les tarifs majorés.

M. N'DIAYE, directeur de la Compagnie Malienne de Navigation (2), au cours de nos entretiens d'octobre 1964, à Koulikoro, a bien attiré notre attention sur l'intérêt qu'a le transporteur à faire circuler des convois du plus fort tonnage possible.

(1) en 1963 la navigation a été interrompue entre le 15 et le 20 décembre pour être reprise le 1er juin 1964 .

(2) aujourd'hui Ateliers et Chantiers du Mali -ACM.

Nous croyons, a priori, que le fleuve ne doit pas être aménagé pour le passage d'une micro-flottille de basses eaux, mais que l'on doit, après une étude économique faisant varier les paramètres "coût de l'aménagement" - "prix de revient de la tonne.km suivant tonnage des convois", rechercher la solution optimale.

2,12 Bief Ségou-Markala

Il s'agit de la zone de remous du barrage qui est navigable toute l'année, et ce d'ailleurs depuis Fanchon, 35 km en amont de Ségou.

2,13 Bief Markala-Mopti

Nous subdiviserons ce bief en deux sous-tronçons :

2,131 Markala-Kokry

Les conditions de navigabilité sont difficiles par suite des prélèvements de l'Office du Niger et aussi du fait de la présence de seuils très longs qui apparaissent à l'étiage, entre Tio et Kokry : Sansanding, Nakry, Babougou, Koroni, Sènkankou. (Voir au présent chapitre la carte au 1/100 000 de la section Markala-Kokry-Mopti).

Le seuil de Nakry - 25 km en aval de Sansanding - constituait l'un des principaux obstacles à la navigation de basses eaux jusqu'à la crue de 1953/54 qui l'a profondément remanié, en laissant subsister un chenal de difficulté moyenne qui existait encore en octobre 1964 lors du passage de la mission EDF.

Une solution possible pour pallier ces inconvénients consisterait en l'utilisation, après recalibrage et aménagements nécessaires, de la voie navigable intérieure de l'Office.

2,132 Kokry-Mopti

Cette section de colature des casiers rizicoles est relativement favorisée, car elle bénéficie du retour des eaux par le déversoir de Kolongotomo et de la régularisation naturelle du débit dans la cuvette centrale.

Les études antérieures exposaient que : "un convoi qui a franchi le tronçon Markala-Kokry, atteint Mopti sans difficulté". Tel n'est pas l'avis de M. N'DIAYE qui en octobre 1964 attire l'attention de la mission EDF sur la présence d'un seuil sableux particulièrement difficile à franchir, au droit de Macina, quelque 15 km en aval de Kokry, et sur l'intérêt qu'il y aurait si l'on shuntait le Niger par la voie intérieure de l'Office, de faire déboucher celle-ci dans le fleuve en aval de Macina. A cette occasion, M. N'DIAYE précise que le parcours le plus difficile sur Markala-Mopti se situe entre Markala et Macina.

Sur l'ensemble du tronçon Markala-Mopti, la navigation qui débute vers le 1er juillet est arrêtée début décembre, alors qu'elle continue sur Koulikoro-Ségou jusqu'au 15 janvier et sur Mopti-Kabara jusqu'au 1er avril ; d'où une nouvelle raison pour utiliser la voie intérieure, pour autant que le débit disponible dans le fleuve de décembre à mars et les caractéristiques de cette voie donnent un tirant d'eau d'au moins 0,90 m et que, par ailleurs, soient éventuellement revues les dimensions des deux écluses du point A (8 m x 50 m)(1) qui ne permettent pas le passage en couple des nouvelles barges de 60 tonnes, larges de 6,50 m et longues de 26 m, mais laissent circuler les barges de 200 tonnes, larges de 6,00 m et longues de 45 m.

Sur le parcours Diafarabé-Mopti de ce tronçon, la navigation devrait pouvoir être améliorée par la construction de barrages limiteurs de débit en tête des divers bras du Diaka, barrages bas qui n'auraient d'effet qu'en basses eaux, de janvier à avril, et ne nuiraient pas à l'épandage des eaux d'inondation.

2,14 Bief Mopti-Kabara

La période de navigabilité s'étend du 1er août au 1er avril, parfois seulement jusqu'au 15 mars.

2,15 Bief Kabara-Gao

Courte période de navigabilité : 1er octobre - 15 mars .
Le tronçon fluvial Mopti-Gao est actuellement le seul moyen de

(1) contre 13,0 et 60,0 m pour l'écluse de Tio.

liaison entre ces deux centres d'une région pauvre : la richesse économique qui va en diminuant depuis l'amont atteint là un minimum. Le trafic transitant à Niafouké représente 37 % du trafic total d'exportation à Koulikoro; le trafic transitant à Gao n'atteint que 11 % de ce total.

2,16 Bief Gao-Ansongo

Les bateaux de la Cie Malienne naviguent peu sur ce parcours.

En octobre 1964, M. DIAKITE, chef du Service "Exploitation" de la Cie Malienne de Navigation, confirme les périodes de navigabilité que nous venons de rappeler, en précisant que pour le tronçon Koulikoro-Ségou ces périodes sont les suivantes si l'on considère le tonnage des convois :

. convois légers	15 juin à 15 janvier
. chalands de 100 t	juillet à mi-décembre
. chalands de 150 t	mi-août à fin novembre.

o
o o

Le barrage de Markala a eu, dans l'ensemble, une action heureuse sur la navigation; bien qu'en aval, et malgré la restitution par le déversoir de Kolongotomo d'une partie des eaux détournées en tête du réseau, la navigation en étiage soit rendue plus difficile par les prélèvements de l'Office, en amont le port fluvial de Ségou est désormais ouvert toute l'année à la navigation. Par ailleurs, les grands canaux d'irrigation de Macina et de Molodo constituent deux voies nouvelles de pénétration vers l'intérieur des terres, de 60 km chacune ; voies dont les caractéristiques hydrauliques gagneraient à être modifiées,

leur fonction "navigation" ayant été insuffisamment prévue au départ, bien que chacune d'elles soit munie d'une écluse et permette à deux remorqueurs de 100 CV et leurs convois de naviguer en permanence de Ségou à Niono et de Ségou à Kolongotomo. (1).

En 1957/58, le trafic de Markala et du réseau intérieur a été de 16 200 t, dont 13 500 à destination ou en provenance de Niono-Molodo.

°
° °

En dehors des rapides importants et du barrage de Markala, qui subdivisent le fleuve en 4 grands biefs dans sa traversée du Mali, en dehors des seuils sableux qui apparaissent en étiage, on doit signaler la présence de deux accidents géologiques qui constituent des obstacles à la navigation :

- le seuil rocheux de Tondiferma, qui en aval de Akka marque la sortie du bassin de Ségou et l'entrée dans celui de Tombouctou; certaines zones du seuil seraient à dérocter et à baliser ; dans son rapport de décembre 1954, la MEAN signalait ce seuil comme étant particulièrement dangereux et exposait que son levé allait être entrepris pour déterminer les zones à dérocter et dresser le plan de balisage.
- le défilé rocheux de Tossaye qui constitue l'exutoire du bassin de Tombouctou et le raccordement avec la vallée du Tilemsi ;.

En outre, il a été signalé à la mission EDF, d'octobre 1964, la présence de divers seuils rocheux dont il n'est fait état dans aucun des documents venus à notre connaissance :

- seuil de 1 km à Tira entre Tossaye et Bourem (voir doc.VI-9) ;
- seuil assez court à M'Bouna, 80 km environ en aval de Mopti, soit environ 3 km en aval de Konna ;
- seuils également sur le bief Bamako-Kouroussa (il faudrait un gros trafic sur ce bief pour justifier un aménagement, mais déjà l'on peut faire une étude préliminaire ;

(1) Voir plan schématique du Système hydraulique de l'Office du Niger - chapitre IV .

- passe rocheuse, à 4 km en aval de Nienébalé, soit environ 20 km en aval de Koulikoro, un chenal creusé aux explosifs en 1963 n'a pu être utilisé l'année suivante, une nouvelle passe favorable s'étant ouverte sur l'autre rive.

Ces seuils sont à relever pour étudier un aménagement indépendant de ceux à réaliser par le Laboratoire National d'Hydraulique (LNH ou Chatou) sur les seuils sableux, aménagement à concevoir d'une manière pérenne pour éviter le retour d'un échec semblable à celui enregistré à Nienébalé.

2,2 CARACTERISTIQUES HYDROLOGIQUES INFLUANT SUR LE REGIME DE LA NAVIGATION

Les caractéristiques hydrologiques à Koulikoro, qui régissent le régime de la navigation, peuvent se résumer ainsi :

- une crue annuelle unique qui débute en juin, atteint son maximum (5 à 8 m) aux environs du 1er octobre ; en fin de courbe de tarissement un long étiage qui débute en janvier pour atteindre son minimum (0 à 1 m) fin avril - début mai ;
- aux hautes eaux, un lit majeur de 3 à 5 km de large ; un lit moyen d'environ 1 200 m de large, réduit en basses eaux à un lit mineur de 200 à 600 m, constitué par une succession de mouilles de forme allongée (parfois 2 à 3 km) et profondes et de seuils sableux les reliant. On compte 70 à 80 seuils de Koulikoro à Ségou, 40 à 50 de Markala à Mopti ;
- aux hautes eaux un débit qui atteint $6\,220\text{ m}^3/\text{s}$, au maximum de la crue moyenne annuelle, avec des vitesses maximales du courant de l'ordre de $1,40\text{ m/s}$ (mission russe) ;
- en étiage, un débit moyen de l'ordre de $50\text{ m}^3/\text{s}$, mais qui peut descendre exceptionnellement à $18\text{ m}^3/\text{s}$ et peut-être même moins.

Le régime du fleuve se trouve fortement régularisé, d'amont en aval, par la présence de la cuvette lacustre. Les caractéristiques ci-après extraites du rapport de M. GUILLAUME (1958/1959) illustrent bien cette régularisation et le décalage des plus hautes eaux et des étiages :

	Amplitudes connues du marnage	Ecart connus des PHE	Période d'étiage (mois)	Période des PHE
Kouroussa	$8,10 - 0,35 = 7,75$	$8,50 - 5,53 = 2,97$	III - IV - V	15.IX - 15. X
Koulikoro	$8,25 - 0 = 8,25$	$8,25 - 4,79 = 3,46$	III - IV - V	10.IX - 10. X
Mopti	$7,40 - 0,40 = 7,00$	$7,30 - 5,75 = 1,55$	IV - V - début VI	15. X - 15.XI
Diré	$6,20 - 0 = 6,20$	$6,67 - 5,07 = 1,60$	fin V - VI début VII	5.XII - 10. I
Gao	$4,50 - 0 = 4,50$	$4,47 - 4,08 = 0,39$	fin VI - VII VIII	15. I - 15.II

L'écart entre PHE est donné pour la période d'observations (15 ans pour Kouroussa, 52 ans pour Koulikoro, 23 ans pour Mopti, 35 ans pour Diré, 8 ans pour Gao).

Le décalage d'utilisation des divers tronçons est également mis en évidence par le calendrier de la navigation de l'année 1952/1953 ; les premiers départs de Koulikoro ont eu lieu à destination de :

- Ségou	le 13 juin	pour une cote de 0,82 m (1) à Koulikoro
- Mopti	le 14 juillet	" " " 2,43 m à Mopti
- Gao	le 7 août	" " " 1,50 m à Gao

o
o o

(1) cette cote nous paraît erronée ; à la limite on peut lancer les premiers convois à 1,10 m (crue bien amorcée).

A l'étiage, la hauteur d'eau sur certains seuils peut descendre jusqu'à 20 cm, le courant y étant rapide. La pente moyenne de la ligne d'eau est alors de 7,4 cm/km sur le bief Koulikoro-Ségou, avec des variations locales importantes provoquées par les seuils et les mouilles qui alternent en grand nombre. On note des vitesses maximales dans les mouilles de l'ordre de 0,20 à 0,30 m/s et, sur les seuils, de 1 m/s pour un étiage de 0,20 m à Koulikoro.

Les seuils apparaissent les uns après les autres, d'abord sur une faible longueur. Il paraît possible d'obtenir une importante amélioration de la navigation en écrétant quelques mauvais seuils par auto dragage (procédé Chatou) ou par dragages mécaniques.

Les crues annuelles remodelent les fonds. A la montée des eaux on note d'importants transports de sable, la formation des dunes : les seuils s'exhaussent. Aux moyennes eaux de décrue, une érosion active sur les seuils forme le chenal navigable ; les seuils se creusent peu à peu, la profondeur disponible ne diminuant pas aussi vite que si le fond était fixe. En 1951, la profondeur disponible pour les plus mauvais seuils, qui était de 0,50 m au 18 janvier, n'a pas diminué sensiblement de février à mai, malgré la baisse des eaux à Koulikoro (Rapport AUBERT - 1951).

Pour les longs parcours, une difficulté provient du fait que les divers tronçons ne sont pas tous utilisables à la même époque, ainsi que nous l'avons déjà noté.

Sur le tronçon Diré - Kabara - Ansongo, le régime hydraulique du fleuve et son hydrographie imposent une longue interruption de saison sèche.

o
o o

L'évolution naturelle du chenal navigable, tant au cours du cycle annuel de crue qu'au cours des années de 1904 à 1958, est parfaitement étudiée et résumée dans le rapport de mission de Monsieur REMILLIEUX du 10 octobre 1958 (doc. IX-8) et le compte-rendu des essais sur place et en Laboratoire de janvier 1961 (doc. IX-15) qui exposent que :

- la cote naturelle des seuils atteint son maximum à la pointe de la crue ; mais il y a un deuxième maximum relatif en janvier ; le seuil s'érode ensuite jusqu'en fin d'étiage (avril) ;
- c'est la cote maximale relative de janvier qui limite le tirant d'eau pour la navigation ; c'est elle par conséquent qui caractérisera l'importance de l'obstacle créé et sera l'un des éléments de la classification des seuils.

Cette classification des seuils, en fonction de leur longueur et de leur cote critique, a été faite dans un tableau figurant au document IX-15.

Ce même document donne pour chacun des 79 seuils du tronçon Koulikoro-Ségou le type auquel il correspond d'après la classification précédente et le mode d'aménagement préconisé :

- . soit panneaux de fond pour les seuils de 400 à 1 000 m de long ;
- . soit panneaux de surface pour les seuils de 100 à 400 m.

Nous reparlerons de cet aménagement dans un paragraphe ultérieur : "Les procédés généraux d'amélioration de la navigation".

o
o o

2,4

LES CARACTERISTIQUES DE LA NAVIGATION LOURDE, SEMI-LOURDE, LEGERE.
LES DUREES D'INTERRUPTION DE LA NAVIGATION POUR DIVERS ETIAGES
CARACTERISTIQUES. L'INTRODUCTION DU POUSSAGE ET DES BARGES A FOND
PLAT

Le tirant d'eau des remorqueurs et chalands en service avant la modification - toute récente - de la flottille, avait conduit à distinguer trois types de navigation :

- navigation lourde : bateaux d'un tirant d'eau de 1,30 m, hauteur d'eau nécessaire sur les seuils : 1,50 m, obtenue pour une cote de 1,95 à l'échelle limnimétrique de Koulikoro (débit correspondant $650 \text{ m}^3/\text{s}$) ;
- navigation semi-lourde : bateaux d'un tirant d'eau de 1,10 m, hauteur d'eau nécessaire sur les seuils : 1,20 m, obtenue pour une cote de 1,75 à l'échelle de Koulikoro (débit correspondant $550 \text{ m}^3/\text{s}$) ;
- navigation légère (1) : bateaux d'un tirant d'eau de 0,70 m, hauteur d'eau nécessaire sur les seuils : 0,80 m, obtenue pour une cote de 1,35 à Koulikoro (débit correspondant : $350 \text{ m}^3/\text{s}$).

Bien qu'une telle distinction ne soit plus à faire aujourd'hui, elle nous est utile pour fixer une fois pour toutes la hauteur d'eau, et par conséquent, le débit à Koulikoro, permettant la navigation légère, c'est-à-dire le passage d'embarcations ayant un tirant d'eau maximal de 0,70 m.

Les données ci-dessus, les dernières en date, figurent sous la signature de MM. ROUSSELOT et CHABERT, dans leur communication au Congrès de Baltimore en 1961 ; nous les considérons comme les seules valables pour une navigation normale, sans talonnage du fond.

Monsieur N. DIAYE confirme ces données en nous précisant que pour une cote de 1,35 m, lue à la montée des eaux à l'échelle de Koulikoro, on peut faire partir le bateau courrier allégé (tirant d'eau de l'ordre de 0,80 m), et que déjà à 1,10 m, on peut lancer les pousseurs et les chalands calant 0,60 m/0,65m.

(1) Le rapport MEAN d'octobre 1957 (doc.IX-6) corrobore ces données concernant la navigation légère et, en octobre 1964, M. DIAKITE confirme la reprise de la navigation via Ségou pour la cote 1,30 m à l'échelle de Koulikoro.

Les courbes $H(Q)$ étant parallèles sur le bief Koulikoro-Ségou, on pourra en déduire Q et H nécessaires à Koulikoro pour le passage d'embarcations calant légèrement moins que 0,70 m, soit 0,60 m, voire 0,50 m.

On trouvera également dans la communication au Congrès de Baltimore, une famille de courbes d'étiages moyens à Koulikoro pour différentes fréquences : 50 % * 25 % * 10 % , ce qui permettrait en traçant les horizontales d'ordonnées 1,35 m - 1,75 m et 1,95 m de dresser un tableau des durées d'interruption, pour chacun des types de navigation considéré, en fonction de l'année de fréquence retenue.

C'est ainsi que sur le bief Koulikoro-Ségou, la navigation légère se trouvait interrompue :

- 153 jours en année moyenne	fréquence 50 %
- 165 jours en année d'étiage	décennal, faible fréquence 0,10
- 130 jours en année d'étiage	décennal, fort fréquence 0,90.

° °

La Compagnie Malienne de Navigation a cherché - dès 1961 - à substituer le poussage à la traction des convois. A cette époque le Mali disposait de pousseurs de 100 CV d'un tirant d'eau de 0,55 m et de barges de 200 t, calant 1,15 m à pleine charge, ainsi que de barges de 100 t, calant 0,90 m à pleine charge (1).

Il suffirait dès lors de disposer en fonction de la nature des convois, des hauteurs d'eau minimales suivantes sur les seuils :

- barges de 200 t à pleine charge : 1,30 m ;
- barges de 100 t à pleine charge : 1,05 m ;
- barges allégées pour navigation en basses eaux (barges de 200 t chargées à 70 - barges de 100 t chargées à 45, ou nouvelles barges de 60 t) : 0,70 m, toutes les unités du convoi ayant un tirant d'eau inférieur à 0,55 m.

(1) Rapport au Congrès de Baltimore (doc.IX-17).

Comme, d'autre part, les études conjointes de la MEAN et de Chatou (1) avaient permis :

- 1° - de conclure que, au fur et à mesure de la décrue, les seuils s'érodent pour s'approcher d'une cote voisine de 0, lorsque l'on atteint 0,20 m à l'échelle de Koulikoro (minimum de l'année moyenne) ;
- 2° - de dresser le tableau suivant :

Cote Koulikoro	Cote du seuil état naturel	h. d'eau sur seuil état naturel	Cote seuil aménagé	h. d'eau sur seuil aménagé	Gain sur tirant d'eau
1,50	+ 0,55	0,95	0	1,50	0,55
1,20	+ 0,55	0,65	- 0,05	1,25	0,60
1,00	+ 0,50	0,50	- 0,10	1,10	0,60
0,50	+ 0,25	0,25	- 0,40	0,90	0,65
0,20	0	0,20	- 0,50	0,70	0,50

On pouvait dire que dans l'hypothèse d'un aménagement des seuils par la méthode de Chatou, les hauteurs d'eau minimales pour le passage d'un convoi poussé seraient obtenues pour une cote à Koulikoro de :

1,25 m correspondant à 300 m³/s s'agissant d'un convoi à pleine charge

0,20 m correspondant au débit d'étiage s'agissant d'un convoi allégé

Ces hauteurs de 1,25 m et 0,20 m portées sur la famille des courbes d'étiage de fréquences diverses donnaient les durées suivantes d'interruption de la navigation.

(1) Dans les pages suivantes de ce chapitre, nous exposons le principe de cette méthode et le bénéfice que la navigation peut attendre de son application, bénéfice exprimé ici d'une manière un peu schématique dans le tableau qui suit, où l'expression "seuil aménagé" signifie "seuil traité et stabilisé par des panneaux type Chatou".

- en année moyenne 145 jours pour un convoi pleine charge
0 jour pour un convoi allégé
- en année décennale de faible hydraulicité :
157 jours pour un convoi pleine charge
47 jours pour un convoi allégé.

Une interruption de 47 jours une année sur 10 est très acceptable, si l'on admet que l'on peut consentir un arrêt de la navigation pendant quelques semaines à partir de fin avril, l'évacuation des récoltes de l'Office du Niger étant terminée à cette date. Cet arrêt serait mis à profit par la Compagnie Malienne de Navigation, pour effectuer ses opérations d'entretien annuel du matériel et accorder le congé légal à son personnel navigant.

En 1964, la composition de la flottille de moyennes et basses eaux, a subi une nouvelle modification et l'on note :

1° - en service :

- . 1 remorqueur de 100 CV transformé en pousseur calant 0,60 m, d'une capacité de poussage de 400 t ,
- . 1 pousseur neuf de 100 CV calant 0,40 m, d'une capacité de poussage de 250 t ,
- . 1 pousseur de 300 CV calant 0,50 m, d'une capacité de poussage de 1 000 t ,
- . 4 barges de 50/60 t calant 0,47 m .

2° - en construction :

- . 6 barges de 200 t calant 1,00 m à pleine charge ; ces barges arrivées aux ateliers en éléments préfabriqués, en juillet 1964, étaient en cours de montage en octobre ,
- . 4 barges de 50/60 t calant 0,47 m.

Par contre, il n'est pas question de mettre en service des barges automotrices de 60 t , comme l'indiquait l'étude préliminaire d'ITALCONSULT.

Toutes ces embarcations devraient pouvoir circuler sur seuil aménagé présentant une hauteur d'eau minimale de 0,70 m en étiage, sous réserve d'un allègement pour les barges de 200 t .

Mais la Société ACI a exprimé le désir, en octobre 1964, de pouvoir faire naviguer à toute époque, les bateaux courriers (1) qui ont en chargement allégé, un tirant d'eau de 0,90 m et auxquels une hauteur minimale sur seuil de 1,00 m à 1,05 m est nécessaire. Pour cela il faudrait que la cote à l'échelle de Koulikoro atteigne 0,90 m, ce qui correspond à un débit régularisé de 170 m³/s, des panneaux type Chatou étant en place.

o
o o

En ce qui concerne les nouvelles unités en service, M. N'DIAYE en octobre 1964, expose qu'il n'a pu encore être vérifié que l'adoption du poussage et de convois à faible tirant permettait l'allongement de la période annuelle de navigabilité, la Compagnie ne disposant que d'un seul pousseur à coque en aluminium. Si, pour la première fois dans l'histoire de la Compagnie, un convoi a pu quitter Mopti en juin 1964 à destination de Tombouctou, et arriver à cette escale, le convoi accidenté au cours du parcours est en attente de réparation pour rentrer à Mopti.

2,5 LES PROCEDES GENERAUX D'AMELIORATION DE LA NAVIGATION

Si la nature a doté le Mali d'une voie d'eau de près de 1 800 km, charriant un volume moyenne annuel de 49 milliards de m³ à Koulikoro, 70 milliards au droit de Mopti (Niger, Diaka, Bani), les caprices du régime du Niger, en particulier la très grande distorsion entre les débits de crue et d'étiage, ainsi que l'hydrographie du lit mineur, font qu'une navigation normale sur ce fleuve ne peut être envisagée qu'après intervention de la main de l'homme.

Une position doit donc être prise, quant aux diverses méthodes possibles d'amélioration de cette navigation.

On examinera successivement :

- les aménagements à courant libre ,
- la canalisation ,
- la régularisation du débit d'étiage.

(1) On notera que la vitesse du Mali est d'environ 22 km/heure à la descente, et de 20 km/heure à la montée. Ce bateau doit être remplacé par le "Général SOUMARE", de caractéristiques analogues, et dont le lancement a eu lieu en novembre 1964

2,51 Aménagements à courant libre2,511 Epis en enrochements

Cette solution a été résolument écartée, et à juste titre, par M. AUBERT (sa mission 1951). Bien que l'essai de Sassila, en 1939, n'ait pas été fait dans de bonnes conditions, l'expérience n'est pas à renouveler.

2,512 Le "bandeling"

Ce procédé, dont les premières applications ont été faites aux Indes, consiste à rétrécir localement le chenal sur un seuil sablonneux par le moyen d'écrans, en vue de produire une érosion. On utilise des panneaux légers qui sont emportés à la crue suivante. Le travail doit donc être recommencé chaque année.

La mise en oeuvre nécessite la présence d'une main d'oeuvre abondante et une surveillance compétente des travaux.

Le bandeling ne nous paraît pas utilisable pour améliorer la navigation du Niger, vu l'importance et le nombre de seuils à aménager.

2,513 Dragages mécaniques

M. AUBERT pense que sur les fleuves tropicaux, dont le cycle annuel de hautes et basses eaux est prévisible à l'avance, le débit solide étant faible à l'étiage, on peut espérer que les formes données artificiellement par dragages à la décrue, subsisteront sans altérations graves jusqu'à la crue suivante.

Cette observation est juste ; elle est également valable pour des travaux du genre de ceux que préconise Chatou, dont nous parlerons plus loin.

On ne retiendra évidemment pas comme un test valable les dragages étroits à la main effectués sur 40 seuils en 1936.

Le cube excavé était nettement insuffisant (200 à 300 m³ par seuil) ; les petites tranchées, d'ailleurs mal orientées, ont été comblées rapidement.

Les essais plus récents avec une drague suceuse n'ont pas donné de très bons résultats (Rapport au Congrès de Baltimore), mais encore faudrait-il connaître les conditions exactes de leur exécution.

Enfin, une mission Russe a présenté en 1963, un projet schématique de dragages mécaniques sur le tronçon Koulikoro-Ségou.

L'objectif à atteindre avait été fixé par le Mali et précisé lors de la réunion à Bamako des experts de la mission russe et de ceux du Laboratoire National d'Hydraulique, le 4 mars 1962 : pour une année d'étiage caractérisé par une cote de 0,50 m à Koulikoro (correspondant à 75 m³/s), prolonger de 3 mois la période de navigabilité sur le fleuve, soit ramener à 63 jours l'interruption de la navigation qui serait de 153 jours dans les conditions naturelles. Pendant cette prolongation de 3 mois, maintenir ouvert un chenal navigable de 20 m de largeur et de 0,80 m de profondeur minimale.

Le plan n° 96 443 du projet russe donne les hauteurs d'eau maximales et minimales à l'échelle de Koulikoro, au cours des mois de Janvier à juin, pour 3 années caractéristiques : 1945 (année sèche), 1958 (année humide) et l'année moyenne (1908/1951).

Les dates d'apparition des bas niveaux à Koulikoro donnent une idée de l'extrême variabilité des dates d'arrêt ou de reprise de la navigation. Ainsi la cote (0,50) à la décrue peut se présenter du 3 février au 3 mai ; la cote (0,50) à la crue du 6 avril, au 22 juin.

Se basant sur une durée d'interruption de la navigation de 153 jours en année moyenne, sous régime naturel, les projecteurs comparent trois variantes possibles :

- extension de 2, 3 ou 4 mois de la durée de navigabilité pour respectivement 0,70 m, 0,50 m, 0,30 m à l'échelle de Koulikoro. Extension obtenue par un départ antérieur à la date normale du début de la navigation, et un prolongement au-delà de la date normale d'arrêt en année moyenne.

Plus on veut prolonger la navigation, plus on doit consentir un volume de dragages important, la navigation devant se poursuivre sous des cotes plus basses à Koulikoro. Dans son rapport préliminaire, la mission Soviétique s'exprimait ainsi : "Prolonger la navigation du 15 janvier au 15 mars est bien ; pour la prolonger de 15 nouveaux jours, il faudrait draguer 360 000 m³ supplémentaires".

Le projet russe retient 75 seuils à draguer, sur le tronçon Koulikoro - Ségou, dont les plus mauvais se répartissent en 4 groupes :

- . 1er groupe PK 19 au PK 24
- . 2ème groupe Kassa et PK 32 au PK 42
- . 3ème groupe Sassila - Kamani et PK 53 au PK 71
- . 4ème groupe PK 83 à PK 88

Soit une concentration sur une distance relativement courte de 69 km : PK 19 au PK 88 .

La mission propose un dragage en deux temps :

- Période préparatoire : Première passe amenant tous les seuils à la cote du projet, en arrêtant 2 ou 3 dm avant d'avoir atteint la profondeur d'eau fixée. Selon que la profondeur du chenal (0,80 m) devra être atteinte pour une cote à Koulikoro variant de 0,70 m à 0,30 m, la durée des travaux pourra varier de 92 à 120 jours, et le volume dragué de 660 000 m³ à 1 200 000 m³.
- Période d'entretien : Succédant à la précédente et poursuivie jusqu'à l'arrêt de la navigation, elle peut durer de 53 à 82 jours, et les volumes à draguer varier de 400 000 à 800 000 m³.

Il convient d'associer aux dragages des travaux de correction légère pour freiner l'ensablement des tranchées draguées et couper les bras secondaires ; les déblais pouvant convenablement disposés, jouer le rôle d'ouvrages légers de correction.

Pour satisfaire à l'objectif minimum fixé par le Mali, il conviendrait de disposer de 3 dragues de $180 \text{ m}^3/\text{h}$; les dragages préparatoires représenteraient alors un volume de $930\,000 \text{ m}^3$ et dureraient 106 jours ; ceux d'entretien un volume de $620\,000 \text{ m}^3$ à enlever dans un délai de 63 jours.

Les auteurs du projet pensent que des dragages systématiques plusieurs années de suite, provoqueront un approfondissement des seuils et, corrélativement, une diminution des dragages.

Nous ne partageons pas cet optimisme, l'expérience ayant prouvé - voir photos aériennes - le profond remaniement des fonds en crue.

Il ressort du planning des travaux que les dragages commencent pour des hauteurs d'eau de l'ordre de 6 m. C'est trop tôt à notre avis. Le courant n'a pas sur les seuils la même direction qu'il aura en basses eaux. Le chenal creusé artificiellement a de fortes chances de s'ensabler. Il ne faudrait entreprendre la campagne de dragages que lorsque cesse le transport généralisé des matériaux. Mais alors cette campagne devrait être courte et il faudrait beaucoup d'engins.

Les auteurs du projet ont probablement eux aussi quelques doutes sur la tenue du chenal, car ils insistent sur la nécessité d'une longue campagne de dragages d'entretien.

Dans "Report on the test dredging of the river Niger" d'octobre 1961 (doc.IX-18) NEDECO relate les essais de dragages entrepris en 1961, près de Lokoja, en vue de recueillir l'expérience nécessaire pour projeter un dragage du Niger sur une grande échelle. Il semble en découler que de tels essais préliminaires sont nécessaires, et il n'apparaît pas que l'expérience de Lokoja soit transportable au Mali, où les conditions hydrauliques et hydrographiques du fleuve sont très différentes.

2,514 L'aménagement à courant libre par panneaux type Chatou

2,5141 Exposé de la méthode - Etudes successives

La méthode consiste à créer une circulation transversale, soit par le moyen de panneaux de fond se présentant comme une série de seuils noyés, disposés suivant un angle très aigu par rapport au courant, soit par le moyen de panneaux de surface

faiblement immergés, formant un système flottant. Le mouvement transversal associé à l'écoulement longitudinal, a pour effet d'augmenter le charriage des matériaux de fond et de créer ainsi un chenal dans les seuils aménagés par ces procédés.

Les panneaux de surface traitent les seuils courts, le travail doit être recommencé chaque année.

Les panneaux de fond traitent les seuils longs, ils sont mis en place une fois pour toutes.

La méthode est exposée en détail dans les documents suivants, que nous croyons devoir rappeler ici.

- Communication au Congrès de Padoue - mai 1959 (doc.IX-9) relate les essais en laboratoire et sur le fleuve, à cette date.
- Compte-rendu des essais sur place et en laboratoire de janvier 1961 (doc.IX-15).

Ce travail marque le point de départ d'une certaine évolution dans la conception de l'aménagement et propose les premières conclusions permettant de dégager les principes généraux de la mise en oeuvre des panneaux de fond :

- . longueur des panneaux : 25 m
- . distance entre panneaux : 62,50 m
- . angle très aigu (10 à 15°) des panneaux avec le courant pour obtenir l'efficacité maximale ;
- . il est nécessaire de stabiliser les conditions aux limites amont, au moyen de contre-panneaux fixant l'extrémité aval de la mouille amont ;
- . l'ensemble des panneaux de fond doit être le plus loin possible de la dune amont ;
- . la période d'action optimale des panneaux de fond se situant aux moyennes eaux de décrue, pour obtenir un premier effet de ceux-ci dès l'étiage qui suit leur mise en place, sans avoir recours à un dragage préalable, il convient de les poser lorsque la profondeur d'eau est comprise entre 2 et 4 m environ ;

- il faut procéder à la coupure des bras secondaires pour concentrer l'écoulement dans un chenal unique ;
- à la profondeur gagnée sur un seuil par des panneaux de correction, s'ajoutera éventuellement la hauteur d'eau supplémentaire due à des lâchures à partir d'une réserve de régularisation.

Par ailleurs, ce compte-rendu stipule :

- concernant les panneaux de fond, que la stabilité du chenal a pu être vérifiée sur modèle au cours de nombreuses années hydrologiques fictives, dont une série de 7 années sèches, et une de 7 années humides ; ces panneaux ont donc un effet permanent. Il est recommandé de les utiliser pour la coupure des seuils longs, dont la position est à peu près fixe.
- concernant les panneaux de surface, qu'ils agissent comme une drague, sans apporter la même gêne à la navigation car ils sont implantés hors du chenal, en amont du seuil, dans la mouille. Ensuite, que pour une même vitesse du courant le creusement est d'autant plus grand, mais la longueur d'action d'autant plus faible, que l'enfoncement des panneaux est plus grand. Dans les limites normales d'emploi, la longueur d'action atteint environ 10 fois la longueur de l'ensemble du système. Pour de faibles vitesses du courant, l'action est moindre et plus lente.

D'après la classification des seuils dont il a été fait état ci-dessus, il y aurait sur le bief Koulikoro-Ségou :

- 25 seuils à équiper de panneaux de fond
- 54 seuils à traiter par panneaux de surfaces
- 6 200 m de coupures de bras secondaires à réaliser.
- Communication au Congrès de Dubrovnik de septembre 1961

Ce rapport préconise l'utilisation de panneaux de fond pour la coupure d'un bras principal ou d'un bras secondaire, en vue de concentrer les eaux dans le chenal navigable, en période de moyennes et basses eaux, lorsqu'il y a dispersion du débit entre deux ou plusieurs bras.

Il relate des essais complémentaires sur la stabilisation des seuils larges sans changement de rive et des seuils à double changement de rive.

Tous les essais ont été concluants.

- Rapport au Congrès de Baltimore de 1961 (doc.IX-17)

On y trouvera les résultats des travaux expérimentaux sur le fleuve, lors des campagnes 1957/1958 et 1958/1959.

Il est précisé que l'implantation des panneaux de fond doit être terminée avant que ne soit atteinte la cote de 3 m au-dessus de l'étiage conventionnel - cote correspondant à la pleine efficacité du système.

De ce fait, on dispose de deux mois, trois au plus, pour l'exécution de l'aménagement, ce qui nécessite la mise en oeuvre de moyens techniques relativement importants, vu le nombre de seuils à traiter.

L'accent est mis sur l'importance et l'intérêt des travaux préparatoires.

Depuis la parution de cette communication, le laboratoire de Chatou a précisé que le chenal ouvert, tant par panneaux de surface que par panneaux de fond, aurait une largeur de 50 m au plafond, un profil concave à bords très doux, qui correspond au profil hydraulique pour le maintien en équilibre des sables.

- Rapport de Chatou sur la correction des rivières par panneaux de fond, de janvier 1962 (doc.IX-19).

Peut être considéré comme un rapport de synthèse des quatre études précédentes. Il condense très bien les problèmes portant sur la correction et la fixation de 3 seuils types : avec changement de rive, sans changement de rive, avec double changement de rive, ainsi que sur les coupures de bras.

Il est illustré de 14 planches en couleurs très parlantes qui montrent parfaitement l'évolution des seuils dans les années qui suivent la pose des panneaux de fond. Par contre, il ne traite pas de l'auto-dragage par panneaux de surface.

Il est fait état des résultats obtenus lors des essais sur le fleuve, en l'absence d'ailleurs de contre-panneaux, dont

la nécessité n'avait pas encore été démontrée par les essais en laboratoire : s'agissant d'un seuil avec changement de rive (Kassa), le chenal creusé par les panneaux se maintient dans le temps et présente une assez bonne stabilité ; sa largeur est d'environ 50 m, son approfondissement moyen de l'ordre de 0,75 m.

La méthode de correction mise au point par Chatou est ainsi résumée :

- stabiliser les mouilles en favorisant la formation de dépôts sableux à leur extrémité aval ;
- approfondir les seuils pour obtenir en basses eaux un chenal navigable qui se maintienne dans le temps ;
- favoriser ces effets en concentrant les eaux dans le chenal par coupure des bras parasites qui se forment souvent aux moyennes eaux et substituent à l'étiage ;
- tous ces effets obtenus par une circulation transversale provoquée par des panneaux immergés et posés sur le fond.

Les essais préalables ont permis de déterminer les règles d'implantation en fonction :

- . des conditions hydrologiques ,
- . de la topographie des fonds et de leur évolution ,
- . du champ superficiel des vitesses aux moyennes et basses eaux.

De par leur position par rapport au chenal créé, les panneaux ne font pas obstacle à la navigation et leur balisage est facile.

La méthode récemment mise au point par le Laboratoire de Chatou permet un auto-dragage efficace et une amélioration permanente du chenal traité par des panneaux de fond ou de surface.

Nous pensons que ces techniques nouvelles, conjuguées avec l'introduction du poussage, la transformation de la flottille et un balisage correct (1) du chenal navigable, doivent être mises en application.

°
° °

Après les communications faite à Dubrovnik et Baltimore, l'Association des congrès internationaux de navigation a recommandé officiellement l'application de la méthode pour l'aménagement des voies fluviales des pays en cours de développement - soit des pays dont le trafic fluvial n'a pas encore atteint un tonnage justifiant des aménagements plus coûteux à caractère définitif : canalisation - régularisation.

2,5142 Avant-projet du Laboratoire National d'Hydraulique de Chatou
de février 1962 (doc.IX-20)

L'avant-projet propose :

- la correction de 54 seuils courts par panneaux de surface,
- la correction de 25 seuils longs et mauvais par panneaux de fond ,
- des coupures de bras secondaires parasites (6 000 m).

Les travaux seraient à exécuter en 4 années, le planning prévoyant l'implantation des panneaux de fond, en 2 campagnes.

Chatou garantit un chenal de 50 m de largeur avec une profondeur minimale de 1,00 m sous étiage de 0,50 m à Koulikorc.

Les travaux étaient évalués à 410 millions de francs maliens, en février 1962.

De l'avant-projet Chatou de février 1962, nous extrayons les résultats obtenus par les travaux expérimentaux sur le fleuve,

(1) Dans l'ensemble ce balisage laisse encore beaucoup à désirer. Pratiquement il n'y a pas d'éclairage de nuit des bouées ou balises (la mission russe a signalé cette lacune dans son rapport).

au cours des campagnes 1957/1958 et 1958/1960, concernant la correction et la fixation d'un chenal par panneaux de fond.

- seuil amont de Kamani	gain 1ère décrue	0,85 m
	gain 2ème décrue	1,00 m
- seuil aval de Kamani	gain 0,10 m au-dessous cote	
	dragages préalables (1)	
- seuil moyen Kamani	gain 1ère décrue	0,50 m
	gain 2ème décrue	0,85 m
- seuil amont Kassa	gain 1ère décrue	0,50 m
	gain 2ème décrue	0,65 m
	gain 3ème décrue	0,70 m
	gain 4ème décrue	0,75 m (2)

Etant donné que pour ces 4 seuils les implantations réalisées n'étaient pas celles définitivement recommandées après les derniers essais en laboratoire, et que les panneaux de fixation de la mouille à l'amont n'avaient pas été mise en place, on doit reconnaître que ces résultats sont très satisfaisants.

M. DIAKITE confirme en octobre 1964 que les travaux de Chatou ont maintenu les seuils de Kassa et de Kamani, dans de bonnes conditions de navigabilité pendant 3 ou 4 ans. Depuis, les panneaux en tôle ondulée ont été soit renversés par les sables ou les bateaux, soit détruits par usure ; les rails de fixation devenus obstacles à la navigation de moyennes eaux sont en cours d'enlèvement. Un nouveau chenal s'est ouvert suivant un parcours différent.

°
° °

On rappellera pour mémoire, que le Ministre des Travaux Publics du Mali avait pris position en juillet 1959, en présentant une demande de crédit de 510 millions, pour la fixation du chenal navigable des 2 biefs Koulikoro-Ségou et Ségou-Mopti par la méthode de Chatou.

-
- (1) méthode consistant à amorcer le chenal par un dragage préalable avant de le fixer et de l'approfondir par des panneaux. cette méthode n'a pas été retenue.
- (2) d'après précision donnée par Chatou en janvier 1964.
-

Chacun des 2 biefs était traité isolément, puisque indépendant de l'autre. On pouvait :

- soit réaliser l'ensemble des travaux en une seule campagne, ce qui conduisait à réunir un matériel hors de proportion avec les résultats à attendre ;
- soit réaliser l'aménagement d'un demi-bief en une première campagne, et l'aménagement de l'autre demi-bief au cours de la campagne suivante ;
- soit enfin, ouvrir le chenal et le fixer sur les plus mauvais seuils du bief, au cours de la première campagne, puis continuer et terminer l'aménagement du cours des campagnes suivantes en s'attaquant successivement aux seuils de moins en moins gênants pour la navigation.

C'est finalement la troisième solution qui a prévalu. Il nous apparaît que c'est la plus logique ; elle a l'approbation tacite de M. N'DIAYE.

o
o o

NEDECO condamne l'aménagement à courant libre, quel que soit le procédé utilisé, pour les raisons suivantes :

- la régularisation d'un lit mineur n'est possible que lorsque la largeur de ce lit est en proportion raisonnable avec la largeur du lit majeur où s'effectue le transport de sables. Ce n'est pas le cas du Niger ;
- la fixation d'un chenal si petit alors que le débit d'étiage ne représente qu'un faible pourcentage du débit de crue, dans un lit de sable très grand et très mobile, serait vouée à l'échec ;
- le coût des travaux de fixation serait très élevé, un des côtés du chenal étant à fixer sur toute sa longueur ;
- il serait en outre, nécessaire de construire beaucoup de digues de raccordement vers les rives hautes du lit majeur pour éviter le déplacement du lit mineur par les débits de crue ;

- la construction de travaux de régularisation seulement au droit des seuils n'a presque pas de sens ; le seuil se retrouverait probablement en aval l'année suivante.

°
° °

Nous sommes d'accord pour renoncer à l'aménagement à courant libre traditionnel, comme nous l'avons dit précédemment en approuvant une position prise à ce sujet par M. AUBERT : les ouvrages seraient noyés dans le sable et n'auraient rapidement plus d'action.

Mais le système Chatou ne nous paraît pas mériter la même condamnation. On doit admettre, certes, que les panneaux fixes d'aménagement du lit mineur seront ensablés en crue et qu'ils ne permettront donc de fixer le chenal à la décrue que s'il existe un moyen de les dégager de l'ensablement. Tel est l'effet des panneaux de fixation de la pointe aval de la mouille située immédiatement en amont du seuil traité.

Si les mouilles sont à peu près stables, ces panneaux de fixation dirigeront le courant de telle sorte que les panneaux noyés dans le sable soient dégagés progressivement à la décrue ; ils établiront donc un chenal profond suivant le tracé des panneaux, alors qu'en l'absence de ceux-ci le chenal joignant deux mouilles successives est peu marqué et prend des positions très variables d'une année à l'autre.

Or, dans le cas du Niger, les mouilles restent stables pendant plusieurs années ; mais périodiquement, le lit moyen étant trop large, on observe dans certaines régions un second tracé du lit mineur ; il faut donc compléter l'aménagement par la coupure de ces amorces de tracés parasites ; Chatou le prévoit dans son avant-projet.

Le Laboratoire National d'Hydraulique n'a pas dû manquer de comparer les couvertures aériennes au 1/10 000 faites au cours de 3 campagnes successives : 1953/1954, 1957/1958 et 1958/1959, et dont il est fait état dans le rapport du Ministre des Travaux Publics de juin 1959 (doc.IX-10).

On s'attachera par ailleurs à obtenir confirmation que le lever hydraulique de 1954/1956 ne correspond plus tout à fait à la réalité, le chenal ayant sensiblement évolué à la suite des crues, comme les Ingénieurs de Chatou ont pu le constater lors de leurs essais sur place. Cela afin de vérifier nos hypothèses sur la relative stabilité des mouilles.

2,52 Canalisation

La canalisation est réalisable au moyen de barrages mobiles.

Elle ne nécessite pas une régularisation du débit d'étiage.

Mais c'est une solution très onéreuse, chaque barrage devant coûter plusieurs milliards (M. AUBERT -doc.IX-1). C'est donc une solution à rejeter, non valable sur le plan économique (rapport préliminaire de la mission russe; loc.IX-121).

NEDECO indique que le procédé est possible techniquement mais, outre qu'il faudrait prévoir non pas deux, mais plusieurs barrages, ce qui serait fort dispendieux, les pertes par évaporation et infiltration sur les grandes surfaces de retenue ainsi créées seraient nuisibles, en étiage, aux besoins de l'irrigation de l'Office du Niger, et à ceux du fleuve en aval de Markala.

Toutes ces observations sont très pertinentes ; nous proposons d'éliminer sans autre discussion une telle solution.

2,53 Régularisation du débit d'étiage

Les fleuves sur lesquels on a la possibilité de procéder à des accumulations importantes sont peu nombreux. L'accroissement du débit d'étiage doit le plus souvent être combiné avec un aménagement à courant libre, dragage ou auto-dragage (M. AUBERT - mission 1951).

Ce paraît être la solution à retenir pour le Niger. La constitution d'une réserve, même relativement faible, a en outre

l'avantage d'améliorer la navigation sur tous les biefs où des travaux d'aménagement ne seraient pas justifiés.

Cette question de la régularisation du débit est étudiée en détail au chapitre I, sous les paragraphes :

- . Le projet du Niandan ,
- . La réserve de 1 milliard de m³,
- . La réserve de Sankarani.

La solution "Grand Niandan" qui conduirait à une régularisation satisfaisante pour la navigation lourde est à rejeter aujourd'hui, la réserve se situant en territoire Guinéen (mission russe - doc.IX-21). Nous ajoutons que le coût de l'opération aurait été prohibitif et la réalisation prématurée, au stade actuel de l'économie malienne.

Nous ne pensons pas, d'ailleurs, qu'il soit utile de chercher à obtenir une navigation à pleine charge toute l'année, étant donné le tonnage global à transporter et la saison limitée des exportations de grains.

Pour un objectif plus limité, on a été conduit à rechercher des sites permettant de stocker des volumes de l'ordre de 1 milliard de m³ (rapport de synthèse EDF de 1959).

Le rapport de la mission russe (doc.IX-21) expose que les solutions Sankarani (1 milliard de m³) et Fié (1,2 milliard de m³) présentent un intérêt, mais seraient à combiner avec un dragage mécanique.

Concernant la solution Fié (1), nous avons déjà fait toutes réserves ; l'étude hydrologique de cette rivière révèle un module de 55 m³/s (1,75 10⁹ m³ an) qui, compte tenu du coefficient d'irrégularité interannuel voisin de 2, ne permet pas un remplissage annuel de la réserve (2).

(1) B.V de 4 500 km².

(2) Ce pourrait être cependant un complément au stockage du Sankarani en une étape ultérieure de la régularisation, indépendamment de son utilité au point de vue énergie (voir chapitre V).

Un fait nouveau est intervenu concernant le Sankarani ; l'étude préliminaire de cette réserve présentée par ITALCONSULT en mai 1964, de laquelle il résulte que l'on peut stocker 1 250 millions de m^3 à la cote 346 et 1 570 millions de m^3 à la cote 347 et régulariser à 120 m^3/s le débit d'étiage.

Une analyse de cette étude est faite au chapitre V ; elle laisse apparaître un espoir, nous venons de le voir. L'adoption de cette solution correspondrait à notre objectif :

- chercher par un accroissement du débit d'étiage, à satisfaire les besoins agricoles, tout en considérant les avantages que la navigation peut en retirer dans les différents biefs, étant bien précisé que la régularisation du débit d'étiage à 120 m^3/s ne saurait satisfaire aux besoins de la navigation, que si l'on combinait la réserve avec un aménagement à courant libre (dragage mécanique ou auto-dragage type Chatou).

Nous retrouvons dans notre objectif les préoccupations exposées par M. VIGUIER et M. AUBERT : " une réserve doit permettre, en année de crue tardive, de pouvoir disposer pendant 2 ou 3 semaines, d'un débit supplémentaire dans le fleuve, de l'ordre de 100 m^3/s environ; elle doit permettre en janvier, février, mars, avec l'eau disponible, d'effectuer des cultures dérobées, etc..."

Les besoins en eau de l'Office du Niger, à court terme et à moyen terme, sont étudiés au chapitre IV.

Parmi les procédés d'amélioration de la navigation du Niger, NEDECO marquait sa préférence pour la 3ème solution ; régularisation du débit d'étiage, considérée comme étant d'autant plus opportune qu'elle était susceptible de satisfaire aux besoins de l'irrigation, et peut être à ceux de l'énergie.

NEDECO y voyait un autre avantage ; si l'accumulation était susceptible d'écrêter sensiblement la crue, celle-ci pourrait ne plus avoir la force de former des seuils. Mais il n'en sera pas ainsi avec la seule mise en stock de 1 milliard de m^3 qui n'est que le 1/80 de l'écoulement annuel. D'ailleurs, un écrêtement trop fort entraînerait des inconvénients du point de vue

agricole , dans les secteurs où les débordements du fleuve sont utilisés pour l'alimentation des casiers rizicoles (mission AUBERT - 1951 - confirmation M. TIOMBIANO, en octobre 1964).

Enfin, avec cette solution, les investissements sont faits une fois pour toutes, et l'effet se fait sentir sur tout le fleuve, au moins jusqu'à Mopti - sauf trop fort prélèvement de l'Office en étiage.

Autres facteurs d'exploitation à considérer (Note AUVRAY-avril 1952 - IX-2).

- des lâchures faites en juin pour devancer la date normale de reprise de la navigation permettraient d'améliorer celle-ci, en aval de Mopti, les courbes de crue de Koulikoro et Mopti étant pratiquement superposées à la montée des eaux ;
- des lâchures de janvier à mars n'apportent aucune amélioration, en aval de Mopti, les courbes de tarissement de Koulikoro et Mopti étant fortement décalées ;
- quel débit faut-il admettre pour permettre la navigation légère sur la section Sansanding - Mopti ? D'après AUVRAY : "une lâchure permettant la navigation semi-lourde (tirant eau 1,10 m $Q = 550 \text{ m}^3/\text{s}$ à Koulikoro) sur Koulikoro - Markala devrait permettre la navigation légère (tirant d'eau 0,70 m) sur Sansanding-Mopti, si le seuil de Nakry est effacé, l'Office prélevant $200 \text{ m}^3/\text{s}$.

°
° °

Le volume à stocker dans une réserve de régularisation est fonction de l'hydrogramme naturel au droit du barrage et du débit minimal que l'on se propose de maintenir à l'aval pendant une période plus ou moins longue ; aussi convient-il de bien préciser les caractéristiques hydrologiques de base qui auront été retenues :

Le débit moyen mensuel pendant la période d'observation est une caractéristique insuffisamment précise, il faut considérer les courbes des débits d'étiage pour différentes fréquences, au cours de cette même période, soit, dans le cas qui nous concerne, pendant les mois de février à juin intéressés par la régularisation. On devra prendre en considération la fréquence décennale faible.

Mais une étude économique reste à faire pour fixer le volume optimal à stocker, en fonction du ou des services à en attendre. C'est ainsi qu'à la suite d'une esquisse préliminaire, la MEAN avait exposé dans son rapport d'octobre 1957 (doc.IX-6), que dans l'hypothèse d'apports supplémentaires variant de 0 à 5 milliards de m^3 , quelle que soit la fréquence retenue, seuls les besoins de la navigation étant pris en considération :

- apport supplémentaire de 500 millions de m^3 permettait un gain de hauteur à Koulikoro de 45 cm en moyenne (1) ;
- pour doubler ce gain, il fallait quadrupler les apports ;
- pour le tripler, il fallait multiplier les apports par 8 ;
- un apport de 1 milliard de m^3 donnerait, en moyenne, pour les diverses fréquences, un gain de 0,65 m, soit une hauteur de 1,02 m à Koulikoro correspondant à 200 m^3/s . Cette hauteur ne permet pas la navigation légère (chaland ayant un tirant d'eau 0,70 m) qui exige une cote de 1,35 m à Koulikoro, sauf à utiliser un matériel dont tirant d'eau $0,70\text{ m} - 0,33\text{ m} = 0,37\text{ m}$, ou à combiner un dragage ou un auto-dragage avec la régularisation partielle.

La mission russe dans son rapport préliminaire de février 1962, reprend le calcul des débits nécessaires à lâcher pour assurer une profondeur d'eau minimale de 0,80 m dans le chenal navigable, et arrive à cette conclusion que le volume à stocker pour satisfaire à cette hypothèse est de 2 milliards de m^3 . Ce même rapport reprend et complète l'esquisse de la MEAN de 1957, en ce qui concerne le volume à draguer annuellement, suivant le débit de régularisation que l'on s'est fixé.

(1) combinée à un aménagement genre Chatou on n'en retire un avantage que pour la seule navigation légère ; elle est par contre intéressante pour les biefs non aménagés.

Mais l'étude économique de l'ensemble : réserve de régularisation - aménagement à courant libre reste à faire, comme nous l'avons dit ; elle apparaît indispensable.

°
° °

Quelle que soit la solution adoptée par le Gouvernement du Mali, les études complémentaires, la rédaction du projet, l'exécution des travaux demanderont un délai de 3 à 6 ans.

En attendant la navigation devra se poursuivre dans les meilleures conditions possibles.

La flottille de basses eaux composée de pousseurs et chalands à fond plat étant renforcée, nous croyons devoir reprendre et faire nôtre la recommandation faite par M. AUBERT en 1951:

" Reconnaître chaque année, en fin de décrue, le chenal navigable
" naturel, au moyen de pirogues munies d'un sondeur à ultra sons -
" Baliser ce chenal. Réaliser en certains points l'éclairage de
" nuit du balisage ".

Dès 1957, la MEAN a mis en place, sur le tronçon Koulikoro-Ségou, 174 bouées de chenal, et 171 signaux de rive, plus quelques balises sur socle, dont certaines avec signaux lumineux.

La mission russe de 1962 a signalé que le contrôle et l'entretien du balisage de ce chenal - reconnu très utile par les transporteurs, lors de l'enquête CHAMPAUD - laissait à désirer.

A notre avis, cette solution d'attente serait à compléter dans les meilleurs délais possibles par l'exécution des travaux proposés par Chatou :

- 1° - mise en place des panneaux de fond destinés à fixer les 25 seuils longs du bief Koulikoro-Ségou ;
- 2° - coupure des bras parasites sur ce même bief ;
- 3° - mise en service des panneaux de surface pour l'entretien des seuils courts situés entre les PK 19 et 88.

- 4° - mise en service d'une drague type Elicott, de 180 m³/h pour les travaux sur les passages difficiles (gros gravier par exemple) et pour intervenir d'urgence en cas d'incident sur un seuil.

La solution définitive restant, comme le proposait déjà M. AUBERT en 1951 : la régularisation partielle du débit d'étiage par une réserve dont la capacité optimale reste à déterminer.

L'effet de cette régularisation venant s'ajouter à celui de l'aménagement à courant libre par panneaux de fond et dragages.

o
o o

2,54 Conclusions

En conclusion, l'aménagement du fleuve Niger, sur le plan "Navigation", nous paraît devoir être conçu selon des techniques différentes suivant le tronçon considéré et le degré d'urgence d'équipement de ce tronçon.

2,541 Kouroussa-Bamako

Ce tronçon appelé aussi "bief Sud" a connu autrefois un trafic relativement important, en direction de la Guinée. Mais la flottille qui y circulait a été ramenée sur le bief nord (Koulikoro-Mopti) quand il s'est avéré que la voie Bamako - Kouroussa - Conakry présentait moins d'intérêt que la voie Koulikoro - Dakar, qui offrait des tarifs à la tonne/km plus intéressants et en bout de ligne un port mieux outillé (en 1955 le transport de 1 t d'hydrocarbures coûtait 8 700 F CFA sur le parcours Bamako - Conakry et 6 840 sur le parcours Bamako - Dakar).

Considéré isolément, pour une liaison Bamako-Kouroussa ou Bamako-Kankan, ce tronçon est doublé par une route et sur une aussi faible distance - 360 km environ - la concurrence de la voie fluviale est bien aléatoire, sauf un éventuel transport de pondéreux en gros tonnage.

Enfin, le coût d'aménagement de ce tronçon serait certainement élevé, à cause des nombreux seuils rocheux que l'on y rencontre ; en son état naturel la navigabilité est limitée à la période juillet-novembre. On peut d'ores et déjà procéder à une étude hydrographique, qui permettrait de fixer l'ordre de grandeur d'éventuels travaux à entreprendre.

2,542 Bief Bamako - Koulikoro

La navigation est interrompue par les rapides de Sotuba (immédiatement en aval de Bamako) et de Kénié (30 km en aval de Bamako).

Ce tronçon est doublé par une route et une voie ferrée.

Dans ces conditions, un aménagement fluvial sur une aussi courte distance ne se justifierait que dans le cas d'un aménagement de bout en bout du Niger, et pour un trafic important.

Cet aménagement est d'ailleurs lié à l'équipement hydroélectrique de Sotuba, en cours de réalisation, et éventuellement, dans un avenir assez lointain, à celui des rapides de Kénié.

Quoi qu'il en soit, tout projet éventuel d'aménagement de ce tronçon ne saurait ignorer la très importante étude présentée par EDF en décembre 1953 sous le titre : "Navigation sur le Niger. Aménagement de la section Bamako-Koulikoro" qui examine 4 solutions possibles pour court-circuiter ce tronçon conjointement avec l'équipement hydroélectrique de Kénié.

2,543 Bief Koulikoro - Fanchon

Plus communément désigné sous le vocable Koulikoro-Ségou.

Nous avons déjà exposé qu'il nous paraissait opportun de réaliser dans l'immédiat un aménagement à courant libre, à partir de panneaux de fond système Chatou pour les seuils longs, et à partir de panneaux de surface pour les seuils courts, l'appoint d'une drague étant nécessaire. Nous avons fait des réserves sur la possibilité de prévoir à courte ou moyenne échéance une navigation plus lourde, donc plus économique, par augmentation de

la hauteur d'eau disponible sur les seuils au moyen d'une régularisation plus poussée du débit d'étiage ; ceci n'étant possible qu'avec une réserve nettement plus importante que celle qu'on pourra réaliser au Sankarani. L'étude économique préconisée par ailleurs, qui doit couvrir l'ensemble des utilisations de l'eau de la réserve, montrera si le rendement optimal des travaux est obtenu pour une navigation prolongée, en moyenne du 15 janvier au 15 avril, avec un tirant d'eau important - c'est l'objectif initial du Mali - ou pendant toute la saison sèche, avec un tirant d'eau moindre.

2,544 Bief Fanchon - Markala

Il s'agit d'un bief ouvert toute l'année à la grosse batellerie, à l'intérieur duquel se situe le port de Ségou, au trafic assez complexe du fait de sa situation.

En 1958/1959 le tonnage manipulé (19 000 t) faisait ressortir un large excédent des exportations (riz, paddy, arachides,) sur les importations. Les relations du secteur de Ségou étaient alors surtout développées avec Koulikoro ; le port expédiant peu vers le nord (523 t en 1958/1959) et en recevant encore moins (186 tonnes). Mais le trafic actuel tend à emprunter l'axe routier sud-est, vers la Haute-Volta et la Côte d'Ivoire.

2,545 Bief Markala - Mopti

Ce bief est justiciable de la même technique que celui de Koulikoro-Ségou ; M. IRANI a informé la mission EDF en octobre 1964, qu'une mission de prospection russe avait pris des contacts en vue de proposer le maintien d'un chenal navigable 9 mois sur 12, par des dragages mécaniques, comme une mission précédente l'avait déjà suggéré pour le bief Koulikoro-Ségou. La possibilité d'aménagement par la méthode de Chatou mériterait aussi d'être étudiée.

Mais il existe une autre solution qui consiste à court-circuiter ce bief par le réseau de navigation intérieur de l'Office (1) : canal adducteur - canal de Macina - rivière endiguée de

(1) voir plan au 1/100 000 de la section Markala-Kokry-Mopti.

Boky Wéré, jusqu'à Kolongotomo, terminus de la navigation actuelle. Présentement, on dispose sur cette voie intérieure d'un tirant d'eau de 1,65 m pendant la campagne d'irrigation et de 1,50 m à l'arrêt de celle-ci, par l'envoi d'un débit "navigation" de $20 \text{ m}^3/\text{s}$ environ.

Ce réseau intérieur devra être recalibré en tête et prolongé jusqu'au marigot de Soumouni, pour assurer la mise en valeur de l'ensemble des casiers de Macina et de Fv.

Ces travaux d'aménagement hydroagricoles exécutés, deux solutions seraient possibles pour shunter le Niger :

Solution A ou solution courte : canal adducteur - écluse du point A - canal de Macina (largeur portée à 41,50 m - tirant d'eau de 4,20 m en irrigation). Premier bief de 63 km sur rivière de Boky Wéré, jusqu'à Kolongotomo où une écluse et un canal court (4 ou 5 km) assureraient la jonction avec le Niger.

Cette solution laisse subsister les passages difficiles en aval du point de retour du fleuve, entre Kolongotomo et Diafarabé, en particulier le seuil sableux de Macina difficile à franchir aux basses eaux.

Solution B ou solution longue : même parcours qu'en solution A au départ, mais poussant ensuite jusqu'à l'ouvrage de Ouela (12 km en aval de Kolongotomo) sur la rivière de Boky Wéré. Puis on suivrait le deuxième bief de 36 km à partir d'une écluse à prévoir à Ouela, par la rivière de Boky Wéré endiguée et un canal de jonction de 10 km à ouvrir pour rejoindre par une écluse le troisième bief ou marigot de Soumouni, endigué sur 24 km. Enfin, le retour au Niger se ferait 11 ou 12 km en amont de Diafarabé (soit très en aval de Macina), par une écluse et un canal de 5 km.

On shunterait ainsi les passages les plus difficiles du parcours Markala-Mopti, tout en permettant une importante extension des casiers rizicoles de l'Office. Aussi, cette solution marque-t-elle sa supériorité sur celle consistant en un dragage annuel d'entretien du bief du Niger.

La solution A combinée avec un aménagement du seuil de Macina par la méthode Chatou, mérite d'être comparée à la solution B sur le plan des investissements et des intérêts agricoles.

LES VOIES NAVIGABLES

SECTION
MARKALA - KOKRY - MOPTI

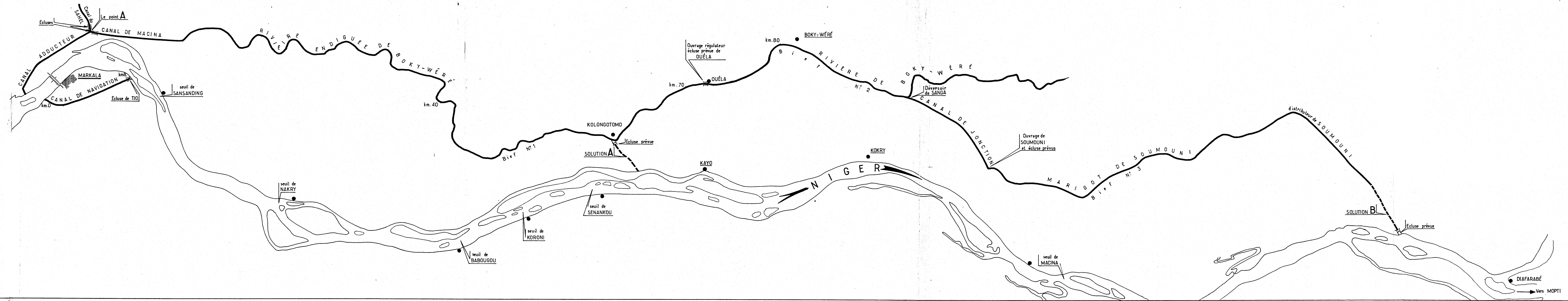
LA VOIE NATURELLE

Le Niger et ses seuils sableux en basses eaux

LA VOIE INTERIEURE

La rivière de Boky-Wéré et les canaux de l'Office

ÉCHELLE: 1/100.000



de l'Office . Le document IX-7 expose ces 2 solutions plus en détail.

A noter que l'on pourrait envisager de faciliter la navigation sur le parcours Diafarabé - Mopti, par des seuils en béton limitant le débit prélevé par les bras du Diaka, de janvier à avril. L'étude du projet reste à faire.

2,546 Bief Mopti - Diré - Kabara (port de Tombouctou) - Gao

Il s'agit d'une section où la navigabilité est difficile et le trafic relativement faible, mais c'est la seule voie de communication reliant entre eux les centres de la boucle du Niger.

Cependant le transport de phosphates en provenance du gisement de Bourem (puissance 20 millions de tonnes) dont l'exploitation paraît imminente sur la base de 1 000 t/an au début, devrait conduire à une étude de l'aménagement de cette section, le transport fluvial des phosphates étant le seul acceptable. Il y a aussi l'exploitation du gisement de sel (15 millions de tonnes) de Taoudeni, qui ne peut être envisagée qu'à partir d'un transport par le fleuve.

On a bien avancé l'idée d'un barrage dans la région de Tossaye, dont le remous atteindrait Tombouctou, voire Diré, mais les chiffres les plus contradictoires ont été lancés concernant les caractéristiques de ce barrage, en particulier sa hauteur.

L'étude est à reprendre à la base, en commençant par un nivellement de précision sur le parcours Diré - Kabara - Tossaye - Bourem.

2,547 Gao - Ansongo - Labbezenga -

Cette section du fleuve est mal connue, de même d'ailleurs que le parcours Tossaye - Gao.

Le trafic est très faible.

Une liaison avec le moyen Niger jusqu'à Niamey et au-delà n'est possible que par pirogue, aux hautes eaux. Une liaison normale nécessiterait une canalisation pour le franchissement des

rapides de Labbezenga, à moins que le déroctage d'une passe ne se révèle possible comme cela a été réussi pour le Mékong, dans son bief cambodgien jouxtant le Laos. Une reconnaissance détaillée des rapides pourrait renseigner sur cette possibilité.

C'est là, il nous semble, un aménagement à longue échéance.

°
° °

Ainsi que nous l'avons signalé dans les pages précédentes, l'aménagement des quelques trois ou quatre seuils rocheux qui existent dans le fleuve de Koulikoro à Gao est à entreprendre séparément et ne doit pas amener à des études très longues, ni à des travaux de déroctage très douteux. Un balisage des passes réalisées au travers de ces seuils, est indispensable.

2,6 LE TRAFIC SUR LE FLEUVE

Un examen des statistiques concernant le trafic sur le fleuve, permet de juger de l'intérêt et de l'urgence d'un aménagement des différents biefs navigables en vue d'allonger la période de navigabilité, soit des convois légers, soit des convois lourds.

Dans son étude "La Navigation fluviale sur le Niger, de Koulikoro à Gao" (doc.IX-13), parue en 1959, M. CHAMPAUD Géographe de l'ORSTOM a analysé avec beaucoup de clarté le double trafic qui se fait sur ce fleuve.

- trafic commercial, assuré par la Cie Malienne de Navigation ,
- trafic traditionnel assuré par les pirogues et les pinasses à moteur, qui représentent une minorité active très peu intégrée, trafic difficilement appréciable quantitativement. La multiplicité des transports de petits tonnages sur de courtes distances, faisant la vitalité économique des marchés des bords du fleuve, dont il assure l'alimentation.

Le trafic traditionnel assure principalement l'acheminement des produits exportés vers les escales du fleuve, desservies

par le trafic commercial, ou la distribution à l'intérieur des terres, par des voies d'eau à faible gabarit, des marchandises importées entreposées à ces mêmes escales.

C'est là une activité complémentaire de celle du trafic commercial, que l'on a tout intérêt à maintenir dans un pays où d'importants secteurs ne sont encore pénétrés que par des voies d'eau.

Mais à l'étiage, alors que tout trafic est arrêté sur le fleuve, les pirogues assurent des transports sur de grands parcours, malgré tous les aléas que cela présente pour les chargeurs, les convois n'étant pas assurés et le prix à la tonne kilométrique étant élevé. C'est ainsi que pour les escales intermédiaires du bief Koulikoro - Ségou, une grande partie du trafic "arachides" est confiée aux pinasses. Les pirogues font aussi le parcours Mopti - Tombouctou.

La vie économique ne pouvant s'arrêter totalement pendant 5 mois d'interruption du trafic commercial, il y aura toujours une demande de frêt à cette époque. Il serait dans l'intérêt des usagers, comme dans celui de la Compagnie Malienne de Navigation - qui verrait s'améliorer le bilan de son compte d'exploitation - que cette dernière puisse récupérer ce trafic. Ce doit être possible très rapidement avec des convois poussés à faible tirant d'eau (0,70 m à 0,80 m) et une fixation des mauvais seuils par la méthode Chatou.

D'après M. CHAMPAUD, Mopti, centre de convergence des pêcheurs Bozo, des éleveurs Peulhs, des riziculteurs de toutes races, tête de ligne pour la boucle du Niger, serait le principal centre piroguier du Mali. 62 900 tonnes de marchandises auraient été manipulées par ces embarcations, au cours de la campagne 1958/1959, alors que le chiffre officiel de manipulation du trafic commercial pour ce centre était de 11 300 tonnes. Il est vrai que les relations fluviales normales avec Koulikoro ne sont possibles que du 15 juillet au 15 décembre, et que le trafic de poisson évalué alors à 7 300 tonnes minimum est fait presque exclusivement par pirogue. Par ailleurs, les exportations vers le Ghana, la Haute-Volta, la Côte d'Ivoire, l'ouest Malien, de poisson séché ou fumé, conditionné à Mopti, se font presque exclusivement par la route.

D'ailleurs, le ravitaillement de Mopti se fait de plus en plus par le sud. Les axes traditionnels du commerce du poisson et du bétail d'une part, du kola d'autre part, sont utilisés également pour l'approvisionnement de la ville : l'axe Abidjan - Bobo - Mopti s'étant révélé plus économique que l'axe Dakar - Koulikoro - Mopti.

L'annuaire de la Chambre de Commerce de 1963 fait connaître que la production de poisson cette année-là a été de 25 000 tonnes à Mopti, 15 000 tonnes à Ségou, 9 200 tonnes à Gao.

2,61 Le trafic global et son évolution

Ce trafic peut être caractérisé par les chiffres suivants:

- 1920	4 000 000 de t.km
- 1930	13 000 000 de t.km
- 1956	35 000 000 (1) de t.km
	Ce fut le <u>maximum</u> atteint
- 1959	31 500 000 de t.km

Ce sont là des chiffres faibles, caractéristiques d'un trafic à courtes distances.

Puis il y eut l'arrêt des relations avec Dakar par la voie ferrée. De leur reprise, en juillet 1961, jusqu'au 31 mars 1962 le trafic sur le fleuve est extrêmement faible : 7 700 000 t.km. On relève ensuite :

- 1962-63	9 600 000 t.km
- 1963-64	14 200 000 t.km

Mais on reste encore loin du trafic moyen, de l'ordre de 30 millions de tonnes.km auquel on était arrivé au cours des années 50.

Si l'on considère les tonnages manipulés à Koulikoro, la reprise est plus nette.

(1) Cette même année, le trafic routier s'élevait à 50 millions de t.km.

- 19 113 t au minimum en 1942-43
- 58 826 t en 1951-52
- 79 000 au maximum en 1956-57
- retour à 48 040 t(1) en 1958-59
- puis 29 420 t de juillet 1961 à mars 1962
- 39 750 t du 1er avril 1962 au 31 mars 1963
- 50 035 t du 1er avril 1963 au 31 mars 1964

Cette reprise du tonnage manipulé à Koulikoro ne se traduit pas sur le trafic d'ensemble par une reprise du tonnage kilométrique global, les centres de Ségou et Mopti étant maintenant ravitaillés directement par la Côte d'Ivoire, ainsi que le confirme M. DIAKITE en octobre 1964. C'est là le signe d'une évolution importante, toute récente d'ailleurs, puisqu'en 1959 M. CHAMPAUD notait dans son étude :

" qu'une part notable du tonnage était embarqué ou débarqué dans les escales de la boucle de Mopti à Gao, à destination ou en provenance de Koulikoro, en liaison avec le Dakar-Niger ".

" il existe par ailleurs un trafic Mopti - Gao non négligeable, indépendant de l'amont ".

Ce trafic de la boucle ne peut que se maintenir, voire s'accroître, le fleuve étant la seule voie de communication dans cette région ; seul a changé le point de liaison avec la Côte et les pays du Sud, qui est passé de Koulikoro à Mopti.

Oui, mais M. IRANI signale en octobre 1964 une autre déviation du trafic : les échanges globaux (15 000 t) de la région de Gao s'effectuent avec Cotonou via Niamey.

L'évolution récente du trafic fluvial est due à trois causes principales :

(1) sur lesquelles 37 400 tonnes étaient en provenance ou à destination du secteur de Ségou.

- la rupture des relations avec Dakar ;
- la concurrence de la route, conséquence d'une amélioration constante du réseau routier, de l'adaptation et du renforcement du parc des camions ; c'est ainsi que la mise en service de camions citernes de grande capacité a provoqué l'effondrement du tonnage d'hydrocarbures transportés par le fleuve : 76 tonnes en 1958/59 contre 3 096 tonnes en 1953/54 (1) ;
- l'attrait de la liaison directe avec Abidjan par chemin de fer, particulièrement pour les régions de Ségou et de Mopti et celles de Koutiala et Sikasso.

Cette tendance à l'évolution du trafic était déjà signalée par NEDECO dans son rapport de février 1959 "River Studies and Recommendation or Improvement of Niger and Benue" sur la voie fluviale Koulikoro-Ansongo, qui prolonge le Dakar-Niger, la navigation pourrait être plus importante, mais la voie ferrée Ouagadougou Bobo - Abidjan, parallèle au Niger à 200 miles au sud, draine les transports au sud par l'intermédiaire des camions.

La mission russe dans son "Rapport Préliminaire " de février 1962 écrivait de même :

" La route a tendance à prendre le trafic du fleuve et la grande artère Bobo - Abidjan à se substituer au Dakar - Niger"; mais cette substitution était alors une nécessité, par suite de l'arrêt du trafic sur ce dernier axe (2). Néanmoins, les statistiques données dans ce rapport étaient assez significatives :

Expéditions Office du Niger	1958/59	1959/60	1960/61	<u>Prévisions</u> 1961/62
Route	200 t	1 400 t	13 126 t	28 300 t
Fleuve	19 000	16 400	0	0

(1) Au cours de cette même période le tonnage de sel transporté tombait de 1927 à 80 tonnes.

(2) En 1957 le Mali importait 120 à 130 000 t par cette voie ; il en exportait 70 à 80 000 t .

Ce même rapport notait encore : "Le trafic fluvial Ségou - Koulikoro passe de 27 220 t pour 8 mois de 1959 à 4 322 t pour la même période de 1961, le bief Koulikoro - Markala n'est plus une voie de transit mais tend à jouer le rôle limité d'une voie de transport intérieur des marchandises locales ".

Oui, mais c'est là la conséquence directe de l'arrêt du trafic sur le Dakar - Niger ; trafic qui a repris depuis juillet 1961.

Cependant, la mission russe laisse entrevoir une nouvelle évolution du trafic à la suite de la réalisation éventuelle d'un projet de voie ferrée Bamako - Kouroussa ; il s'agit d'une hypothèse qui ne semble pas devoir être réalisée ; mais

- d'une part le rétablissement de la liaison Koulikoro-Dakar
- d'autre part, l'extension du périmètre cultivé de l'Office du Niger, qui en fin de plan posera un problème de transport (87 000 t de paddy pour 35 000 ha de rizières et 10 000 t de coton fibre pour 15 000 ha, voire 20 000 t de sucre),

sont les facteurs susceptibles de remettre en cause la présente répartition du trafic.

Cependant que le combinat textile de Ségou ne laissera disponible à l'exportation, croyons-nous, qu'un tonnage réduit de produits finis, ou en cours d'élaboration.

°
° °

M. N'DIAYE pense : " que la récupération par le fleuve du trafic d'hydrocarbures restera impossible tant que les produits seront acheminés au Mali par le chemin de fer Abidjan - Niger ; que les transferts du trafic d'une voie sur une autre sont la conséquence du déplacement des points d'entrée, qu'une reprise normale du trafic sur le Dakar - Niger permettrait certainement de récupérer sur le fleuve un tonnage non négligeable, surtout si les biefs Ségou - Mopti et Mopti - Gao étaient rendus navigables ; cependant, une difficulté technique existe présentement : le passage des convois lourds sur la voie ferrée Bamako - Koulikoro ".

M. KONE, Directeur-Adjoint des chemins de fer, signale à la mission EDF d'octobre 1964 que si le trafic d'hydrocarbures est rétabli depuis 10 mois sur le Dakar - Niger, pour les régions de Bamako - Office du Niger - Ségou, à la cadence de 6 000 tonnes/mois réceptionnées en gare de Bamako, le transport sur l'Office du Niger et la région de Ségou s'effectue par camions citernes à partir de Bamako devenu tête de ligne aux lieu et place de Koulikoro ; le fleuve n'a donc pas récupéré ce trafic, en forte hausse, puisque représentant 72 000 tonnes/an (1).

M. KONE pense que si un dépôt de stockage en vrac était réalisé à Ségou, les hydrocarbures à destination de cette région, reçus actuellement à Bamako, pourraient de nouveau être déchargés à Koulikoro et repris par le fleuve, c'est une question de prix et de facilité du transport fluvial.

2.7 Les tarifs des transports fluviaux

La voie fluviale est lente, bien souvent elle conduit à des ruptures de charge, mais elle est économique et si ses tarifs sont suffisamment bas, elle peut être avec la voie ferrée, le seul moyen de transport pour acheminer aux grands ports, à des prix mondiaux compétitifs, les produits de l'intérieur des terres.

Nous avons relevé ci-après des tarifs comparés des trois modes classiques de transports à diverses époques :

1951

Dans son rapport de mission M. AUBERT note :

Transport fluvial 2,50 Fr la t.km
Transport fer par Dakar- Niger. 5,00 Fr la t.km

avec cette mention : "les tarifs fluviaux pratiqués permettaient une gestion bien équilibrée de la Compagnie de Navigation, malgré la gêne apportée à l'exploitation par un arrêt de 3 à 5 mois en saison sèche".

(1) L'étude IRANI de janvier 1962 (doc.VIII-5) chiffrent à 46 000 t/an les importations d'hydrocarbures pour ces trois régions.

1957

Nous extrayons du rapport MEAN d'octobre de cette année :
 "après pondération des différentes catégories de marchandises par quantités transportées, la comparaison s'établit ainsi " :

Fleuve	Fr	3, 00 la t.km
Rail	Fr	5, 00 la t.km
Route	Fr	10, 00 la t.km

1963

Du projet schématique russe concernant le dragage d'un chenal navigable, on extrait les chiffres suivants :

Voie d'eau	Fr	4,10 à 4,62 la t.km
Voie ferrée	Fr	5,00 à 10,00 la t.km
Route	Fr	18,00 à 30,00 la t.km
Transbordement	Fr	220,00 la tonne.

Ainsi, on peut comparer :

le coût d'un transport Ségou - Bamako par route (240 km)
 soit 6 000 Fr la tonne en moyenne ,

au coût d'un même transport par eau (180 km) puis par fer
 (60 km), soit au total en moyenne : 1 390 Fr la tonne.

1964

Les tarifs après avoir subi un réajustement en hausse en 1961, pour tenir compte d'un réajustement des salaires et du coût des matériels, ont été stabilisés aux taux suivants pour les principales marchandises :

.../

	la t.km jusqu'à 550 km	la t.km au-delà de 550 km
Ciment - matériaux de construction - fers de longueur normale	5,00 Fr	4,50 Fr
Mil - Riz	4,25	3,50
Autres produits locaux d'alimentation	7,50	6,25
Sel en barre de Taoudéni	3,75	3,25
Hydrocarbures vrac	9,00	8,50
Hydrocarbures fûts	9,50	9,00
Marchandises encombrantes	à 13,50 30,00	à 12,00 27,00
Boeufs et Veaux + droits fixes de	2,00 Fr par tête et par km 75,00 Fr par tête	
Moutons et chèvres + droits fixes de	0,75 Fr par tête et par km 25,00 Fr par tête	

En basses eaux les tarifs de frêt sont majorés de 30 % .
Ces tarifs de basses eaux sont appliqués en décrue :

- sur le bief Bamako - Kankan, lorsque la cote à Bamako atteint 1,35 m ,
- sur le bief Koulikoro - Ségou, lorsque la cote à Koulikoro atteint 2,25 m ,
- sur le bief Ségou - Mopti lorsque la cote à Mopti atteint 2,00 m .

Ces tarifs de basses eaux sont maintenus jusqu'à l'arrêt de la navigation. A la reprise de celle-ci, vers le 15 juin, on applique les tarifs du barème.

°
° °

LES ROUTES

Cependant qu'aucun aménagement n'était réalisé pour améliorer la navigabilité sur le fleuve, le Mali faisait un gros effort pour développer son réseau routier.

En 1964, un ruban de 610 km de routes bitumées assurait les liaisons suivantes :

- Bamako - Ségou	235 km	200 V-J (1)
- Bamako - Bougouni	163 km	150 V-J
- San - Mopti	212 km	150 V-J

La longueur de ce ruban doit être portée à 1 356 km par le bitumage, en 1965/1966, des liaisons suivantes :

- Bougouni - Sikasso		
Zégoua	309 km	150 V-J
- Ségou - Bla - San	186 km	150 V-J
- Sienso - Koutiala	120 km	80 V-J
- Bla - Koutiala	75 km	
- Bamako - Koulikoro	56 km	

Enfin, il est prévu au Plan, pour une exécution sur la période 1965/1970, l'aménagement et le bitumage de la liaison :

- Koutiala - Sikasso	130 km	80 V-J

portant à 1 500 km environ la longueur des routes bitumées au Mali, ce qui est un magnifique résultat et un facteur de développement économique certain.

En une étape ultérieure seront réalisés l'aménagement et le bitumage des liaisons :

- Koutiala - Kouri - Bobo
- Mopti - Ouagadougou qui est la route du poisson.

(1) V-J = Véhicules/jour

Il est enfin prévu ultérieurement une liaison Mopti - Gao par Douentza.

On mesurera mieux l'effort accompli en rappelant qu'au 30 janvier 1962 M. IRANI mentionnait dans son étude que le Mali n'avait alors à sa disposition que 455 km de routes bitumées.

Mais par ailleurs de vastes projets routiers ont pris corps pour désenclaver le Mali. C'est ainsi que le 26 mai 1964, s'est tenue à Alger une réunion de spécialistes des questions de transports de 10 Nations africaines, pour débattre de ce problème.

M. IRANI confirme en octobre 1964 l'existence de ce projet et expose qu'une mission préliminaire doit étudier, fin 1964, les itinéraires possibles :

- Alger - Tamanrasset - Agadès - Taoua - Gao ,
- Oran - Colomb-Béchar - Reggan - Gao (1) ,
- Alger - Ghardaia - El Goléa - In Salah - Tamanrasset ,
- Antenne Tamanrasset - Agadès ou Tamanrasset - Gao ,
- Alger - Ouargla - Hassi-Messaoud - Fort-Flatters - Tamanrasset, avec antenne possible sur Ghardamès.

Le coût de réalisation de chacune de ces voies serait de l'ordre de 120 millions de dollars.

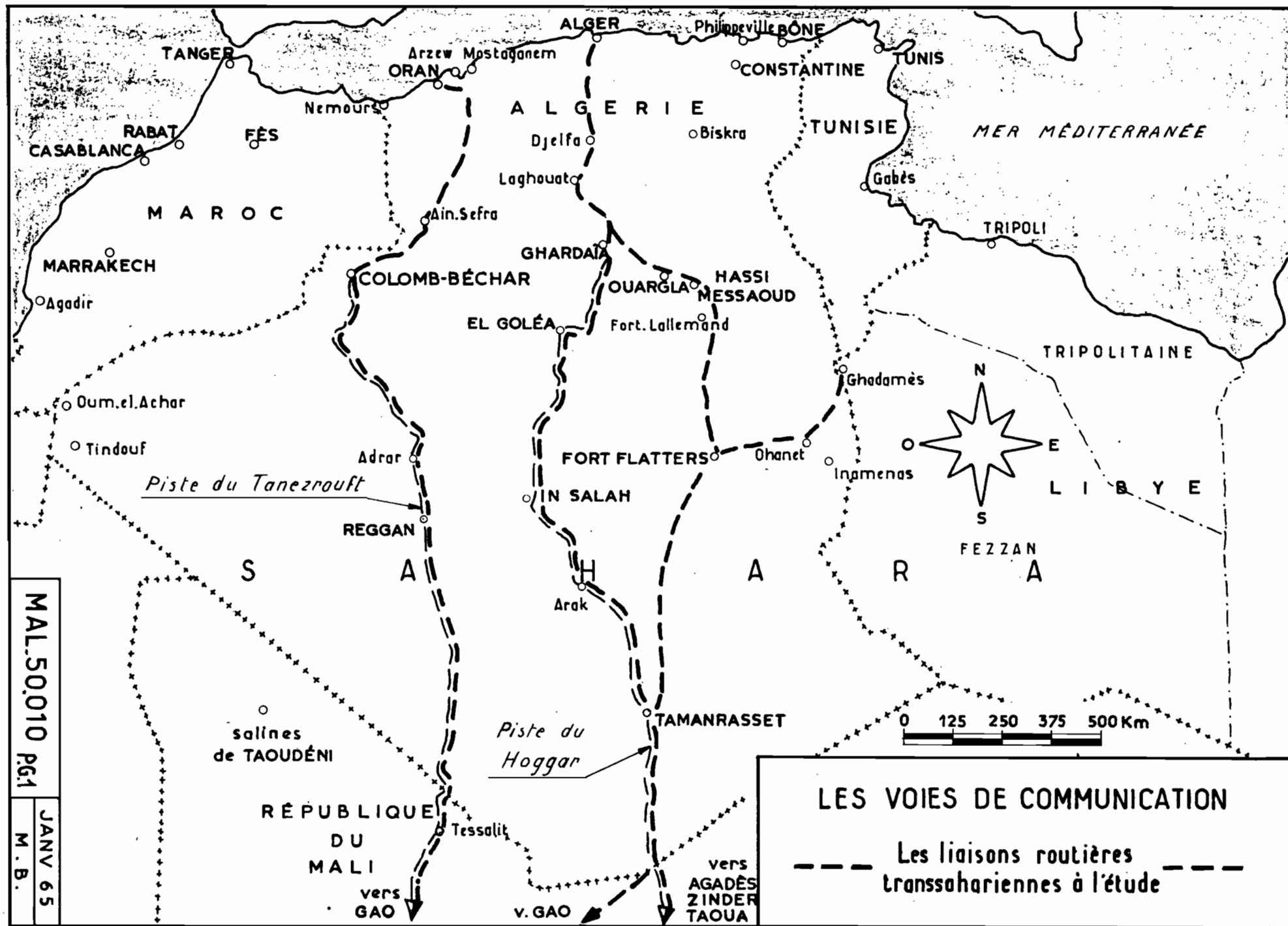
Le Mali aurait beaucoup à importer par ces liaisons ; peu à exporter sauf la viande. Cependant, un accord préliminaire avec l'Algérie porterait sur un échange global de 22 000 tonnes, le trafic actuel étant de l'ordre de 10 000 tonnes.

On notera l'existence d'une piste saharienne Gao - Colomb-Béchar, longue de 2 134 km dont près de 600 en territoire malien, qui relie le Mali à l'Afrique du Nord.

En première analyse, le transport par avion cargo paraissant compétitif sur cette voie, des transports tests vont être entrepris par :

- camions 10 tonnes
- avions cargos 12 tonnes

(1) au travers de zones inhabitées et privées d'eau.



MAL.50.010 Pg1

JANV 65
M.B.

de leurs résultats dépendra la suite à donner aux études de la voie transsaharienne :

- Gao - Colomb-Béchar sont reliées par 4 heures de vol.
- Gao - Alger par 3 200 km de route.
- Gao - Oran par 2 700 km de route.

La découverte d'un gisement important sur l'axe central modifierait l'aspect du problème.

Les échanges totaux (import-export) de la région de Gao, sont actuellement de l'ordre de 15 000 tonnes. Ils s'effectuent avec Cotonou via Niamey, qui joue le rôle de plateforme de répartition.

L'avantage de la voie transsaharienne serait de permettre aux produits pétroliers de la Raffinerie d'Hassi Messaoud de parvenir à bas prix au Centre de l'Afrique. Une étude économique reste cependant à faire, car les camions citernes ne pourront prendre aucun frêt de retour. On avait songé à un transport du carburant par containers en caoutchouc ou matières plastiques : la question est à l'étude, la résistance des containers proposés paraissant insuffisante.

Si le transport par containers légers et pliables reçoit une solution, celle-ci pourrait intéresser d'ores et déjà le Mali avant même que la voie transsaharienne n'entre en service, car les camions pourraient alors prendre du frêt de retour.

o
o o o

Au cours de ces dernières années, plutôt que de chercher à ouvrir de nouveaux itinéraires, le Mali s'est attaché à rendre permanentes dans de meilleures conditions de roulement (plateforme élargie et bitumée), les liaisons routières existantes qui constituent les lignes de force des courants d'échange. Cette sage politique permet d'enregistrer, dès maintenant, sur les voies principales des trafics journaliers de 80 à 200 véhicules.

Dans un deuxième stade, l'effort portera :

- 1° - sur l'achèvement de la section malienne de la liaison directe Bamako - Bougouni - Odienné - Man signalée dès 1955 par M. TRICART comme un axe futur intéressant, et qui déjà voit s'amorcer un trafic relativement important ;
- 2° - sur la liaison Mopti - Ouahigouya - Ouagadougou, encore en sommeil parce qu'impraticable en saison des pluies.

Dans son rapport de 1963 " Palliatif au chemin de fer Dakar - Niger" (doc.WIII-6), M. VION étudie le coût réel de la tonne.km sur route en terre et sur route bitumée, pour deux véhicules types circulant habituellement au Mali.

- le T.46 CITROEN à essence, de 5 t. de charge utile ,
- le BERLIET-DIESEL à gas oil de 8,5 t. de charge utile.

En conclusion de cette étude on peut donner le tableau schématique suivant, étant admises des durées d'amortissement de :

- 1 à 3 ans (100 000 à 200 000 km) pour CITROEN T.46 sur route en terre
- 1 à 4 ans (150 000 à 250 000 km) pour CITROEN sur route bitumée
- 2 à 3 ans (150 000 à 250 000 km) pour BERLIET-DIESEL sur route en terre
- 2 à 4 ans (200 000 à 300 000 km) pour BERLIET-DIESEL sur route bitumée.

	<u>CITROEN</u>	<u>BERLIET-DIESEL</u>
route en terre	69,30 Fr/km $\approx$ 13,8 Fr la t.km	68,60 Fr/km $\approx$ 8,00 la t.km
route bitumée	57,10 Fr/km $\approx$ 11,4 Fr la t.km	57,20 Fr/km $\approx$ 6,73 la t.km

Les calculs faits pour chiffrer le coût du déséquilibre du trafic amènent à majorer d'environ 20 % du prix du km, d'où en définitive des prix à la t.km de :

- 16,60 Fr sur route en terre pour CITROEN T.46
- 9,70 Fr sur route en terre pour BERLIET-DIESEL
- 13,70 Fr sur route bitumée pour CITROEN T.46
- 8,10 Fr sur route bitumée pour BERLIET-DIESEL.

On note une différence sensible de prix entre le transport par camion à essence et le transport par camion Diésel, différence qui devrait aller s'accroissant avec des camions de 10 ou 15 tonnes qui pourront être lancés dès que l'infrastructure routière le permettra.

Certes, le Diésel exige un personnel plus qualifié pour son entretien et son réglage, mais l'importance du parc de camions au Mali permet d'envisager aujourd'hui de former un tel personnel et de lui trouver un débouché.

Dans ce même rapport de 1963, M. VION recherche également le seuil du trafic au-dessus duquel apparaît la nécessité de bitumer une route. Dans les conditions économiques de l'époque, en supposant la rentabilité établie sur 10 ans et le bitumage réalisé sur une largeur de 5 m, le seuil se situe aux environs de 110 véhicules/jour pour des CITROEN T.46.

M. VION estimait probable le trafic suivant sur le réseau bitumé :

- Bamako - Bougouni - Sikasso - Bobo	90 000 t.an
- Bamako - Bougouni - Sikasso - Ouangolo...	-d°-
- Bamako - Bougouni - Kankan	75 000 t.an
- Bamako - Siguiri - Kouroussa	-d°-

Il est facile aujourd'hui de contrôler par des comptages routiers si ces prévisions de trafic se sont bien réalisées (1), mais l'attention doit être attirée sur la nécessité de comptages sérieux pour l'établissement de statistiques économiques. En 1955 M. TRICART, et en 1961 M. IRANI, n'avaient pu utiliser pour leur étude cet élément statistique qui s'était révélé par trop entaché d'erreurs.

On pourra aussi vérifier si les prix pratiqués à la t.km par les camions à essence et à gas oil, roulant sur route bitumée, correspondent bien aux prix calculés et sont inférieurs aux prix pratiqués par des camions identiques roulant sur route en terre.

(1) M. IRANI dans son étude de janvier 1962 estime que l'axe centre sud ouest (Bamako - Bougouni - Sikasso - Côte d'Ivoire par deux antennes, l'une sur Bodo, l'autre sur Ouangolodougou) a supporté un trafic intense de 94 000 t .

A ce sujet, nous rappellerons les conclusions d'une étude de la Côte d'Ivoire sur l'influence de l'amélioration des routes sur le prix de revient des transports, conclusions citées par M. IRANI : "avec un camion de 5 tonnes, on passe de 14,10 Fr (tarif appliqué) à 7,75 Fr (tarif appliqué) de 1950 à 1958".

En janvier 1962, M. IRANI dans son rapport "Contribution à l'étude des transports au Mali" citait les chiffres suivants pour des transports sur routes maliennes aménagées :

- . 25 Fr la t.km par camion de 5 tonnes
- . 15 Fr la t.km par camion de 10 tonnes

il ajoutait : "les camions les mieux adaptés aux conditions de transport en Afrique Occidentale seraient les :

- 15 à 20 tonnes diesel - Saviem et Mercedes,
- 10 à 20 tonnes diesel - Berliet, Saviem et Mercedes,
- 5 à 10 tonnes diesel - Berliet, Citroën, MAN, Dodge.

°
° °

En dehors des grands itinéraires, un réseau de voies secondaires assure les liaisons régionales, c'est ainsi par exemple qu'un faisceau de pistes en étoile assure la concentration de 16 000 t de graines d'arachide en gare de Kita, ou vers les stations voisines, pour un acheminement de ce produit sur Dakar par voie ferrée.

°
° °

4

LA VOIE FERREE

Le réseau ferré se limite à la section malienne du Dakar - Niger, c'est-à-dire à la section Koulikoro - Bamako - Kita - Kayes-Kidira, longue d'environ 645 km ; sur ce parcours la voie est en bon état, mais la traction de convois lourds entre Bamako et Koulikoro reste difficile.

Les difficultés d'exploitation sont dues au matériel, généralement en mauvais état, et dont l'entretien et les grosses réparations ne peuvent être effectués qu'aux ateliers de Thiès au Sénégal ; c'est là une situation paradoxale et il y aurait intérêt à ce que les Ateliers et Chantiers du Mali, à Koulikoro, s'équipent pour prendre en charge l'entretien du matériel ferroviaire.

Le trafic sur le Dakar - Niger a repris en juillet 1961.

En octobre 1964, on notait un mouvement de 3 500 t par semaine (correspondant à un trafic annuel de 182 000 t) sur la base d'un tonnage exportation égal à un tiers du tonnage importé.

Il apparaît à M. KONE, Directeur-Adjoint des Chemins de Fer, que le trafic est susceptible de redevenir normal en 1965. Nous rappelons que les échanges globaux par cette voie avaient atteint antérieurement 300 000 t.an, pour tomber à 83 000 t. en 1960 ; 59 500 t en 1961 ; 56 300 t en 1962 et remonter à 132 000 t en 1963, d'après l'annuaire de la Chambre de Commerce.

En ce qui concerne les hydrocarbures, le trafic est rétabli pour les approvisionnements à destination de Bamako - Office du Niger - Région de Ségou, sur la base de 6 000 t par mois, soit environ 40 % du trafic total, mais la réception de ce produit a lieu en gare de Bamako, et le tonnage à destination de l'Office du Niger et de la région de Ségou est acheminé par route, au moyen de camions-citernes.

M. KONE confirme une concentration de 16 000 t de graines d'arachides à Kita et dans les stations voisines, pour un acheminement sur Dakar par voie ferrée.

Le projet de voie ferrée Bamako - Kouroussa est écarté provisoirement, dans l'attente d'une reprise de l'étude du tracé.

Le trafic extérieur du Mali reste donc dépendant de l'un des trois réseaux étrangers aboutissant à Dakar, Conakry, Abidjan. Nous avons vu au chapitre I, paragraphe "La conférence du Niandan", que le choix d'un itinéraire de désenclavement ne dépendait pas exclusivement de sa longueur réelle, mais plutôt de sa longueur corrigée, tenant compte des caractéristiques de la ligne; c'est ainsi que M. JOSSE avait exposé, au cours de cette conférence, que les distances corrigées à prendre en considération (1) pour divers réseaux seraient les suivantes :

Bamako - Dakar		réelle		1 229 km
	corrigé en fonction du rayon des			
	courbes et des rampes			1 100 "
Koulikoro - Dakar		réelle		1 287 "
		corrigée	...	1 228 "
Kankan - Conakry		réelle		661 "
		corrigée	...	① 610 "
Kouroussa - Conakry		réelle		587 "
		corrigée	...	① 420 "

Le choix de l'itinéraire dépend aussi des facilités de manutention et de stockage offertes par le port maritime en tête de ligne, ainsi que du coût du frêt maritime CAF ou FOB consenti à ce port.

Un autre facteur intervient, éminemment fluctuant indépendant de l'infrastructure existante ; les ristournes consenties par les réseaux étrangers pour un trafic minimal assuré.

Par ailleurs, un transport nouveau de produits pondéreux peut être tarifé au prix de revient partiel dans un réseau qui assure par ailleurs son grand équilibre ; le tonnage annuel de pondéreux à transporter dans ce cas devant rester compris entre un plancher de 65 à 100 000 tonnes et un plafond de l'ordre de 1 500 000 tonnes d'après l'étude déjà citée de M. JOSSE.

(1) Dans cette étude, M. JOSSE a pris pour base de comparaison le tracé du Dakar-Thiès, dont le rayon de courbure minimal est de 500 m et la rampe maximale de 9 % .

Le problème n'est donc pas simple ; pour le résoudre au mieux, il semble que le Mali doive disposer d'un réseau de voies de communications intérieures (routes et fleuve) lui permettant de faire basculer instantanément son trafic intérieur d'un axe à un autre, suivant la conjoncture économique-politique qui règle ses relations avec les Etats voisins. C'est là un moyen détourné de se libérer de l'état "dépendant" dans lequel se trouve le Mali pour son commerce extérieur, avec bien entendu une industrialisation poussée permettant le traitement sur place des productions de base (arachides, coton, canne à sucre).

°
° °

L'ETUDE DES CIRCUITS COMMERCIAUX

Cette étude a été amorcée par le Laboratoire de l'Institut de Géographie de Strasbourg - (professeur TRICART) en octobre 1955 "La Coordination des Transports au Mali " (doc.VIII-2).

Elle a été poursuivie en 1959 par M. CHAMPAUD "La Navigation Fluviale sur le Niger de Koulikoro à Gao" (doc.VIII-3) et complétée par deux documents importants plus récents : "Contribution à l'étude des Transports au Mali " (doc.VIII-5) par M. IRANI "Les Transports au Mali - Palliatif au chemin de fer Dakar-Niger" (doc.VIII-6) par M. VION.

Mais l'évolution du trafic au Mali est extrêmement fluide et certaines conclusions de ces rapports risquent d'être faussées, ayant été énoncées alors que le Dakar - Niger était l'une des grandes lignes de force du trafic et Kayes une plaque tournante importante.

L'étude qui reste à reprendre sur les bases actuelles de l'économie du Mali aurait cependant intérêt à ne pas négliger certaines données générales exposées dans les documents précités :

5.1

RAPPORT D'OCTOBRE 1955 DE L'INSTITUT DE GEOGRAPHIE DE STRASBOURG

- " Les courants de trafic sont appelés à se modifier en fonction des investissements nouveaux réalisés et de l'évolution de la conjoncture internationale ";
- " il est nécessaire de dégager les grandes lignes du potentiel économique du Mali et les constantes géographiques et humaines qui interfèrent avec les influences extérieures";
- " ensuite de quoi on verra comment une politique des voies de communication peut en tenant compte de ces divers facteurs, servir la cause du développement économique du Mali " .

" trois grands types économiques régionaux se partagent le Territoire :

- . économie de traite arachidière du Mali occidental,
- . économie à excédents vivriers du Mali central,
- . thésaurisation pastorale de la zone sahélienne " .

" L'éloignement de la mer apparaît pourtant comme un facteur essentiel et crée entre ces régions dissemblables un solide lien d'intérêt " .

" Les cercles de Kayes - Bafoulabé - Kita et dans une moindre mesure ceux de Niono et Bamako constituent l'extrême pointe orientale de la zone arachidière du Sénégal. On y pratique une agriculture vivrière auto-consommatrice, et une culture commercialisée de l'arachide en développement rapide (on exportait 3 340 t de Kita en 1948; 2 500 tonnes de Bafoulabé en 1953): 12 000 tonnes pour l'ensemble Kita - Bafoulabé en 1955 ; 16 000 tonnes pour ce même ensemble en 1963 " .

" L'extension de l'arachide dans la région de Kita se fait sans sacrifier des cultures vivrières (disponibilité des terres) et la commercialisation de ce produit apporte un appoint primordial en argent liquide. La voie ferrée est le moyen exclusif d'évacuation ; malgré des tarifs dégressifs qui avaient ramené le prix du transport de 1 tonne, Bamako - Dakar de 6 850 Fr à 6 290 Fr, le prix payé au producteur malien en 1955, restait inférieur à celui payé au producteur sénégalais (17 Fr le kg contre 24 ou 25 Fr). Il reste à faciliter la concentration des arachides par un réseau de pistes en étoile des gares aux marchés de brousse. Il y a aussi intérêt à faciliter le transit dans les gares au moyen de silos permettant le contrôle de la qualité " .

" Kayes, géographiquement bien situé pour recevoir les arachides d'une vaste région, paraît tout indiqué pour l'installation d'une huilerie de 20 000 ou 25 000 tonnes de capacité (1) (exemple usine Louga de 25 000 tonnes au Sénégal). La région ouest de Bamako produit déjà 30 000 tonnes.

" Dans le Mali central, les excédents de récoltes vivrières sont commercialisés dans les villes voisines et les régions déficitaires. Il s'y ajoute l'action de l'Office du Niger qui a implanté des formes nouvelles de production, d'où un excédent de riz,

(1) Cette proposition de M. TRICART est aujourd'hui dépassée ; l'huilerie a été construite à Koulikoro.

*en Kayes à Kita
ou à Niono*

et quelques productions de traite (coton de l'Office et de la CFDT des régions de Ségou - Koutiala - San - Sikasso) aussi 1 000 à 1 200 tonnes de kapok (Bamako - San - Koutiala - Ségou), 1 700 tonnes d'amandes, 3 000 tonnes de beurre de karité (Koutiala - Ségou - Bamako - San - Sikasso).

- " Le riz, nourriture noble, la mieux adaptée aux exigences de l'homme sous les tropiques, est appelé à jouer un rôle croissant dans l'alimentation africaine ; sa préparation mécanique délivre la femme de la dure sujétion du pilage. La situation en Extrême - Orient permet de penser que les riz asiatiques seront de plus en plus consommés sur place ; de ce fait les débouchés du riz malien paraissent à la veille d'un important accroissement. Les services agricoles et l'Office du Niger sont prêts à accroître leur production. Cela ne suffit pas, le grenier malien doit avoir des portes ouvertes dans la direction de tous ceux qui seront demain amenés à venir y puiser : habitants de la basse côte comme population de la zone sahélienne " .
- " Le Mali dispose d'importantes réserves de thésaurisation, constituées par le bétail " collectionné " par les Peuhls, les Maures, les Touaregs. Il faudrait créer des besoins à ces populations, ouvrir des comptoirs bien achalandés ; les animaux se vendraient plus facilement. En faisant pénétrer l'économie monétaire dans ces régions, on mettrait dans le circuit une partie des sommes thésaurisées sous forme de bétail. Cela suppose une amélioration des circuits commerciaux du bétail (parcs-abreuvoirs-transports-abattoirs-frigorifiques-transport des carcasses par avion ou camions-isothermes " .
- " De par sa position géographique, le Mali ne peut être qu'un pays isolé, ou une plaque tournante. Dès l'instant qu'on envisage de développer son économie, on décide d'en faire un carrefour ; et du moment que les voies ouvertes vers l'extérieur convergent, elles constituent du même coup des dessertes efficaces de l'intérieur du Territoire lui-même " .
- " En fait, à l'heure actuelle (1955), le Mali dépend au premier chef de Dakar, dont il constitue le principal hinterland lointain au prix d'un parcours ferroviaire de 1 200 à 1 300 km. Son économie, commandée très étroitement par les tarifs du Dakar - Niger et ceux du port de Dakar, est dans une situation dépendante " .

" Le développement du port d'Abidjan tend à modifier cette situation, mais cette évolution n'est pas encore pleinement réalisée faute d'un équipement adéquat des voies de communications intérieures. (Nous étions en 1955).

En 1955 la situation se présentait ainsi :

	<u>EXPORTATIONS</u>		<u>IMPORTATIONS</u>	
Dakar	58 000 t	90,7 %	120 000 t	93,4 %
Conakry	1 000	1,6	500	0,3
Abidjan	4 900	7,7	8 000	6,3
	(poisson non compris)		(kola non comprise)	

Plus de 9/10 du trafic s'effectuaient alors via Dakar et malgré des tarifs dégressifs les conditions de transport restaient onéreuses.

" Tout ce qui facilitera le déblocage du Mali conditionnera l'essor de son économie, et en retour accroîtra à plus ou moins brève échéance la masse des marchandises et personnes à transporter : tous les itinéraires en profiteront et le Dakar - Niger ne sera pas forcément mis en mauvaise posture, parce que Mopti sera ravitaillé en essence via Abidjan, si la prospérité accrue du Mali augmente la consommation de Bamako d'un chiffre équivalent ou supérieur " .

Ce même rapport de l'Institut de Géographie de Strasbourg d'octobre 1955, note concernant les liaisons avec les différents ports maritimes :

1° - sur Dakar faire porter l'effort sur les itinéraires affluents à la voie ferrée :

- a) route Kayes - Yelimané - Nioro (export. 2 500 tonnes d'arachides et de bétail - import. diverses)
- b) route Kayes - Kiffa (export. 300/400 tonnes d'arachides 400 tonnes de gomme - import. matériaux de construction et hydrocarbures).

- c) route Bafoulabé - Kénieba (drainage de la production d'arachide en cours de développement).
- d) pistes en étoile autour de Kita pour faciliter la concentration de la production d'arachide, aujourd'hui portée à 16 000 tonnes. (projet en cours 1971)

2° - sur Conakry

Cet itinéraire, bien que le plus court, est pratiquement abandonné :

Conakry - Kouroussa - Bamako 570 km fer + 374 km eau = 944 km

Conakry - Kankan - Bamako 662 km fer + 385 km eau = 1 047 km

C'est une question de tarifs et les ristournes qui étaient alors consenties par le Dakar - Niger faisaient donner la préférence à cette voie. Les distances corrigées, que nous avons données plus haut, font deviner combien la voie ferrée qui aboutit à Conakry a un tracé difficile, justifiant que les tarifs du Dakar - Niger puissent être plus intéressants.

Le trafic fluvial sur le bief Kouroussa - Bamako était alors très faible (1 056 tonnes à la descente - 456 tonnes à la montée).

A lointaine échéance, l'aménagement du bief de jonction Bamako - Koulikoro entraînerait celui du bief Kouroussa - Bamako, permettant d'atteindre Ségou ou Mopti sans autre transbordement qu'à Kouroussa qui deviendrait tête de ligne fluviale.

Les données du problème se modifieraient si l'on envisageait l'exploitation du minerai d'Ansongo.

3° - sur Abidjan

Cette desserte est en plein essor. L'équipement du port d'Abidjan et l'infrastructure commerciale de Bobo (magasins et entrepôts reliés au rail) constituent des facteurs favorables. De plus, les tarifs dégressifs consentis sur l'Abidjan - Niger et la distance plus courte (788 km) permettent un transport moins onéreux que sur Bamako - Dakar (en 1955 on notait une différence en moins à la tonne d'hydrocarbures de 2 246 francs).

En 1955 on pouvait écrire " cette desserte par Abidjan s'est organisée plus rapidement pour les hydrocarbures que pour les autres produits ; elle couvre les entrepôts de Sikasso - Koutiala - San - Mopti. Bien qu'il s'agisse de transports en fûts, on gagne 1,50 Fr à 2 Fr par litre rendu à Mopti, sur l'acheminement via Dakar - Bamako - Koulikoro ". Aujourd'hui, cette desserte s'est étendue à tous produits ; des dépôts en vrac ont été constitués sur la voie ferrée Abidjan - Niger, et le transport des hydrocarbures à partir de ces dépôts se fait par camions-citernes.

Dès 1955, les cercles de Koutiala - San - Sikasso expédiaient sur Bobo 3 000 tonnes de coton fibre, de beurre de karité, d'arachides, de kapok.

" Améliorer certains itinéraires routiers affluant au rail : en priorité Mopti - Bobo, liaison vitale, puis Sikasso - Bobo et Sikasso - Ferkessedougou quand le trafic sur cette section le justifiera ". Il semble qu'aujourd'hui le point de raccordement au rail se situe plus au nord à Ouangolodougou.

" En deuxième urgence, améliorer la route traditionnelle Mopti-Ouahigouya - Ouagadougou " .

" Etude d'une voie ferrée de jonction des réseaux Dakar - Niger, et Abidjan - Niger, suivant le tracé Bobo - Koutiala - Tendo - Bamako " .

" Sur la voie Abidjan - Bégou, il était estimé en 1955 un trafic import. de 8 400 tonnes (matériaux de construction - hydrocarbures - divers) et un trafic export. de 10 000 tonnes de riz ".

5,2 CONTRIBUTION A L'ETUDE DES TRANSPORTS AU MALI - M. IRANI (30/1/62)

M. IRANI distingue quatre foyers principaux de centralisation et de répartition pour les relations avec l'extérieur :

- Sikasso - Bamako - Ségou - Mopti ,
et deux foyers secondaires :

- Kayes et Gao pour les relations intérieures, et les axes principaux de drainage :

Bamako - Kayes

Bamako - Bougouni - Odienné

Bamako - Bougouni - Sikasso - Bobo ou Ouangolodougou

Ségou - Koutiala - Bobo ou Sikasso

Mopti - San - Koutiala - Bobo

Mopti - San - Kouri - Bobo

M. IRANI notait que les échanges globaux du Mali étaient de l'ordre de 310 000 tonnes dont 182 000 à l'import (46 000 hydrocarbures) et 130 000 à l'export. Les échanges globaux se répartissaient ainsi : Bamako plus Kayes 116 500 tonnes , Ségou 66 500 tonnes , Mopti 70 500 tonnes , Sikasso 31 500 tonnes , Gao 29 000 tonnes.

On retrouve dans cette étude, comme dans celle de l'Institut de Géographie de Strasbourg, le même souci d'exploiter les mêmes statistiques, en particulier les comptages routiers, mais on retrouve aussi les mêmes difficultés.

M. IRANI expose des principes :

- définir un champ et une forme à chaque mode de transport, permettant d'éviter les goulots d'étranglement dus à une insuffisance du système de transports à certaines saisons, et à la situation créée par la rupture du Dakar - Niger - Situation toute temporaire ,
- mettre l'accent sur l'amélioration du réseau de transport existant ; supprimer les points singuliers, la priorité d'investissement dans les autres secteurs et le volume actuel des échanges ne permettant pas d'envisager dans l'immédiat, la réalisation de voies nouvelles de grande envergure.

Enfin, M. IRANI fait les constatations suivantes :

- les foyers de production de cultures vivrières sont en général à proximité des centres de consommation ,
- les mouvements de marchandises exportées portent principalement sur les produits agricoles, de la pêche ou de l'élevage ,

- le système des transports semble avoir négligé les données naturelles, tout le trafic est absorbé par le Dakar - Niger au détriment des voies d'eau (cours inférieur du Niger - Sénégal),
- les mouvements du trafic ne sont pas équilibrés ,
- avant rupture de la liaison Dakar - Niger, 86 % des produits étaient concentrés sur Koulikoro, puis transitaient par la voie ferrée sur le Sénégal et Dakar ,
- après cette rupture, en saison sèche 85/90 % du trafic se font avec la Côte d'Ivoire, 10/15% par route avec le Ghana, la Guinée, le Niger et la Haute Volta ; en saison des pluies 20 % du trafic avec la Côte d'Ivoire sont reportés sur la Guinée par voie d'eau.

En octobre 1964, la liaison Dakar - Niger étant rétablie, M. IRANI estime que le trafic des échanges de l'ordre de 300 000 t/an se fait à concurrence de 60 % via Dakar et 40 % via Abidjan, et que par ailleurs tout le problème des transports se trouverait posé à nouveau si le fleuve était rendu navigable de Koulikoro à Mopti.

Actuellement, sont acheminés par le fleuve :

30 000 tonnes en provenance ou à destination d'Abidjan

60 000 tonnes en provenance ou à destination de Dakar.

Il est intéressant de noter la localisation des principales productions agricoles :

Arachides (1)

Région de Kayes - Kita - Nioro :

Les produits sont concentrés par tous les moyens de transport sur les gares du Dakar - Niger.

Région de Bamako :

L'exportation se subdivise à raison de :

25 % par camions directement sur Abidjan	) 18 000 t
75 % par camions sur Bobo, puis par voie ferrée	
à reporter... 18 000	

(1) M. CHAMPAUD a noté en 1959 un trafic "arachide sur la voie fleuve-rail : Ségou - Koulikoro - Dakar. Ces données sont susceptibles d'être modifiées par suite de la mise en service de l'huilerie de Koulikoro capable de traiter 30 000 t. an d'arachides.

report..... 18 000

Région de Bamako - Diofla - Mara

L'exportation se subdivise à raison de :

30 % par camions directement sur Abidjan	)	20 000 t
70 % via Bobo sur Abidjan	)	

Région de Ségou - San

L'exportation est ainsi répartie :

20 % par camions directement sur Abidjan	)	12 000 t
80 % via Bobo sur Abidjan	)	

Région de Bougouni - Sikasso - Koutiala

10 % par camions directement sur Abidjan	)	5 000 t
90 % via Bobo sur Abidjan	)	

55 000 t

N.B. Exception faite de la période d'interruption
du Dakar - Niger.

RIZ -

Office du Niger 20 000 t

Ségou - Macina - San-Tamani 10 000 t

en 1961 - 17 000 t export direct sur Abidjan

5 000 t via Bobo sur Abidjan

8 000 t bief sud sur Guinée

Sikasso 3 000 t

2/3 par route sur Côte d'Ivoire et Haute-Volta

1/3 par route sur Guinée

33 000 t
KARITE

Bamako - Koutiala 3 000 t

90 % par route et rail sur la Côte d'Ivoire
et la Haute Volta

Ségou - San 1 500 t

40 % d'amandes sur l'Europe

45 % de beurre sur les pays limitrophes

15 % de beurre par le bief sud sur la Guinée

4 500 t

GOMME -

Tombouctou - Nioro - Kayes	1 000 t
en partie export par fleuve Sénégal sur Saint-Louis	

COTON -

Ségou - Office du Niger	4 500 t
Koutiala - Sikasso - CFDT	1 000 t
via Bobo sur Abidjan	
	5 500 t

POISSON -

Mopti - Niafounké - Les Lacs	12 000 t
8 300 t par route sur la Côte d'Ivoire, la Haute Volta, le Ghana	
3 200 t par route et rail sur la Côte d'Ivoire	
500 t sur la Guinée	
Région de Ségou (Macina - Dioro)	2 000 t
par route et rail sur la Côte d'Ivoire, la Haute-Volta, le Ghana, Bamako, Sikasso, Kayes, sauf 400 t sur la Guinée par le bief sud.	
	14 000 t

Les courants d'importation sont en grande partie déterminés par l'orientation des échanges, ceux-ci ayant été radicalement modifiés par l'arrêt du Dakar - Niger, le courant principal des échanges avec l'extérieur n'avait plus comme débouché que Conakry et Abidjan, avec Cotonou pour le Mali est.

Mais l'infrastructure routière qui lie Conakry à Bamako et Cotonou à Gao est quasi impraticable. La liaison fluviale Bamako - Kankan n'est possible que 4 à 5 mois par an. La liaison fluviale Gao - Malanville est interdite par plusieurs rapides.

Il ne restait comme possible que la voie Bobo - Abidjan, et les routes vers Bamako - Ségou - Mopti. C'est par là que les liaisons avec l'extérieur se faisaient alors (1962) à 86 %.

Les principaux produits importés se dirigent vers les 6 foyers de centralisation mentionnés en tête de l'étude de M. IRANI.

L'axe centre sud-ouest Bamako - Bougouni - Sikasso - Ouangolodougou - Abidjan a dû supporter environ 65 % des échanges auparavant par le Dakar - Niger d'où un gros entretien de cet axe qui supporte un trafic intense (94 000 tonnes).

Ce même axe assure les importations secondaires pour la région de Sikasso (15 600 tonnes) un trafic local faible Bougouni - Bobo et les échanges locaux inter cercles. A l'exportation, il charge 50 000 tonnes à Bamako et 28 500 tonnes à Sikasso.

L'axe Bamako - Bougouni - Odienne - Man (signalé par M. TRICART) serait tout indiqué pour le transport du bétail vers la basse côte, et au retour pour l'importation du bois et de la kola.

L'axe Est-Sud-Ouest - Mopti - Côte d'Ivoire -

Par la position naturelle des régions qu'il relie et la nature de leur trafic, cet axe jouait avant même la rupture du Dakar - Niger, le rôle qu'il remplit aujourd'hui, car :

et	. Dakar - Koulikoro par rail + Koulikoro Mopti	
	par fleuve	= 1 800 km
	. Abidjan - Bobo par rail + Bobo Mopti	
	par route	= 1 300 km

Les seules distances ne permettent pas une comparaison valable ; la question des tarifs intervient.

Les régions traversées par l'axe Mopti - Sofara - Mansara - Kimparana - Bobo exportent en Côte d'Ivoire : le riz, le coton, les produits de traite, le poisson, le bétail et importent de Côte d'Ivoire : les produits alimentaires, les pondéreux, les hydrocarbures.

Cet axe est flanqué de plusieurs routes et bretelles qui allègent ou alimentent son trafic. Ainsi sont drainés par lui les produits de Mopti destinés à Ouagadougou ou au Ghana quand les pluies rendent impraticable l'axe Mopti - Ouahigouya - Ghana.

A Kimparana cet axe se dédouble :

- une liaison directe sur Bobo assure les échanges de produits empruntant le rail d'Abidjan à Bobo ;
- une voie Koutiala - Sikasso - Ouangolodougou assure les échanges des produits de Koutiala et Sikasso avec Mopti.

Enfin la bretelle Ségou - Koutiala - Kouri joue un rôle prépondérant dans les échanges de la région de Ségou avec la Haute-Volta et la Côte d'Ivoire.

Le rôle de l'axe Bamako - Ségou - Mopti a diminué depuis que les régions de Ségou et de Mopti sont ravitaillées par l'axe est-sud-ouest. On note un trafic total de 20 000 tonnes sur Bamako - Ségou et de 17 000 tonnes sur Ségou - Mopti.

Les routes secondaires et les pistes jouent un rôle important dans le marché intérieur et la vie économique d'un pays - (cas de la centralisation des arachides du Mali) - quand le réseau secondaire est déficient, le trafic par pirogues y supplée.

M. IRANI cite les prix suivants à la t/km :

- . 25 Fr par camion de 5 t sur route aménagée
- . 15 Fr par camion de 10 t sur route aménagée.

Dans l'état actuel des choses la consistance du parc poids lourds joue un rôle essentiel dans les liaisons internes et externes. M. IRANI expose que ce parc comprenait au 30 janvier 1962:

- 1 164 camions d'une capacité globale de 8 148 tonnes
- 136 citernes d'une capacité globale de 1 360 m³
- 1 800 camionnettes assurant à 90 % les transports intérieurs.

Compte tenu du tableau des échanges, ce parc serait suffisant s'il était entièrement réservé aux échanges extérieurs et capable de 4 rotations par mois ; mais les échanges intérieurs retiennent environ 400 camions.

Durant les périodes de pointe certains camions étant indisponibles, le tonnage complémentaire est assuré par des camions en provenance des Etats limitrophes.

Les camions les mieux adaptés aux conditions de transport en Afrique Occidentale seraient les :

- 15 à 20 t Diésel - SAVIEM et MERCEDES
- 10 à 20 t Diésel - BERLIET, SAVIEM et MERCEDES
- 5 à 10 t Diésel - BERLIET, CITROEN, MAN , DODGE

et la vie de ce matériel serait de 150 000 km à ± 10 % près.

L'afflux des poids lourds sur les principaux axes routiers qui n'avaient pas été conçus pour un tel trafic, a provoqué quelques incidents de matériel et de dégradations de l'infrastructure. L'aménagement des plateformes et leur bitumage sont devenus des impératifs de première urgence ; il n'est qu'à consulter le tableau des études et travaux du service des Ponts et Chaussées, pour la période 1961/1970, pour constater que cet impératif n'a pas échappé au Ministère des Travaux Publics et des Communications.

Les principaux produits exportés par camions sont les arachides, le riz, le coton, le poisson traité.

Par suite de la dispersion des exploitations agricoles (hors l'Office du Niger), le coût du ramassage entre pour une large part dans la détermination du prix de vente, d'où la nécessité d'améliorer les routes secondaires et les pistes.

Les importations sont plus importantes (182 000 contre 132 000 tonnes en 1961), plus diversifiées que les exportations, leur distribution par petites quantités à des foyers de consommation assez dispersés se fait à partir des 4 foyers principaux. A noter toutefois, que sur les 182 000 tonnes importées, il y avait 46 000 tonnes d'hydrocarbures, dont la distribution par camions citernes ne semble pas soulever de difficultés.

Les transports intérieurs d'une importance équivalente aux transports extérieurs pour le développement du Mali sont encore inorganisés.

La balance des échanges extérieurs du Mali est déficitaire à l'exportation ; cette situation changera quand l'état des axes routiers principaux permettra l'acheminement véhiculé du bétail et de la viande fraîche. Mais n'est-ce pas anti-économique ? Mieux vaudrait semble-t-il des abattoirs frigorifiques avec centre de traitement des peaux et cornes, et une expédition des carcasses par avion, à la rigueur par camions isothermes.

Par voie de conséquence, il ne semble pas possible d'adopter un trafic linéaire complet le long de l'année ; on doit faire appel au fleuve quand la navigation est possible.

Indépendamment des voies d'eau, l'équilibrage du trafic se présente ainsi :

Produits excédentaires

à Ouagadougou pour Bamako	- 26 500 t d'excédent à l'importation
à Ségou pour Bobo	- 28 500 t d'excédent à l'exportation
à Bobo pour Mopti	- 18 500 t d'excédent à l'importation.

La majorité des produits maliens exportés relèvent du transport ferroviaire parce que de faible valeur intrinsèque. Mais le tonnage global import-export ne semble pas justifier la création d'une ligne rentable.

D'études faites au Canada et en Amérique du Sud, il ressort que si le tonnage annuel à transporter sur moyennes et courtes distances est inférieur à 550 000 t le camion est plus indiqué que le rail.

Des études analogues faites au Congo ex-Belge ramenaient cette limite à 400 000 tonnes (il était prévu de remplacer les voies ferrées de Magerbe et Kivu par des routes).

Pour le Mali, l'étude reprise sur des bases locales amène à conclure que si les échanges annuels sont inférieurs à 295 000 tonnes + 20 000 tonnes, la route est plus avantageuse que le rail.

Donc, priorité au réseau routier, les échanges restant inférieurs à 300 000 tonnes. Mais ces conclusions valables sur le plan théorique, dans un pays où l'on a le choix entre 2 conceptions pour une voie à ouvrir, sont à modifier quand on dispose déjà d'une infrastructure.

Au cours de nos entretiens d'octobre 1964, M. IRANI a exposé son point de vue, à savoir que : " à partir d'un trafic annuel global supérieur à 550 000 tonnes, il serait judicieux de désenclaver le Mali par la voie ferrée la plus courte : Bamako - Conakry ". Sous réserve, croyons-nous, d'une réfection de cette voie modifiant les caractéristiques qui la handicapent, pour consentir des tarifs concurrentiels.

Et c'est dans cette même hypothèse, pensons-nous, d'un trafic minimal de 550 000 tonnes/an que M. IRANI envisage une liaison ferroviaire Ouagadougou - Sikasso, qui serait la première étape d'une liaison des 2 grands axes de voie ferrée ; Dakar-Niger et Abidjan - Niger. Cette voie doublerait une route capable d'assurer dans de bonnes conditions le trafic prévisible à court terme et à moyen terme.

5,3 PALLIATIF AU CHEMIN DE FER DAKAR - NIGER . M. VION 1963

Cette note rappelle qu'antérieurement au premier septembre 1960 :

Bamako	(	recevait 170 000 tonnes (y compris 24 000 t d'hydrocarbures) dont 35 000 par le fleuve
	)	(expédiait 109 500 tonnes dont 40 000 par le fleuve.

D'où une autoconsommation de 60 000 tonnes pour Bamako et sa région, et un trafic fluvial sur Koulikoro - Ségou - Mopti, de 75 000 tonnes par an.

Le trafic Mopti - Ségou tend à prendre la voie naturelle d'évacuation nord-sud.

La distance Ségou - Bobo par Bla, Koutiala et Kouri est de 375 km alors que par Bamako elle est de 780 km.

De cette étude on tire les éléments statistiques suivants:

	Import	Export	Déficit (1)	Déficit (2)
Route Bamako - Bougouni	65 000 t	25 000 t	40 000 t	25 000 t
Ségou - Bla - Koutiala	35 000	40 000	5 000	13 000
Mopti - San - Koutiala	20 000	17 000	3 000	0
Koutiala - Kouri - Bobo	55 000	57 000	2 000	12 000

Le trafic particulier des hydrocarbures par camions citernes ne chargeant pas de fret de retour, oblige à ouvrir une colonne (2) pour le déficit réel du trafic hors hydrocarbures, la colonne (1) donnant le déficit apparent.

En conséquence de ces déficits, il s'instaurera un trafic triangulaire Bobo - Bamako - Ségou : une partie des camions déchargés à Bamako pourront trouver un fret de retour sur la Côte d'Ivoire à Ségou et non plus à Mopti, jusqu'à concurrence de 13/15 000 tonnes.

Ce même rapport étudie l'évolution des transports quand un deuxième axe Bamako - Bougouni - Badougon - Kankan (par route) puis Kankan - Conakry (par fer) offrira des possibilités d'échange s'ajoutant à celles offertes par l'axe Bamako - Côte d'Ivoire.

A priori le débouché sur Conakry via Kankan, ne ramènera pas à Bamako le trafic de la zone centrale ; on peut même se demander si un tel débouché est susceptible d'avoir un effet quelconque sur le trafic Bamako - Abidjan qui sera établi ; les longueurs corrigées des voies ferrées donnant :

- 1 600 km pour le parcours Conakry - Kankan (distance réelle 660)
- 1 000 km pour le parcours Abidjan - Bobo (distance réelle 800)

Les distances par route étant :

- . 539 km pour Bamako - Bobo
- . 550 km pour Bamako - Ouangolodougou
- . 435 km pour Bamako - Kankan.

Mais la mise en concurrence de 2 ou plusieurs voies différentes peut être génératrice de meilleurs tarifs ; enfin la différence du fret maritime - FOB ou CAF à Abidjan et Conakry peut influencer sur le choix de l'axe.

La rupture du Dakar - Niger a modifié sensiblement la carte des courants d'échange ; ceux-ci ayant eu la tendance naturelle de rechercher les voies les plus courtes et autant que possible permanentes vers les ports de sortie ; c'est ainsi que les centres importants de production, de consommation, de répartition, se sont tournés vers la Côte d'Ivoire via Bobo ou Ouangolodougou.

M. TRICART avait déjà noté en 1955, la déviation d'une partie du trafic sur la Côte d'Ivoire, en particulier l'importation des hydrocarbures.

Par ailleurs, la voie routière directe Bamako - Odienné - Man signalée en 1955 par M. TRICART, comme un axe futur intéressant, a vu un trafic relativement important s'amorcer.

Tout cela a été possible parce que le réseau routier du Mali s'était sensiblement amélioré.

A notre avis, un plan de transports doit être précédé d'une étude économique situant avec la meilleure précision possible les centres de production et ceux de consommation, ainsi que les voies naturelles d'échange qui ont tendance à se créer.

Cette étude économique a été amorcée très sérieusement par M.M. CHAMPAUD, TRICART, IRANI, VION.

L'étude de M. IRANI analyse bien, et la position des centres de répartition, et les courants de transport intéressant 55 000 tonnes d'arachides, 33 000 tonnes de riz, et 14 000 tonnes de poisson.

M. CHAMPAUD expose parfaitement ce que l'on peut attendre du fleuve et de ses ramifications, du trafic commercial et du trafic traditionnel.

L'étude de M. TRICART demande des précisions - comme le signale l'auteur lui-même - et aujourd'hui une mise à jour, mais elle ouvre des horizons et fournit un cadre pour tout ce qui concerne le potentiel de l'économie malienne : économie arachidière du Mali Occidental, économie à excédents vivriers du Mali Central, région d'économie pastorale du Sahel. La liaison avec les ports de sortie y est étudiée, de même les liaisons internes.

Les 55 000 tonnes d'arachides expédiées sur Abidjan, les 14 000 tonnes de poissons expédiées sur la Côte d'Ivoire, la Haute-Volta, le Ghana, sont génératrices d'un fret d'import à l'aller de même tonnage, soit au total : $69\ 000 \times 2 = 138\ 000$ tonnes ; si l'on ajoute 60 000 à 70 000 tonnes de carburant, que restera-t-il à transporter en dehors des axes routiers intérieurs et de la voie ferrée Bobo - Abidjan ? : les 40 à 45 000 tonnes de riz et de coton à exporter de la région de Ségou et de l'Office du Niger. Mais alors un autre équilibre des transports sera à rechercher, car la flottille de la Compagnie de Navigation ne saurait consentir à un trafic en sens unique à la montée et, si on lui offre le même tonnage en descente, ne va-t-on pas déséquilibrer le nouveau trafic qui s'était instauré ?

Ce problème ne se posait pas de la même façon avec la liaison unique à la mer, le Dakar - Niger.

°
° °

Cet exposé a permis de constater avec quelle facilité le Mali a pu se passer de l'axe traditionnel qui le reliait à l'Atlantique, ou reporter massivement ses courants d'échanges sur l'axe Bobo - Abidjan, puis revenir pour une grande part à l'axe Dakar - Niger, et cela sans perturbation notable dans son économie.

Le Mali doit cette facilité au judicieux tracé de son réseau routier et à la mise en état de celui-ci, ces toutes dernières années, pour supporter un trafic lourd.

Il semble qu'aujourd'hui le Mali doive se libérer au plus tôt du trafic export des arachides et du trafic import des huiles, puisqu'aussi bien l'installation d'huileries au centre des régions productives (Kayes - Nioro - Kita d'une part, Bamako et Ségou d'autre part) ne présente pas de difficulté. Il résulterait de cette transformation industrielle, une économie globale de l'ordre de 450 millions de francs maliens, représentant le coût du transport Océan - Bamako de 60 à 80 000 tonnes de produits sur la base de 6 500 Fr la tonne.

Le pouvoir d'achat des producteurs s'en trouverait augmenté d'autant et le numéraire qu'ils posséderaient de ce fait, alimenterait le marché intérieur. D'ailleurs, le plan quinquennal 1961/1965 prévoit l'installation de trois huileries à Toukoto entre Kita et Bafoulabé, Koulikoro et Niono. On ne peut que souhaiter voir ces installations réalisées dans les détails prévus.

°
° °

the first of these is the fact that the
 the second is the fact that the
 the third is the fact that the

the fourth is the fact that the
 the fifth is the fact that the

the sixth is the fact that the
 the seventh is the fact that the

the eighth is the fact that the
 the ninth is the fact that the

the tenth is the fact that the
 the eleventh is the fact that the

the twelfth is the fact that the
 the thirteenth is the fact that the

the fourteenth is the fact that the
 the fifteenth is the fact that the

the sixteenth is the fact that the
 the seventeenth is the fact that the

the eighteenth is the fact that the
 the nineteenth is the fact that the

the twentieth is the fact that the
 the twenty-first is the fact that the

the twenty-second is the fact that the
 the twenty-third is the fact that the

the twenty-fourth is the fact that the
 the twenty-fifth is the fact that the

the twenty-sixth is the fact that the
 the twenty-seventh is the fact that the

the twenty-eighth is the fact that the
 the twenty-ninth is the fact that the

the thirtieth is the fact that the
 the thirty-first is the fact that the

1 LES DOCUMENTS DE BASE

a/ Office du Niger

X-1	Note sur l'aménagement du Niger Central lère partie - Ing. en Chef DROUHIN	mars 1945
X-2	Besoins en eau d'irrigation en culture cotonnière	3.3. 1950
X-3	Note concernant l'irrigation des casiers à coton - Service des Etudes Générales	1.4. 1950
X-4	La consommation en eau pour le maintien du niveau du plan d'eau dans les adducteurs en période de chômage des irrigations - Services des Etudes Générales	24.5. 1951
X-5	Mission MACHEFAUX - LA ROCHE du 29.1. au	15.3. 1952
X-7	Nouvelles estimations des débits à préle- ver dans le Niger dans le cadre de l'amé- nagement de 300 000 ha - M. BENNIER	25.7.1955
X-9	Documents sur les possibilités d'améliora- tion de l'exploitation des terres de l'Office du Niger - Direction Technique de l'Office	28.7. 1955 27.12.1956
X-11	Eléments des données hydrauliques pour l'arrosage du riz et du coton à l'Office du Niger - M. VALLEE	30.12.1957
X-12	Note sur l'intérêt des semis précoces et sur les possibilités de cultures bisan- nuelles - M. COYAUD, Directeur Technique	2.1. 1958
X-13	Rapport sur les perspectives offertes à l'Office par régularisation éventuelle du débit du Niger - M. MAS	mars 1958
X-15	Rapport d'une mission d'études. Inspecteur Général GUILLAUME - Tome II	1958-1959

X-17	Note sur la culture de la canne à sucre M. ARRIGHI DE CASANOVA, Ingénieur en Chef du Génie Rural	22.2. 1961
X-18	Plan quinquennal 1962-1966 de l'Office du Niger	mars 1961
X-19	Compte rendu de la campagne agricole 1960-1961	30.11.1961
X-20	Avant-projet d'aménagement du casier de Dougabougou pour la culture de la canne à sucre - M. BERNIER	20.2. 1962

b/ Les aménagements du type Génie Rural

VII-1	Mission d'étude des aménagements hydro- agricoles dans la vallée du Niger. Tome II - Annexe 3 - Inspecteur GUILLAUME	1958-1959
VII-4	Caractéristiques des aménagements d'hydrau- lique agricole en riziculture au Mali : 5 dans la haute vallée 6 dans la moyenne vallée 7 dans le delta central 8 dans la zone lacustre 9 et les besoins en eau des rizières en irrigation par submersion - M. CHEVERRY, Directeur du Génie Rural	15.2. 1961
VII-10	Commercialisation de la production rizicole au Mali - M. CHEVERRY	15.2. 1961

c/ La région lacustre

V-4.5.6.	La monographie du Niger : la cuvette lacustre	1960-1961
VI-3	Aménagement de la région lacustre - VIGUIER	10.12.1941
VI-7	Etude économique préliminaire - SOGETPM	1956
VI-11	Etude hydrologique des lacs de la rive gauche - SOGREAH	août 1957

VI-12	Etude hydrologique des lacs de la rive gauche - SOGREAH	septembre 1957
VI-13	" " " " " "	Décembre 1957
VI-17	Note hydrologique. Région du Kessou - BRAQUAVAL	avril 1959
VI-18	Les projets d'aménagements du lac Faguibine - IDIART	24.4.1960
VI-19	Etude géomorphologique - Professeur TRICART	1960
VI-24	Etudes hydro-climatiques - DUBREUIL	janvier 1961
VI-25	Digue de contrôle de la submersion - MEAN	février 1961
VI-26	Note sur les observations du FED - VIGUIER	juillet 1961
VI-29	Projet d'aménagement des lacs Télé et Faguibine - MEAN	10.3. 1962

Photos aériennes de la région Kessou-Faguibine par l'IGN

1ère mission n° 186/500 du 15.1.1959
photos n° 1 à 201
2ème mission du 6.2.1959
photos n° 202 à 400
3ème et dernière mission
photos n° 401 à 573

d/ Le casier de Baguinéda

VII-11	Réaménagement du système hydraulique de Baguinéda. Avant-projet de la mission bulgare	mais 1963

2 L'OFFICE DU NIGER

2,1 L'AMENAGEMENT DE L'OFFICE DU NIGER - LES POSSIBILITES DE MISE EN VALEUR

L'Office du Niger a été créé par décret du 5 janvier 1932.

Constitué en établissement public, doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière, ses attributions pouvaient ainsi se résumer : mettre en valeur les terres du delta central nigérien, par remise en eau des effluents fossiles du delta mort.

L'Office du Niger continuait ainsi l'oeuvre ébauchée par le Service Temporaire des Irrigations du Niger (STIN) qui déjà avait entrepris, dès 1930, des travaux préliminaires, tels l'endiguement de protection du Macina, quelques ouvrages secondaires de distribution, etc...

D'ailleurs depuis la mission BELDE (1919-1920) et tout au long des années 20, des études topographiques et agronomiques, puis la création de centres expérimentaux de culture (Niénébalé ... Baguinéda ...), enfin l'entrée en action du STIN constituaient l'ébauche de ce que devait être "l'Office".

La pièce maitresse du système d'irrigation est le barrage de Markala, barrage de dérivation ou régulateur de niveau, situé 40 km en aval de Ségou, 270 km en aval de Bamako, sensiblement à la limite des vallées du Haut Niger et de la cuvette lacustre ; là où le profil en travers concave, caractéristique des vallées d'érosion, fait place à la forme convexe, caractéristique des vallées d'étalement.

N.B. Le plan schématique du système hydraulique figure en fin du paragraphe "l'Office du Niger".

Au niveau maximum de retenue du barrage (+ 300,54) le Niger est susceptible de dominer l'ensemble du périmètre, par le canal adducteur (8,600 km - débit maximal possible 500 m³/s), les canaux principaux du Sahel et du Macina actuellement en service, avec chacun leur ouvrage de prise et le canal principal Costes, projeté pour desservir le système du Kala Supérieur, mais dont le tracé définitif n'est pas encore arrêté.

Chacun des deux canaux principaux en service, prévu pour un débit maximal de 200 m³/s, comporte une écluse, de 8 m de largeur et 50 m de longueur utile, pour permettre la navigation intérieure ; en outre un canal de navigation de 8 km de long, avec son écluse de Tio (60,00 m de longueur utile - 13,00 m de largeur) permet la mise en communication permanente des deux biefs créés par la retenue du barrage.

Les canaux principaux du Sahel et du Macina desservent les systèmes suivants représentant une superficie minimale aménageable de 156 000 ha :

- le Kala Inférieur où se situent les 7 200 ha du casier de Molodo et les 20 000 ha du casier de Niono,
- le Kouroumari ouest où se situent les 9 000 ha pour la culture du riz et du coton,
- le Macina et le Kolongotomo avec ses 14 000 ha de rizières aménagées.

Aucune superficie n'était encore aménagée en octobre 1964 dans le Kouroumari est et dans le Kala Supérieur. Cependant dans ce dernier système les travaux d'aménagement du casier sucrier de Dougabougou (4 000 ha) sont en cours.

La construction du barrage de Markala, entreprise en 1934, ne fut achevée qu'en 1947, à cause des difficultés nées de la seconde guerre mondiale ; la réception de l'ouvrage eut lieu le 1er juillet ; sa mise en service définitive en 1948.

Mais avant même l'achèvement du barrage, fort de l'expérience acquise au centre expérimental de Baguinéda, l'Office du Niger, pressé de réaliser, poursuivra la mise en exploitation de son périmètre au rythme de l'avancement des canaux principaux. L'Office restera longtemps handicapé par cette hâte de produire avant :

- achèvement complet de l'aménagement des sols ,
- confirmation du bien-fondé des techniques d'exploitation prévues par les études agronomiques.

Cette hâte dans la mise en valeur des terres trouvait sa justification dans la nécessité de fournir au plus tôt les aliments de base à une population sous-alimentée.

Sur recommandation d'une commission réunie en 1945, une suspension des extensions décidée pour une période de 5 ans, afin de permettre une mise au point de méthodes culturales rationnelles et le parachèvement des casiers, a porté ses fruits.

°
° °

Les possibilités de mise en valeur étaient estimées à l'origine à près de 1 million d'hectares sur les 2 millions dominés par le réseau.

Si les ingénieurs ont bien réalisé le réseau promis, avec toutes les possibilités d'irrigation prévues au projet, si les hydrologues ont parfaitement défini le régime du fleuve, les responsables de la mise en valeur du périmètre ont été confrontés dès l'origine avec des difficultés de tous ordres, qui n'avaient peut-être pas été estimées à leur juste valeur :

- le facteur humain

A la faible densité de population, aux difficultés d'un nouveau peuplement en provenance des régions voisines, il fallut bien vite ajouter l'inaptitude des cultivateurs à passer sans transition d'une culture très primitive à une culture moderne intensive faisant appel à des règles strictes d'irrigation et de drainage, aux engrais, aux insecticides, ... aux machines. Dans son rapport de mission 1958/59 (doc.X-15) M. GUILLAUME attire l'attention sur le problème humain qui reste à résoudre et a parfois fait dévier le service des recherches de sa voie normale qui eut été la sélection de variétés de qualité supérieure ; alors que son attention a porté sur des qualités rustiques n'exigeant pas de soins culturaux trop minutieux. Au cours de cette mission, M. GUILLAUME a pu

noter des différences de rendement sur des parcelles voisines, dues à la seule différence du mode de gestion des terres.

Les efforts doivent porter aujourd'hui sur la formation de moniteurs d'agriculture capables de fournir un encadrement serré du paysannat, absolument indispensable à l'introduction de la culture intensive.

- le micro-relief et la végétation naturelle

qui en bien des secteurs imposent des travaux dispendieux de des-souchage, de planage et de superplanage. Il en est ainsi des sols dits "moursi", sols noirs très argileux à structure grenue, qui présentent un micro relief très tourmenté. Le micro relief a un effet dominant sur la culture du coton ; il peut masquer, quelle que soit la fertilité du sol, tous les autres facteurs du rendement et fait varier sensiblement l'état végétatif et la récolte. Cette hétérogénéité a contribué à réduire l'efficacité de l'expérimentation en multipliant les essais non significatifs ou contradictoires.

- la nature des sols

dont la carte pédologique d'ensemble établie dans les premières années de l'exploitation a montré qu'ils constituaient une mosaïque peu favorable à la délimitation de grands périmètres homogènes de culture mécanisée ; peu favorable aussi à un parcellement rationnel tenant compte de la vocation, des techniques culturales, du régime d'irrigation, appropriés au type de sol dominant.

- la structure défectueuse des sols

Cette défectuosité concerne la plupart des types de sols (50 % environ des surfaces irrigables) et constitue peut-être le principal handicap de l'exploitation. Une amélioration de la stabilité structurale des sols défectueux peut cependant être obtenue par enrichissement du sol en matières organiques ou par le chaulage. Ces opérations ayant pour effet de mobiliser une partie des terres aménagées sans production directe (sole engrais vert) ou donnant une production très faible (prairies, jachères pâturées) et en définitive d'alourdir les frais d'exploitation (doc.X-15).

- les problèmes agronomiques

Les services de génétique ne paraissent pas avoir pu toujours disposer en temps utile des plantes adaptées au sol et au climat. Pour la seule culture du coton les tâtonnements ont été nombreux avant d'arriver à l'élimination des espèces égyptiennes ou asiatiques au profit des espèces américaines ; avant d'arriver à délimiter les régions où la culture intensive du coton se présentait favorablement (Kala Inférieur, Kouroumari, Mema, Farimaké).

- les méthodes culturales

a) les semis précoces

On a été amené à admettre depuis peu qu'une amélioration du rendement et des façons culturales en culture rizicole était à rechercher dans des semis précoces, plutôt que dans une pré-irrigation des rizières destinée à détruire des plantes adventices et à faciliter les labours mécaniques, avec en contre-partie la nécessité d'adopter un planning de travaux culturaux très rigoureux, en l'état actuel des techniques d'exploitation à l'Office.

De même, pour le coton, le semis précoce a sur le rendement une influence plus favorable qu'une prolongation des irrigations.

Les semis précoces seraient à faire :

- à partir du 15 mai pour le riz, avec cette restriction que les besoins en eau seraient à calculer pour 50 % seulement de la surface, le paysannat continuant à assurer les levés sous pluie, sur ses terres dont la superficie représente environ 50 % de l'ensemble du périmètre rizicole de l'Office,
- à partir du 1er juin pour le coton.

b) irrigation du coton au delà du 15 décembre

La prolongation des irrigations du coton américain au delà du 15 décembre n'a pas tenu ce qu'elle avait promis ; l'infestation qui se produisait en culture industrielle, au cours de la prolongation du cycle végétatif, était plus nuisible que l'amélioration de rendement obtenue en station d'essai ;

et d'ailleurs, cette plante reçoit déjà 10 à 12 000 m³ d'eau d'irrigation par ha, plus 5 à 6 000 m³ d'eau pluviale ; c'est beaucoup sans que le rendement soit très bon.

c) mécanisation de la culture rizicole

A été introduite au casier de l'olodo sans grand succès semble-t-il, les généticiens n'ayant pu à l'époque sélectionner les variétés à paille adaptées à une récolte mécanisée.

- les assolements en culture cotonnière

sont passés par des alternatives diverses : riz vivrier - coton - jachère, puis riz-coton, avant de revenir à l'assolement simple coton-jachère sur les parcelles dont le sol est reconnu favorable à la culture du coton. Ces parcelles sont alors traitées pour la culture intensive de cette plante, l'assolement se pratiquant sur la base de 2 ou 3 années de culture cotonnière - suivant la qualité des terres - pour 1 année de jachère ; assolement très différent on le voit de celui encore pratiqué en 1960 par rotation sur une même parcelle sur la base de 2/5 de S en coton, 2/5 de S en jachère, 1/5 de S en riz vivrier - S étant la surface de la parcelle.

- la culture intensive du riz

soit deux récoltes annuelles dont une à contre-saison, admise un moment comme possible sur une même sole, est aujourd'hui rejetée comme étant d'une introduction encore prématurée, ne pouvant être que le résultat d'une culture très moderne basée sur la régénération des sols. Et d'ailleurs, toutes les surfaces aménagées pour la culture du riz ne sont pas encore occupées.

- la culture intensive du coton

dépend d'une conduite rationnelle de l'irrigation et d'un drainage parfait, maintenant le plan d'eau souterrain au-dessous de la tranche de sol prospectée par les racines (0,50 m). Ceci nécessite avant toute autre chose l'amélioration de la structure des sols (travail du sol - amendements organiques et minéraux - assolements rationnels comportant des soles enrichissantes en matières organiques). L'Office a obtenu de bons résultats avec 200 kg d'engrais(1)

(1) La CFDT obtient des résultats équivalents avec 200 kg de sulfate d'ammoniaque et 100 kg de phosphate tricalcique à l'hectare.

azotés phosphatés par hectare de coton. Mais il lui faut consentir pour l'importation de ce produit des prix de transport Abidjan-Ségou qui grèvent lourdement le prix de revient, puisque pour un coût de 11 Fr au port d'entrée, il faut payer 20 Fr pour le transport. Aussi l'Office espère-t-il que les essais qu'il effectue à partir des phosphates de Bourem seront concluants.

En résumé, la culture intensive du coton exige : un superplanage, l'utilisation d'engrais et d'insecticides. M. GUILLAUME évaluait le coût de ces services à l'équivalent de 1 300 kg de coton graine à l'hectare ; pour qu'ils soient rentables, il fallait donc obtenir en culture intensive un rendement supérieur à 2 tonnes par hectare.

En octobre 1964 M. AW, Chef du Service de l'Exploitation à Ségou, a précisé que, partant d'une sole superplanée, les services suivants :

- billonnage mécanique + 2 doses d'engrais (200 kg) + 6 doses d'insecticides
représentaient l'équivalent de 750 kg de coton graine à l'hectare,
- la taxe d'eau étant de 250 kg de coton graine à l'ha, le fermier avait à verser 1 000 kg de coton graine pour un rendement assuré de 2 000 kg ce qui présentait un intérêt évident. Le rendement est très sensible aux retards qui pourraient se produire dans les façons culturales, en particulier les campagnes de pulvérisation d'insecticide sont à faire à des époques très précises du cycle végétatif.

o
o o

Les différentes études analysées sous le titre "Office du Niger" permettent de revivre la vie, pas toujours facile mais pleine d'enseignements pour l'avenir, de cet "Office" dont la création avait fait naître tant d'espairs.

D'une note rédigée par M. DROUHIN en mars 1945 (X-1)
on retiendra :

- 1° - une caractéristique hydrologique importante pour tout projet d'irrigation du périmètre ou de régularisation partielle du débit du fleuve : si le volume annuel écoulé est toujours important, le débit est très variable d'une année à l'autre en début et en fin de crue, précisément à des dates intéressantes pour l'arrosage, d'où des difficultés pour un aménagement de grande envergure. C'est ainsi qu'au 15 juillet, début normal des irrigations massives, le débit varie de 320 m³/s (1914) à 2 300 m³/s (1920) pour un débit moyen de 1 140 m³/s sur 37 années d'observations. De même au 31 décembre (décru) le débit a varié de 870 m³/s (1927) à 310 m³/s (1914) pour un débit moyen de 600 m³/s sur 37 ans.
- 2° - la nécessité d'un drainage parfait en zone cotonnière.
- 3° - qu'en égard au débit naturel du fleuve, fin juillet, alors que les besoins de la navigation restreignent le débit disponible pour les irrigations, une orientation de la production pourrait venir du fait que 1 hectare de riz demande 2,7 fois plus d'eau que 1 hectare planté en coton et qu'ainsi, débit pour débit, on a le choix entre 1 500 à 1 600 kg de riz (production de 1 ha) et 1 000 kg de coton fibre (production de 3 ha).

Mais depuis 1945 l'estimation des modules d'irrigation nécessaires a quelque peu varié, et l'introduction de la culture intensive du coton avec engrais et insecticides a modifié sensiblement le rapport des rendements riz/coton. Il n'en reste pas moins qu'aujourd'hui encore, compte tenu des débits raisonnablement disponibles, l'étude économique reste à faire de l'orientation de la production.

- 4° - que la culture du coton exigeant une grosse main d'oeuvre (le paysannat qui utilise les femmes et les enfants semble le mieux convenir), il convient de mécaniser toutes les façons culturales de cette plante qui peuvent l'être.
- 5° - qu'il apparaît opportun également de mécaniser au maximum la culture du riz pour dégager le plus de travailleurs possible pour les zones cotonnières.

o
o o

Le rapport annuel du Service des Recherches pour la campagne 1954/55 attire l'attention sur un point particulièrement délicat de la culture du coton : le drainage, ce n'est pas nouveau et c'est toujours d'actualité.

Au cours de cette campagne marquée par une pluviométrie supérieure à la moyenne et mal répartie dans le temps -dit le rapport - sur toutes les terres argileuses, mal drainées, l'eau stagnante a compromis le développement des cotonniers. A un mauvais drainage pouvant résulter d'un planage pas assez poussé, d'un réseau insuffisamment étudié ou d'une texture des terres se ressuyant mal, correspond un mauvais rendement avec, comme conséquence, une désaffectation du paysannat pour cette culture.

Ce même rapport 1954/55 note qu'un développement harmonieux du cycle végétatif du cotonnier est fonction d'un contrôle rigoureux des irrigations et du drainage et que le parasitisme peut être une conséquence d'un mauvais développement de ce cycle.

A ce sujet, M. BERNIER expose dans sa note du 28 juillet 1955 qu'une prolongation des irrigations du coton américain paraît moins intéressante du point de vue rendement qu'un semis précoce début juin, en raison de la progression géométrique du parasitisme après l'hivernage.

De même pour la riziculture on a intérêt à commencer les semis le plus tôt possible, début juin, voire le 15 mai.

Quant à réaliser deux récoltes successives de riz sur une même sole, ainsi qu'il était suggéré à l'époque, nous estimons, avec les responsables actuels de l'Office, qu'il est un peu prématuré de l'envisager, toute une technique restant à mettre au point. Dans sa présentation du plan quinquennal 1961/1965, le Ministère du Plan compte beaucoup sur la généralisation de la pratique du repiquage à l'Office pour augmenter le rendement à l'hectare. Mais il est possible que l'on se heurte, en ce domaine, au problème humain déjà évoqué : en 1963, sur 30 000 ha de rizières on en trouvait seulement 800 où la méthode du repiquage était utilisée et cela parce que l'on était limité en main d'oeuvre, aussi peut-être parce que la démonstration n'avait pas encore été faite que cette pratique permet d'obtenir un accroissement du rendement supérieur à 1 tonne à l'hectare qui est nécessaire pour rémunérer les travaux supplémentaires à consentir.

Plus près de nous, le rapport de mission MACHEFAUX-LA ROCHE de mars 1962 apporte entre autres données les éléments suivants qui paraissent devoir être cités :

- l'Office dispose d'un réseau de nivellement de précision égale à celle des opérations de 1ère classe du nivellement général de la France, soit en mm $\pm 2 \sqrt{L}$ (1) et de nappes au 1/200 000, 1/100 000, 1/50 000 et 1/20 000.
- l'Office dispose également de cartes vernaculaires des sols, de cartes des boisements et des micro-reliefs, permettant de délimiter les terres à aménager en éliminant :
 - . les sols inaptes (Senos, Bols, parfois Danga sableux) ,
 - . les régions trop boisées ou à micro relief nouvenementé ; à cet égard une étude du terrain a montré que, dans leur ensemble, les terres du Kouroumari sont recouvertes d'arbustes de petites tailles, de bois très dur, à racines traçantes considérables, qui vont exiger un gros travail de préparation des sols au tracteur, dont un scarifiage profond pour aérer le terrain.

Par ailleurs, ce rapport citant M. GUILLAUME et VIGUIER expose les exigences du cotonnier :

- un climat sec, les zones comprises entre les isoyèthes 300 et 400 paraissant le mieux convenir (2) ,
- des terres meubles et profondes, bien aérées, se ressuyant rapidement après les pluies ou les irrigations ,
- des sols ne comportant pas un boisement trop important, ne présentant pas un micro relief accentué, pour éviter des travaux prohibitifs de préparation des terres ,
- enfin, la texture du sol ne doit pas permettre, sous l'effet de l'eau (pluie ou irrigation), une fluence par dispersion des colloïdes minéraux, amenant le milieu à se fermer à l'eau et à l'air, puis à former un édifice compact se ressuyant mal quand l'humidité disparaît. Cette condition paraît devoir être

(1) L exprimé en kilomètres.

(2) le rapport annuel du Service des Recherches pour la campagne 1954/55 note que la pluviométrie moyenne annuelle est de 556 mm à Niono, 576 à Molodo et 510 à Kogoni ; assez différente on le voit de la pluviométrie optimale. En culture sèche, le secteur contrôlé par la CFDT (San - Koutiala - Sikasso) se situe entre les isoyèthes 700 et 1 300 .

difficilement remplie dans le Kouroumari. Mais une modification des textures peut être obtenue par des façons culturales profondes et l'apport de fumure organique.

Ce rapport de mission expose également les besoins en eau du cotonnier, le processus d'absorption par la plante de l'eau de rétention du sol en fonction de l'insolation, de l'évaporation et du vent, ainsi que les méthodes de drainage et d'irrigation.

En conclusion, le rapport arrive à un débit fictif continu d'irrigation de 1,20 l/ha/s, chiffre très voisin de celui actuellement admis de 1,30 l/ha/s. Les documents X-8 "Besoins en eau d'irrigation en culture cotonnière" et X-9 "Note concernant l'irrigation des casiers cotonniers" apportent quelques précisions supplémentaires à ce sujet.

M. MACHEFAUX et LA ROCHE avaient formulé quelques recommandations qui ne paraissent pas avoir été suivies en ce qui concerne la priorité à donner à l'aménagement :

- du casier de Kogoni Sud (6 000 ha) puisque 3 329 ha seulement sont aménagés en 1964,
- du casier de Sokolo (13 600 ha), 4 319 ha seulement étant aménagés actuellement.

Enfin, il était noté que le Service des Recherches disposait en 1954 :

- . d'une station centrale du Kouroumari avec 6 laboratoires de recherches agronomiques,
- . de deux stations locales dont une station cotonnière et de zootechnique à Kogoni et une station rizicole à Kayo.

Mais il existe sur la question une pièce d'archive particulièrement importante: "Documents sur les possibilités d'amélioration des terres de l'Office du Niger", qui figure à la Bibliographie sous la cote II-A-1 et également sous la cote X-9.

Ce document, bien que sous chemise au timbre "Service Hydraulique AOF" provient de la Direction Technique de l'Office qui l'adressait à la MEAN et à M. MERLIN. Il constitue une synthèse au 28 juillet 1955, puis au 27 décembre 1956, des études agrolologiques de l'Office et des besoins en eau nécessaires dans diverses hypothèses d'extension des cultures, tant en superficie qu'en variétés culturales.

De ce fait les études antérieures sur ces sujets perdent beaucoup de l'intérêt qu'elles pouvaient présenter au jour de leur rédaction.

Ce document comporte en fait 5 dossiers différents :

- 1° - note du 28 juillet 1955 du Directeur Technique de l'Office à la MEAN ,
- 2° - estimation en date du 25 juillet 1955 des débits à prélever dans le Niger, dans le cadre d'un aménagement de 300 000 ha,
- 3° - lettre 761/DT du 27 septembre 1956 du Directeur Technique de l'Office à l'Institut de Recherches des cultures tropicales (IRCT) ,
- 4° - lettre 48/DT du 27 décembre 1956 du Directeur Technique de l'Office à M. MERLIN ,
- 5° - note du 8 février 1957, du Service Hydraulique de Dakar sur les possibilités d'amélioration des conditions d'exploitation des terres de l'Office au moyen d'un barrage-réservoir ; note qu'il a paru opportun de joindre aux précédentes parce que faisant un tout avec elles et ce, bien qu'en annexe du rapport JAMME CAMUS elle figure sous une cote différente : X-8.

La nouvelle estimation, en date du 25 juillet 1955, des débits à prélever dans le Niger a été établie par M. BERNIER, Directeur Technique de l'Office.

C'est une étude qui fait date dans la vie de l'Office, on y trouvera des éléments de base qui demeurent valables aujourd'hui, tels que :

- les pertes dans les grands adducteurs, d'après des mesures directes ,
- la longueur estimée des canaux principaux par hectare irrigué ,
- les pertes dans les canaux principaux, d'après une formule en usage au Pundjab, ou une estimation concordante appréciée aux USA ,
- les pertes dans les canaux secondaires ou tertiaires, évaluées en un pourcentage forfaitaire des modules d'irrigation ,
- les modules d'irrigation par espèce plantée ,
- les besoins en eau pour la navigation intérieure, en période de chômage des irrigations.

2,2 PROGRAMME DES 300 000 ha

Par ailleurs cette étude précise nettement ce qu'il faut entendre par "Programme des 300 000 hectares" et définit sans ambiguïté les diverses hypothèses de répartition des cultures à l'intérieur de ce programme. Le tableau ci-après résume le programme et les hypothèses :

PROGRAMME DES 300 000 ha

Terres à coton et riz vivrier

(zone à coton américain :	70 000	)	230 000 ha
(zone à coton égyptien :	160 000	)	

Terres à riz industriel

Kala inférieur - Kouroumari :	15 000	)	70 000 ha
Méacina :	55 000	)	

DIVERSES HYPOTHESES DE REPARTITIONS DES CULTURES DANS LA ZONE

COTONNIERE DES 230 000 HAHypothèse I

avec irrigation du 15/6 au 15/1 dans la
limite des débits naturels du Niger
exceptionnellement du 1/6 au 15/2
conséquence pas de coton égyptien dont
l'irrigation se prolonge au delà du 15/1

coton américain	2/5 de S	92 000 ha
jachère	2/5 de S	92 000 ha
riz vivrier	1/5 de S	46 000 ha

Hypothèse II

sur périmètre 70 000 ha (Kala-Kouroumari) S_1

coton américain	28 000 ha soit	28 000 ha
jachère	28 000 ha	
riz vivrier	14 000 ha	

sur périmètre 160 000 ha (Mema-Farimake) S_2

coton égyptien	64 000 ha soit	64 000 ha
jachère	64 000 ha soit	
	au total	92 000 ha
riz vivrier	32 000 ha soit	
	au total	46 000 ha

Hypothèse III

on applique l'assolement coton-riz (le débit demandé au Niger sera très important par suite des besoins de riz) :

coton américain 1/2 S_1	35 000 ha
coton égyptien 1/2 S_2	80 000 ha
riz en assolement	115 000 ha

Hypothèse IV

même répartition qu'en Hypothèse III, mais sur les terres à riz industriel, on prévoit 2 récoltes la même année : du 1/6 au 15/10 et du 1/12 au 1/4

Pour chacune de ces 4 hypothèses M. BERNIER a calculé le débit nécessaire à prélever dans le Niger, à partir des éléments de base suivants :

I - DONNEES HYDRAULIQUES -. Modules d'irrigation

Coton 1 000 m ³ /ha	tous les 12 jours - soit un débit continu de 1,3 l/ha/s compte tenu de 30 % de pertes au stade des canaux secondaires et tertiaires
Riz 3 l/ha/s 2 l/ha/s	le 1er mois de végétation ultérieurement compte tenu des pertes dans le réseau de colature estimées à 1 l/ha/s ce qui donne net 5 180 m ³ /ha. le 1er mois et 2 500 m ³ /ha les mois suivants.

. Pertes dans les canaux adducteurs

D'après une série de mesures (1) sur 1er et 2ème biefs du marnage de Molodo (longueur 127 km) on aurait dans le cadre des 300 000 ha :

(1) qui permettent de chiffrer les pertes 1.0, 1.20 m³/s par km.

canal du Sahel et marigot Molodo endigué jusqu'en tête du Méma 236 km $\times$ 0,120 m ³ /s	30 m ³ /s
canal du Macina - rivière de Boky Wéré - canal jusqu'à Diafarabé 164 km $\times$ 0,120 m ³ /s	20 m ³ /s
	50 m /s

. Pertes dans les canaux principaux de distribution

longueur de ces canaux estimée à 4 m par ha,
soit 1 200 km pour 300 000 ha .

Pertes d'après la formule d'Inghal (expert au
Pundjab) : 0,083 m³/s.km

Pertes d'après une estimation USA :

0,265 m³ par m² de surface mouillée en 24 h .

Soit pour un périmètre mouillé de 26,8 ml une
surface mouillée de 26 800 m² au km et une
perte de 7 100 m³/i correspondant à 0,082 m³/s(1)

Pertes pour 300 000 ha : 1 200 km à 0,080 m ³ /s	96 m ³ /s
pour 80 000 ha de coton égyptien (réseau de 160 000 ha)	
640 $\times$ 0,080	51,2
pour 70 000 ha de riz industriel	
280 $\times$ 0,080	22,4

. Consommation en eau en période de chômage des
irrigations

Pour les besoins de la navigation	
dans le canal du Sahel	25 m ³ /s
dans le canal de Macina	15 m ³ /s
	40 m /s

(1) une mesure directe à l'Office serait préférable croyons-nous
car la nature du sol intervient pour beaucoup.

Résumé des pertes totales estimées dans diverses hypothèses de périmètres irrigués :

a) irrigations générales sur 300 000 ha	50 + 96	146 m ³ /s
b) irrigations Sahel 80 000 ha coton égyptien + Macina (70 000 ha riz)	50 + 51,2 + 22,4	123,6 m ³ /s
c) irrigations Sahel - riz vivrier 30 + (96 - 22,4) + 15 (navig. Macina)		118,6 m ³ /s
d) irrigations Sahel 80 000 ha 30 + 51,2 + 15		96,2 m ³ /s
e) irrigations Macina 70 000 ha de riz 20 + 22,4 + 25		67,4 m ³ /s
f) entretien réseau et navigation		40 m ³ /s

On ne voit pas apparaître les pertes dans les secondaires et les tertiaires, puisqu'elles sont comptées forfaitairement dans le module d'irrigation.

II - DONNEES AGRONOMIQUES

Les diverses hypothèses du plan d'aménagement des 300 000 ha reposent sur des conceptions nouvelles apparues depuis le rapport VIGUIER de 1952 et qui devraient permettre de tirer un meilleur parti d'une régularisation du débit du Niger :

- pré-irrigation des rizières (destruction des plantes adventices - amélioration du rendement des engins de préparation des terres) ,
- semis précoces en riziculture et possibilité de réaliser 2 récoltes successives ,
- prolongation des irrigations du coton américain ou avancement de la campagne par semis irrigués début juin ,
- assolement coton-riz qui permet d'améliorer la rente à l'unité de surface aménagée ,
- développement de la culture du coton égyptien dans le Méma et le Farinaké, comme suite à l'échec au Kouroumari, avec semis précoces (juin) et irrigations poursuivies jusqu'en mars.

III - CALENDRIER DES IRRIGATIONS

- . Coton américain du 15 juin au 15 juillet,
pluies du 15 juillet au 15 septembre,
reprise des irrigations du 15 septembre
au 15 janvier - prolongation exceptionnelle
jusqu'au 15 février.
- . Riz industriel du 1er juin (semis) au 15 octobre
- . Riz vivrier du 15 mai (semis) au 15 octobre,
semis avancés pour libérer les colons pour
la culture du coton.
- . Coton égyptien du 15 juin au 15 mars, avec arrêt sous
pluie du 15 juillet au 15 septembre.

°
° °

Il conviendrait que les conceptions agronomiques nouvelles aient reçu la consécration de l'expérience en culture industrielle pour que l'on puisse les retenir pour l'établissement des plans quinquennaux du Mali.

A titre d'exemple d'une méthode estimative des besoins de l'Office, on peut retenir le tableau suivant qui résume le calcul du débit nécessaire dans le cas de l'hypothèse II de l'étude BERNIER.

Dans une dernière colonne nous avons ajouté les besoins théoriques des plantes, sans tenir compte d'aucune perte en réseau. On peut ainsi juger à tous moments du rendement global du réseau. Celui-ci est évidemment très mauvais, quand on irrigue seulement les terres lointaines (coton égyptien du Mema ou du Farimaké - riz vivrier des zones cotonnières du nord). L'examen du plan schématique du système hydraulique fait ressortir l'extrême longueur des canaux adducteurs et principaux, dont certaines sections sont d'anciens marigots sinueux, très larges et herbeux, remis en eau. Pour atteindre le Kouroumari, il faut parcourir les deux premiers biefs du Molodo, soit 127 km ; pour atteindre le Mema, les trois biefs du Molodo, soit 236 km. C'est là un grave défaut du réseau.

HYPOTHESE N° II - CALCUL DU DEBIT NECESSAIRE

Dates	Coton américain 28 000 ha		Coton égyptien 64 000 ha		Jachère 92 000 ha	Riz industriel 70 000 ha		Riz vivrier 46 000 ha	Pertes m3/s	Débit à dériver	Débit néces- saire au champ
	Module	Q	Module	Q	Q	Module	Q	Q	dans ad- ducteurs et canaux principaux	m3/s	m3/s
	l/ha.s	m3/s	l/ha.s	m3/s		l/ha.s	m3/s	m3/s			
15 mai	-	-	-	-	-	-	-	138	118,6	256,6	92
1 juin	-	-	-	-	-	3	210	138	146	494	232
15 juin	1,3	36,4	1,3	83,2	-	3	210	92	146	567,6	278
1 juil.	1,3	36,4	1,3	83,2	-	2	140	92	146	497,6	208
15 juil.	1,3	34,6	1,3	83,2	-	2	140	92	146	497,6	208
1 août	0	0	0	0	-	2	140	92	146	378	116
1 sept.	0	0	0	0	-	2	140	92	146	378	116
15 sept.	1,3	36,4	1,3	83,2	-	2	140	92	146	497,6	208
15 oct.	1,3	36,4	1,3	83,2	-	2	140	92	146	497,6	208
15 nov.	1,3	36,4	1,3	83,2	-	-	-	-	118,6	238,2	92
1 déc.	1,3	36,4	1,3	83,2	-	-	-	-	118,6	238,2	92
1 janv.	1,3	36,4	1,3	83,2	-	-	-	-	118,6	238,2	92
15 janv.	1,3	36,4	1,3	83,2	-	-	-	-	118,6	238,2	92
15 fév.	1,3	36,4	1,3	83,2	-	-	-	-	118,6	238,2	92
15 mars	-	-	1,3	83,2	-	-	-	-	96,2	179,4	64
1 avril	-	-	-	-	-	-	-	-	40	40	-

N.B. Les pertes dans les secondaires et tertiaires n'apparaissent pas puisqu'elles sont incluses dans les modules.
Les pertes dans les adducteurs et les canaux principaux ont été calculées précédemment.

Ce plan schématique des besoins en eau de l'Office dans diverses hypothèses a le mérite de mettre en lumière avec quelques chiffres :

- 1° - la différence sensible de ces besoins, pour un même périmètre produisant du riz et du coton, suivant les espèces cultivées et les méthodes culturales adoptées comme nous l'avons déjà exposé au chapitre I et le précisons ici dans le tableau ci-après :

DEBITS A DERIVER EN m³/s

dans chacune des 4 hypothèses

	<u>n° I</u>	<u>n° II</u>	<u>n° III</u>	<u>n° IV</u>
15 mai	-	256,5	463,6	463,6
1 juin	-	494	701	701
15 juin	567,6	567,6	735,5	701
1 juillet	567,6	567,6	665,5	665,5
15 janvier	238,2	238,2	268,1	435,5
15 février	-	238,2	268,1	435,5
15 mars	-	179,4	200,2	367,6
1 avril	-	40	40	207,4

- 2° - l'impossibilité de satisfaire à certains de ces besoins avec le régime naturel du fleuve, quand ceux-ci s'expriment au cours de la longue période d'étiage.

Même en hypothèse I on ne peut prétendre chaque année dériver toute l'eau nécessaire à l'arrosage. En 1957, par exemple, on aurait été en déficit jusqu'au 1er juillet.

Bien que ce programme des 300 000 ha repose sur des hypothèses parfaitement plausibles, tout au moins pour des prévisions à longue échéance, le service hydraulique de Dakar, plus réaliste, présente dans sa note du 8 février 1957 (X-9) en complément au rapport BERNIER du 25 juillet 1955, un programme moins ambitieux, faisant ressortir qu'à la cadence à laquelle se poursuivaient alors les extensions : 3 à 4 000 ha par an, il faudrait attendre 1980 pour que soit réalisée la moitié du programme des 300 000 ha.

Les 4 hypothèses de l'étude BERNIER sont reprises, en les appliquant à des stades de développement moins lointains :

1er stade - (1957)	50 000 ha.	35 000 ha riz industriel
		10 000 ha coton américain
		5 000 ha coton égyptien
2ème stade - 1965/1970	80 000 ha	40 000 ha riz industriel
		20 000 ha coton américain
		20 000 ha coton égyptien

En admettant, pour permettre une comparaison, l'hypothèse culturale du rapport BERNIER en ce qui concerne les zones cotonnières : 1/5 en riz vivrier - 2/5 en coton - 2/5 en jachère - le stade des 80 000 ha se schématise ainsi :

sur périmètre Kala-Kouroumari

coton américain	8 000 ha	)	
jachère	8 000 ha	)	20 000 ha
riz vivrier	4 000 ha	)	

sur périmètre Méma-Farinaké

coton égyptien	8 000 ha	)	
jachère	8 000 ha	)	20 000 ha
riz vivrier	4 000 ha	)	

sur terres à riz industriel 40 000 ha

Les besoins en eau, de l'ordre de 240 m³/s au 15 juin, seront généralement satisfaits par le débit naturel du fleuve.

N.B. A l'époque où ces diverses hypothèses ont été émises les superficies évoquées comprenaient les 5 300 ha du périmètre de Baguinéda, comme nous le signalons plus loin.

On peut marquer son étonnement de voir qu'il est prévu, tant au programme BERNIER qu'au programme du Service Hydraulique, un secteur de coton égyptien, alors que dans un rapport de la même année le Service des Recherches de l'Office ne semblait pas conclure à l'intérêt de substituer cette espèce au coton américain. La question est réglée aujourd'hui puisqu'aussi bien en culture irriguée qu'en culture sèche, le Mali a adopté le coton américain.

En conclusion de sa note de février 1957, le Service Hydraulique de Dakar calculait le volume à stocker dans une réserve de régularisation pour satisfaire à chacune des 4 hypothèses d'exploitation, au deuxième stade de l'extension, et ce en considérant deux étiages différents (étiage décennal minimal type 1943 - étiage à remontée très lente et tardive type 1950) :

- . hypothèse I réserve inutile
- . hypothèse II réserve de 350 millions de m³
- . hypothèse III réserve de 500/550 millions de m³
suivant le régime considéré
- . hypothèse IV réserve de 1 milliard de m³

Il convient de rappeler que l'assolement coton-riz (hypothèse III) n'est pas retenu aujourd'hui, de même que la double récolte de riz sur une même sole (hypothèse IV). Ce qui nous ramène à notre constatation précédente : dans le cadre d'un programme de 80 000 ha le débit naturel du fleuve doit suffire aux irrigations 9 ans sur 10, soit un risque encouru de l'ordre de grandeur de celui des cultures sous pluie des pays tempérés.

La note de M. BERNIER et la lettre du 27 décembre 1956 du Directeur Technique de l'Office font état de recherches entreprises sur la pré-irrigation des rizières ; les semis précoces de riz et de coton ; la possibilité de deux récoltes de riz au cours d'une même campagne ; la culture du coton à contre-saison ; la culture tardive du blé, etc... Aucune réponse positive n'est donnée à ces questions dans les documents ultérieurs qui ont été rassemblés et analysés.

En mars 1961, l'Office du Niger présente sous le titre "Plan quinquennal 1962/1966" ce que l'on pourrait appeler un programme intercalaire ou programme des 60 000 hectares à réaliser dans une période de 5 ans ; c'est là sensiblement l'objectif du Ministre du Plan qui prévoit en 1965 :

. superficie emblavée en riz	35 000 ha
. superficie emblavée en coton	15 000 ha
. jachère de coton	7 500 ha
. superficie emblavée en cannes à sucre	3 000 ha
. agrumes et dah	5 000 ha

L'originalité du plan de l'Office réside dans les hypothèses suivantes :

- 1° - reconversion de 5 648 ha de rizières en zone cotonnière avec l'espoir d'obtenir tout de même 50 000 tonnes de paddy commercialisables par la pratique généralisée du repiquage ,
- 2° - achèvement du planage des zones cotonnières ,
- 3° - aménagement de 12 500 ha de terres nouvelles (riz vivrier - canne - dah - blé - agrumes) ,
- 4° - aménagements devenus indispensables du réseau adducteur ,
- 5° - planage de 2 000 ha de terres à blé et à cannes.

Le plan ne précise pas :

- 1/ le % des superficies laissées en jachère, mais les objectifs du Ministre du Plan permettent de rétablir cette lacune ,
- 2/ si l'on adopte le coton américain ou le coton égyptien et quels seront les assolements pour le coton. Un NB envisage cependant pour 1966 : 12 800 ha cultivés chaque année pour 6 400 ha en jachère ,
- 3/ si l'on retient ou non les semis précoces et la double récolte de riz ,
- 4/ quels sont les besoins en eau aux divers stades des extensions.

Sur la reconversion de certaines rizières en zones cotonnières, les avis sont partagés, la rente du coton étant inférieure à la rente du riz, alors que pour le premier les travaux cultureux sont plus pénibles et plus longs.

°
° °

2,3 PROGRAMME DES 156 000 ha

ITALCONSULT dans son étude préliminaire du barrage-réservoir de Sélingué - mars 1964 - admet pour le calcul des besoins en eau de l'Office un périmètre aménagé de 156 000 hectares. Ce chiffre qui ressort du calcul ci-après :

- superficie en culture en 1964	46 000 ha
- accroissement prévisible dans un délai compatible (30-50 ans) avec la mise en service des ouvrages de régularisation et d'extension, sur la base d'un rythme annuel d'extension de 2 à 3 000 ha	110 000 ha
Total ...	156 000 ha

peut donc être considéré comme l'expression d'un programme à échéance trentenaire au moins.

Le calcul des besoins en eau est alors présenté sous la forme adoptée dans le rapport BERNIER de 1955, avec les mêmes données hydrauliques, mais avec des données agronomiques modifiées correspondant, partiellement au moins, à celles actuelles :

- . suppression du coton égyptien ,
- . adoption d'un assolement jachère-riz-coton ,
- . introduction d'une deuxième culture du riz, à contre-saison,
- . introduction de maïs hybride, de canne à sucre, d'agrumes et de cultures diverses ,
- . adoption des semis précoces pour le coton, mais en contrepartie fin de l'irrigation au 31 décembre.

M. AM, Chef du Service de l'Exploitation à l'Office du Niger, a précisé en octobre 1964 que ce chiffre de 156 000 ha peut être retenu comme étant celui auquel correspondent les possibilités d'extension dans les 3 systèmes hydrauliques du Kala Inférieur, du Kouroumari et du Macina :

	Superficies aménagées en fin de campagne 1961/62	Superficies restant à aménager
Kala Inférieur	24 289 ha	22 197 ha
Kouroumari Ouest	7 648	17 758
Kouroumari Est	0	30 080
Macina	14 404	41 290
	46 341 ha (1)	111 325 ha

On notera que rien n'est prévu dans le Kala Supérieur hors l'implantation possible de la canne à sucre et que sur les 55 000 ha du casier rizicole du Macina, 14 000 seulement étaient aménagés en 1964.

°
° °

A ce point de l'étude il convient de rechercher quel a été le rythme des extensions au cours de ces dernières années; le compte rendu de la campagne agricole 1960/61, publié par l'Office du Niger, nous fournit la réponse par le tableau ci-après qui exprime les superficies en hectares :

(1) environ 30 000 ha réservés au riz et 16 000 ha réservés au coton .

	Superficies aménagées	Superficies cultivées en riz (1)	Superficies cultivées en coton (1)
1949/50	21 735	12 651	1 904
1951/52	29 459	15 235	2 651
1953/54	37 021	20 941	3 660
1955/56	44 482	25 781	4 899
1957/58	47 851	31 521	5 422
1959/60	54 474	33 495	6 669
1960/61	53 657	32 508	5 777
1961/62	46 342 (2)		
1964/65	50 000	(estimation donnée par l'Office du Niger en octobre 1964)	

Ce tableau montre à l'évidence que si pour la période décennale comprise entre 1949/50 et 1959/60 les extensions ont été en moyenne de 3 270 ha par an, ce rythme est nettement inférieur depuis la campagne 1960/61.

Par ailleurs, ce même compte rendu de la campagne agricole 1960/61 caractérise l'extension de la culture intensive du coton par les trois chiffres suivants :

1958	6 ha	
1959	100 ha	
1960	730 ha	avec un rendement de 18 à 20 quintaux par hectare, obtenu par fumure minérale et traitements pesticides aériens, après réalisation d'un superplanage des terres.

Ces chiffres expriment que la culture intensive n'en est qu'à ses débuts et qu'elle ne représente qu'une faible partie de la superficie totale de la zone cotonnière passée de 5 260 ha

(1) en casiers ou hors casiers ; avec ou sans redevance.

(2) chiffre fourni à Ségou en octobre 1964, ne comprend pas Baguinéda compté antérieurement pour 5 300 ha dont 1 500 de cultures secondaires.

en 1958/59 à 5 777 ha en 1960/61 ; la récolte en coton graine étant passée pour cette même période de 3 100 tonnes à 5 100 tonnes, pour atteindre, d'après les dernières estimations des services du Ministère du Plan, 10 000 tonnes en 1962/63, ce qui laisse supposer de 1960/61 à 1962/63 un sérieux bond en avant des zones de cultures intensives.

2,4 PROGRAMME DES 80 000 ha

Malgré quoi il apparaît prudent, au moins pour la prochaine décennie, de compter sur une cadence annuelle de mise en valeur de l'ordre de 3 000 ha - ce qui correspond d'ailleurs aux objectifs du Ministère du Plan. De ce fait, on serait conduit à envisager pour le périmètre de l'Office (Baguinéda exclu) une superficie aménagée en 1974/75, qui pourrait être de :

$$46\ 000 + (3\ 400 \times 10) = 80\ 000 \text{ ha environ}$$

Sur la base des pourcentages proposés par ITALCONSULT dans son étude préliminaire de mars 1964, on aurait :

- en première culture annuelle ou en culture permanente :

riz	37 500 ha	)	
coton	18 500	)	
cannes à sucre	5 000	)	80 000 ha
agrumes	2 500	)	
autres cultures	5 500	)	
jachères	11 000	)	

- en deuxième culture annuelle (engrais verts - maïs et autres cultures): 19 500 ha,

- la 2ème culture de riz serait à reporter à un stade ultérieur sur avis du Service de l'Exploitation de l'Office ; de même la décision reste à prendre concernant la culture des engrais verts et leur enfouissement.

Cela étant, on peut reprendre dans le tableau I ci-après, le calcul des besoins en eau pour 80 000 ha en adoptant la disposition du tableau 4 de l'étude préliminaire d'ITALCONSULT .

Se souvenant que les pertes de $50 \text{ m}^3/\text{s}$ dans le réseau adducteur ont été calculées dans les hypothèses suivantes :

- canal du Sahel et marigot de Molodo endigué jusqu'en tête du Ména, soit sur 236 km :

$$0,120 \text{ m}^3/\text{s} \times 236 = 30 \text{ m}^3/\text{s}$$

- canal du Macina et rivière de Boky Wéré jusqu'à Diafarabé, soit sur 164 km :

$$0,120 \text{ m}^3/\text{s} \times 164 = 20 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Total} \quad 50 \text{ m}^3/\text{s}$$

On admettra dans l'hypothèse des 80 000 ha que :

- 1° - l'adducteur du Sahel n'ayant pas à porter l'eau au delà du régulateur de Kouroumari, l'objectif décennal pouvant être atteint sans la mise en valeur des terres du Ména et du Farimaké, les pertes sur cet adducteur seront limitées à :

$$0,120 \text{ m}^3/\text{s} \times 118 \text{ km} = 15 \text{ m}^3/\text{s}$$

- 2° - pendant toute la période où l'irrigation du riz du Macina ne se fera pas, soit du 1er janvier au 31 mai, les pertes dans l'adducteur du Macina seront nulles, si l'on admet qu'il n'y ait pas de navigation sur ce canal pendant tout ou partie de cette période

0

- 3° - pendant la période d'irrigation du riz les pertes dans l'adducteur du Macina seront celles calculées par M. BERNIER, soit

20 m^3/s

L'examen de ce tableau fait apparaître l'énormité des pertes par rapport aux besoins au champ, encore que les pertes dans les tertiaires n'apparaissent pas puisqu'elles sont incluses dans les modules, d'où la nécessité impérieuse d'une nouvelle mesure directe de ces pertes, puis de procéder ensuite en première urgence aux travaux d'étanchement que cette mesure révélera indispensables.

Les besoins de l'Office ou débits à prélever dans le Niger ont été reportés du tableau I sur le tableau II, face au débit naturel du fleuve dans diverses hypothèses.

Tableau I

Irrigation d'un périmètre de 80 000 ha

	Riz		Coton		Engrais verts		Maïs		Autres cultures		Canne à sucre		Agrumes (1)		Autres cultures (2)		Surface totale irriguée	Besoins de l'irrigation au champ	Pertes			Débits à prélever	
	S	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S	Q			réseau add.	réseau distrib.	total	par quinz.	par mois
1.15.J	0	0	0	0	6 500	6,5	6 500	6,5	6 500	6,5	5 000	6,5	2 500	2,5	4 200	4,2	31 200	33	15	10,5	25,5	58,5	58,5
16.31.J	0	0	0	0	6 500	6,5	6 500	6,5	6 500	6,5	5 000	6,5	2 500	2,5	4 200	4,2	31 200	33	15	10,5	25,5	58,5	
1.15.F	0	0	0	0	6 500	6,5	6 500	6,5	0	0	5 000	6,5	2 500	2,5	4 200	4,2	24 700	26,5	15	8	23	49,5	
16.28.F	0	0	0	0	0	0	6 500	6,5	0	0	5 000	6,5	2 500	2,5	4 200	4,2	18 200	20	15	6	21	41	
1.15.M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5 000	6,5	2 500	2,0	4 200	4,2	11 700	13	15	4	19	32	32
16.31.M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5 000	6,5	2 500	2,0	4 200	4,2	11 700	13	15	4	19	32	
1.15.A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5 000	6,5	2 500	2,0	4 200	4,2	11 700	13	15	4	19	32	
16.30.A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5 000	6,5	2 500	2,0	4 200	4,2	11 700	13	15	4	19	32	
1.15.M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5 000	6,5	2 500	2,0	4 200	4,2	11 700	13	15	4	19	32	32
16.31.M	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5 000	6,5	2 500	2,0	4 200	4,2	11 700	13	15	4	19	32	
1.15.J	9 250	28	18 500	24	0	0	0	0	0	0	5 000	6,5	2 500	2,5	4 200	4,2	39 450	65,5	35	13	48	113,5	
16.30.J	37 500	112,5	18 500	24	0	0	0	0	0	0	5 000	6,5	2 500	2,5	4 200	4,2	67 700	150	35	22,5	57,5	207,5	
1.15.J	9 250 28 250	14 84	18 500	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56 000	122	35	18,5	53,5	175,5	132
16.31.J	37 500	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37 500	56	20	12,5	32,5	88,5	
1.15.A	37 500	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37 500	56	20	12,5	32,5	88,5	
16.31.A	37 500	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37 500	56	20	12,5	32,5	88,5	
1.15.S	37 500	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37 500	56	20	12,5	32,5	88,5	118
16.30.S	37 500	56	18 500	24	0	0	0	0	0	0	5 000	6,5	0	0	4 200	4,2	65 200	91	35	21,6	56,6	147,6	
1.15.O	37 500	56	18 500	24	0	0	0	0	0	0	5 000	6,5	0	0	4 200	4,2	65 200	91	35	21,6	56,6	147,6	
16.31.O	37 500	56	18 500	24	0	0	0	0	0	0	5 000	6,5	2 500	2,5	4 200	4,2	67 700	93,5	35	22,5	57,5	151	
1.15.N	0	0	18 500	24	0	0	0	0	6 500	6,5	5 000	6,5	2 500	2,5	4 200	4,2	36 700	44	15	12,2	27,2	71,2	71,2
16.30.N	0	0	18 500	24	0	0	0	0	6 500	6,5	5 000	6,5	2 500	2,5	4 200	4,2	36 700	44	15	12,2	27,2	71,2	
1.15.D	0	0	18 500	24	6 500	6,5	6 500	6,5	6 500	6,5	5 000	6,5	2 500	2,5	4 200	4,2	49 700	57	15	16,5	31,5	88,5	
16.31.D	0	0	18 500	24	6 500	6,5	6 500	6,5	6 500	6,5	5 000	6,5	2 500	2,5	4 200	4,2	49 700	57	15	16,5	31,5	88,5	

N.B. Les surfaces S sont exprimées en ha - les débits Q, les besoins de l'irrigation et les pertes en m³/s.

(1) réduction du module en mars-avril-mai, ce qui correspond à 1/3 S en phase de récolte.

(2) 20 % de S (plantes fourragères) en phase de préparation du sol ou en récolte - d'où irrigation porte de façon constante sur 80 % de S seulement.

Irrigation d'un périmètre de 80 000 ha

	Année d'étiage minimal sur la période 1907-57 (1945)	Etiage décennal minimal (1943)	Année faible (1950)	Année moyenne sur la période 1907-57	Débits à prélever pour l'irrigation
Janvier	199 m ³ /s	233 m ³ /s	286 m ³ /s	399 m ³ /s	58,5 m ³ /s
Février	93	108	145	192	45
Mars	39	47	74	100	32
Avril	23	44	42	67	32
Mai	34	72	65	95	32
Juin	117	165	128	361	160,5
Juillet	434	667	730	1 239	132
Août	2 772	2 159	2 518	3 214	88,5
Septembre	4 592	4 762	5 198	5 284	118
Octobre	4 266	3 988	5 547	4 560	150
Novembre	1 631	1 479	2 391	2 088	71,2
Décembre	592	539	768	864	88,5
Module	1 238	1 192	1 497	1 545	

On s'aperçoit immédiatement que même pour un périmètre de 80 000 ha on pourra rencontrer des difficultés pour assurer une irrigation normale en année d'étiage faible (1950) et naturellement en année d'étiage minimale (1945) ; ces difficultés se présentant en avril et en juin.

On fera alors observer :

- 1° - que considérer l'année 1945 est s'imposer une condition très dure et qu'il serait plus normal de considérer l'année 1943 d'étiage décennal minimal, en admettant une récolte moyenne ou mauvaise sur dix ;
- 2° - qu'en avril l'irrigation est prévue sur des secteurs proches du point A (Dougabougou pour la canne - agrumes, etc...) et que les pertes sur l'adducteur sud-nord pourraient être ainsi calculées sur 30 km au lieu de 118, soit un gain de $11,4 \text{ m}^3/\text{s}$, ce qui ramènerait les besoins à $20 \text{ m}^3/\text{s}$, à la condition de construire un ouvrage de garde sur l'adducteur. D'après le plan du casier sucrier qui nous a été remis en octobre 1964, la prise du canal principal de ce casier se situe sur le canal du Sahel, 12 km en aval du point A ; c'est donc immédiatement à l'aval de cette prise que l'ouvrage de garde serait à prévoir.
- 3° - que la difficulté susceptible de se présenter en juin provient de ce qu'il a été prévu de commencer l'irrigation du riz et du coton dès le 1er juin, hypothèse retenue par ITALCONSULT que nous n'avons pas cru devoir modifier.

Si l'irrigation de l'une de ces plantes seulement était reportée au 15 juin, date habituelle, la difficulté tomberait d'elle-même. Le Service de l'Exploitation en possession de la prévision des crues pourra décider chaque année de procéder à des semis précoces dont les dates optimales sont :

- . le 15 mai pour le riz
- . le 1er juin pour le coton.

ou de s'en tenir à la date normale des semis qui est le 15 juin pour ces deux plantes. Mention faite que la date limite admissible pour le coton est le 15 juillet.

En conclusion, il apparaît possible d'assurer l'irrigation de 80 000 ha avec le débit naturel du fleuve, comme indiqué dans diverses études antérieurement citées.

2,5 LE CASIER SUCRIER

Pour conserver le pourcentage de répartition des cultures admis par ITALCONSULT, ce casier figure au tableau des besoins en eau pour 5 000 ha .

Or la note de M. ARRIGHI de CASANOVA : "la culture de la canne à sucre" de février 1961, expose que pour satisfaire l'approvisionnement d'une sucrerie dont le seuil de rentabilité est caractérisé par une production annuelle de 20 000 tonnes de sucre (laquelle correspond sensiblement aux besoins du Mali dont les importations de sucre ont été de 28 600 tonnes en 1962 et 17 000 en 1963), il faut une production au champ de 220 000 tonnes de cannes assurant un taux d'extraction de 9 % .

Sur la base d'un rendement moyen estimé possible de 80 tonnes de cannes à l'hectare, la surface en production doit être de 2 800 ha ; ce qui exige un périmètre aménagé de 4 000 ha pour tenir compte des parcelles en plantation (1/4 de S) et d'éventuelles jachères.

M. BERNIER dans son "avant-projet d'aménagement de Dougabougou " du 20 février 1962, précise que ce casier présente une surface nette irrigable de 4 400 ha et prévoit une irrigation continue sur 3 000 ha.

Si l'on se souvient par ailleurs que le plan quinquennal 1962/66 a pour l'un de ses objectifs la mise en culture de 3 000 ha de canne, que le Service de l'Exploitation de l'Office prépare actuellement un casier de 4 000 ha dans le Kaka Supérieur, on pourra admettre de substituer le chiffre de 3 000 à celui de 5 000 dans le calcul des besoins en eau du programme des 80 000 ha. Les besoins s'en trouveraient réduits en avril de 32 m³/s à 29,4 m³/s sur la base d'un module d'irrigation de 1,3 l/s.ha qui tient compte des pertes au champ dans la proportion de 30 % environ. M. AV précise que le module ne pourra être définitivement fixé qu'après les résultats de la première campagne d'essais qui se poursuit actuellement sur 40 ha.

Cependant, M. BERNIER note dans son avant-projet que si l'irrigation du Kala Supérieur (qui comprend le casier sucrier) a été prévue à l'origine à partir du canal COSTES à ouvrir et à brancher sur le canal adducteur au point A, cette irrigation par

gravité exige que soit atteinte la cote de retenue (+ 300,50) à Markala. Or, en étiage, quand le débit naturel du fleuve est inférieur à $50 \text{ m}^3/\text{s}$, cette cote ne peut pas être obtenue à cause des prélèvements de l'Office pour assurer la navigation intérieure et les besoins en eau potable des colons. C'est pourquoi, dans l'attente d'une régularisation du débit d'étiage, il a été prévu une irrigation des cannes à sucre par pompage - solution onéreuse on s'en doute.

Si d'ailleurs la circulation sur les canaux est un impératif catégorique pendant la période de commercialisation de la récolte, de décembre à mars inclus, il est permis de se demander si tous transports ne pourraient pas être suspendus en avril et mai au bénéfice des irrigations ? Le graphique des débits aux ouvrages du point A pour la période du 15 mai 1960 au 15 mai 1961 montre d'ailleurs que le débit cumulé des canaux du Sahel et du Macina est minimal en avril-mai, et de l'ordre de $25 \text{ m}^3/\text{s}$.

o
o o

Avant de passer à l'aménagement d'un casier sucrier de 3 000 ha et à l'édification d'une sucrerie de 20 000 tonnes, M. GUILLAUME avait suggéré " de mettre en place une expérimentation sommaire en vue de mesurer les possibilités de réussite de cette culture et de dégager pour l'essentiel les conditions d'adaptation de la plante au milieu local ; ce d'autant plus qu'il n'y a pas de culture locale sur pied qui permette de prendre la mesure des possibilités de réussite technique de la culture industrielle de la canne ".

M. GUILLAUME estimait " qu'une expérimentation agronomique préliminaire de 4 ans paraissait nécessaire et qu'elle devrait être suivie d'une deuxième phase de trois années pour une expérimentation plus poussée et des essais de multiplication ". C'était long...

Il semble que l'on ait beaucoup attendu pour procéder à ces essais, peut être parce que M. ARRIGHI, pour éviter les longs délais d'expérimentation (une canne ne peut se juger qu'au bout de 5 à 6 ans) avait suggéré de passer outre aux essais en station et de multiplication pour choisir "a priori" des variétés à multiplier, quitte à rectifier le tir par la suite. C'est évidemment très hasardeux, surtout après les expériences souvent décevantes sur le coton.

Quoi qu'il en soit on peut voir, en octobre 1964, dans les limites du casier de Dougabougou, une station d'essais groupant, sur 40 ha, 7 variétés de canne de belle venue ; par ailleurs, à cette même date, 500 nouveaux ha sont préparés, mais non encore plantés. C'était évidemment par un tel essai qu'il fallait commencer.

°
° °

Il apparaît que la note de M. ARRIGHI et l'avant-projet de M. BERNIER soient à substituer au paragraphe "canne à sucre" du chapitre du rapport de M. GUILLAUME, concernant la diversification des cultures, avec cependant cette réserve que la sélection par les généticiens d'une variété de canne adaptée aux sols et au climat doit précéder tout lancement d'une culture à l'échelle industrielle.

°
° °

On retiendra que la culture de la canne demande un drainage parfait et pour cela M. ARRIGHI estime nécessaire que la nappe soit rabattue à 1,50 m au-dessous du niveau du champ. Cette exigence, dans les conditions d'emplacement du casier de Dougabougou, fait qu'un bon drainage ne pourra être obtenu que par pompage, précise M. AV en octobre 1964.

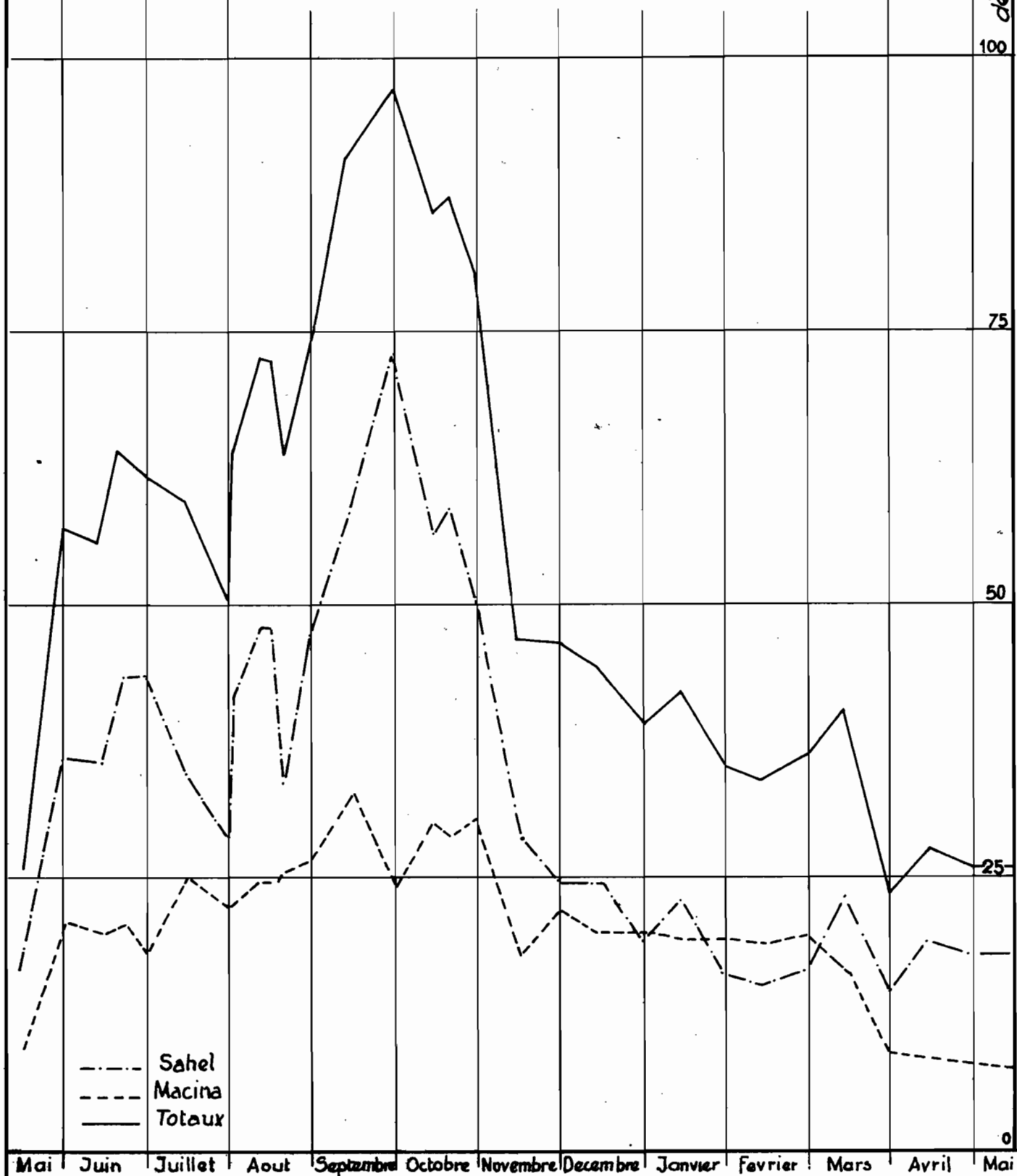
Le débit de drainage est calculé d'après la formule :

$$Q = 10 S^{3/4} \quad (Q \text{ en l/s et } S \text{ en ha})$$

Formule vérifiée dans les conditions climatiques de l'Office dit M. BERNIER.

°
° °

DEBITS DES OUVRAGES DU POINT A du 15 Mai 1960 au 15 Mai 1961



MAL. 50.012 P.G.1

M. MORIN
1 FEV 65

2,6 LE PERIMETRE COTONNIER

L'objectif final de l'Office du Niger est d'accroître sensiblement le tonnage de coton produit. On peut atteindre cet objectif :

- soit par l'extension des superficies aménagées ,
- soit par une culture intensive sur les superficies déjà aménagées; ce résultat est obtenu par un superplanage du sol, l'utilisation d' engrais minéraux (200 kg à l'ha d'engrais azotés phosphatés) et l'emploi d'insecticides.

M. GUILLAUME avait estimé que le superplanage et l'emploi d'engrais et d'insecticides représentaient une dépense à l'hectare équivalente à la production de 1 300 kg de coton graine.

Des essais récents ont montré que la culture intensive était payante et il semble bien que l'Office adopte cette méthode qui, pour un même tonnage produit, demande une quantité d'eau d'irrigation très inférieure.

15 000 ha de coton en culture intensive doivent permettre d'atteindre l'objectif que s'est fixé présentement le Ministère du Plan : la production de 30 000 t de coton graine, soit 3 fois environ le tonnage actuellement récolté.

Un autre facteur est à prendre en considération : le rendement à l'égrenage qui est déjà passé de 32 à 33 % , et doit pouvoir atteindre 38 % .

°
° °

En conclusion, le plus urgent ne paraît pas être de mettre un débit supplémentaire à la disposition de l'Office, mais de valoriser au maximum l'utilisation du débit naturel en le consacrant à des cultures très riches : blé - dah - agrumes - canne à sucre, ou à des cultures intensives à haut rendement : coton .

C'est bien là l'orientation nouvelle donnée aux activités de l'Office par le premier plan quinquennal, en opposition à une politique un moment envisagée d'adopter la pré-irrigation (mars-avril), les semis précoces (15 mai - 15 juin), la culture du riz à contre-saison (décembre à avril) et la prolongation des irrigations du coton du 15 décembre au 15 février ; politique qui eût exigé dans l'immédiat un accroissement du débit d'étiage du fleuve.

Mention doit être faite que l'introduction du blé et du maïs sur les terres de l'Office est provisoirement abandonnée.

En ce qui concerne l'irrigation du coton au delà du 15 décembre, nous avons vu que cette plante reçoit déjà des doses très importantes (15 à 18 000 m³ par ha et par an), très supérieures à ses besoins réels ; cet état de chose s'expliquant par l'abondance de l'eau à disposition des colons, dont la redevance est forfaitaire, indépendante du rendement obtenu. Sur de nombreuses parcelles, de telles doses conjuguées avec un planage insuffisant ont pour conséquence le maintien en eau des parties basses et la submersion du collet de la plante.

On constate même que les premières cueillette correspondant aux plantes dont la floraison et la capsulation sont assurées par les seules pluies, fournissent 75 à 80 % de la production totale. Dans les conditions actuelles d'exploitation (irrigations et drainage défectueux) une prolongation des irrigations ne pourrait qu'allonger la végétation d'une plante déjà arrivée au bout de son cycle, sans apporter une augmentation notable du rendement. On peut même se demander si le coton américain ne souffre pas d'un excès d'eau ? (M. MAS - mars 1958 - doc.X-13).

°
° °

M. GUILLAUME dans son rapport de mission 1958/59 (doc.X-15) arrivait à des conclusions similaires :

- 1° - l'échec technique de la culture du coton égyptien et de celle du riz à contre-saison rend pour le moment sans objet une analyse économique en vue d'estimer l'éventuelle rentabilité d'un barrage - réservoir ;
- 2° - la conjonction des fortes pluies d'août-septembre avec un débit d'entretien des rizières mal contrôlé et trop généreux entraîne l'engorgement temporaire de la colature, préjudiciable au riz comme au coton (casiers de Niono et de Boky Wéré),
- 3° - une meilleure connaissance des besoins en eau des cultures a progressivement réduit, depuis 1932, les estimations des surfaces irrigables par le débit naturel du fleuve. Sur la base des modules actuellement admis pour le riz et le coton et des pertes contrôlées sur le réseau adducteur, le débit naturel doit permettre d'irriguer sur un périmètre de 300 000 ha

. 92 000 ha de coton américain

. 116 000 ha de rizières (46 000 ha de riz vivrier)
(70 000 ha de riz industriel)

. 92 000 ha restant en jachère

c'était un peu optimiste, nous l'avons vu.

Quoi qu'il en soit :

- si à court terme, 5 à 10 ans, les besoins en eau de l'Office paraissent pouvoir être satisfaits par le débit naturel du fleuve,
- le problème sera à reconsidérer pour les besoins à moyen terme (15 à 20 ans) en fonction des développements et des résultats obtenus au cours de la prochaine décennie ,
- à long terme (30 à 50 ans), un développement tout à fait normal de l'Office devrait conduire à un périmètre aménagé de 156 000 ha qui exigera alors une régularisation du débit d'étiage du Niger.

°
° °

La culture du coton revêtant pour l'Office une importance particulière, il paraît opportun de mentionner en ce chapitre les résultats obtenus en culture sèche ainsi que les prévisions d'extension de cette culture.

Tonnage en coton graine

	1963/64	prévisions 1964/65	prévisions 1969/70
Bamako	256 t	500 t	1 000 t
Bougouni	94	500	1 000
Sikasso	2 634	4 000	8 000
Koutiala	8 192	10 000	20 000
San	2 000	2 500	5 000
Ségou	2 578	3 700	7 400
	15 754 (1)	21 200 (2)	42 400

Ces résultats ont été obtenus par le paysannat malien guidé par un service d'encadrement composé en majeure partie de moniteurs maliens. Le CDDT n'intervient que comme conseil du service d'encadrement. La formation de celui-ci est très importante, son action devant pouvoir s'étendre un jour sur le périmètre cotonnier de l'Office.

Dans la région de Koutiala, il a pu être obtenu des rendements de pointe de 3 150 kg à l'hectare, avec engrais et insecticide, mais en moyenne sur 1 000 ha répartis dans différents villages le rendement a été de 1 300 kg/ha ce qui n'est déjà pas mal. Cela avec pour l'ensemble du territoire deux ou trois variétés seulement de coton américain à moyenne soie type Allen : A-50, A-150 et A-58 333 ; en attendant un croisement plus adapté au milieu.

La récolte s'étage sur les trois mois de novembre, décembre et janvier.

(1) contre 14 780 t en 1962/63 et 3 825 t en 1959/60.

(2) chiffre confirmé par une évaluation de décembre 1964 de la récolte de cette campagne : 20/21 000 t (d'après "Marchés Tropicaux").

Le coton égrené a été expédié pour 4 300 tonnes sur Abidjan via Bobo Dioulasso, 80 tonnes sont parties de Bamako, 860 tonnes sont parties de Ségou.

2,7 LES ACTIVITES INDUSTRIELLES DE L'OFFICE DU NIGER

L'Office dispose de :

- 4 rizeries

dont 2 dans le secteur du Kala et du Kouroumari, à Niono et Molodo, capables de traiter 20 000 tonnes de paddy, équivalent de 13 000 t de riz

et 2 dans le secteur du Macina à Kokry et Kolongo ; la première desservie par le Niger est capable de traiter 2 000/2 500 t de riz ; la deuxième desservie par le canal du Macina peut traiter 5 000 t de riz ;

- une 5ème rizerie est projetée à Kourouma pour traiter 25 000 t de paddy, équivalent de 16 000 t de riz. En attendant, le paddy du Kouroumari est usiné, soit à la rizerie de Niono, soit à celle de Molodo, ce qui va à l'inverse de la tendance actuelle qui est de placer la rizerie au plus près des zones de production ;

- 2 usines d'égrenage et 1 huilerie - savonnerie à Niono dans le secteur du Kala et du Kouroumari, capables de produire 3 500 t de coton fibre et 1 000 t d'huile et de savon ;

- 6 magasins généraux ;

Un combinat textile capable de traiter 2 500 t de coton fibre est prévu à Ségou.

Par ailleurs, l'Office doit assurer le transport, conjointement avec la Cie Maliennne de Navigation, d'un important tonnage de céréales et de biens de consommation. Le canal du Sahel dessert trois secteurs et assure le transport des produits des rizeries de Niono et Molodo, des usines d'égrenage et de l'huilerie de Niono ; dans l'avenir il assurera le transport des produits de la rizerie de Kourouma.

A l'importation, outre les biens d'équipement et les produits de l'alimentation, l'Office doit assurer le transport des engrais, soit dans un avenir proche : 3 000 t sur la base de 200 kg par ha de coton.

Le riz est exportable à partir de janvier.

Le gros tonnage de coton se vend en saison sèche ; il se transporte par route au delà de Ségou, le fleuve étant alors impraticable. Quand l'objectif du Plan concernant cette culture aura été atteint par l'Office : 30 000 t de coton graine, on disposera à Ségou de 11 000 t de coton fibre (dont 1 000 t de culture sèche) ; 2 500 t seront traitées sur place dans le combinat textile et 8 500 exportées.

Office du Niger

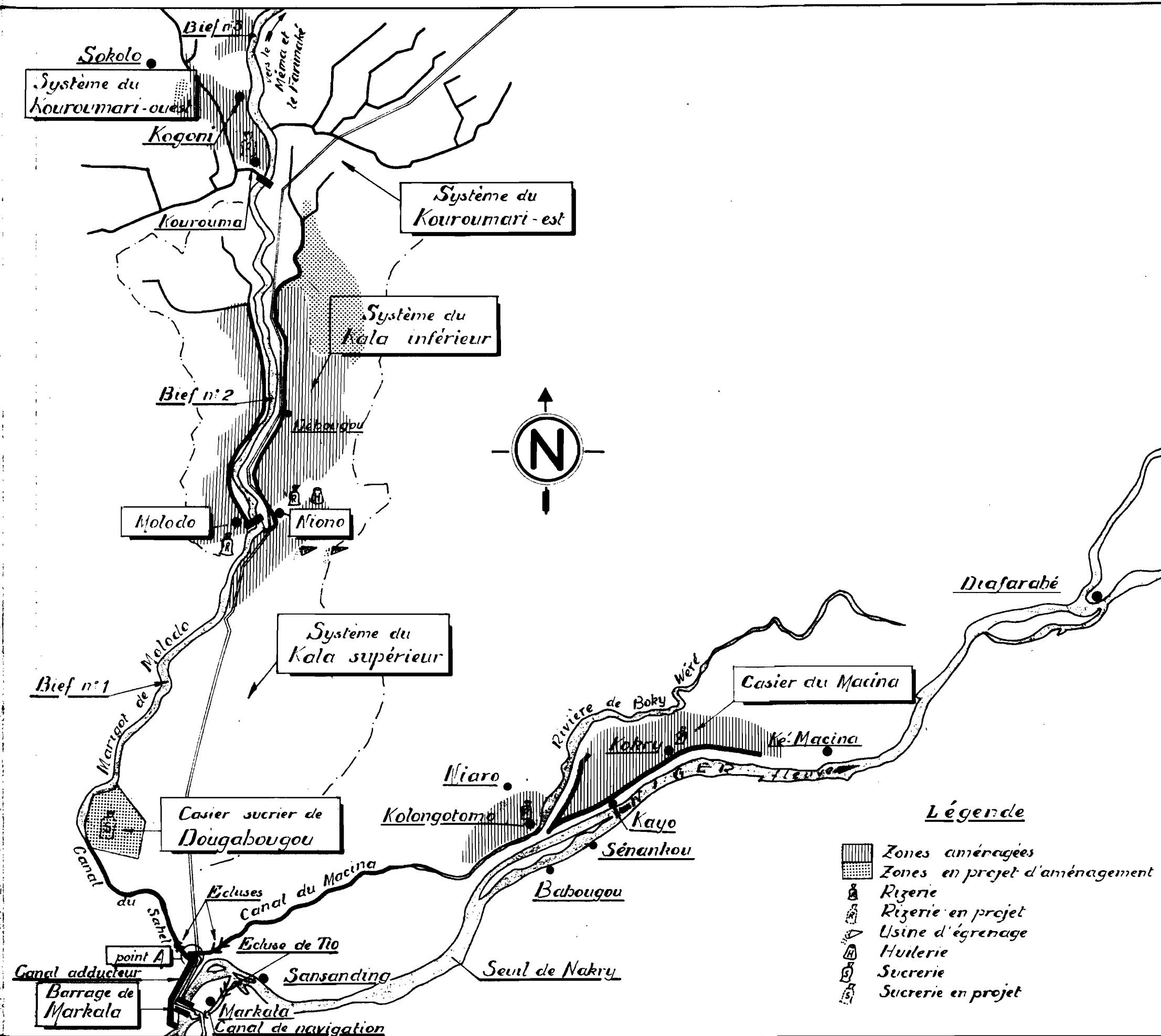
Plan schématique du système hydraulique

Echelle 1/500.000

MAL. 50.013 P.61

Janvier 1965

M. Morin.



LES AMÉNAGEMENTS HYDROAGRIQUES TYPE GENIE RURAL

M. CHEVERRY, Directeur du Génie Rural, définissait (1) ainsi la situation de la riziculture au Mali en février 1961 :

" Bien que le riz soit par excellence la céréale des pays tropicaux, on ne recensait encore en 1960 que 150 000 ha de rizières, contre 1 300 000 ha de mil.

" L'extrême irrégularité, tant annuelle qu'interannuelle, qui caractérise les ressources en eau disponibles pour l'agriculture au Mali explique le peu d'extension de la riziculture, aux exigences en eau très précises".

" Cependant une politique d'aménagements hydroagriques, base de toute extension ou intensification de la riziculture a pris corps : de 1950 à 1960, 30 000 ha de rizières ont été aménagés. Le programme de 1961 porte sur plus de 14 000 ha".

" La riziculture traditionnelle, soumise aux multiples aléas de l'inondation naturelle, restait localisée dans certaines zones favorisées (le delta central nigérien), ou considérée comme culture d'appoint réservée aux femmes".

" La riziculture en casiers aménagés se révélant sure et payante, l'opinion des cultivateurs a évolué ; les demandes d'aménagements se sont multipliées".

" La riziculture a de plus en plus été considérée comme une culture "commercialisable" et non uniquement comme une culture "vivrière".

" Mais l'organisation du marché du riz n'a pas progressé comme la production ; certains marchés locaux se sont trouvés engorgés".

(1) document VII-4 .

" Les impérieux besoins à moyen et à long terme du Mali en produits vivriers (poussée démographique - élévation du niveau de vie) et les débouchés qu'offre l'Afrique de l'Ouest incitent à persévérer dans la politique entreprise d'aménagements hydromorphologiques.

" Le riz est la meilleure céréale vivrière que l'on puisse cultiver au Mali, là où existent ou peuvent être créées des conditions hydrauliques favorables. Sa culture peut fournir au producteur des appoints commercialisables intéressants ; dans la hiérarchie des revenus à l'hectare, elle vient devant l'arachide et le mil.

" Là où existent à la fois des terrains exondés et inondés les premiers sont la plupart du temps en voie d'épuisement et d'érosion et de ce fait doivent être "soulagés" au maximum des cultures vivrières peu productives (mil) et consacrés aux cultures riches avec l'appoint de tous les apports de matières organiques disponibles.

" Bien que la gamme variétale du riz soit très étendue et que celle des conditions écologiques soit étalée, rares sont au Mali les sites permettant d'implanter une riziculture sûre et rentable sans aménagements préalables.

" Par une coïncidence curieuse, sur divers territoires de l'Ouest Africain, le Génie Rural a mis au point, ou préconisé, des types d'aménagements assez voisins dans leurs conceptions fondamentales et arrivant tous techniquement à l'adoption de l'irrigation par submersion naturelle contrôlée. La caractéristique fondamentale d'un tel aménagement est une exploitation en culture traditionnelle améliorée et la recherche d'un aménagement économique et à caractère social.

" L'aménagement moyen aura une superficie rizicultivable de 1 000 ha (dont 800 en riz et 200 en jachères) ; son coût initial se situera aux environs de 25 millions de francs maliens ; sa mise en valeur progressive pourra être réalisée en 5 années, avec un rendement :

minimal de 1	t/ha en culture traditionnelle non améliorée
moyen de 1,25	t/ha en culture traditionnelle améliorée
maximal de 1,60	t/ha en culture traditionnelle très améliorée.

" Ainsi sera créé en un point un potentiel de production de 800 à 1 200 tonnes de paddy, d'où il ressort un coût d'investissement à la tonne/an de paddy variant de 20 à 30 000 Fr maliens, donc très faible.

" Parallèlement aux travaux d'aménagements permettant une régularisation de la submersion, on doit entreprendre ou poursuivre :

- l'amélioration des techniques culturales ,
- la lutte anti-acridienne ,
- la destruction des plantes adventices ,
- la formation des cadres techniques d'encadrement.

" Il y aura à prévoir parfois une délimitation entre rizières et bourroutières (nécessaires aux troupeaux). C'est là un problème de planification régionale ".

o
o o

Une distinction géographique s'impose tout d'abord entre les divers sites d'aménagements possibles ou réalisés :

- Haute vallée

Les rizières en haute vallée appartiennent davantage au système pluvial que fluvial et l'aménagement a beaucoup plus pour objet de se protéger de la crue du fleuve que de s'en servir, sauf à utiliser quand il y a lieu la crue de marigots affluents.

Les sites aménagés se situent, de la frontière de Guinée à Koulikoro :

- dans les cuvettes d'inondation du lit majeur (alluvions récentes) séparées du lit mineur par un bourrelet alluvial plus ou moins étanche ,
- dans les thalwegs d'écoulement d'eaux de ruissellement (première terrasse alluviale exondée) à leur débouché dans le lit majeur.

Mais cette région comprend aussi les vallées secondaires des rivières : Sankarani - Tié - Ouassoulou ...

L'aménagement type est constitué par :

- . un ou des ouvrages de contrôle de l'alimentation en eau, adaptés aux conditions locales ,
- . un dispositif de protection contre les entrées d'eau intempêtes (digues contre les crues du fleuve ou les eaux de ruissellement) ,
- . un ou des ouvrages de vidange, régulateurs du plan d'eau.

Outre les pluies, les ressources en eau proviennent soit de la crue des marigots, exutoires de bassins versants importants couvrant les terrasses alluviales anciennes, soit de ruissellement diffus en nappe provenant de bassins versants réduits. Aucun aménagement récent ne fait appel aux hautes eaux de crue du Niger.

Au 30 juin 1960 on trouvait 4 800 ha aménagés en 11 casiers, dont Keniégué et Banarjoro représentant 800 ha aménagés (560 en culture).

La superficie nouvelle aménageable à courte échéance était évaluée à 3 000 ha.

Le coût de l'aménagement était évalué en 1960 à 30 000 Fr maliens l'hectare rizicultivable.

En conclusion, ce type d'aménagement ne fait pas appel à l'eau du Niger pour l'irrigation. Il requiert par contre une protection efficace par digues contre la nappe d'inondation de ce fleuve.

En ce qui nous concerne, nous n'apporterions une gêne à ces aménagements très localisés que si nos propositions avaient pour conséquence une surélévation des cotes naturelles de crue du Niger ; ce ne sera pas le cas.

On pourrait se poser la question de savoir si une régularisation du débit d'étiage du Niger permettrait une irrigation de saison sèche de certains de ces casiers ? C'est là une question de topographie locale ; nous n'avons aucun élément pour y répondre et nous pensons d'ailleurs qu'un éventuel débit supplémentaire d'étiage serait à réserver pour les cultures irriguées de l'Office du Niger.

- Moyenne vallée du Niger

De Koulikoro à Diarafabé le lit majeur se rétrécit, les cuvettes riveraines sont hautes et largement ouvertes sur la plaine. Les possibilités d'aménagement sont limitées. La majorité des villages est insuffisamment pourvue de terres.

Les sites aménagés se situent dans les plaines inondées ou dans le lit majeur, plus particulièrement dans un ancien bras de ce lit ou dans un ancien effluent qui, se trouvant coupé du lit actuel par un bourrelet alluvial, va constituer une cuvette à pente longitudinale faible, bien délimitée.

L'aménagement type est réalisé par un endiguement du périmètre et une submersion contrôlée par des ouvrages d'alimentation et de drainage, mais à la différence des périmètres de la Haute Vallée, l'eau d'irrigation est celle de la crue du fleuve. Il importe donc d'estimer correctement :

- 1° - la crue faible de fréquence 0,9 (l'alimentation du casier a moins d'une chance sur dix d'être déficitaire). La surestimation des faibles crues conduirait à baser les projets sur des cotes de plans d'eau trop élevées qui se réaliseraient donc plus rarement que prévu, ce qui est grave lorsque la crue constitue l'unique ressource en eau,
- 2° - la cote maximale atteinte par la crue cinquanteaire, la sous-estimation des fortes crues conduisant à un endiguement des berges trop faible.

Dans cette zone toute modification au régime naturel de la crue du Niger ne peut être apportée qu'en accord avec le Génie Rural. Mais une réserve de régularisation de 1 ou 2 milliards de m³

dans la Haute Vallée ne saurait provoquer un effet sensible d'écrêtement sur la crue naturelle.

Au 30 juin 1960 il y avait 18 500 ha aménagés en trois grands périmètres dont Tamani - Konodimini qui représentait à lui seul 10 500 ha (dont 8 000 seulement cultivés).

De plus, le Génie Rural prévoyait un aménagement de 3 800 ha à courte échéance et à échéance plus lointaine l'endiguement de 10 000 nouveaux hectares entre Sansanding et Macina.

Sur les terres hautes des casiers installés à proximité immédiate du fleuve, en amont de Sansanding où le débit d'étiage est encore appréciable, le Génie Rural envisage d'installer des cultures irriguées de saison sèche avec pompage au fleuve.

Une régularisation du débit d'étiage à 100 ou 200 m³/s ne pourrait qu'être favorable à de telles cultures ; mais avec le débit naturel, mieux vaudrait réserver celui-ci aux périmètres de Baguinéda et de l'Office du Niger.

- Moyenne vallée du Bani

Mêmes caractéristiques d'aménagement que pour la moyenne vallée du Niger. Les casiers se situent de Dioïla à Baramandougou (2 000 ha récents- juillet 1964) périmètre de San 6 000 ha.

Les possibilités d'aménagement sont ici plus importantes ; de plus quelques plaines de la rive droite peuvent bénéficier de l'appoint de gros marigots.

L'endiguement permet une récupération très importante de terres de cultures sèches. Cette superficie complémentaire, qui représente 50 % du périmètre irrigué - les terres basses étant utilisées en rizières - n'était souvent pas cultivable avant endiguement (en forte crue elle était inondée, donc impropre aux cultures sèches ; en faible crue elle était exondée ; donc impropre à la riziculture).

En 1959 on trouvait 11 000 ha aménagés, dont 7 500 cultivés. Les prospections et études portaient sur 4 aménagements nouveaux possibles, représentant au total 12 000 ha.

- Delta central nigérien

Il s'agit des zones basses du delta vif recouvertes par la crue du Niger, du Bani et de leurs effluents : à partir de Diafarabé-Djenné en amont jusqu'au lac Débo en aval, soit à l'amont immédiat de la région lacustre.

On trouve là une série de grandes plaines dont certaines offrent topographiquement des possibilités de fermeture latérale. On applique alors la technique des casiers du Moyen Niger.

Par ailleurs, dans le centre du delta vif, on rencontre des cuvettes avec mare permanente au centre, isolées du réseau hydrographique principal par des levées alluviales soumises en hautes eaux à des débordements en nappe généralisés. On cherche alors à améliorer d'une part le début du remplissage, d'autre part la vidange de la cuvette en reprofilant les dépressions assurant la liaison avec le réseau général.

Les possibilités d'aménagement sont ici considérables :

- semi-aménagement du Pondory (ancien), amenée d'eau ,
- aménagement en service du Diaka (8 000 ha) - casier de Kara,
- station expérimentale de riz flottant de Ibétéri.

Les plaines aménageables prospectées en amont de Mopti, principalement sur la rive droite du Bani, représentent 27 300 ha.

Le problème n° 1 est la lutte contre les poissons rizophages. Il faut pour cela assainir les cuvettes résiduelles en basses eaux en limitant les entrées d'eau, en interposant des grilles à poissons, etc ...

Compte tenu de la date tardive des plus hautes eaux et de la lenteur de la décrue, il est impossible d'arriver à une submersion contrôlée satisfaisant aux besoins de la riziculture à tous ses stades.

La récolte doit se faire alors que la plupart des rizières sont encore inondées, d'où la nécessité d'un choix judicieux des variétés.

L'exploitation des rizières aménagées se heurte aux intérêts des pêcheurs et des éleveurs.

L'aménagement ne crée pas de nouvelles zones rizicoles, il se contente d'améliorer les conditions d'une riziculture existante (action sur les poissons rizophages et le rythme de mise en eau ...).

Le coût de l'aménagement à l'hectare d'un périmètre rizicole doit rester inférieur à 20 000 francs maliens pour être rentable. Ainsi des casiers réalisés hors des sites géomorphologiques appropriés auraient des prix de revient inacceptables.

Les premiers aménagements du type semi-aménagements, conçus et réalisés vers 1945, à une époque qui vit se succéder des crues faibles, donnèrent satisfaction le temps que durèrent ces types de crue. Le manque d'entretien aidant, de fortes crues apparaissant, ils devinrent souvent inutilisables, parfois néfastes.

La généralisation de périmètres endigués à l'intérieur du delta vif présenterait de sérieux dangers en compromettant l'écoulement et l'étalement des crues. On ne retiendra donc pour ce type d'aménagement que les sites extrêmement favorables ; pour les autres il faudra revenir à la méthode des semi-aménagements qui, bien que très simple en apparence, demande une étude hydrologique préalable approfondie ; l'expérience l'a démontré.

Dans un avenir proche on sera peut être amené à envisager des "semi-aménagements" non plus rizicoles, mais "bourgoutiers". le "bourgou" a lui aussi des exigences vis-à-vis du régime d'inondation ; son exploitation est elle-même liée à un certain rythme de crue et de décrue qu'il serait certainement possible d'améliorer.

Nous sommes là, semble-t-il, en présence d'aménagements qui peuvent se traiter en dehors des problèmes qui nous préoccupent et qui concernent la régularisation du débit d'étiage pour prolonger la période de navigabilité du grand fleuve, assurer une meilleure répartition des irrigations de l'Office du Niger et améliorer le rendement des équipements hydroélectriques.

- Zone lacustre

Du lac Débo à Tossaye

Les aménagements rizicoles du Génie Rural sont ici limités au lit majeur et aux mares en communication directe avec le fleuve.

Les plus hautes eaux se produisent assez régulièrement courant décembre ou début janvier. Il y a donc discordance entre les besoins en eau du riz et la date de l'onde de crue.

Les essais de désaisonnement du riz n'ont pas jusqu'ici donné de résultats concluants :

L'aménagement type se caractérise par :

- . un casier rizicole fermé par un endiguement insubmersible ,
- . un ouvrage de contrôle de l'admission d'eau ,
- . une lutte contre les poissons rizophages.

- Zone post-deltaïque

Nous désignons ainsi le lit majeur du Niger entre Tossaye et Labbezenga.

Il y a là discordance complète entre les besoins en eau du riz et les possibilités d'alimentation par les plus hautes eaux du fleuve qui se produisent courant janvier ou février.

Les terrains rizicoles sont limités aux zones les plus basses du lit majeur. L'endiguement généralisé en plein lit majeur étant impossible, l'action d'un semi-aménagement doit porter uniquement sur la période suivant immédiatement l'étiage (juin-août). Il s'agit de retarder de 15 à 30 jours l'entrée de l'eau, laissant ainsi au riz le temps de se développer suffisamment pour être en mesure de "suivre" la crue (riz flottant uniquement).

Nous ferons nôtres les conclusions du Génie Rural :

" Ces deux dernières régions ne doivent pas être retenues comme zones d'expansion possible de la riziculture étant donné les difficultés d'exploitation et l'intérêt relativement limité des aménagements ".

°
° °

Dans son rapport de mission de 1958/59, M. GUILLAUME tire les principaux enseignements de l'analyse des aménagements antérieurs :

- a - les aménagements complets d'irrigation dirigée se heurtent à des obstacles techniques, économiques et humains; ils sont à déconseiller présentement, sauf pour l'Office du Niger ,
- b - en revanche il faut étudier de plus près les possibilités de la culture irriguée dans son cadre traditionnel (zone lacustre - Niger Oriental) ,
- c)- il faut développer les productions fruitières et maraîchères aux abords des grandes agglomérations urbaines (Baguinéda) ,
- d - le principal effort doit porter sur les plaines inondées d'alluvions récentes, relativement fertiles et propices à la riziculture et à la culture de décrue ,
- e - on n'aboutira qu'à une régularisation partielle de la submersion sans pouvoir, ni changer le niveau de la crue, ni avancer son arrivée, ni retarder la décrue, (nous sommes en principe d'accord, mais une régularisation partielle liée à un service de prévision des crues doit tout de même provoquer une amélioration sensible du tonnage moyen par hectare, dans une première étape),
- f - en haute vallée, une pluviométrie plus abondante, liée à une irrigation possible à partir des marigots affluents, doit permettre un régime de submersion plus régulier.

M. GUILLAUME essaie ensuite d'établir une comparaison entre le coût d'un aménagement type Génie Rural au Mali, qui évolue entre 6 000 et 30 000 Fr et celui d'un aménagement en République du Niger (irrigation dirigée - endiguements intérieurs - canaux d'irrigation et de drainage - planage) beaucoup plus coûteux (197 à 358 000 Fr CFA).

La comparaison est faite également avec un aménagement type Office du Niger, où les investissements par hectare sont près de 8 fois supérieurs, mais 4 fois seulement par tonne de production et 3 fois par tonne effectivement commercialisable.

Nous croyons que cette deuxième comparaison sera à faire seulement quand les aménagements type Génie Rural au Mali auront subi l'épreuve du temps. Par ailleurs le coût de l'investissement par hectare à l'Office du Niger doit s'abaisser au fur et à mesure de l'extension des superficies cultivées à l'intérieur du périmètre dominé par les canaux principaux.

°
° °

En octobre 1964, M. THIOUBIANO, l'actuel Directeur du Génie Rural, fait le point de la situation.

Les 85 000 ha de rizières aménagés par son service sur l'ensemble du territoire sont bien irrigués, quand l'esoin est, par submersion contrôlée ; cette superficie dont fait état l'étude d'ITALCONSULT de mars 1964 intéresse aujourd'hui 95 000 ha.

On peut estimer que 50 % seulement de ces 95 000 ha aménagés sont mis en culture, avec toutefois cette réserve que pour certains grands périmètres (Tamani - San) cette proportion atteint 100 % ; par contre de nombreux petits périmètres, de superficie inférieure à 1 000 ha, ont été plus ou moins abandonnés ; ainsi sur le Diaka on trouve 2 000 ha en culture pour 10 000 aménagés, alors qu'à Tamani, outre les 10 000 ha aménagés et entièrement cultivés, des extensions sont en cours. Cela peut être une indication pour l'avenir, nous croyons qu'il faudrait porter l'effort sur les grands périmètres dont on peut surveiller plus étroitement la mise en valeur en disposant d'un encadrement agricole compétent et d'une surveillance mieux assurée des digues et des ouvrages.

Par ailleurs, il nous est confirmé :

- 1° - que les rendements : 1,5 tonne par ha en moyenne, avec des pointes de 2 tonnes sur de très bonnes terres, se maintiennent au niveau de ceux relevés en 1960 ;

- 2° - que le coût moyen à l'hectare d'un aménagement rizicole réalisé par le service oscille entre 20 000 et 30 000 Fr maliens ;
- 3° - qu'en moyenne vallée et plus particulièrement à Ségou, le riz est semé sous pluie, le développement du cycle végétatif étant assuré par submersion contrôlée de la rizière à partir de la crue du grand fleuve. La prévision de cette crue, ainsi que celle de la décrue, présentent un grand intérêt pour l'exploitation des casiers (admission de l'eau de submersion d'une part, drainage d'autre part). A l'intérieur d'un même casier on cultive plusieurs variétés pour tenir compte du micro-relief ; la lame d'eau de submersion pouvant varier par suite de ce fait de 0,20 à 1,50 m.

Les rendements dans cette région de Ségou sont bons, de l'ordre de 2 tonnes/ha.

Le Service du Génie Rural expose les difficultés nouvelles rencontrées dans l'exploitation :

- du périmètre de Bénéry Kogny, par suite de l'arrêt des prévisions de crue sur le Bani, prévisions qui étaient basées sur la pluviométrie du bassin versant,
- du périmètre de Tamani, la Guinée ne fournissant plus les relevés pluviométriques qui permettaient une prévision des crues en temps opportun. Il serait utile d'obtenir rapidement, en compensation, les caractéristiques de la crue à Keniéroba qui permettraient de faire une prévision plus tardive, mais encore utile.

Nous avons exprimé ces mêmes désirs au chapitre I dans le paragraphe "La prévision des crues".

4 LA REGION LACUSTRE

4,1 CARACTERES GENERAUX

La "Région lacustre" (1) se situe à l'aval de ce que l'on est convenu d'appeler la "cuvette lacustre" ou "cuvette centrale", qui s'étend sur les deux rives du Niger, de Ké Macina à Tombouctou (Monographie du Niger - Tome I - Cuvette lacustre - Carte IV).

Cette "cuvette" est considérée par les géologues et les hydrologues comme un vestige de la mer intérieure qui existait aux temps anciens et dont la capture a été faite par un fleuve coulant nord-sud, dont le cours inférieur du Niger demeure le seul tronçon vivant.

Au cours des siècles, la mer intérieure a été colmatée par les dépôts solides du Niger Supérieur et les apports éoliens. Les dépressions qui subsistent, épargnées par l'invasion dunaire, sont protégées des vents d'est et de nord-est par des chaînons rocheux d'origine primaire, dont la hauteur relative par rapport au fond de la cuvette peut atteindre 300 mètres environ.

Aujourd'hui, à hauteur de Tilembeya, le fleuve se subdivise en deux bras : le Niger proprement dit et son effluent le Diaka, qui se rejoignent au lac Débo. De ce lac s'écoulent vers le nord-est trois bras principaux : le Barra Issa, l'Issa Ber, le Koli Koli et un réseau compliqué de bras et d'effluents secondaires qui traversent une région formée d'anciennes dunes fixées ; c'est là le "delta vif", ainsi nommé par opposition au "delta mort" formé d'anciens bras du Niger, maintenant stériles, tels le Fala de Molodo ou la Vallée du Serpent et situés au nord, nord-ouest du bief Bariako - Ké Macina.

(1) voir chapitre I la carte "La cuvette centrale du Niger et la région lacustre".

Les eaux du fleuve, dont le lit s'est exhaussé par alluvionnement, se trouvent à un niveau supérieur à celui de l'arrière pays qui est submergé à chaque crue ; c'est là une des caractéristiques hydrologiques essentielles de cette "cuvette centrale" où le fleuve n'occupe plus - comme dans son cours supérieur - la partie basse de son bassin versant dont il assure le drainage.

Du lac Débo. à Tassakant, quelques 60 km en aval de Diré, des dépressions particulièrement marquées, qui s'étendent en profondeur sur les deux rives du fleuve, prennent le nom de lacs et cet ensemble sur lequel les hydrauliciens se sont penchés pour en esquisser des projets d'aménagement prend le nom de "Région lacustre" ; c'est une région à densité de population relativement élevée, région de bourgoutières, d'élevage, de cultures de décrue et aussi région rizicole.

Par le réseau deltaïque les eaux du fleuve aboutissent à ces lacs, les uns voisins, les autres éloignés du lit mineur.

Certains lacs isolés sont rattachés directement au fleuve par un pédoncule de faible longueur, dont les caractéristiques hydrauliques sont généralement telles que la propagation de la crue dans le lac se fait avec un certain retard (15 à 30 jours). Par ailleurs le pédoncule présente au moins un seuil qui empêche le drainage total du lac à la décrue. Dans cette catégorie on trouve les lacs Horo et Fati.

D'autres lacs forment une chaîne, tels les lacs : Télé-Faguibine - Gouber - Kamango sur la rive gauche, ou Niangaye Dô-Garou sur la rive droite.

Ces derniers lacs présentent les caractéristiques suivantes :

- chacun des maillons de la chaîne se trouve en contre-bas du lac qui le précède, le premier lac en partant de l'amont se trouvant lui-même en contre-bas du Niger (ce pourrait être là l'effet d'une sédimentation dégressive des eaux limoneuses de la crue dont les dépôts sont évidemment plus importants dans le premier que dans le dernier lac de la chaîne) ;

- chacun des pédoncules reliant les lacs entre eux est affecté d'un seuil "critique" dont la cote se trouve être, le plus souvent, supérieure à la cote du fond de la cuvette immédiatement en amont, ce qui a pour effet de retarder et freiner l'admission de la crue dans le lac immédiatement en aval et de limiter le drainage de ce lac vers le fleuve en décrue ;
- la conséquence directe de cette topographie est que les lacs éloignés conservent la totalité des apports reçus pendant la crue. Au cours de la décrue et de l'étiage du fleuve, il n'y a aucun retour à celui-ci. Le niveau des lacs ne baisse que sous le double effet de l'évaporation et de l'infiltration.

°
° °

La zone rive gauche de la région lacustre, limitée par le Niger, le marigot de Tassakant et une ligne Goundam-Tindirma (embouchure de l'émissaire du Fati) constitue le "Kessou", vaste zone d'épandage des débordements du Niger et de son bras rive gauche le Katoua, mais aussi vaste zone de cultures traditionnelles : riz flottant et culture de décrue dont la production est soumise aux aléas de la crue et des pluies.

La superficie totale du Kessou - environ 120 000 ha - est sensiblement identique à celle de l'ensemble des lacs rive gauche (1). Près de 22 000 habitants vivaient dans cette région en 1956, soit 19 habitants au km².

Le drainage du Kessou est effectué vers les cuvettes, ou grands lacs, du nord-ouest par les marigots de Kondi et de Tassakant et leur multiples collecteurs.

La route Diré-Goundam divise cette zone en deux parties communiquant hydrauliquement par le pont de Dialoubé. La région triangulaire limitée au nord par cette route, au sud par le fleuve, à l'ouest par les chaînons gréseux qui bordent le lac Fati, est appelée le "Killi" ; elle comprend notamment les grandes "mares" de Sansan et de Gara (voir carte en fin de paragraphe).

(1) plus de 80 000 ha pour les seuls lacs Télé et Faguibine.

4,11 Le climat

La région lacustre a un climat de type sahélien. Une seule saison des pluies qui s'étend de juin à octobre et dont les caractéristiques principales sont : la faiblesse des précipitations, leur irrégularité et leur mauvaise répartition (pour une hauteur moyenne de 251 mm à Goundam on note un minimum de 140 mm et un maximum de 417 mm).

$$\text{L'indice d'aridité } Ar = \frac{P}{T + 10} = 6,7 \quad (1)$$

est caractéristique d'un climat aride d'après la classification de Martonne. D'après la classification d'Emberger, le coefficient pluviométrique pour la même période est caractéristique lui aussi d'un climat aride.

La région lacustre se situe à la limite nord de la zone de déplacement du front intertropical (FIT) ; la mousson n'y règne que trois mois, de juin à août ; son effet est bien atténué et se traduit par un vent du sud-ouest faible.

L'harmattan, au contraire, vent extrêmement sec et chaud du nord-est, souffle d'octobre à mai ; il est particulièrement violent en novembre et décembre.

Les températures sont caractérisées par des écarts très sensibles entre le jour et la nuit et des températures hivernales nocturnes très basses (minimum + 3°) qui provoquent la formation de rosée, favorable à la végétation.

L'évaporation journalière moyenne, en saison sèche, serait de l'ordre de 7 mm par jour sur les grandes nappes d'eau.

4,12 La Géologie

Une note géologique, avec carte, figure dans l'Etude Economique Préliminaire de la Région des Lacs rive gauche, présentée par la SOGETI¹ en 1956. Cette note rappelle les études géologiques antérieures et plus particulièrement celles de M. ARCHAMBAULT du BURGEAP et de M. PALAUSI du Service des Mines.

(1) P = moyenne des précipitations annuelles en mm
T = moyenne des températures annuelles en degrés C.

Très grossièrement et très succinctement, on peut dire que sur un socle ancien granitique imperméable dont les affleurements ne sont visibles que très en amont de Bamako, existe un faciès primaire gréseux qui se manifeste par des chaînes de collines de grès dur, parallèles et d'orientation nord-sud, émergeant dans la région de Goundam.

Dans la région des Daounas, dans le Tilemsi, au-dessus des formations primaires et en discordance, il existe un certain nombre de formations constituées par des quartz grossiers, des argiles rubifiées à feldspath kaolinisé, des produits ferrugineux, qui correspondent très vraisemblablement au "Continental terminal". Il semblerait, d'après les coupes de puits creusés, que des formations sédimentaires plus ou moins épaisses s'intercalent entre le "Continental terminal" et le primaire.

Les dépôts quaternaires sont constitués par trois formations :

lacustres - alluviales - dunaires.

L'eau souterraine existe surtout dans le "Continental terminal" et cette nappe alimente de nombreux puits dont le niveau statique se situe entre les cotes (+ 230,00) et (+ 240,00) dans le système Office du Niger Sansanding (système ONS), soit 30 à 40m au-dessous du niveau du Niger ; celui-ci pour une hauteur d'eau de 6,00 m à l'échelle de Diré se trouve au niveau (+ 263,62) dans le système IGN, soit à une cote $+ 263,62 + 13,88 = (+ 277,50)$ dans le système ONS. Toujours dans ce même système, pour une cote à Diré de (+ 277,30) on lit à l'échelle de Goundam (+ 271,61) : cotes données sous réserve qu'une vérification nécessaire justifiera la concordance en tous points de la différence d'altitude entre les deux plans de comparaison ONS et IGN, soit 13,88 m (1).

Par contre les terrains primaires de la région sont presque dépourvus d'eau.

Si l'eau des puits dans la zone des Daounas est très minéralisée (lessivage de formations riches en calcaire) celle des puits au nord et à l'ouest du lac Faguibine est douce.

Il est à peu près certain que l'infiltration de l'eau des lacs et des marigots joue un rôle important dans l'alimentation de la nappe phréatique de la zone lacustre. L'étude de la SOGETIM qui arrive à ces conclusions se situe en 1956, en fin de période de 7 années de hautes eaux. Dans cette étude on trouvera sous n° 243-3 une carte des puits du cercle de Goundam.

(1) Voir § 4,2 une première rectification qui n'en justifie pas moins, bien au contraire, la vérification demandée. Compte tenu de cette rectification, une hauteur de 6,00 m à l'échelle de Diré indiquerait une altitude de + 263,59 IGN ou +281,92 ONS.

Plus récemment, en 1960, on peut lire dans la Monographie du Niger - la cuvette lacustre. Tome I, une note géologique plus complète qui fait largement appel aux rapports de PALAUSI et émet l'hypothèse que les lacs actuels marqueraient l'emplacement des anciens "tayeurts" profonds (d'orientation générale est-ouest) et inondés. Leur forme se modifie certainement très lentement sous l'action des apports dunaires, mais d'une manière plus décisive encore sous celle des dépôts fluviaux. A cette note est jointe (carte III) une esquisse des limites géologiques de la cuvette lacustre.

Cette même note géologique de la Monographie signale la présence de 3 chaînons gréseux orientés N-S plongeant vers le sud et disparaissant sous les sédiments du delta central. Le premier détermine dans le lit du Niger la passe rocheuse de Tondiferma, le fleuve coulant en basses eaux entre des berges gréseuses, basses, mais verticales, pendant 1 200 m. Cette passe est visible en crue. Le troisième chaînon détermine la passe rocheuse de Djin Djin dans le lit du marigot de Tassakant.

PALAUSI émet l'hypothèse que l'abaissement du niveau de base en amont de Tossaye est responsable de la mise à jour des passages rocheux de Tondiferma et de Djin Djin. Le niveau de base du fleuve s'abaissant, la puissance érosive des chenaux alimentant les lacs diminue et par voie de conséquence les volumes dérivés ; rien ne peut donc empêcher l'assèchement progressif des zones latérales de la cuvette centrale ... sauf un relèvement artificiel du seuil de Tossaye.

L'effet d'un tel ouvrage mérite d'être étudié. Nous croyons qu'il ne doit pas être évalué en calculant la courbe de remous pour un lit stable ; le lit remontant par sédimentation, la surélévation sera plus importante que ce que donnerait ce calcul.

4,13 La géomorphologie et l'hydrographie du Kessou

La géomorphologie de la région est parfaitement traitée par le professeur TRICART dans son étude de 1960 du projet d'aménagement du lac Faguibine.

Cette étude met en lumière, pour la première fois, un fait important qui se trouve confirmé par les études hydrologiques de BRAQUAVAL et DUBREUIL de 1959 et 1961 (doc. VI-17 et VI-24).

" La connaissance que nous avons déjà des marigots de Kondi et Tassakent permet d'affirmer que la dénivellation totale de leurs cours ne se répartit pas régulièrement et se concentre, au contraire, sur de courts secteurs, ceux qui sont affectés par les reprises d'érosions régressives : le marigot de Tassakent doit avoir une pente extrêmement faible en amont d'un point situé lui-même 3 ou 4 km en amont de Djin Djin ; le marigot de Kondi doit avoir une pente faible en amont du village de même nom ".

Elle précise par ailleurs :

" Les caractères géomorphologiques de la région permettent de comprendre le processus de cheminement des eaux, qui s'écoulent lentement dans le Kessou, avant de se concentrer dans l'entaille profonde ouverte aux environs de Goundam par l'érosion régressive partie du lac Télé".

Puis expose un danger :

" L'étroite cloison qui, en crue normale, empêche un déversement partiel des eaux du marigot Katoua dans la cuvette d'Araham, peut disparaître en quelques années sous l'effet de l'érosion latérale (le marigot la ronge par sapement d'une rive concave) et laisser passer un débit considérable susceptible de contourner un ouvrage, tel celui projeté à Bourou".

Elle émet alors deux hypothèses :

- " 1° - la mise en sommeil d'un marigot peut se révéler sans efficacité durable dans une zone morphologiquement instable où nombre de dépressions et de chenaux, plus ou moins anastomosés, sont prêts à se réactiver pour offrir un nouvel exutoire aux eaux du Niger en crue ;
- " 2° - la partie amont du marigot de Kondi, au droit de Bourou, ne semble devoir jouer un rôle prédominant que lors des crues moyennes ou faibles. En cas de fortes crues, il nous semble qu'une fraction de débit, fort importante, ne rejoint le marigot de Kondi que plus en aval, vers Kobé ou Kondi et même seulement vers Kanèy ".

Les études hydrologiques de BRAQUAVAL et DUBREUIL déjà citées, ont confirmé cette hypothèse, plus particulièrement les jaugeages effectués à Bourém et Kanèy au cours de l'étude de la crue 1959/60. M. TRICART propose finalement :

" Pour des raisons d'ordre géomorphologique et hydrologique, de
" reporter vers l'aval les deux ouvrages primitivement prévus en
" tête des marigots de Kondi et Tassakant, voire de ne plus conce-
" voir qu'un seul ouvrage au delà du confluent des deux marigots.
" Le site géomorphologiquement le plus favorable étant un point
" situé 4 ou 5 km en amont de Goundam. Tout le secteur à forte éro-
" sion régressive se trouverait noyé saisonnièrement dans la rete-
" nue, ce qui ralentirait l'évolution des sapements et diminuerait
" les transports de sable, de sorte que le danger d'ensablement
" de l'ouvrage serait vraisemblablement minime ".

" Cette proposition éviterait de modifier le régime hydrologique
" des cuvettes actuellement cultivées par d'importantes populations
" d'agriculteurs sédentaires : les deux cuvettes en amont de Gallaga
" sur le Tassakant et les cuvettes entre Bourém et Kondi sur le
" marigot de Kondi ".

Pour conclure sur un mot d'apaisement concernant le problème de l'ensablement éolien :

" Le remaniement des sables par le vent est essentiellement un phé-
" nomène local qui ne met pas en marche d'importantes quantités
" de sable sur de grandes distances " et " Nous pouvons affirmer
" qu'en état actuel des choses il n'existe aucun danger sérieux
" de voir les aménagements du lac Faguibine menacés par une inva-
" sion des sables éoliens ".

Dans sa Note hydrologique sur le Kessou d'avril 1959, M. BRAQUAVAL expose en plein accord avec M. TRICART que :

" La compréhension du système hydrographique du Kessou est liée
" à la connaissance de la formation géomorphologique de cette
" région ".

" Au pluvial néolithique, le débit du Niger étant très supérieur
" au débit actuel, le lit principal est sensiblement le Katoua.
" Les débordements dans la région de Diré s'écoulent vers le nord-
" ouest et alimentent les lacs Télé Faguibine dont le niveau est

" supérieur au niveau actuel. Le marigot de Tassakant agissant
 " comme collecteurs des deltas adventices branchés sur le Katoua
 " coule alors en sens opposé de sa direction actuelle ".

" A la fin du maximum de pluviosité du néolithique, on note une
 " diminution des débits de débordement et l'abaissement du niveau
 " des lacs. Il s'en suit une érosion régressive depuis le Télé,
 " érosion qui provoque le renversement - dans sa direction actuel-
 " le - de l'écoulement du Tassakant ; cela permet de prévoir la
 " division effective en deux zones du delta du Kessou ".

- zone amont, en bordure du Niger et du Katoua, où les débordements
 " envahissent les cuvettes d'épandage entre cordons dunaires. La
 " pente générale est très faible vers les axes de drainage (Kondi-
 " Tassakant) et vers quelques mares formant points bas : Gara -
 " Sansen - Ebaraw .

- zone aval, de pente générale marquée en direction du nord-ouest.
 " Dans la partie inférieure de cette zone, le réseau hydrographique
 " se présente sous une forme classique : un lit marqué, très encais-
 " sé, marques d'une érosion régressive active (marigot de Goundam
 " et marigot de Kondi en aval du confluent de Kossia - voir croquis
 " hydrographique - doc. VI-17. ") (1) .

L'examen des photos aériennes des 15/1/1959 , 10/2/1959
 et 2/4/1959, exécutées par une mission IGN, permet de situer la li-
 mite des deux zones : ligne joignant le marigot de Kondi en aval
 du confluent avec l'exutoire de la mare Dialoubé, au marigot de
 Tassakant à hauteur de Gallaga.

4,14 L'hydrologie de la cuvette lacustre

Ne peut être dissociée de celle plus générale du Niger,
 le document de base sera donc le tome II de la Monographie du
 Niger - la cuvette lacustre - AUVRAY - 1960/61.

Nous en dégageons tout de suite cette caractéristique
 importante :

(1) voir graphique des lignes d'eau des marigots de Kondi, Tassakant,
 Goundam et profils en long du Niger.

" Le fléchissement de la pente du Niger, qui se fait sentir sur plus de 400 km de son cours, de Mopti à Kabara, s'explique par le delta intérieur. Primitivement le débouché à Tossaye n'existait pas. La recherche d'un profil d'équilibre dynamique a d'abord entraîné, par dépôts, une élévation du lit du fleuve par rapport à l'ensemble de la cuvette ; puis le creusement de l'exutoire de Tossaye a eu pour conséquence, par érosion régressive, d'abaisser de l'aval vers l'amont le niveau général du fond du lit. Il en est résulté l'endiguement caractéristique du Niger lacustre, le protégeant de plus en plus efficacement contre les pertes chroniques des lits surélevés. L'acheminement à longue échéance vers une meilleure régularisation de la pente laisse prévoir un assèchement progressif de la cuvette, par concentration croissante des écoulements dans les lits principaux. Ce sont là des conclusions souvent énoncées ".

Nous pensons qu'il faudra ultérieurement consolider le seuil de Tossaye tout en le surélevant légèrement pour éviter que le fleuve ne s'enfonce trop.

Cela étant, nous rappellerons les éléments d'hydrologie de ce Tome II de la Monographie qui intéressent plus particulièrement la région lacustre :

- étude hydraulique du fleuve de Koulikoro à Diré, avec les hydrogrammes à quatre points caractéristiques : Koulikoro - Mopti - Diré - Ké Macina (1) ;
- étude de l'hydrogramme à Goundam (1) ;
- tracés des pentes superficielles instantanées du Niger et de la ligne d'eau du fleuve de Koulikoro à Tossaye (voir graphiques ci-après) ;
- le calcul des pertes en volume durant un cycle hydrologique, entre Koulikoro et Tilembeya, soit la différence : volume Koulikoro - (vol. Tilembeya + vol. Kara) ces pertes varient de 0, $0,7 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ pour un volume écoulé à Koulikoro de $30 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ à $5,5 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ pour un volume écoulé à Koulikoro de $60 \cdot 10^9 \text{ m}^3$;
- les éléments caractéristiques du régime à Mopti (2) dont on retiendra que :
 - a) le débit du Niger en amont est écrété par l'effluent Diaka et, en forte crue, les débordements rive gauche.

(1) Voir Annexe III

(2) deux échelles en amont : une sur le Niger, une sur le Bani ; une échelle en aval du confluent.

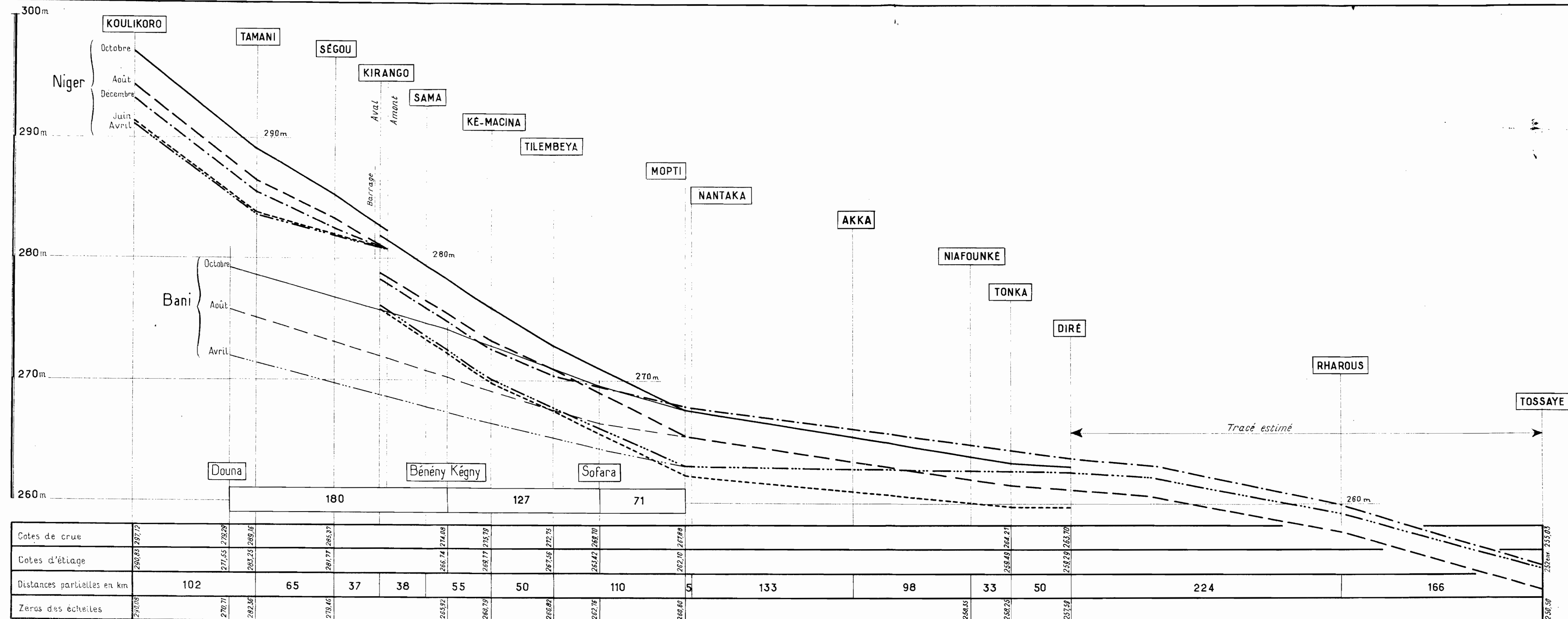
LIGNES D'EAU DU NIGER

DE KOULIKORO A TOSSAYE

ÉCHELLES
L: 1cm = 20 km
H: 1cm = 0,20 km

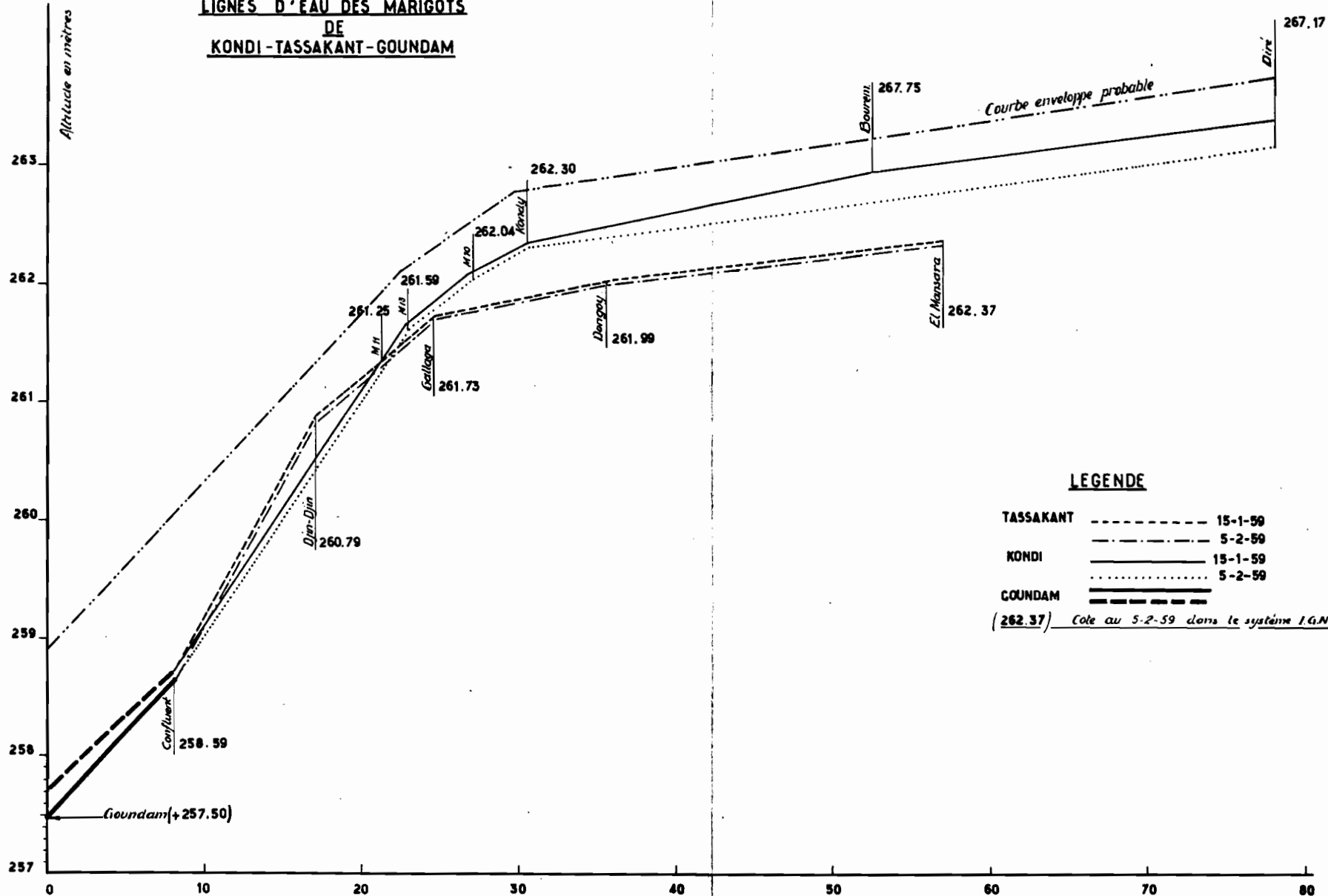
Nota: Entre Diré et Tossaye, le tracé des lignes d'eau est une estimation; les cotes du Niger à Rharous n'étant pas connues (en valeurs I.G.N.)
Kirango amont est bien situé à 42 km de Ségou alors que Kirango aval n'en est qu'à 37 km.

D'après monographie du Niger, plan: N16.9921

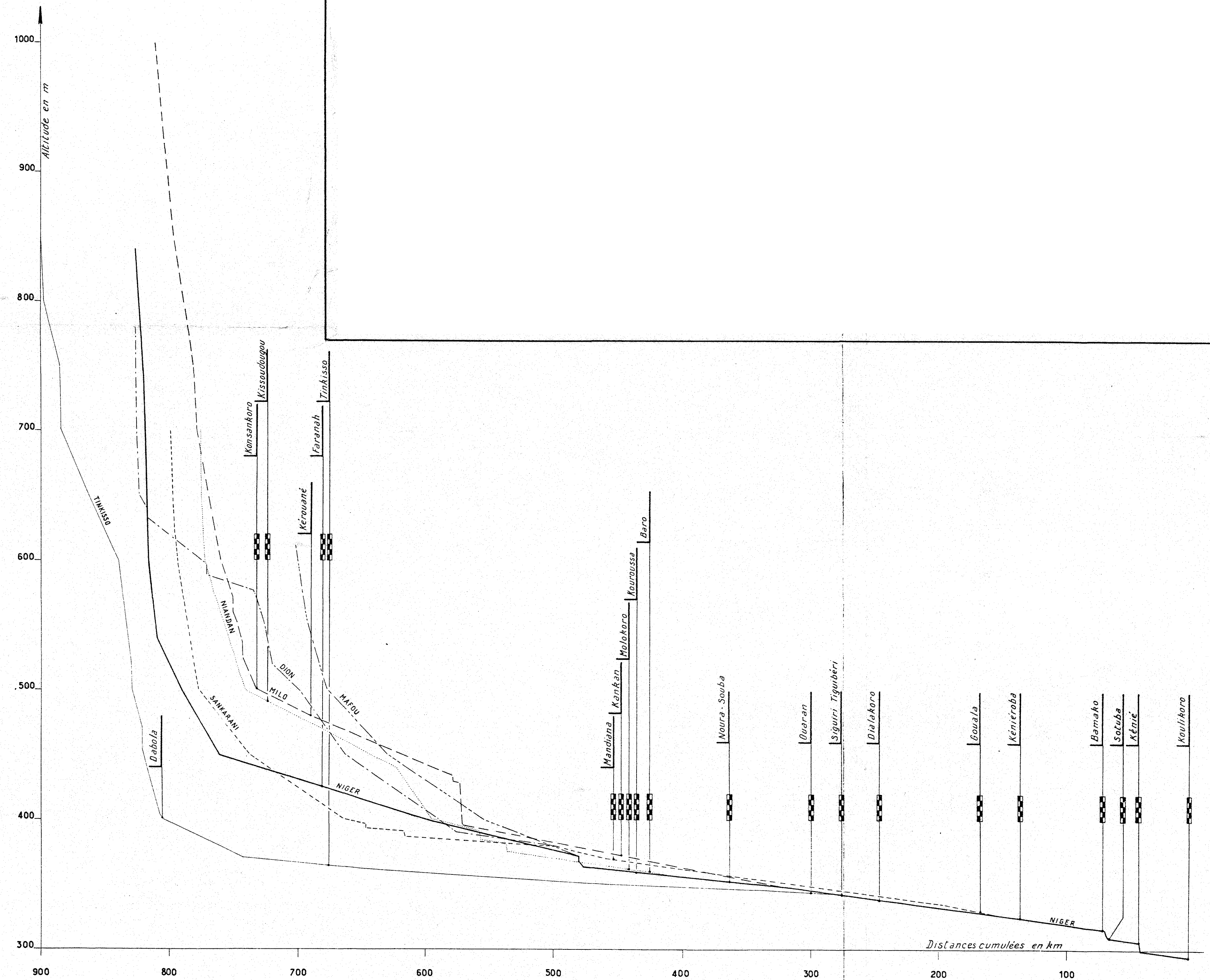


LA RÉGION DU KESSOU

LIGNES D'EAU DES MARIGOTS DE KONDI - TASSAKANT - GOUNDAM



ET DE SES AFFLUENTS



- b) le débit véhiculé à Mopti amont a sa limite supérieure atteinte pour $H = 6,00$ m à Koulikoro à la décrue ;
 - c) en début de crue, Mopti amont ne subissant pas les pertes par le Diaka et les débordements sur berges, le niveau s'élève plus rapidement qu'à Koulikoro ;
 - d) les crues faibles sont toujours précoces (2ème quinzaine d'octobre) ;
 - e) les crues fortes sont en général tardives et aplaties (stabilisation des apports du Niger, important amortissement de la crue du Bani) ; elles sont surtout conditionnées par les pointes de crue du Bani ;
- les débits de crue sur 23 ans : minimal $2\,400\text{ m}^3/\text{s}$ - moyen $2\,836\text{ m}^3/\text{s}$ - maximal $3\,080\text{ m}^3/\text{s}$.

Il n'y a pas de corrélation serrée entre les modules de Koulikoro et ceux de Mopti, à cause des apports du Bani ; mais la relation : cotes maximales Mopti/modules Mopti est assez bonne. La cote maximale observée à Mopti, de 7,55 environ, correspond à un module de $1\,550\text{ m}^3/\text{s}$ qui peut être atteint pour un module à Koulikoro de $2\,500\text{ m}^3/\text{s}$ ($80\,10^9\text{ m}^3$ écoulés), mais aussi pour un module de $2\,150\text{ m}^3/\text{s}$ seulement si la crue du Bani coïncide avec celle du Niger. Cet affluent subit, par débordement, une atténuation du débit maximal de Douna à Sofara. La cote 7,55 à Mopti correspond probablement à la crue centenaire (elle a été atteinte entre 1890 et 1896).

On pourra se pencher, pour plus de détails, sur l'étude statistique qui a permis de rétablir les modules manquants, afin de réunir 35 valeurs de modules sans interruption de 1923 à 1957 (valeur médiane $1\,145\text{ m}^3/\text{s}$ valeur moyenne $1\,155\text{ m}^3/\text{s}$). Les modules centenaires calculés sont : centile inférieur $643\text{ m}^3/\text{s}$ - centile supérieur $1\,667\text{ m}^3/\text{s}$.

Nous exposerons plus en détail les éléments caractéristiques du régime à Diré ; cette station commandant en fait le régime hydraulique de la région lacustre ; elle est de plus le dernier poste de jaugeage avant la sortie de la cuvette centrale.

Bien que Diré soit située sensiblement à la sortie de cette cuvette, des pertes élevées - variant de 0,16 à 3,4 $10^9 m^3$ suivant l'importance de la crue - se produisent encore à l'aval, surtout sur la rive gauche ; plusieurs effluents alimentant des lacs, sans retour possible au fleuve. Il est possible qu'un émissaire de rive droite dérive de l'eau vers le groupe des lacs Garou et Dô, mais la valeur de ces pertes est incontrôlable, en tout cas très faible vis-à-vis des pertes rive gauche.

Les variations du plan d'eau sont liées au remplissage et à la vidange de l'énorme capacité de la cuvette centrale, d'où une extrême régularité de la forme générale du limnigramme annuel proche d'une sinusoïde.

La pente superficielle du fleuve au droit de la station, de l'ordre du centimètre au kilomètre en période de crue, diminue au point que les vitesses d'écoulement ne sont plus mesurables en mars-avril. Cette diminution de la pente superficielle est due à la décrue rapide de l'amont, à l'extrême faiblesse des débits amont en février-mars alors qu'à cette époque la cuvette centrale est encore aux 2/3 pleine.

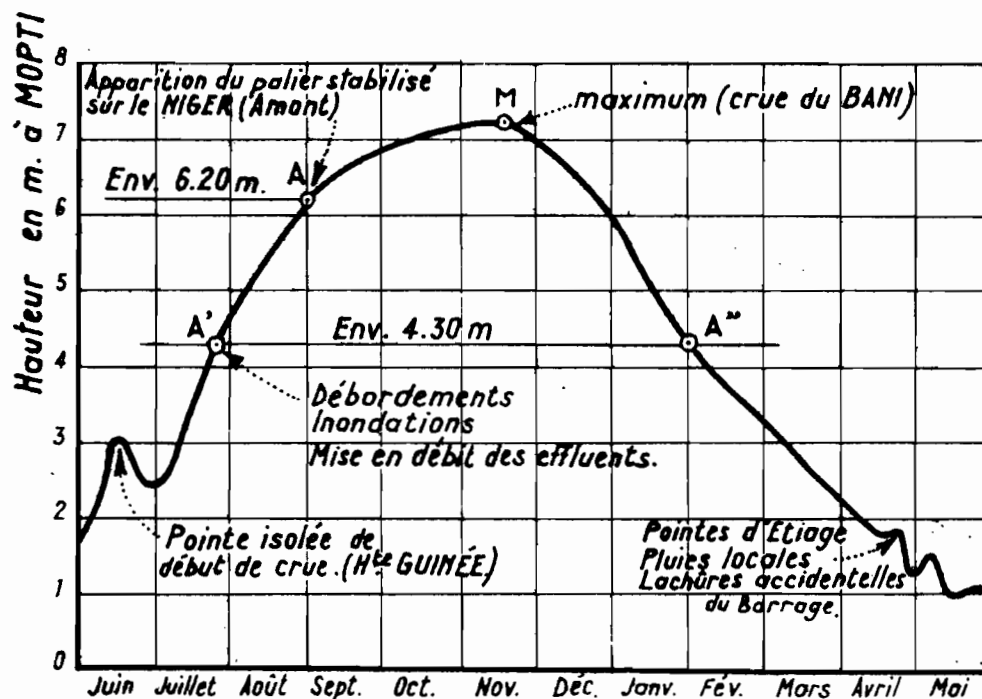
Les pertes dans la cuvette lacustre (effluents, débordements, évaporation) limitent la cote maximale à Diré, ce d'autant que ces pertes sont proportionnelles à l'abondance de la crue.

4,141 Les crues à Diré

- les crues sont très aplaties, d'autant plus que la crue est forte. Il est fréquent que pendant une quinzaine de jours la cote se maintienne, à 2 ou 3 cm près, au voisinage du maximum ;
- la cote se maintient deux années sur trois au-dessus de (H max. = 0,10 m) pendant une période moyenne de 40 jours, étant rare que cette période ait une durée hors des limites 30-50 jours ;

STATION DE MOPTI

Limnigramme type (année abondante.)



AA'A". Points anguleux marquant des accidents caractéristiques de la crue et de la décrue.

M. De part et d'autre de M, la décrue est plus brutale que la crue. (Baisse des eaux rapide à TILÉMBEYA.)

- l'irrégularité interannuelle des plus hautes eaux est très réduite, mais un écart de 1 m entre les maxima a des conséquences énormes quant à l'importance de l'inondation dans l'arrière pays ;
- l'examen des volumes d'eau écoulés chaque année à Diré révèle une irrégularité interannuelle d'une tout autre importance : $23,5 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ au minimum en 1944/45, $49 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ au maximum en 1929/30 ;
- les crues précoces sont faibles, les crues tardives sont fortes; cette règle qui paraît absolue (voir le graphique ci-après) peut découler du fait qu'une onde de crue de faible abondance se propage plus vite qu'une onde de gros volume, à cause du ralentissement dû aux échanges entre le lit et les zones inondées en forte crue, aussi bien en pointe qu'en période de restitution ;
- les plus hautes eaux se situent entre le 18 et le 31 décembre, avec une dispersion possible du 4 décembre au 17 janvier ;
- la valeur médiane des débits maximaux : $2 \cdot 328 \text{ m}^3/\text{s}$ est très voisine de la valeur moyenne : $2 \cdot 355 \text{ m}^3/\text{s}$;
- la corrélation module/cote maximale à Diré et la répartition statistique des modules permettent de déterminer la loi de répartition des débits maximaux :

au module d'ordre décennal $1 \cdot 500 \text{ m}^3/\text{s}$ correspond une cote de 6,12 m et un débit maximal de $2 \cdot 640 \text{ m}^3/\text{s}$,

au module d'ordre centenaire qui s'inscrit dans la fourchette $1 \cdot 620/1 \cdot 750 \text{ m}^3/\text{s}$ correspond une cote qui s'inscrit dans la fourchette 6,24/6,35 m et un débit de crue d'ordre centenaire dans la fourchette $2 \cdot 700/2 \cdot 875 \text{ m}^3/\text{s}$ (le deuxième cité par M. REFFAY).

4,142 La décrue à Diré

Essai d'une loi de décrue : à partir du débit journalier maximal au jour J on peut retenir un chiffre moyen de décrue de $19 \text{ m}^3/\text{s}$ par jour entre $J + 20$ et $J + 100$. Noter par ailleurs la dispersion des débits moyens mensuels.

4,143 Les étiages à Diré

A l'inverse des crues, les étiages sont très variables ; toute prévision à long terme de la cote d'étiage est impossible ; l'étiage absolu qui a lieu généralement entre le 10 et le 20 juin peut se situer entre le 8 mai et le 13 juillet.

4,144 Les modules à Diré

Sur 34 années d'observations, les modules ont varié de 1 559 à 744 m³/s. La dispersion est plus élevée que celle des débits maximaux annuels pour la même période : 2 677 à 1 947 m³/s ; ce qui est l'indice d'un régime régularisé.

L'irrégularité interannuelle peut être caractérisée par le coefficient de variations (*) :

$CV = \frac{243}{1\ 185} = 0,205$ ou par le rapport K 3 des déciles extrêmes $\frac{1\ 496}{874} = 1,71$ - chiffres du même ordre de grandeur que ceux de Mopti (0,191 et 1,64), mais différents de ceux de Koulikoro (0,237 et 1,89).

Dans la recherche d'une corrélation entre le module de Diré et celui ou ceux d'autres stations plus en amont, on est arrivé à la conclusion que la correspondance qui semble la plus étroite est celle de la relation :

$$D = \frac{2}{3} (2 M + T)$$

dans laquelle D - M - T sont respectivement les modules à Diré, Mopti aval et Tilembeya.

Etant admis que la crue à Diré est fonction du flux convergent vers la cuvette lacustre, en provenance :

- d'une part de Diaka ($\frac{T}{2}$) et des débordements rive gauche en amont de Mopti

$$\left(\frac{M + \frac{T}{2}}{3} \right)$$

(*) CV coefficient de variation = $\frac{\text{écart quadratique moyen}}{\text{module moyen}}$

LE NIGER Station hydrométrique de **DIRÉ**

Variations du limnigramme en crue

MAL.50.018.161

Janv.65

Hauteur d'eau
en mètres

6,00

5,50

5,00

4,50

4,00

3,50

Septembre

Octobre

Novembre

Décembre

Janvier

Février

Mars

Avril

1948 - 1949

1951 - 1952

1954 - 1955

1955 - 1956

1953 - 1954

1951 - 1952

1950 - 1951

1946 - 1947

1945 - 1946

1949 - 1950

1947 - 1948

- d'autre part de la combinaison Niger + Bani, en aval de Mopti (M).

$$D = \left(\frac{T}{2} + \frac{M + \frac{T}{2}}{3} + M \right) = \frac{2}{3} (2M + T)$$

L'emploi de cette relation permet d'estimer le module moyen à Diré aux environs de 1 120 m³/s pour la période 1907/1957; il correspond à la cote (5,67 m). Ce module moyen a atteint 1 185 m³/s pour la période d'observations de 34 ans.

La correspondance entre le module à Diré et ceux des stations en amont de la cuvette présente deux avantages :

- 1° - elle permet d'estimer à 5-10 % près le module d'une année à relevés incomplets ou manquants de l'une quelconque des trois stations, connaissant les modules des deux autres ;
- 2° - elle permet d'évaluer l'importance des crues en aval de la cuvette, soit à Diré, plusieurs mois en avance en s'appuyant sur les résultats observés en amont ;

elle permet de faire une prévision d'autant plus précoce que l'on se contenterait de savoir si l'on a affaire à une année largement bénéficiaire, bénéficiaire normale, déficitaire normale ou largement déficitaire. (Voir à ce sujet le paragraphe "La prévision des crues" au chapitre I).

4,145 Les éléments caractéristiques du régime à Goundam

Les observations directes ont porté sur 20 années dont 4 incomplètes, au cours de la période 1932/33 à 1957/58. Cependant, ces observations comprenant une série d'années sèches de la décennie 1940 et la série d'années abondantes postérieures à 1950, il est possible d'avoir un échantillon assez représentatif malgré les nombreuses lacunes. On a dressé pour cette période un tableau des débits mensuels minimaux, moyens, maximaux et noté que les modules observés variaient entre 8,7 m³/s pour 1941/42 (0,27 10⁹ m³ écoulés) et 110 m³/s pour 1955/56 (3,48 10⁹ m³ écoulés).

Vu la dépendance étroite du régime à Goundam vis-à-vis de celui du Niger à Diré, on a été tenté de retrouver les valeurs

manquantes des modules pour la période 1924/1957, par la recherche d'une corrélation module Goundam/module Diré ou module Goundam/cote maximale Diré, cela à partir des seize valeurs connues. Bien que les courbes ne donnent qu'une corrélation assez lâche, on a pu établir un tableau des :

34 modules classés à Goundam variant de $120 \text{ m}^3/\text{s}$ à $8,7 \text{ m}^3/\text{s}$
 34 débits maximaux variant de $378 \text{ m}^3/\text{s}$ à $236 \text{ m}^3/\text{s}$.

Les modules classés constituent deux groupes assez distincts :

- au-dessous d'une certaine cote à Diré, les crues du Niger sont trop faibles pour se déverser en grand sur ses berges, seuls les lits mineurs des marigots de Kondi et Tassakant (peut être quelques autres) sont alimentés. Ce régime est assez régulier et les modules à Goundam croissent lentement avec ceux de Diré ;
- au-dessus de cette même cote les débordements sur berges apparaissent et s'amplifient au fur et à mesure que les crues sont plus fortes ; les modules à Goundam restent assez liés aux cotes maximales de Diré, mais ils croissent beaucoup plus vite que dans le premier cas.

On est conduit à choisir $25 \text{ m}^3/\text{s}$ comme module limite scindant l'échantillon en deux :

- au-dessous de $25 \text{ m}^3/\text{s}$ se situent les modules des années sèches - série A - représentatifs d'un régime du marigot alimenté uniquement par des lits mineurs ,
- au-dessus de $25 \text{ m}^3/\text{s}$ on trouve les modules des années abondantes - série B - représentatifs d'un régime du marigot alimenté par les effluents et la nappe de déversement sur berges.

Une étude statistique des modules et des débits maximaux permet de vérifier que la limite de $25 \text{ m}^3/\text{s}$ n'est obtenue que pour de très faibles fréquences au dépassement :

$f = 0,01$ dans la série A - $f = 0,937$ dans la série B

Ceci justifie le choix des deux lois normales bien séparées, pour représenter les modules à Goundam.

Au module limite de $25 \text{ m}^3/\text{s}$ à Goundam correspond un module de $125 \text{ m}^3/\text{s}$ à Diré ; celui-ci dans l'ajustement gaussique des modules de cette station admet une fréquence au dépassement de 40 %. On peut donc dire que les années sèches ont 40 % de chance de se produire à Diré (donc à Goundam), les années abondantes 60 %.

Si f_a est la fréquence au dépassement d'un module série A et f_b celle d'un module série B, on aura la fréquence réelle d'apparition d'un module à Goundam par l'une des relations :

$$f_a \times 0,40 \quad \text{ou} \quad f_b \times 0,60 .$$

Ainsi l'on peut calculer pour Goundam :

- module centenaire inférieur	$5,4 \text{ m}^3/\text{s}$	jamais atteint en 34 ans
- module centenaire supérieur	$135 \text{ m}^3/\text{s}$	" "
- module décennal inférieur	$11,3 \text{ m}^3/\text{s}$	dépassé 5 fois en 34 ans
- module décennal supérieur	$100 \text{ m}^3/\text{s}$	dépassé 4 fois et égalé en 1928/29

Les modules traduits en volume donnent :

- sur 16 années d'observations directes :

0,27 à $3,48 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ moyenne 1,40

- sur 34 années de valeurs reconstituées ou observées :

0,27 à $3,78 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ moyenne 1,45

On a noté par ailleurs que :

- la crue en provenance des débordements du Niger survient en général courant août et se poursuit jusqu'en janvier ou le maximum de l'onde est atteint ,
- d'une année à l'autre, on observe une grande dispersion entre les débits moyens d'un même mois ,

- il n'y a pas de relation possible entre les débits mensuels moyens à Diré et à Goundam pendant la crue (à un débit mensuel moyen de 2 000 m³/s à Diré peut correspondre à Goundam aussi bien 15 que 60 m³/s) ,
- la durée de propagation de l'onde de crue dans le Kessou est irrégulière ; basée sur les dates des débits maximaux à Diré et Goundam elle varie de 4 à 29 jours pour 17 crues observées ; toute crue faible (moins de 2 350 m³/s à Diré ou 140 m³/s à Goundam) mettant plus de 10 jours ,
- la crue du fleuve se propage de Tindirma à Issafay par le bras de Katoua en quelques jours, alors que dans le Kessou il faut 30 jours environ pour la propagation de Issafay à Goundam, délai voisin de celui de la propagation de l'onde de crue de Bourem à Goundam (25 jours) ,
- le marigot de Goundam draine la nappe de submersion du Kessou, alimentée non seulement par des défluent s au cheminement très complexe, mais aussi par un déversement en nappe sur les berges (plus de 50 % du développement de celles-ci) ce qui confère à ce marigot un régime très particulier que l'on ne peut rattacher qu'indirectement à celui du Niger à Diré ,
- l'amplitude maximale de la nappe du Kessou coïncide avec l'émor-
ce de la décrue à Diré,
- la propagation de l'onde de crue Niger - Goundam commence quand le plan d'eau du fleuve est supérieur de 2,50 m à la cote d'é-
tiage,
- l'hydrogramme à Goundam présente presque toujours une rupture de pente, un palier qui peut durer un mois aux environs de la cote (+ 275,00) et ce, quel que soit le type de crue du Niger. Cependant le maximum de la crue 1959/60, soit (+ 272,36) n'a pas atteint ce point singulier,
- il peut y avoir superposition de deux ondes de crue distinctes, le marigot de Goundam étant alimenté par la voie directe Bourem-Goundam (60 km) et la voie détournée Bourem-Issafay-Dongoy - Goundam (180 km), (1)
- à Issafay le bras de Katoua ne donne qu'une faible partie de son débit au marigot de Tassakant ; le reste retourne au Niger, il faudrait pouvoir le jauger, mais la vitesse est sensiblement nulle, le lit mineur insignifiant et les débordements se produisent sur des grandes longueurs.

(1) voie d'ailleurs raccourcie par les débordements en nappe.

Dans son étude hydrologique de septembre 1957 SOGREAH expose le fonctionnement normal du système hydrographique du Kessou et des lacs en début de crue. Ce n'est qu'à partir d'une cote de 1,60/1,70 à l'échelle de Goundam ou 5,60/5,70 à celle de Diré que le marigot de Goundam reçoit des eaux de la nappe de submersion du Kessou. On trouvera dans cette études les linnigrammes de Goundam pour les années 1952/53 à 1956/57 incluse. Cependant si l'on examine le graphique 4 de l'étude hydroclimatique de janvier 1961 (doc.VI-24) on est tenté d'admettre que la crue maximale et le module maximal à Goundam sont fonction de la durée de dépassement de la cote 4,50 m à l'échelle de Diré ; à partir de ce graphique on peut dresser le tableau ci-après :

Durée de dépassement de la cote 4,50 à Diré	Q maximal à Goundam	V écoulé à Goundam	Crues
7 mois	290 m ³ /s	2 280 10 ⁶ m ³	1957/58
6 mois	175 "	1 470 "	1958/59
5 mois	160 "	1 300 "	1959/60

Pour ces trois crues la cote maximale à Diré n'a que peu varié, passant de 6,11 à 5,81 puis 5,73 m.

Ce même graphique reproduit ci-après montre que l'influence du marigot de Goundam est prépondérante pour le remplissage des lacs, vis-à-vis de celle des précipitations sur ces lacs et leur bassin versant.

4,2

LE SYSTEME LACUSTRE TELE FAGUIBINE

Les marigots de Tassakent (108 km) et de Kondi (70 km) réunis en un seul, le marigot de Goundam (10 km) alimentent le lac Télé qui se déverse dans le lac Faguibine par le seuil rocheux de Kamaïna.

La Monographie expose que :

- le Télé s'étire sur une longueur de 30 km, du sud au nord, le long d'un chaînon montagneux. Dans sa partie centrale il se rétrécit, comblé par les dépôts sableux issus du massif qui le borde à l'est,

- le fond du Télé se trouve sensiblement à la cote IGN (+ 252,50). Pour une profondeur maximale de 5,00 m, sa capacité est comprise entre 300 et 350 $10^6 m^3$, sa surface est alors de 190 km^2 .
- le Faguibine a la forme d'un triangle isocèle très effilé, long de 75 km, de largeur maximale 15 km; c'est le plus grand lac d'Afrique Occidentale. Sa profondeur maximale est de 10,50 m environ. La cote maximale IGN du niveau des eaux semble être voisine de (+ 256,50), elle correspond à un plan d'eau d'une superficie de 590 km^2 . Le fond serait donc à la cote :
 $256,50 - 10,50 = (+ 246,00)$, soit 6,50 m en contre-bas de celui du Télé.

D'après un profil en long du Faguibine (plan 150 156 A de l'étude SOGREAH - décembre 1957) le fond du lac serait à la cote ONS + 264,00, ce qui signifierait une différence de :
 $264 - 246 = 18$ m entre les deux plans de comparaison. Remarque étant faite que cette différence n'est que de 13,88 m à Diré (1).

- la cote du seuil de Kamaïna - donnée essentielle - est encore inconnue.

La cote maximale annuelle est atteinte en fin de période d'alimentation (fin février-début mars).

La cote minimale annuelle est atteinte en début de période d'alimentation (courant novembre).

La SOGETIM, dans son Etude Economique de 1956 (paragraphe "Les cultures traditionnelles"), situe la décrue de mars à décembre ; la concordance est bonne. BAUZIL dans son rapport de février 1941 relate que les eaux franchissent le seuil de Kamaïna de novembre à mars, exceptionnellement en octobre ; la crue est alors rapide dans le lac ; par contre la décrue due uniquement à l'évaporation et à l'infiltration est lente. Les berges ont de très faibles pentes, aussi la décrue livre-t-elle à la culture d'immenses champs de nil, voire de riz. VIGUIER dans son rapport de 1941 relate que la propagation de l'onde de crue est extrêmement lente. Pour un début de crue en juillet/août à l'origine des marigots de Kondi et Tassakant, l'onde atteint Goundam en septembre,

(1) d'après Etude Economique préliminaire - SOGETIM de 1956.
 Cependant dans l'annuaire hydrologique de 1957 on trouve
 - page 164 zéro IGN échelle de Diré = 257,59
 - page 309 zéro ONS échelle de Diré = 275,915
 la différence est alors de 18,325 m

MAL.50.019

JANV 65

Pg 4

Limnigrammes du NIGER à DIRÉ

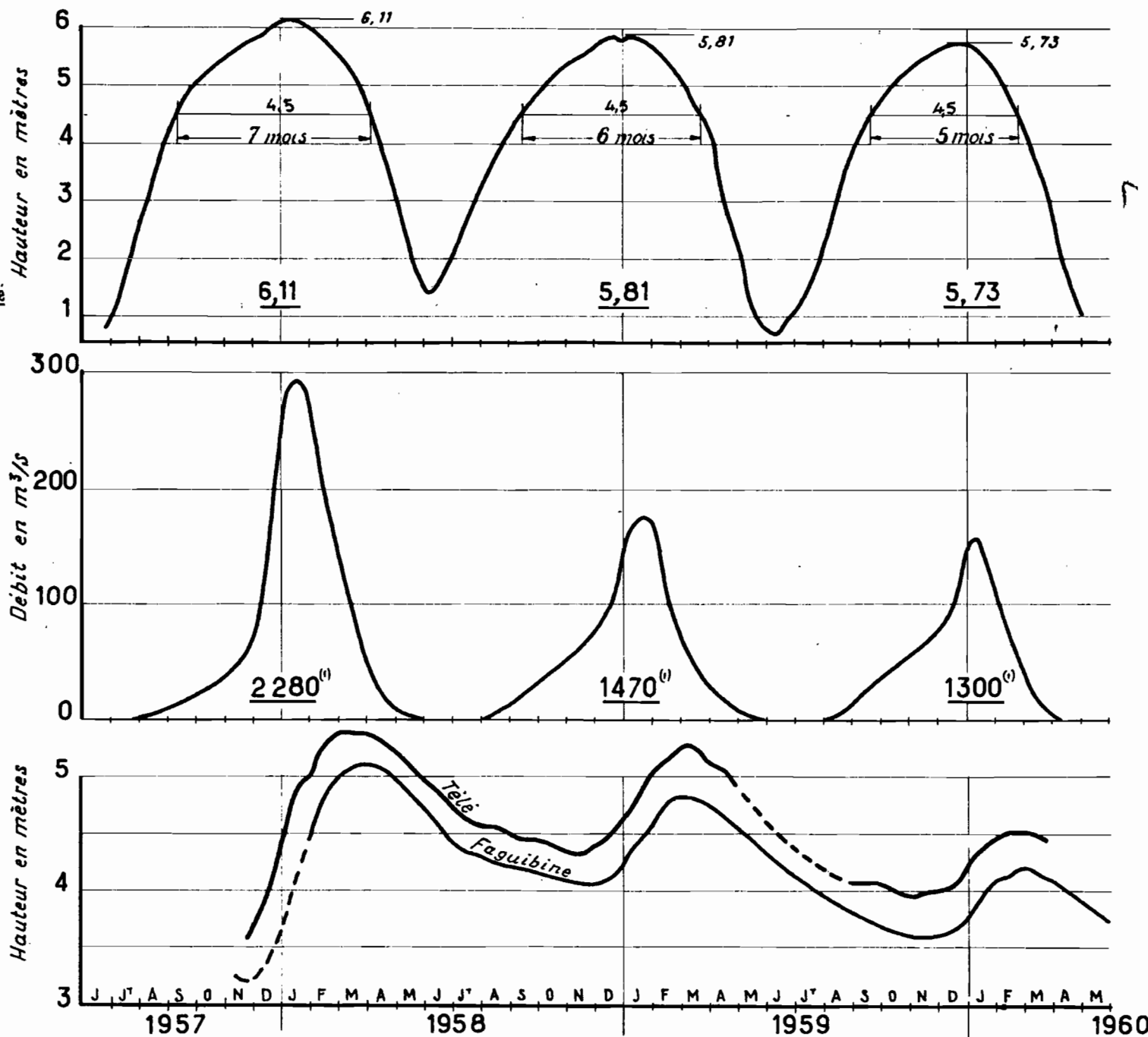
Cotes maximales à Diré

Hydrogrammes de GOUNDAM

⁽¹⁾ V. en 10^6 m^3

Niveaux du lac FAGUIBINE et du lac TÉLÉ

Variations triennales 1957-1960

D'après études hydroclimatiques
de Janvier 1961 Plan Nig 9792 A

Kamaina en octobre et le Faguibine quand le débit à Kamaina est supérieur aux pertes par évaporation (environ $40 \text{ m}^3/\text{s}$), soit entre le 15 octobre et le 15 novembre.

Entre mars et novembre, compte tenu de l'apport des pluies (250 mm) on admet une baisse de 1,50 m (plus généralement 1,55 m/1,60 m) par évaporation et infiltration. Dans son étude préliminaire de mars 1964, ITALCONSULT admet pour cette période une évaporation au bac Colorado, dans la région de Bamako, de 1,80 m, soit sur nappe profonde de 1,50 m environ.

La perte en volume pour l'ensemble Télé - Faguibine pleins serait de $1\,500\,10^6 \text{ m}^3$.

On calcule cependant que pour une superficie totale de $590 + 190 \text{ km}^2$ une tranche de 1,60 m représente $1\,228\,10^6 \text{ m}^3$ seulement.

D'après SOGREAH (août 1957) il faudrait un apport annuel à Goundam de $635\,10^6 \text{ m}^3$, soit une année d'hydraulicité de 90 % environ, pour maintenir le Faguibine aux environs de (+ 248,50) dans le système IGN, ce qui correspond à une capacité de $498\,10^6 \text{ m}^3$ et à l'exondation de la superficie maximale de terres cultivables.

Le maintien en pleine eau de ces lacs exige des volumes écoulés à Goundam possibles seulement en crues abondantes. Le document V-2 " Tableau des hydraulicités à Koulikoro " reproduit ci-après permet de mieux saisir l'enchaînement des cycles de remplissage et d'assèchement des lacs.

1ère remarque :

Si les lacs sont presque vides, une année d'hydraulicité à 100 % ne suffira pas pour faire déborder le Télé dans le Faguibine

Exemple :	crue 1921	hydraulicité	68 %
	crue 1922	" "	94 %
	crue 1923	" "	100 %
	crue 1924	Faguibine asséché	

2ème remarque :

Entre un assèchement et un remplissage complet il faut une série d'années humides (5 à 6) dont l'hydraulicité moyenne à Koulikoro soit d'environ 130 %.

Le système des lacs Télé Faguibine est donc soumis à deux régimes :

- une oscillation annuelle dont le maximum est, soit la cote résiduelle du cycle précédent, soit la cote résultant de la crue de l'année, si celle-ci a alimenté le lac ; la crue peut dans ce dernier cas atteindre 4 à 5 m (1924/25). Quant à l'amplitude de cette oscillation elle correspond à la tranche perdue par évaporation et infiltration (pluies déduites) au cours du cycle hydrologique et varie très régulièrement entre 1,50 m et 1,60 m d'après de multiples observations concordantes ,
- une oscillation cyclique interannuelle représentée par une suite ascendante ou descendante de sinusoides, suivant que l'on a affaire à un cycle de crues abondantes ou déficitaires du grand fleuve. L'amplitude des oscillations interannuelles peut atteindre 11,20 m. La cote observée en 1954, soit + 275,00, n'avait pas été atteinte depuis 1894 ; elle a été dépassée en 1955/56 (+ 276,40).

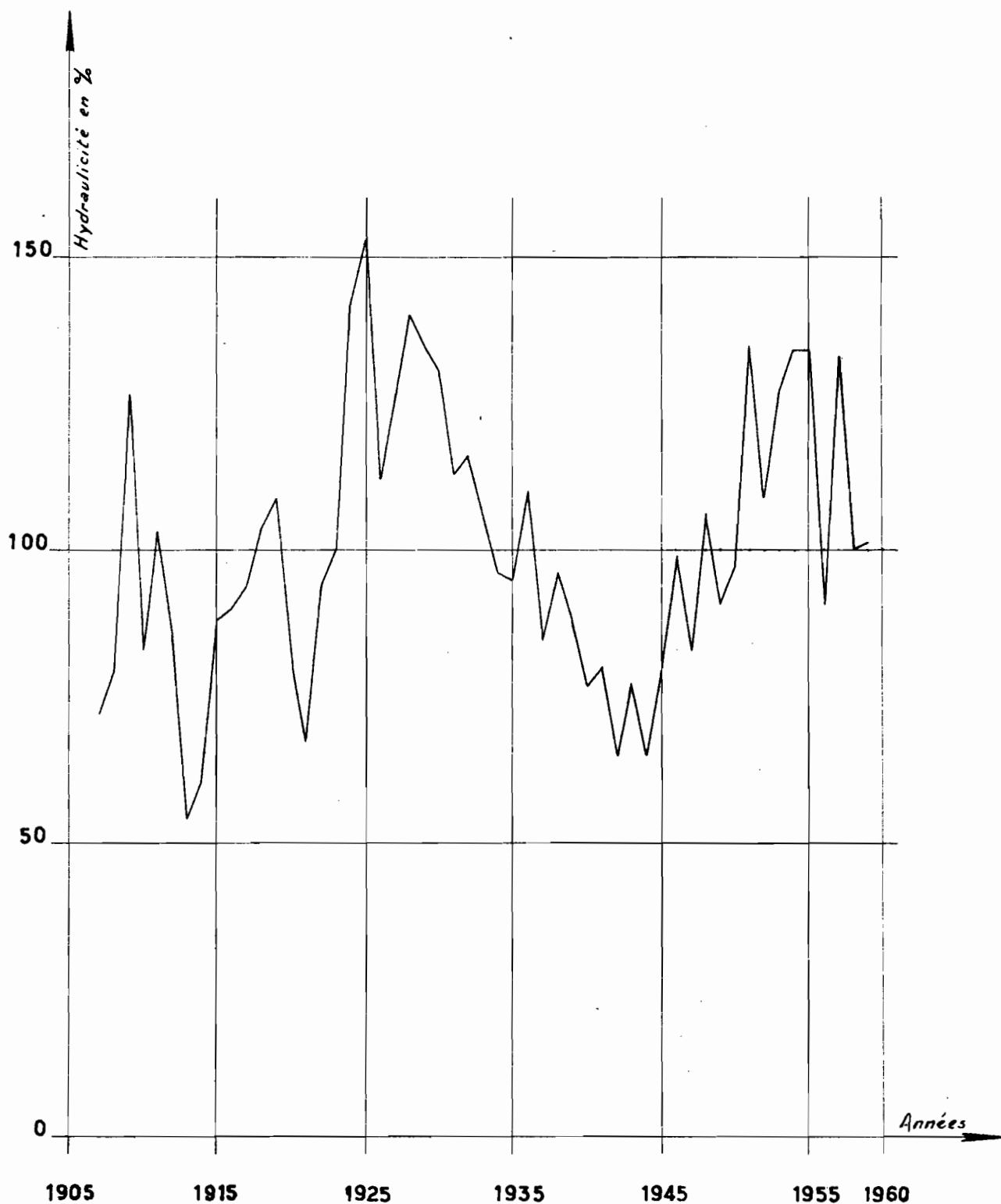
Ce régime reflète les diverses périodes de faible ou de forte hydraulicité du Niger. Il est matérialisé par le graphique joint.

On conçoit qu'un tel régime, aussi irrégulier qu'imprévisible, soit éminemment défavorable aux cultures traditionnelles de décrue pratiquées par les agriculteurs de la région.

°
° °

On ne terminera pas ce paragraphe sans signaler que l'on a maintenant les cotes superficielles du Niger avec une excellente précision (nivellement général IGN - densité suffisante des échelles) ; mais que les cotes des lacs rive droite sont simplement barométriques et que pour la rive gauche le nivellement Office du

Hydraulité du NIGER à KOULIKORO par Rapport à la Moyenne de la Période 1907-1957 ($1545\text{m}^3/\text{s}$)



MAL.50.020 P.6.1

Janvier 1965

M. Morin

D'après monographie du Niger Plan 8294

LAC FAGUIBINE

VARIATIONS INTERANNUELLES DU NIVEAU DU LAC

DE
1924 A 1957

NIVEAU
DU LAC

(+ 277)

276

275

274

273

272

271

270

269

268

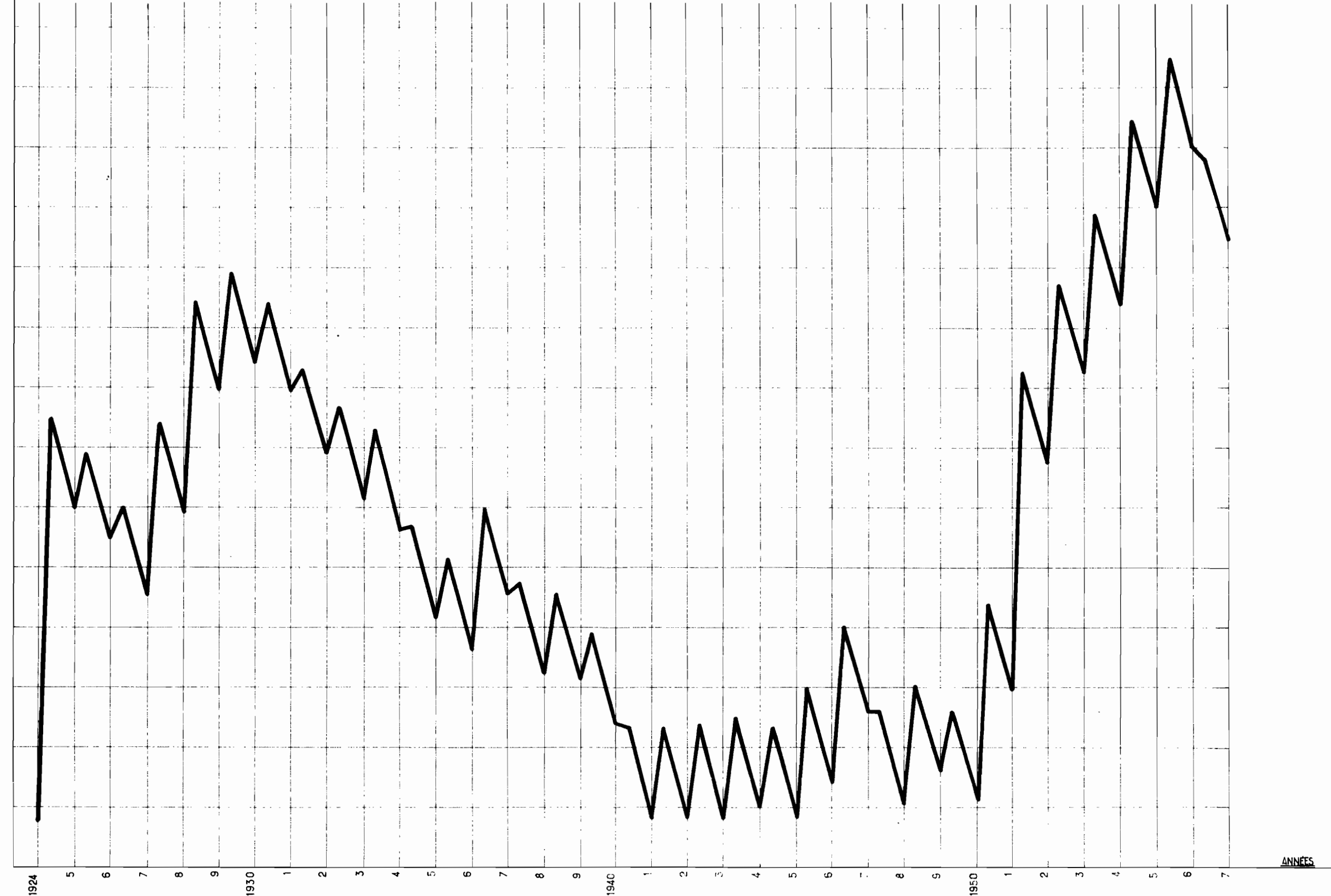
267

266

265

264

(+ 263)



Niger dont on dispose n'est pas en tous points en concordance avec celui de l'IGN. A Goundam on a pour l'échelle verticale (MEAN) (1) un zéro à la cote 255,48 IGN, alors qu'il est à la cote 273,43 ONS -soit entre les deux systèmes une différence de 17,95. Nous avons précédemment fait état d'une incertitude concernant le rattachement des deux nivellements à Diré.

Au cours des études hydrologiques dans le Kessou de nombreux limnimètres ont été rattachés au nivellement IGN avec une précision suffisante pour permettre l'étude de la crue 1959. Toutefois, en 1961 les limnimètres caractéristiques de M'Bouna - Alfao-Issafay et le seuil de Kamaïna restaient encore en dehors de ce système de nivellement.

o
o o

4,21 Le problème de la salure des eaux du lac

Le Faguibine constitue une vaste cuvette évaporatoire, cependant la salure des eaux y reste anormalement faible vu l'importance de l'évaporation.

Ce phénomène ne paraît pouvoir s'expliquer que par une alimentation très supérieure à celle qui correspond au remplacement des eaux évaporées ; il y aurait donc une importante infiltration, notamment en forte crue. Par ailleurs, il n'est pas impossible que les sols du lac soient susceptibles de fixer une partie du sel, suivant une hypothèse émise par FUBREUIL dans son étude hydroclimatique de janvier 1961 (doc.VI-24). Pour une hydrogéologie plus complète on pourra consulter les études de PALAUSI - ARCHAMBAULT - URVOY - ROURE.

Si par un aménagement on limite le remplissage à un niveau moyen ou bas, ne risque-t-on pas d'arriver à une salure plus élevée, car ce sont les terrains hauts qui sont les plus perméables ?

(1) il y a aussi une échelle inclinée (Office du Niger) dont le zéro est à la cote + 255,82 IGN.

Pour essayer de fournir une réponse à cette question nous avons effectué les calculs suivants :

Hypothèses :

Nous avons dû admettre des hypothèses simplificatrices. Il faut donc considérer que le résultat ne constitue qu'un ordre de grandeur très grossièrement approché :

- chaque année un barrage régulateur permet de régler le niveau en fin de crue à la cote (+ 265,70) considérée dans les différents projets comme étant la plus favorable pour avoir la superficie maximale à mettre en culture,
- en fin de décrue, par évaporation et infiltration, le niveau descend à la cote $265,70 - 1,60 = (+ 264,10)$,
- Soit V et V' les volumes maximal et minimal du lac
 - E et I l'évaporation et l'infiltration pendant la période de remplissage
 - I' l'infiltration pendant la décrue,
 $J = I + I'$ étant l'infiltration totale
 - C la concentration en sel des eaux du lac à son niveau minimal
 - c la concentration en sel des apports
 - γ la concentration moyenne des eaux qui s'infiltrent

les apports de la crue peuvent s'exprimer par la relation :

$$A = V - V' + E + I$$

La quantité de sel contenue dans le lac à son niveau minimal est $V'C$ et la quantité de sel apportée par la crue est égale à Ac .

La quantité de sel contenue dans le lac en fin de crue s'exprime par la relation :

$$V'C + Ac - I\gamma$$

La concentration est alors minimale et égale à :

$$\frac{V'C + Ac - I\gamma}{V}$$

Si l'on admet en première approximation que la concentration moyenne des eaux qui s'infiltrent est égale à la moyenne des concentrations en basses et hautes eaux, on peut écrire la relation :

$$\gamma = \frac{C}{2} + \frac{V'C + Ac - I\gamma}{2V} = \frac{C(V + V') + Ac - I\gamma}{2V}$$

d'où l'on tire
$$\gamma = \frac{C(V + V') + Ac}{2V + I}$$

La quantité totale de sel évacuée par infiltration peut alors s'écrire sous la forme :

$$J \times \gamma = \frac{J}{2V + I} [C(V + V') + Ac]$$

Pour que le degré de salure du lac ne varie pas, il faut que la quantité de sel apportée égale la quantité de sel évacuée par infiltration, ce qui s'exprime par la relation :

$$Ac = J \gamma = \frac{J}{2V + I} [C(V + V') + Ac] \quad (I)$$

Pour résoudre l'équation (I) de nouvelles hypothèses doivent être adoptées :

- de l'étude SOGREAH d'août 1957 (doc.VI-11) on retiendra avec une approximation suffisante :

$$V = 335 \cdot 10^6 m^3 \quad V' = 50 \cdot 10^6 m^3 \quad V - V' + E = 500 \cdot 10^6 m^3$$

d'où

$$A = V - V' + E + I = (500 + I) \cdot 10^6 m^3$$

- de l'étude DUBREUIL on retient pour c et C les ordres de grandeurs suivants : 20 et 100 mg/l (1)
- nous admettrons enfin que l'infiltration est nettement plus importante à la montée qu'à la descente des eaux (degré de saturation des sols) et que $I' = \frac{I}{4}$ d'où $I = 0,8 J$.

(1) d'après une mesure de résistivité sur un échantillon prélevé sur la rive sud du lac, la concentration moyenne serait plus élevée, sans que l'on puisse préciser sa valeur : il semble qu'elle pourrait atteindre 160 mg/l.

L'équation (I) précitée devient alors :

$$(500 + 0,8 J)c = \frac{J}{670 + 0,8 J} [C (V + V') + (500 + 0,8 J) c]$$

ou en simplifiant :

$$500 + 0,8 J = \frac{J}{670 + 0,8 J} [5 \times 385 + (500 + 0,8 J)]$$

Ce qui conduit finalement à l'équation du second degré :

$$0,16 J^2 + 1\,489 J - 335\,000 = 0$$

dont la racine positive $J = 220$ en millions de m^3

ce qui donne pour $I = 0,8 J = 176$ millions de m^3 .

Si l'on prend pour C la valeur de 160 mg/l donnée dans un autre document, valeur qui semble se rapprocher davantage de la concentration moyenne d'après DUBFEUIL, on arrive à l'équation :

$$0,16 J^2 + 26\,443 J - 335\,000 = 0$$

et $J = 125$ millions de m^3 $I = 100$ millions de m^3 .

Cet exemple montre la sensibilité du calcul aux hypothèses de départ et la nécessité de procéder à une étude plus précise.

Notre calcul a négligé les apports pluviaux mais, en contre-partie, nous avons pris pour " c " la concentration des eaux du fleuve, alors qu'il y a accroissement de cette concentration en cours de route. C'est là un élément de compensation.

Ce calcul laisse prévoir que les infiltrations, grâce auxquelles la salure du Faguibine n'augmente pas, ne doivent pas être négligeables. Si l'on réalise un aménagement qui maintient le niveau de l'eau dans une zone peu perméable on risque de voir la salure s'accroître rapidement. Il est donc nécessaire de préciser par une étude plus poussée les données qui ont permis de faire le calcul précédent : vérifier les hypothèses - mesurer la salure moyenne en crue au seuil de Kamaïna - tenir compte des pluies - mesurer la perméabilité du sol - etc...

Si les infiltrations sont vraiment aussi importantes, il faut tenir compte du supplément de débit d'alimentation correspondant dans le calcul des ouvrages ; ce supplément, d'après notre calcul, atteint $176 \text{ } 10^6 \text{ m}^3$ ce qui est loin d'être négligeable pour l'estimation de A .

$$A = 500 \text{ } 10^6 \text{ m}^3 + I = 500 + 176 = 676 \text{ } 10^6 \text{ m}^3.$$

Rappelons enfin l'hypothèse émise par DUBREUIL, concernant la possibilité de fixation du sel par les sols du lac. Il nous paraît utile de l'étudier.

°
° °

Dans un ordre d'idées différent, d'après les plans de l'étude SOGREAH précitée, il n'y aurait pratiquement plus d'eau lorsque le niveau descend à (+ 264,10). C'est très mauvais pour la pêche. Il conviendrait donc d'osciller entre des cotes plus élevées que celles retenues plus haut. En première approximation, nous serions tentés de proposer 1 m de plus environ.

4,3

LES CULTURES TRADITIONNELLES - LEURS ALÉAS

Dans son ensemble, la région lacustre constitue une plaine d'épandage du Niger dont le niveau général se situe au-dessous de celui du fleuve en crue.

L'examen du micro-relief fait apparaître la présence d'une multitude de dépressions plus ou moins accentuées, dont certaines plus particulièrement remarquables par leur profondeur ou leur superficie prennent le nom de lacs, tandis que d'autres, que l'on pourrait nommer "longiformes", sont constituées par le réseau très diffus des marigots alimentaires et de leurs nombreuses ramifications, dont le cours n'est très souvent qu'une succession de cuvettes aux contours imprécis d'où les cultures ne sont pas exclues.

C'est bien là l'image d'un ancien delta.

L'agriculture dans cette région ne peut être basée sur les seules pluies, beaucoup trop faibles et trop irrégulières - nous l'avons vu - pour assurer la germination, la fructification et l'épiaison des plantes ; il faut un supplément d'eau pour assurer la récolte, il sera demandé à la nappe de submersion ; d'où concentration des cultures dans le lit majeur du fleuve, le long des marigots, aux abords des dépressions ou dans celles-ci.

Mais la crue elle-même est irrégulière ; précoce ou tardive, faible ou abondante. Le cultivateur est donc soumis à tous les aléas du climat.

En résumé, l'agriculture en est à son stade le plus primitif. A peu près désarmés devant l'inondation, les agriculteurs africains n'utilisent les terres submergées que par le biais de la riziculture de submersion ou des cultures de décrue sur laisses d'inondation. Donc, très schématiquement, deux méthodes bien distinctes et bien particulières de mise en valeur des terres de la région :

- en culture de submersion, les pluies sont relayées par l'irrigation en nappe ,
- en culture de décrue, les ressources du sol en eau de rétention sont relayées par les pluies.

Dans la première méthode, les semis se font sous pluie. Celle-ci assure la germination de la plante qui végète jusqu'à l'arrivée de la crue chargée de fournir la dose d'eau suffisante pendant le déroulement du cycle végétatif. Ainsi se cultive dans les dépressions, parfois dans le fond des lacs, le riz flottant dont la récolte revêt une importance particulière dans la région.

Dans la seconde méthode, les semis sont faits dès le retrait des eaux sur des sols gorgés d'eau, dont on utilise le fort pouvoir de rétention pour assurer la germination de la plante qui doit ensuite végéter seule pendant les mois chauds, jusqu'aux maigres pluies d'hivernage qui hâteront son développement et la mèneront à maturité. Le sorgho, le maïs, la patate, le mil, etc... sont des cultures de décrue qui se pratiquent sur les laisses d'inondation. Elles sont soumises à de multiples aléas : arrêt prématuré des pluies, crue précoce, niveau de la crue, etc... Leur emplacement varie chaque année avec le niveau atteint par la crue.

Toutefois, les cultivateurs profitant de la longue période étale de la crue et de la lenteur de la décrue, installent quelques cultures irriguées de contre-saison en bordure des plans d'eau : blé, maïs, patates, oignons, piments, etc... Malgré leur peu d'étendue ces cultures riches sont d'un bon rapport. Leur récolte en mars-avril facilite la soudure.

4,31 La riziculture de submersion dans les dépressions

La durée de submersion des rizières est évidemment très variable : 30 à 180 jours. Le temps séparant la date à laquelle le total des pluies à Goundam dépasse 50 mm (minimum nécessaire pour les semis) de celle à laquelle la crue submerge les rizières est en moyenne de 90 jours, avec des écarts de $\pm 30\%$. On ne pourrait réduire et stabiliser cet écart, ainsi que stabiliser la durée de submersion, que par une maîtrise totale du débit du fleuve - ce qui est exclu. Des endiguements localisés (aménagements type Génie Rural) permettent de retarder l'arrivée des crues précoces et ralentir les montées trop rapides ; ce sont là des palliatifs pour de petites superficies.

En régime naturel, l'écart relativement faible entre les plus hautes eaux extrêmes au droit de Diré donne une certaine stabilité à l'étage cultivable, mais celui-ci se place à des cotes basses où les rizières sont vulnérables aux poissons rizophages malgré les diguettes.

Par ailleurs, un cycle de crues fortes entraîne l'abandon des rizières et le report des activités agricoles sur les cultures de décrue.

La cote du maximum de la crue, qui doit assurer le déroulement du cycle végétatif, était jusqu'alors estimée lors des semis (qui se font avec les premières pluies de juillet), afin que ceux-ci soient faits à une altitude permettant de voir les plants noyés ultérieurement en temps voulu et suffisamment longtemps. En pratique, le cultivateur admettait que la crue à venir aurait les caractéristiques de la précédente. Mais il est aujourd'hui possible - voir chapitre I la prévision des crues - de connaître la cote maximale à Diré et la date à laquelle elle se produira avec deux mois à deux mois et demi d'avance, soit début octobre. Cette prévision pourrait même avoir lieu fin août si l'on pouvait rassembler

en temps voulu les relevés des stations pluviométriques du bassin supérieur. Il suffirait alors de décaler les semis de un mois pour choisir les rizières avec une relative sécurité.

On notera que la culture du riz flottant est impossible dans les lacs de la chaîne Télé Faguibine. Les semis se faisant avec les premières pluies, les jeunes plants ne peuvent attendre l'arrivée de la crue en décembre. Si l'on disposait d'une variété qui se désaisonne, il serait possible de semer sur terres exondées en fin de décrue (fin octobre-début novembre) pour récolter en mars.

Nous suggérons des semis en pépinières irriguées près du fleuve, les plants de 20 à 40 cm étant transportés et repiqués en temps voulu. Cette pratique du repiquage est habituelle dans le Kessou, ainsi que nous le verrons ci-après.

4,32

Les cultures de décrue

Les cultures de décrue ne nécessitent pas de prévisions quant à la date et à l'amplitude de la crue, en ce qui concerne les semis tout au moins, puisque ceux-ci sont faits après le retrait des eaux. Le risque à courir est l'arrivée d'une crue précoce qui submerge les cultures avant leur maturité ; ce sera le cas si l'agriculteur a semé trop tard en fin de la décrue précédente, c'est-à-dire trop bas. Pour échapper à ce risque l'agriculteur est tenté de semer plus tôt, c'est-à-dire plus haut et de laisser ainsi du terrain inutilisé.

Les conditions les plus favorables à ces cultures sont offertes par les lacs et les mares reliés directement au fleuve. On peut assez facilement rectifier les émissaires pour supprimer les seuils, améliorer le rayon hydraulique et accélérer ainsi les arrivées ou les départs de l'eau. Un ouvrage simple permettrait alors de se rendre maître des oscillations du plan d'eau.

En l'état actuel des choses, les espèces cultivées et le calendrier des cultures sont les mêmes pour ces dépressions que pour le fleuve - à un décalage près dans le temps.

En ce qui concerne la chaîne des lacs Télé Faguibine, la situation des cultures de décrue se présente différemment, comme nous le verrons ultérieurement.

Les superficies cultivables sur terres exondées des cuvettes lacustres dépendent de :

- 1° - la surface effectivement découverte pendant la totalité de la décrue annuelle ; surface d'autant plus grande pour une même décrue que la pente du terrain est plus faible ;
- 2° - la nature des terres exondées au moment du maximum de la crue ;
- 3° - l'importance de la surface restant exondée moins de 3 mois. Il est évident que de toute la surface exondée la partie la plus basse ne peut êtreensemencée si la durée d'exondaison de cette zone est inférieure à celle du cycle végétatif de l'espèce semée ; d'où la notion de "période utile de décrue".

Très schématiquement, si les plus hautes eaux de l'année ont atteint la cote (+ X,00) dans une dépression quelconque, les terres cultivables sont comprises dans une surface annulaire limitée par les plans horizontaux de cote (X + 1 m) et (X - 1,25 m). 1 mètre représente la hauteur de la tranche annulaire humidifiée par suite du pouvoir absorbant et capillaire élevé des terres limoneuses de la région, 1,25 m est la hauteur utile de tranche exondée, soit 1,60 m (hauteur moyenne de décrue) - 0,35 m (hauteur moyenne de la tranche exondée trop tard pour porter une récolte avant la submersion par la crue suivante) (VICUIER - Rapport général 1941).

4,33 L'agriculture dans le Kessou

Tout aménagement susceptible d'avoir une répercussion sur le régime hydraulique de cette région devra tenir compte des méthodes culturales qui lui sont propres et ne point les perturber.

L'agriculture constitue, avec l'élevage, la principale ressource du Kessou qui nous intéresse particulièrement en raison du projet de construction d'un barrage à Goundam.

En 1956 on a recensé 8 611 hectares emblavés par les sédentaires, dont 1 175 en riz, le reste en sorgho, pénicillaire et blé. En outre 1 000 ha environ étaient cultivés par les nomades

c'est peu ! En moyenne on retrouve annuellement ces 9 600 ha produisant 10 000 t de grains consommés sur place.

Très schématiquement, le Kessou, zone d'inondation du Niger et des marigots de Katoun, de Kondi, de Tassakant, peut être considéré comme un ensemble de petites cuvettes inondées ou non suivant la cote maximale atteinte par la crue du fleuve. Les zones de culture comprennent principalement :

- les terrains limoneux, alluviaux, fertiles, constitués par des cuvettes ou mares d'inondation : terres à sorgho, riz et blé. La mise en culture y dépend de l'amplitude de l'inondation, les fortes crues étant les plus favorables car elles atteignent à l'intérieur des terres les dépressions peu profondes, d'une superficie unitaire de 50 à 100 ha, qui conviennent particulièrement à la culture de décrue, mais sont rarement inondées. En régime naturel cette inondation bénéfique correspond à une crue sensiblement plus forte que la moyenne ;
- le sorgho est semé en pépinières, dans des carrés arrosés au bras, au mois de décembre. Il est repiqué en mars-avril pendant la décrue. Sa récolte a lieu en décembre ;
- le riz flottant ou riz de fleuve est semé à sec, à la volée, en juillet, donc sous pluie ; il est repiqué en août au début de la crue, dans les mares ; sa récolte a lieu en décembre ;
- le riz cobé est semé en pépinières durant la saison sèche, en mars-avril ; il est repiqué dans les mares d'hivernage en juillet-août. Ces mares sont entourées de digues à double but : protection contre une submersion trop rapide à la crue, retenue de l'eau en décrue. Ces mares soumises à l'inondation directe des marigots et du fleuve sont utilisées en cas de crue submergente déficitaire n'atteignant pas les grandes mares de l'intérieur. Le riz cobé est récolté en septembre-octobre ;
- le blé est semé à la volée en bordure de la ligne d'eau la plus élevée atteinte par la crue ; sa récolte a lieu 7 à 8 mois après. L'emploi de moto-pompes pour l'irrigation contribue à l'augmentation des emblavures.

La mise en valeur du Kessou est limitée par l'effort à consentir pour un aménagement successif de différentes mares, l'irrégularité des inondations obligeant les cultivateurs à changer de mares presque chaque année, d'où un éternel recommencement de l'édification des digues (les mares les plus proches du fleuve et des marigots, profondes et de superficie réduite, nécessitent les travaux les plus importants).

Régulariser les crues même à un niveau élevé, serait d'un heureux effet sur l'agriculture de cette région. De même, en ce qui concerne l'élevage, toute élévation du plan d'eau d'inondation est favorable par l'accroissement qu'elle provoque de la superficie des pâturages spontanés de décrue.

La prévision des crues peut déjà constituer un heureux palliatif à l'instabilité des cultures dans le Kessou.

Les zones cultivées dans le Kessou se situent sur les terrains proches du Niger et du Katoua et dans la zone est des marigots de Kondi et de Tassakant ainsi que dans les dépressions au centre du trapèze Bourem-Kondi-Gallaga-Tassakant, quand le niveau de la crue est suffisant. Il n'y a pratiquement pas de culture dans la zone triangulaire délimitée par les sommets : Goundam-Kondi-Gallaga.

Pour apprécier l'économie d'un aménagement des grands lacs il faudra se souvenir que les variations de surface sous influence du régime hydraulique naturel sont complémentaires dans le Kessou et ces lacs, les cultivateurs trouvant alternativement, d'un côté ou de l'autre selon l'amplitude de la crue, les superficies cultivables dont ils ont besoin (rapport GUILLAUME 1958/59) ; cela parce que les années de forte crue sont bénéfiques pour la culture de décrue dans le Kessou, alors qu'elles ne le sont généralement pas pour les lacs, si sous l'effet de cette crue leur niveau atteint les terres siliceuses.

4,4

LES PROJETS D'AMENAGEMENT

Bien que la région lacustre s'étende sur les deux rives du grand fleuve, les projets d'aménagement ont porté exclusivement sur les lacs de la rive gauche : Fati - Horo - chaîne des lacs Télé-Faguibine-Gouber-Kamango.

Dans son esquisse d'aménagement hydraulique de la boucle du Niger, du 15 janvier 1956, la MEAN note bien l'intérêt de remplir chaque année toutes les dépressions du système des lacs rive droite, pour recréer les pâturages naturels qui manquent aux troupeaux de Gourma-ouest, mais on en reste là.

°
° °

En ce qui concerne la rive gauche, en dehors de l'étude de base présentée par M. VIGUIER en 1941 et qui englobe l'économie, l'agronomie et la pédologie des sols des grands lacs, des études fondamentales ont été faites plus récemment dans différents domaines, à l'instigation de la MEAN :

- Etude économique préliminaire SOGETIM 1956
- Etude hydrologique des lacs rive gauche SOGREAH 1957
- Projet d'ouvrage de contrôle des débits à Kondi SOGETIM 1958
- Note hydrologique sur la région de Kessou BRAQUAVAL 1959
- Synthèse des projets d'aménagement du lac Faguibine IDIART 1960
- Etude géomorphologique du Kessou TRICART 1960
- Etudes hydroclimatiques DUBREUIL 1961
- et bien entendu les chapitres particuliers de la Monographie du Niger concernant la Cuvette Lacustre.

Il n'y a pas d'études fondamentales concernant la rive droite, en dehors des quelques pages et du graphique 1 qui leur sont consacrés dans la Monographie - Tome I - de la cuvette lacustre.

C'est là une lacune à combler. Mais pour la seule étude hydrologique, qui serait à faire en priorité, il faudrait beaucoup de temps, des crédits importants et une forte équipe d'hydrologues, car ici le système hydraulique est très complexe.

4.41 Le lac Fati

Dans ses "Premières propositions d'aménagement" présentées en 1955, la MEAN écrivait : " en l'état actuel des choses on cultive au Fati un anneau de terres aux environs de la cote (+ 280,00), soit 1 500 à 2 000 ha. En année moyenne la surface exondée est de l'ordre de 4 à 5 000 ha, mais le niveau du lac s'abaisse trop lentement et la période utile avant l'arrivée de la prochaine crue est trop courte pour la mise en valeur des terres basses.

La MEAN limitait ses "premières propositions" à un nouveau type d'aménagement qu'elle proposait de réaliser précisément sur ce lac : édifier 3 digues concentriques implantées à des niveaux différents ; admettre l'eau successivement dans chacun des 3 anneaux en commençant par l'anneau supérieur.

Outre qu'il nous paraît difficile de remplir rapidement cet anneau de très grande superficie à partir d'un seul point d'amenée d'eau, il est à craindre que le troisième anneau (anneau de fond) et peut être le deuxième, ne deviennent vite inutilisables par concentration de sels, les terres hautes des lacs rive gauche étant dans leur ensemble relativement perméables alors que les terres basses le sont peu ou pas du tout.

Ce procédé d'aménagement, fort coûteux par ailleurs : 500 millions de francs maliens de digues plus 100 millions pour l'ouvrage, ne nous paraît pas à retenir.

Il nous paraît qu'une étude économique pourrait dire très rapidement si les dépenses à engager pour accélérer les arrivées et l'évacuation de l'eau par un recalibrage de l'émissaire et éventuellement construire un ouvrage assurant la fermeture de cet émissaire en cas de crue précoce, seraient justifiées par la mise en valeur de 2 000 à 2 500 ha nouveaux.

Sur la base du coût d'un aménagement type Génie Rural, soit 30 000 Fr l'hectare, cette dépense devrait être de l'ordre de 90 millions de francs maliens pour une superficie supplémentaire mise en valeur de l'ordre de 3 000 ha.

4,42 Le lac Horo

En 1941 l'Office du Niger a réalisé un aménagement ayant pour but la culture irriguée dans le lac préalablement asséché. Deux canaux périphériques "hauts" devaient assurer la distribution à partir d'une tête morte de 5 km limitée par les barrages de Tonka et Bankani.

En 1945 M. DROUHIN note la fertilité des terres irriguées de ce lac : blé splendide, champs de coton de bel aspect, cultures maraîchères faites avec succès.

Malgré quoi l'exploitation poursuivie en colonat jusqu'en 1948 se soldera par un échec, d'ailleurs attribuable plus au facteur

humain qu'au facteur technique : les nouveaux occupants n'étaient pas prêts, dans leur ensemble, à passer sans transition de la culture par submersion naturelle à la culture irriguée.

En outre, la création d'une réserve d'alimentation entre fleuve et lac avait noyé les rizières de deux villages Bankeni et Tendé) tandis que l'assèchement quasi total du lac amenait la disparition des pâturages (bourgoutières) et la mise en difficulté des pasteurs nomades.

En 1940 l'exploitation du lac est confiée au Service de l'Agriculture qui l'organise pour répondre aux exigences de 3 catégories d'usagers :

- sur les terres hautes, cultures irriguées auxquelles deux villages sont restés fidèles ; en 1958 on trouvait encore 105 ha de maïs, 100 de patates et 7 de blé bénéficiant de l'irrigation ;
- sur les terres d'altitude moyenne, cultures de décrue, soit en 1958 2 500 ha de sorgho et de pénicillaires ;
- sur les terres basses, remise en eau des bourgoutières et abreuvement du bétail.

Mais ouvrages et canaux sont insuffisamment dimensionnés pour permettre un remplissage rapide du lac, où l'on n'obtient les plus hautes eaux qu'avec deux mois de retard sur celles du fleuve. Par ailleurs il n'y a pas d'ouvrage de vidange et de retour direct au fleuve, dont le lac est séparé par une réserve, d'où décrue très lente de 7 mois environ. On se retrouve sensiblement dans le cas du Fati en régime naturel.

Enfin, la combinaison : irrigation dirigée/submersion contrôlée complique l'exploitation pour de maigres avantages.

Pour remédier à cet état de chose, l'étude des documents a montré que l'on se trouvait en présence de deux propositions très différentes :

- celle de M. GUILLAUME, qui en 1959 penchait pour un aménagement modifié assurant les cultures de décrue en régime de submersion contrôlée et la mise en eau des pâturages ; M. GUILLAUME estimait plus rationnel et surtout plus économique de renoncer définitivement aux cultures irriguées dans cet aménagement ;

- celle du Génie Rural de 1962 qui, bien que partisan d'une submersion contrôlée, pense que l'on doit prendre en considération l'état de fait actuel d'une méthode mixte : irrigations et cultures de décrue.

Outre que pour maintenir l'irrigation il en coûterait fort cher par hectare irrigué, tout le réseau haut étant à reprendre, nous inclinerions vers la proposition GUILLAUME qui permet de disposer rapidement d'un aménagement pilote en culture de submersion contrôlée, sur une superficie relativement importante (10 000 ha dont 6 500 disponibles pour la culture) au coeur de la région lacustre et sans risque de perturber par l'aménagement le régime hydraulique d'une région voisine.

Pour la réussite de cet aménagement pilote il faudrait y associer une station d'essais et prévoir le concours d'un encadrement solide de moniteurs agricoles et de généticiens, ces derniers chargés de rechercher les espèces nouvelles susceptibles d'être introduites dans le périmètre. L'appui du service de prévision des crues étant donné sans restriction à cet aménagement pilote, on réaliserait un essai en vraie grandeur de la submersion contrôlée avec le concours de tous les spécialistes nécessaires, ce qui est tout de même important dans un pays encore pauvre en cadres spécialisés où la dispersion des efforts est à éviter.

En l'état actuel des choses une fraction importante de la population active (4 000 sédentaires et 3 000 habitants des villages de culture) est amenée à émigrer vers d'autres centres actifs du Mali, voire à l'étranger.

En octobre 1964 le Service du Génie Rural fait connaître que les travaux d'aménagement de ce lac doivent démarrer incessamment, suivant un projet qui semble très proche de celui établi par ce service en 1962. On conserverait les deux canaux périphériques qui seraient réunis pour former un seul canal haut et l'on construirait les deux ouvrages prévus pour le contrôle de l'admission d'eau. Il semble donc que le problème humain - maintien sur place des villages pratiquant l'irrigation - ait prévalu.

4,43 Les lacs Télé et Faguibine

Quand on parle de ces lacs il faut avoir présent à l'esprit qu'ils ne constituent pas des réservoirs permanents comme les lacs Tchad ou Victoria, mais s'assimilent plutôt à des cuvettes d'épandage situées à la limite de la nappe de submersion du Kessou, alternativement pleines ou vides, dont le fond au relief tourmenté présente en période d'assèchement des zones de pâturages naturels (bour-outièr) et dans lesquelles se pratique uniquement la culture de décrue en années favorables de basses ou très basses eaux.

VIGUIER en 1941 notait en conclusion de son étude :

" Le Faguibine constitue, au milieu de formations stériles enviro-
 " nnnantes, un îlot de 50 000 ha environ de terres excellentes,
 " riches en possibilités. Mais son régime hydraulique naturel
 " n'accorde aucune stabilité aux surfaces cultivables. Les ressour-
 " ces fondamentales du Faguibine et de la région des lacs sont non
 " seulement la culture de décrue du nil et du maïs, mais aussi
 " l'élevage qui y tient une place importante ; d'où tout un éven-
 " tail d'aménagements possibles ".

En 1945, M. DROUHIN reprenait ces conclusions dans son rapport, ajoutant :

" mais paradoxe, tantôt les terres sont stérilisées sous la brûlu-
 " re du soleil, alors que le Niger voisin véhicule d'énormes volu-
 " mes d'eau inutilisés, tantôt les terres sont asphyxiées par
 " l'inondation, alors qu'aux portes du Sahara eau devrait signi-
 " fier richesse".

La décrue dans ce lac se produit normalement de mars à décembre ; elle est fort décalée par rapport à celle du Niger à Diré, qui s'inscrit de janvier à juin. Ce décalage confère au Faguibine son originalité du point de vue agricole ; dans la mesure où l'adaptation au désaisonnement des espèces cultivées le permet, il sera possible de commencer à semer dès le 15 mars sur les terres hautes et de poursuivre les semis aussi tard qu'on le voudra sur les terres basses car on ne risque pas de voir la récolte noyée par l'arrivée de la crue suivante, qui ne se produira qu'en décembre. Ce n'est évidemment pas le cas pour les lacs isolés proches du Niger (sauf à intervenir par un aménagement de l'émissaire) ni pour les dépressions exondées des lits majeurs du fleuve et de ses principaux effluents.

Cette décrue annuelle - nous l'avons vu - varie de 1,50 m à 1,60 m, mais la cote maximale atteinte au cours d'une année hydrologique est très variable.

Par suite des oscillations interannuelles du plan d'eau les surfaces cultivables ont été ramenées d'après rapport VIGUIER de 1941, de 28 000 ha (1) en 1924 (assèchement) à 0 hectare de 1929 à 1934 (lacs pleins) pour remonter à 28 000 ha (1) en 1941 (nouvel assèchement) en passant par 14 000/15 000 ha en 1940.

Il en est ainsi, explique VIGUIER, pour 2 raisons :

- 1° - au-dessus de la cote (+ 269,00) dans le système ONS les terres sont sablonneuses, sans grande fertilité, alors qu'au-dessous de cette cote la décrue annuelle découvre des terres alluvionnaires, excellentes dans leur grande majorité ;
- 2° - une baisse de niveau des eaux de même amplitude découvre des superficies très variables suivant l'altitude où elle se produit, par suite de la pente, elle-même variable, des rives du lac sur un même profil. C'est ainsi par exemple que :
 - entre les cotes + 270,60 et + 269,00, la surface exondée est faible, de l'ordre de 3 000 ha
 - entre (+ 266,00) et (+ 265,00) elle est de 7 000 ha de terres fertiles
 - entre (+ 265,00) et (+ 264,00) on découvre 15 000 ha de terres limoneuses.

L'étude économique préliminaire de SOGETIF de mars 1956 donne d'après le plan au 1/100 000 de la région lacustre établi par l'Office du Niger, et sous forme de graphiques, en fonction de la cote des plus hautes eaux annuelles des lacs Télé et Faguibine :

- . la superficie du plan d'eau ;
- . la superficie des terres exondées où des cultures sèches sont possibles tant sur frange capillaire que sur tranche utile libérée en décrue.

(1) chiffre erroné semble-t-il et qui doit comprendre, ajoutée à la surface réelle de 22 500 ha, une surface subsidiaire sur laquelle une deuxième récolte de sorgho est possible en année déficitaire.

On note que :

- dans le Faguibine le maximum de superficie cultivable (22 500 ha) est atteint pour la cote (+ 265,30) qui correspond à un lac presque vide en fin de crue et totalement à sec en fin de décrue. Si l'on prévoit une crue limitée à (+ 266,30) laissant 1 m d'eau en fin de décrue, on pourra encore mettre en culture 16 000 ha ;
- dans le Télé le maximum de superficie cultivable (13 000 ha) est atteint pour la cote (+ 273,50) et que cette surface devient inférieure à 5 000 ha au-dessous de la cote (+ 272,00) et au-dessus de la cote (+ 274,80).

Par ailleurs l'étude SOGETIM donne les valeurs caractéristiques suivantes :

- . limites supérieures des terres siliceuses :
+ 260 dans le Faguibine + 275,50 dans le Télé
- . limites supérieures des terres limoneuses :
+ 267,00 dans le Faguibine + 274,00 dans le Télé.

Pour que la décrue annuelle découvre des superficies importantes de terres fertiles, il faudrait qu'elle s'inscrive entre les cotes (+ 265,70) en mars et (+ 264,10) en décembre, écrivait VIGUIER, alors il se produirait un déplacement général des terres cultivables vers le centre du lac. Enfin si la décrue se situait entre + 265,00 et + 263,40, l'assèchement serait complet: 22 500 ha seraient découverts, dont 15 000 de terres limoneuses et 7 500 réservés aux pâturages.

Avec la décrue idéale, les cultures pourraient s'inscrire entre les 2 plans + 265,70 + 1 m = (+ 266,70) et + 265,70 - 1,25 m = (+ 264,45), pour tenir compte de la frange capillaire d'une part, de la hauteur utile de tranche exondée d'autre part, comme nous l'avons vu précédemment.

Cette hauteur utile de 1,25 m correspond au Faguibine à un arrêt des semis en octobre, les laisses de décrue d'octobre à décembre étant trop vite reprises par la crue suivante pour porter des cultures.

Les périodes de basses eaux sont en fait trois fois bénéfiques : les surfaces cultivables sont les plus étendues, les terres plus fertiles donnent un meilleur rendement et il peut être fait une part plus importante aux cultures commerciales riches : maïs et blé.

Pour les cultures classiques de décrue dans le Faguibine, il importe que, les semis étant faits dès mars sur terre exondée - gorgée d'humidité - la jeune plante soit capable de subir les rigueurs des mois d'extrême chaleur avec les seules ressources du sol (rétention) pour attendre le début des pluies qui permettront l'épiaison. L'écart entre le début de la décrue (mars) et les premières pluies (juillet) est de 4 mois environ. Cet écart est plus grand pour les cultures du Télé (février-mars à juillet).

En l'état actuel des choses les superficies cultivées sont toujours inférieures aux superficies cultivables, ne serait-ce que parce qu'après un cycle de fort remplissage, la main d'oeuvre qui a émigré ne rentre dans ses villages qu'après un certain retard ; mais elle y revient et toutes les terres du Faguibine sont appropriées et revendiquées avec âpreté. Les parcelles y sont mesurées par une seule dimension ; la largeur, comptée en suivant le bord du lac ; c'est bien là un trait caractéristique de l'instabilité des surfaces disponibles sur les rives du lac, fonction de la hauteur de remplissage.

°
° °

Nous avons noté que parmi les ressources fondamentales du Faguibine l'élevage tenait une place importante. Précisons que dans le seul cercle de Goundam, où l'on recensait en 1956 : 250 000 bovins, 300 000 ovins, 400 000 caprins, etc... d'une valeur totale de 2,3 milliards de francs maliens, il occupait 51 % des habitants.

La prospérité de l'élevage dépend, comme celle de l'agriculture, de la régularisation du régime hydraulique de la région lacustre.

Les troupeaux arrivent en septembre-octobre lorsque les pâturages dunaires n'offrent plus de ressources ; c'est alors que surgissent les difficultés entre éleveurs et agriculteurs de races différentes.

Mais il semble que sous le choc des circonstances nouvelles, on se trouve aujourd'hui en face d'une société en transformation, à la recherche d'un équilibre nouveau. Il n'y a pas longtemps l'agriculture était pour les nomades une profession négligée ; or on constate que des tribus - telle celle des Kel Antessar - présentent une évolution certaine : 9 % seulement de ses membres restent uniquement éleveurs, les autres partagent leurs occupations entre l'agriculture et l'élevage.

° ° °

En ce qui concerne les projets d'aménagement de cette chaîne de lacs, nous ne pensons pas que ceux établis antérieurement à 1960 doivent nous retenir très longuement ; ils ont été dressés à une époque où les données topographiques, hydrologiques et géomorphologiques de la région étaient encore insuffisamment précisées, où les études économiques et humaines nécessaires n'avaient pas été faites.

Si l'on veut plus de détail sur cette période, on pourra consulter le document VI-18 : "Les projets d'aménagement du lac Faguibine - Etat de la question en 1960 " par IDIART.

Rappelons succinctement les étapes parcourues :

1919-1920 - Projet BELIME

La cause essentielle des pertes de récolte étant l'insuffisance et l'irrégularité de la pluviométrie, il est proposé d'assécher le lac Faguibine, ou autres dépressions, et de substituer à la culture traditionnelle de décrue une culture irriguée, à partir de canaux alimentés par le fleuve ou le marigot de Goundam.

1941 - Projet BAUZIL

Reprend le thème essentiel du projet BELIME, en maintenant toutefois les cultures de décrue sur un anneau de terres d'altitude moyenne, la submersion étant contrôlée par un barrage

au seuil de Kemaïna, dans le cas particulier du Faguibine.

Deux idées nouvelles étaient émises :

- la maîtrise de la submersion devait permettre de faire varier en altitude la bande d'oscillation de la décrue et ainsi de n'avoir pas toujours le même anneau de terres en culture ;
- une voie nouvelle était proposée pour l'alimentation en eau de la chaîne Télé-Faguibine : ouvrage de prise à Tindima - marigot alimentaire du Fati - lac Fati - canal à creuser suivant le tracé VITALIS pour relier directement le Fati au marigot de Coundam - le lac Télé jouant le rôle de canal adducteur, la culture y était sacrifiée.

1941 1945

Dans leurs rapports de l'époque, MM. VIGUIER et BAUZIL exposent des préoccupations susceptibles d'intéresser tout projet d'aménagement de la chaîne des lacs Télé-Faguibine : "La progression de la nappe sableuse ne peut se produire que pendant les périodes d'assèchement. Le maintien de l'oscillation aux cotes basses aurait certainement pour effet de favoriser un ensablement de plus en plus marqué de la rive nord. Ce phénomène serait encore plus gênant si l'on admettait une culture par irrigation. On doit se préoccuper, dès maintenant, de la protection contre le sable dans cette partie du lac. La formation d'une dune d'arrêt paraît plus expédient, moins coûteux que le reboisement des dunes existantes".

" Les apports de sable notés dans le lac Horo constituent un fâcheux précédent".

" Il faut par ailleurs éviter à tout prix l'érosion éolienne en prévoyant une rotation des cultures telle qu'il y ait toujours une plante couvrante".

Dans son étude géomorphologique de 1960 le professeur TRICART a répondu à ces préoccupations par cette phrase :

" Nous pouvons affirmer qu'en l'état actuel des choses il n'existe aucun danger sérieux de voir les aménagements du lac Faguibine menacés par une invasion des sables éoliens".

Il nous paraît néanmoins opportun de préconiser le maintien des cultures de décrue à une altitude moyenne, si ce n'est pas nécessaire pour lutter contre l'invasion du sable, ce mode d'aménagement satisfait - nous l'avons vu - aux conditions optimales d'exploitation des terres du lac.

Le maintien en permanence d'une plante couvrante, par rotation judicieuse des cultures, paraît être également un objectif à rechercher.

1955 - Premières propositions d'aménagement présentées par la MEAN

Ces propositions consistent à diviser les grandes dépressions en 3 zones circulaires d'altitudes différentes par 3 digues concentriques implantées à des niveaux décroissants. Nous avons exposé au paragraphe "Le lac Fati" les raisons qui nous amenaient à ne pas recommander ce type d'aménagement.

15.1.1956 - Esquisse d'un aménagement hydraulique de la boucle du Niger présentée par la MEAN

But poursuivi : régulariser le régime hydraulique de la région pour :

- 1° - assurer la submersion des terres à riz à l'époque la plus opportune ;
- 2° - remplir chaque année toutes les dépressions du système des lacs rive droite, recréant ainsi les pâturages qui manquent aux troupeaux du Gourma-Ouest ;
- 3° - assurer en permanence la navigation lourde de Tossaye au lac Debo ;
- 4° - protéger les terres contre les crues trop fortes ou trop précoces par des barrages-réservoirs sur le haut Niger et ses affluents.

Ce projet comporte, par ailleurs, l'aménagement des cuvettes localisées au moyen de digues concentriques (méthode proposée en 1955 pour le lac Fati).

Pour atteindre cet objectif idéal, il était également proposé un grand barrage à bouchures effaçables dans la région de Tossaye-Barkaina. M. DUCCELLIER, géologue, avait été chargé (sa mission de novembre 1956) de prospector les sites les plus favorables à la construction d'un barrage dans cette région.

Dans cette esquisse, bien des propositions ne paraissent pouvoir être retenues :

- 1° - on ne peut demander à un barrage du bassin supérieur que d'accroître l'étiage : il faudrait une capacité excessive pour emmagasiner la crue ; aucun site au Mali ne convient pour ce but ;
- 2° - il paraît prématuré, en l'état actuel du développement économique du Mali, de retenir le projet d'un barrage dans la région de Tossaye ;
- 3° - l'aménagement des cuvettes lacustres par digues concentriques qui, outre ses inconvénients techniques, serait très coûteux.

1956

Après les deux projets d'aménagement que nous venons d'analyser, la MEAN propose aujourd'hui un nouveau type d'aménagement basé sur :

- 1° - la fermeture par un barrage mobile des marigots de Kondi et Tassakant à leur effluence du Katoua, à l'effet de limiter chaque année la quantité d'eau admise dans les lacs Télé Faguibine à celle strictement nécessaire pour compenser les pertes de la décrue précédente ;
- 2° - l'établissement d'une digue de 15 km pour fermer la communication entre le Niger et le système Tassakant-Katoua.

Ce projet présente, explique-t-elle, l'avantage de ne nécessiter aucune adaptation des populations locales, puisque le mode traditionnel des cultures sera conservé en éliminant les aléas.

15.2.1958

La MEAN présente un avant-projet sommaire établi suivant le principe directeur du projet de 1956 : régler par un ouvrage mobile le débit de chacun des deux marigots alimentaires des lacs Télé Faguibine. La maîtrise complète de la crue n'étant obtenue qu'en deuxième étape, la première ne permettant qu'une maîtrise partielle par un seul ouvrage sur le marigot de Kondi.

L'avant-projet s'appuie sur les trois documents ci-après qui forment le dossier :

- Etude économique de SOGETIP 1956 (doc.VI-7)
- Etude hydrologique de SOGREAH 1957 (doc.VI-11,12,13)
- Rapport justificatif de la MEAN 1958 (doc.VI-14).

Le devis estimatif s'élevait à 340 millions de francs maliens pour l'ensemble des deux ouvrages principaux. A la suite de quoi la MEAN présentait au FIDES une première tranche d'exécution, d'un montant de 150 millions de francs maliens, correspondant au seul ouvrage du marigot de Kondi, lequel devait permettre - dans l'esprit des auteurs du projet - une demi régularisation. Cette hypothèse s'est révélée inexacte à la suite des études de 1959 et 1960. Nous ne discuterons donc pas davantage les projets de 1956 et 1958.

Nous ne citerons que pour mémoire le "Projet d'ouvrage de contrôle des débits de Kondi" présenté par SOGETIP en 1958. Outre qu'il s'agit uniquement d'un dossier d'appel d'offres concernant l'ouvrage, nous avons vu précédemment que celui-ci ne pouvait être retenu en ce point pour des raisons d'ordre hydrologique et géomorphologique inconnues en 1958 (1).

1960

La MEAN s'inquiète de savoir si le régime artificiel imposé aux marigots de Kondi, Tassakant et Goundam, par l'aménagement prévu du Télé Faguibine, ne risque pas de modifier leur activité géomorphologique d'une manière telle que l'alimentation en eau des lacs puisse se trouver compromise et ne pas répondre aux prévisions du projet.

(1) L'étude géomorphologique a été faite en 1960 par le Professeur TRICART (doc.VI-19).

La réponse se trouve dans l'étude géomorphologique du Professeur TRICART de 1960 :

- s'il s'avère qu'en forte crue des débits importants rejoignent le marigot de Kondi bien en aval de Bourem (les travaux de BRAQUAVAL DUBREUIL de 1959 et 1961 ont montré qu'il en était bien ainsi), il faudrait modifier le projet primitif prévoyant un barrage aux abords mêmes de Bourem ;
- quant aux ouvrages de régularisation du marigot de Tassakant, il ne nous semble pas nécessaire de faire la dépense d'une longue digue coupant à travers les cuvettes à bourrou; il est possible de contrôler le débit à moindre frais en mettant à profit le seuil qui sépare ces cuvettes et le secteur atteint par la remontée d'érosion régressive partie du Télé ;
- pour des raisons d'ordre géomorphologique et hydrologique, nous suggérons de repousser vers l'aval l'implantation des deux ouvrages projetés sur les marigots de Kondi et Tassakant ;
- une autre solution serait d'avoir un unique ouvrage, encore plus en aval, au delà du confluent Kondi-Tassakant, Le site géomorphologiquement le plus favorable serait un point situé à 4 ou 5 km en amont de Goundam. Tout le secteur à forte érosion régressive se trouverait noyé saisonnièrement dans la retenue, ce qui ralentirait l'évolution des sapements et diminuerait les transports de sable (le danger d'ensablement de l'ouvrage deviendrait minime) ;
- mais en année de crue très faible le principal problème qui sera alors d'accroître la quantité d'eau admise dans les lacs ne sera pas résolu. Il n'y a pas lieu de surestimer cet aléa ; une année de remplissage insuffisant ne sera qu'une année médiocre encadrée par des années meilleures.

Certes, un ouvrage sur le marigot de Goundam n'aura pas pour effet de provoquer un remplissage des lacs en faible crue, mais n'avons-nous pas vu que la culture redoutait surtout les années abondantes ; plus le niveau est bas, plus est grande la superficie cultivable découverte lors de la décrue annuelle; ce qui est à craindre, c'est la fin du cycle de crues faibles. Il faudrait donc avoir l'assurance que les crues moyennes pourront atteindre les lacs par des aménagements non prohibitifs, c'est-à-dire que sur le parcours : marigot de Goundam - lac Télé - seuil de Kamaïna - lac Faguibine, les seuils où les chenaux qui empêchent

ou retardent la propagation de l'onde de crue pourront être arasés ou recalibrés dans des conditions économiques. Il faut donc disposer avant toutes choses d'un profil en long de ce parcours (assorti de quelques profils en travers), dans le système IGN, en y rattachant les limnimètres de M'Bouna et Alfao, ainsi que le levé au 1/100.000 des lacs, que l'on ne possède que dans le système de nivellement ONS.

En décembre 1959 des experts techniques du FED se rendaient à Bamako et à Goundam ; à la suite de quoi le principe du financement de l'aménagement par cet organisme était retenu.

Mais à la demande même de la Direction de l'Hydraulique du Mali, le dossier technique de 1958 était écarté - la répartition des débits entre les marigots de Kondi et Tassakant n'étant pas ce que l'on croyait avant les études hydrologiques de M. AUVRAY, BRAQUAVAL et DUBREUIL.

1960

Comme suite à la mission au Mali de M. DUQUENNOIS, le rapport établi par cet ingénieur conseil fut jugé valable pour être présenté au FED comme un avant-projet (doc.VI-20). C'était le premier document comportant les données préliminaires indispensables concernant la topographie, l'hydrologie et l'hydraulique.

Le nouvel avant-projet comprenait essentiellement :

- le verrouillage du marigot de Goundam, 5 km environ en amont du village (implantation proposée par TRICART) par une digue en terre de 4,5 km ancrée sur deux massifs dunaires et arasée à la cote (+ 265,00) pour des plus hautes eaux en amont de (+ 263,00) ;
- un ouvrage régulateur à vannes mobiles, permettant le passage d'un débit double de celui de la crue maximale naturelle observée à Goundam. Cet ouvrage comportait 14 pertuis de 2 m d'ouverture chacun et une écluse pour la navigation.

Le coût des travaux était évalué à 350 millions de francs maliens y compris une somme à valoir pour études complémentaires et imprévus.

L'aménagement devait intéresser directement 30 000 personnes et toucher 50 000 ha cultivables (ensemble des lacs Télé - Faguibine - Gouber - Kamango).

Il était convenu que la digue et son ouvrage de garde constituaient la phase préliminaire de l'aménagement régional et que l'ouvrage aurait un caractère expérimental.

20.2.1962

Dans un "additif au projet d'aménagement des lacs Télé Faguibine et du Kessou", la Direction de l'Hydraulique du Mali exposait qu'il lui paraissait possible de réaliser l'aménagement prévu sans nouvelles études de grande envergure et que l'on ne pouvait dès maintenant prévoir dans le détail toutes les répercussions de la construction et de l'exploitation de l'ouvrage à construire sur le marigot de Goundam.

L'aménagement de quelques ouvrages secondaires et l'utilisation des prévisions de crue et de décrue devraient permettre une mise au point empirique et progressive du projet.

Dans l'esprit de l'auteur de cet additif, les ouvrages secondaires comprenaient :

- des ouvrages de contrôle du régime hydraulique du Killi, permettant en particulier d'accélérer la vidange du Killi dans le Niger ;
- des vannes de contrôle au pont de Dialoubé;
- l'arasement du seuil situé au sud de la mare de Sansan pour assurer avec la partie sud du Killi une communication constante sous contrôle d'une vanne ;
- des ouvrages de contrôle de l'alimentation de la mare de Kuma par les marigots de Katoua et de Kondi.

L'exploitation de cet ensemble d'ouvrages ayant pour objet :

- en forte crue, de répartir les eaux retenues par l'ouvrage de Goundam, entre le Kessou et le Killi ;
- d'accélérer la vidange du Kessou par le Killi en décrue ;
- en faible crue, d'ajouter au volume transité par le Kessou un volume supplémentaire transporté par le Killi, afin d'éviter un assèchement du Faguibine.

Nous estimons qu'il y a lieu de poursuivre les observations hydrologiques et météorologiques, de rattacher dans un même système de nivellement les échelles de Goundam, d'Alfao, de M'Bouna et les seuils de Kamaina, Gouber, Kamango, de procéder à de nouvelles mesures de salinité à Alfao, M'Bouna et Goundam.

On notera que certaines critiques faites à l'avant-projet par les experts du FED en décembre 1959 - critiques qui nous sont inconnues - avaient reçu une réponse de VIGUIER en juillet 1961 (doc.VI-26).

Il semble qu'en mars 1962 un nouvel avant-projet ait été établi par la MEAN. Le montant des travaux s'élevait à 1 587 millions de francs maliens, comprenant des études systématiques pour 549 millions et un crédit de 370 millions pour l'infrastructure et l'intégration économique ; l'ouvrage principal était réévalué à 400 millions et les aménagements complémentaires et les travaux en régie comptés pour 245 millions ; au devis était annexé un calendrier de financement sur 7 années.

Les projeteurs estimaient qu'il conviendrait d'utiliser au maximum les prévisions de crue.

Nous ne savons pas si ce dernier avant-projet a été retenu par le Gouvernement de la République du Mali et soumis à un organisme de financement, car il contredit l'additif de février 1962 qui estimait possible de réaliser l'aménagement prévu sans nouvelles études de grande envergure.

Octobre 1964

Au cours de leur mission les représentants d'EDF ont pu prendre connaissance d'une note préliminaire de PABST and PARTNER, firme chargée par le Gouvernement du Mali de présenter un avant-projet chiffré de l'ouvrage de Goundam, en adoptant pour celui-ci les caractéristiques primitivement fixées par M. DUQUENHOIS en 1960.

Dans cette note préliminaire, PABST rappelle les caractéristiques principales de la région du Kessou : 3 500 km²; 25 habitants au km² ; terres cultivées de manière assez intensive, principalement la zone est d'altitude la plus élevée où se rencontrent les terres les plus fertiles; la plaine à pente très douce jusqu'à la cassure géologique Gallaga-Kondi est inondée aux hautes eaux par la crue du Niger et dans ses parties les plus profondes on pratique la culture de décrue ; à l'ouest de la ligne Gallaga-Kondi, zone susceptible d'être la plus influencée par le remous du barrage de Goundam, la densité de population est nettement plus faible et les superficies en culture sont réduites.

Ces caractéristiques sont dans l'ensemble très voisines de celles que nous avons nous-mêmes données au début de ce chapitre, aux différences près que :

- la superficie du Kessou proprement dit est de 1 200 km² seulement, celle de 3 500 indiquée par PABST devant comprendre les lacs Fati - Télé - Faquibine - etc...
- PABST ne mentionne pas la riziculture qui représente seulement, il est vrai, 1/8 de la superficie totale cultivée dans le Kessou.

Cette même note préliminaire fait ressortir l'urgence d'une cartographie du Kessou ; PABST propose de réaliser par restitution photogrammétrique une carte à l'échelle du 1/10 000 ou du 1/5 000 - courbes de niveau à l'équidistance de 0,50 m, travail évalué à 100 millions de francs maliens au minimum, pour 3 500 km² il est vrai. Outre que le levé ne doit porter que sur 1 200 km², il y aurait lieu de voir si l'on ne peut établir un photoplan au 1/50 000 à partir des photographies aériennes de 1959 signalées au présent chapitre.

Décembre 1964

Le Service de l'Hydraulique du Mali apporte les précisions suivantes, à la suite d'une reconnaissance sur place faite par MM. TRANAIN et FAUVEL, Conseillers techniques auprès de ce Service :

Pour une cote de 1,67 m à l'échelle d'Alfao (lac Télé déjà bien rempli), le seuil de Kamafina jalonné par des affleurements rocheux présente une passe de 90 m, profonde de 1,50 m et une autre de 60 m, profonde de 2 m. Le courant est assez fort. En aval, un chenal étroit (80/100 m) et assez profond alimente le Faguibine directement et le Gouber par un déversement sur flanc rive droite (seuil large - nappe de 80 cm). Cette alimentation indépendante du Gouber paraît justifier un ouvrage de garde, tout comme il en est prévu un pour le Faguibine.

Le lac Gouber est de faible profondeur (1,00/1,50 m, avec cependant quelques points bas à 2,50 m maximum), bien que la dénivellée entre les plans d'eau actuels à Kamafina et Gouber soit faible. Ce lac est très cultivé et son exploitation est restée bonne, même pendant l'actuelle période d'hydraulicité abondante ; on ne peut envisager de le sacrifier au profit du Faguibine, d'où l'opportunité de l'ouvrage de garde envisagé.

Le lac Kamango est séparé du Gouber par un seuil à pointements rocheux, assez long dans le sens est-ouest et qui paraît calé assez haut ; il n'a pu être franchi vu la faible profondeur d'eau qui le recouvre.

On ajoutera que les premières études de PABST indiquent que la construction du barrage de Goundam entraînerait une surélévation de 1,00 m environ de la route Diré-Goundam, sur une section de 25 km environ.

Ainsi depuis 1919 une lente évolution s'est produite dans la conception d'un aménagement hydroagricole des grands lacs de rive gauche, dans le même temps que les connaissances d'ordre hydrologique, géomorphologique, humain, économique, agronomique se précisaient.

L'idée d'une irrigation par gravité des cuvettes préalablement asséchées a fait place à celle d'un aménagement par cloisonnement à partir de digues concentriques judicieusement implantées, qui s'est effacée à son tour devant celle d'une mise en valeur par une submersion contrôlée.

Notre avis est qu'il faut s'en tenir à cette dernière proposition pour toutes les grandes dépressions et qu'en tout cas tout autre mode d'aménagement n'a pas sa place dans un programme à court ou moyen terme.

L'exploitation de l'aménagement retenu devra s'appuyer sur la prévision des crues, maintenant au point.

La sagesse voudrait que l'on commençât par le lac Horo ou, si l'on veut, le lac Fati, pour lesquels les études complémentaires nécessaires, sont de peu d'importance, les travaux d'aménagement relativement modestes et sans aucune action sur le régime hydraulique des régions voisines.

D'autres considérations d'ordre humain ou politique, qui ont leur poids, peuvent amener à mettre en priorité l'aménagement des lacs de la chaîne Télé Faguibine. Quand ce rapport paraîtra, PABST and PARTNER auront chiffré le coût du barrage de Goundam, ce sera là un point important acquis pour l'étude économique finale. Mais une incertitude grave subsistera tant qu'un nivellement de premier ordre n'aura pas rattaché Diré à Kamaïna et fixé une fois pour toutes la différence d'altitude entre les plans de comparaison IGN et ONS tout au long de cette ligne. La cote fixée pour la crête du barrage à + 265,00 dans le système IGN pour assurer une revanche de 1,20 m sur la cote de la nappe en amont, supposée être la cote de crue à Diré, soit + 263,80 donnera-t-elle la sécurité recherchée ?

Si nous avons retenu la conception d'aménagement DUQUENNOIS de 1960, que dire de l'exploitation du système ? Aucun avis n'est possible tant que nous restons dans l'incertitude sur le relief du Kessou et sur les cotes relatives exactes du Niger à Diré, du marigot de Goundam, des plans d'eau des lacs et du seuils de Kamaïna.

Nous croyons que le seuil de Kamaina, point clé du parcours d'alimentation des lacs nord, devrait être abaissé et muni d'un ouvrage de garde pour permettre une alimentation de ces lacs mêmes aux moyennes crues et faciliter ainsi l'exploitation. Mais dans quelles conditions techniques et économiques cet abaissement par déroctage ou dragages est-il possible ? Nous ne le savons pas aujourd'hui. Nous ne savons pas davantage dans quelles conditions on peut songer accélérer la transmission de l'onde de crue au travers du Télé, transmission qui en l'état naturel est très lente, en évitant de nuire aux cultures faites dans ce lac.

Donc en toute première urgence, il conviendrait de :

- 1° - rattacher entre eux par un nivellement de premier ordre dans le système IGN, les limnimètres de Diré - Goundam - Alfao - Toukabangou - M'Bouna, en profitant de ce parcours pour y rattacher l'ouvrage de Dialoubé et le seuil de Kamaina ,
- 2° - procéder dans le même temps à un levé au 1/5 000 du seuil de Kamaina et de ses abords, ainsi qu'au levé d'un profil en long au 1/10 000 du lit de la voie d'eau qui relie Goundam au lac Faguibine par le lac Télé, profil qui devra porter tous les points singuliers tels que seuils sableux ou goulots d'étranglement,
- 3° - lever de même le seuil par lequel se fait l'alimentation du Gouber,
- 4° - profiter de ces travaux pour revaloriser le plan au 1/100 000 de la région des lacs levé par l'Office du Niger et sur lequel sont tracées des courbes de niveau à équidistance de 1,00 m.

Ensuite, pour le ou les lacs que l'on aura choisi d'aménager en priorité une étude pédologique et une étude agronomique seront nécessaires ; en particulier concernant les lacs nord, les agronomes devront dire leur préférence pour une alimentation précoce ou tardive.

Le régime des lacs Télé et Faguibine est étroitement lié à celui du Kessou. Il semble que pour le Kessou une alimentation tardive serait celle qui apporte le moins de perturbations au régime hydraulique naturel. Elle aurait par ailleurs l'avantage de permettre de drainer cette zone quand, l'ouvrage de Goundam étant ouvert, l'alimentation des lacs se ferait.

De ce que nous avons vu au paragraphe "les cultures traditionnelles", nous pensons pouvoir conclure que :

- 1° - une surélévation du niveau de la nappe de submersion dans le Kessou ne peut qu'être bénéfique, puisque c'est précisément aux grandes crues que l'on peut utiliser le maximum de superficie pour les cultures de décrue ; nous ne pensons pas que le riz flottant puisse souffrir de cet état de chose, on doit noter qu'il ne représente qu'une infime superficie (1 000 ha sur 120 000 environ) et qu'il suffirait que la hauteur de la surélévation ne dépasse pas 2 à 3 cm par jour pour pallier cet inconvénient ;
- 2° - une submersion plus importante de la zone Goundam - Kondi - Gallaga , à faible densité de population et peu cultivée est sans gravité ;
- 3° - un remplissage tardif des lacs aurait pour conséquence une décrue tardive s'amorçant non plus en mars, mais en avril ou mai, ce qui n'aurait que des avantages puisque l'effet serait de réduire la période intercalaire entre semis et pluies, sans désaisonner les cultures et que d'ailleurs en l'état actuel on sème de mars à octobre.

Cependant, un point reste à éclaircir. Si une forte crue est bénéfique dans le Kessou parce qu'elle submerge des dépressions centrales importantes et fertiles, encore faut-il pour que la culture s'y fasse normalement que la décrue ne soit pas trop lente. Or cette décrue se produit actuellement, partie vers le Niger, partie vers les lacs où il passe par Goundam 0,27 à 3,78 milliards de m³ annuellement. Quand le verrou de Goundam sera en place, il faudrait, comme il l'a été suggéré précédemment, que le Killi puisse recevoir un excès d'eau par les ouvrages sous route Diré - Goundam.

L'eau emmagasinée dans le triangle ouest du Kessou ne peut en aucun cas revenir au Niger par les marigots de Kondi et Tassakant dont la pente générale est dirigée d'est en ouest.

Il nous paraît donc indispensable d'entreprendre une étude d'exploitation de l'ouvrage de Goundam afin de fixer, en fonction de l'hydrogramme de la crue, le mode de fonctionnement

qui a la meilleure incidence sur le régime hydraulique du Kessou, du Killi et des lacs. Cette étude pourrait être faite à partir d'un modèle mathématique, comme il en a été mis un au point récemment pour le Mékong. Elle durerait environ un an et son coût serait de l'ordre de grandeur de 25 millions de francs maliens ; elle demanderait au préalable, en sus des travaux de nivellement demandés en première urgence, le levé de une ou deux transversales dans le Kessou, ainsi que quelques profils en travers du fleuve et des deux marigots alimentaires.

o
o o

Citant VIGUIER, nous avons écrit paragraphe 4,43 :
 "les ressources fondamentales du Faguibine et de la région des
 "lacs sont non seulement la culture de décrue du mil et du maïs,
 "mais aussi l'élevage qui y tient une place importante".

Il convient d'ajouter une troisième activité non négligeable sur le plan économique : la pêche.

En octobre 1964, la mission EDF après avoir pris contact avec la Direction du Service des Pêches au Mali peut écrire que :

- " - l'on pêcherait annuellement 10 000 t de poissons dans le Faguibine,
- " - les conditions d'une bonne pêche se trouvent réunies quand on dispose d'une nappe d'eau ayant la plus grande étendue possible,
- " - le tonnage de poissons en eau est directement proportionnel à la surface et inversement proportionnel à la profondeur de la nappe,
- " - la population habituelle de poissons n'aime pas les trop grandes profondeurs ; les rayons de soleil devant pouvoir pénétrer dans la nappe,
- " - dans le cas du Faguibine, même si l'on avait 10 ou 13 m d'eau au centre, il suffirait d'avoir une grande superficie périmétrale sous faible profondeur pour la reproduction des espèces dans une zone où le développement de la microflore est intense.

Ainsi, une régularisation du niveau des grands lacs ne pourrait qu'avoir une action bénéfique sur les prises des pêcheurs; le problème à résoudre étant celui d'une liaison lacs - Niger par voie d'eau quasi permanente. Présentement les pêcheurs du Faguibine ne disposent d'aucun moyen facile d'évacuation des produits de leur pêche (sauf à dos d'ânes) ce qui freine leur activité.

On ajoutera avec M. TRANAIN et FAUVEL, à la suite de leur reconnaissance sur place en décembre 1964, que l'activité des pêcheurs est intense dans la zone du Kemaïna et dans les lacs eux-mêmes. Les pêcheurs utilisent des pirogues à moteur ou pinasses de 20 m de longueur et 2,50 m de largeur. Nous rappellerons à ce sujet que le projet de barrage à Goundam de M. DUQUENNOIS prévoit une écluse pour le passage de telles embarcations.

Nous rappellerons aussi que l'an dernier, il a été pêché dans la région de Mopti : 49 720 tonnes de poissons frais et que les exportations de poissons séchés et fumés se sont développées ainsi :

1958	:	7 363 t	)	
1960	:	13 454 t	)	
1961	:	9 204 t	)	ce sont là des chiffres officiels, qui
1962	:	8 356 t	)	seraient inférieurs à la réalité d'après
1963	:	8 500 t	)	M. CHAMPAUD

Les exportations ont lieu sur le Ghana, la Côte d'Ivoire, la Haute Volta, le centre du Mali.

Pour terminer nous citerons quelques extraits de :

1° - la note de M. WERTHEIMER, du 28 mai 1957 : "L'aménagement du lac Faguibine et la pêche".

" Actuellement le lac permet une pêche très abondante (niveau de l'eau élevé) par des pêcheurs de métier (bozos et somonos), qui se maintiendront sur place tant que le niveau du lac sera favorable.

" Il est difficile d'évaluer le tonnage de poisson séché et fumé exporté du lac.

" L'évacuation des produits de la pêche vers le fleuve se fait,
 " soit par pirogues aux hautes eaux, soit par pirogues jusqu'à
 " 7 km de Goundam, puis à dos d'ânes et par camions jusqu'à Diré,
 " en saison sèche.

" En poissons frais la pêche peut représenter actuellement 3 500
 " tonnes/an environ ; chiffre qui paraît faible et pourrait être
 " doublé si un plus grand nombre de pêcheurs s'installaient sur
 " le lac.

" Le lac, en hautes eaux, est très poissonneux, mais la continuité
 " de cette pêche est fonction du niveau du lac. Il est probable
 " que dès que le seuil de Kamaïna est à sec, la rupture de charge
 " supplémentaire provoquée par cet assèchement ne rend plus la
 " pêche rentable et que les pêcheurs professionnels se replient
 " vers des régions plus accessibles (1).

" Les périodes où la grande pêche est possible sont séparées par
 " des périodes aussi longues où la pêche n'est pratiquée que par
 " des pêcheurs locaux (voir variations interannuelles du niveau
 " du lac).

" Il serait souhaitable que l'aménagement du lac maintint son
 " niveau, non à (+ 265,50), mais au moins à (+ 266,50) encore que
 " les conditions idéales ne soient réalisées que pour une cote
 " submergeant le seuil de Kamaïna.

2° - la note de M. DAGET, du 22/6/1957 : "Rapport sur la pêche
 dans le lac Faguibine en 1957".

" Le seuil de Kamaïna était immergé ; les observations correspon-
 " daient au cas où une nappe d'eau continue recouvre les 4 lacs ;
 " cas très favorable pour la pêche, mais cas exceptionnel.

" En décrue, le seuil émerge, il n'y a plus migration importante
 " des poissons qui se réfugient dans le lac Faguibine et les points
 " bas du Télé et du marigot de Goundam.

" Les autochtones pratiquent la pêche de mares dans le Télé et
 " le marigot de Goundam ; le tonnage commercialisé est peu impor-
 " tant, les produits de la pêche vont, dans leur grande majorité,
 " à la consommation locale.

(1) L'abaissement du seuil de Kamaïna que nous avons préconisé
 plus haut présenterait l'avantage d'éviter cette rupture de
 charge.

" Dans le Faguibine, au milieu biologique différent, la pêche est
 " pratiquée soit par des autochtones de Bintaoungou, soit par
 " des étrangers bozos ou somonos, à l'aide de grands filets tour-
 " nants ou maillants. La plus grande partie du poisson pêché est
 " évacuée comme indiqué précédemment par M. WERTHEIMER.

" En crue, l'eau submerge le seuil de Kamaïna, on note d'importan-
 " tes migrations dans les 2 sens (lacs-Niger et Niger - lacs).

" Les fortes crues de ces dernières années ont permis l'arrivée
 " et en quelque sorte le stockage dans le réservoir Faguibine d'un
 " nombre considérable de poissons. Beaucoup s'y sont reproduits,
 " augmentant le stock exploitable.

" La régularisation du niveau du lac à une cote basse aurait pour
 " effet de réduire le rendement de la pêche ; aussi est-il esti-
 " mé nécessaire :

- de prévoir aux plus basses eaux une réserve aussi profonde
 que possible,
- de faciliter le développement de la végétation aquatique,
 actuellement absente dans le Faguibine - développement du
 plancton,
- de prévoir le passage des migrateurs catadromes, depuis la
 sortie du Télé jusqu'au lac résiduel, dont le niveau sera
 plusieurs mètres au-dessous de celui du seuil de Kamaïna.

3° - l'étude de M. Yves LEROY, de 1956/57 : "La pêche et le
 commerce du poisson à 'Opti'".

" Dans le Faguibine les pêches sont fructueuses. En 1955, 150
 " familles de pêcheurs non autochtones y ont été dénombrées. Le
 " poisson séché est expédié sur Diré, d'où il est embarqué, soit
 " sur des virogues , soit sur les bateaux des Messageries Afri-
 " caines.

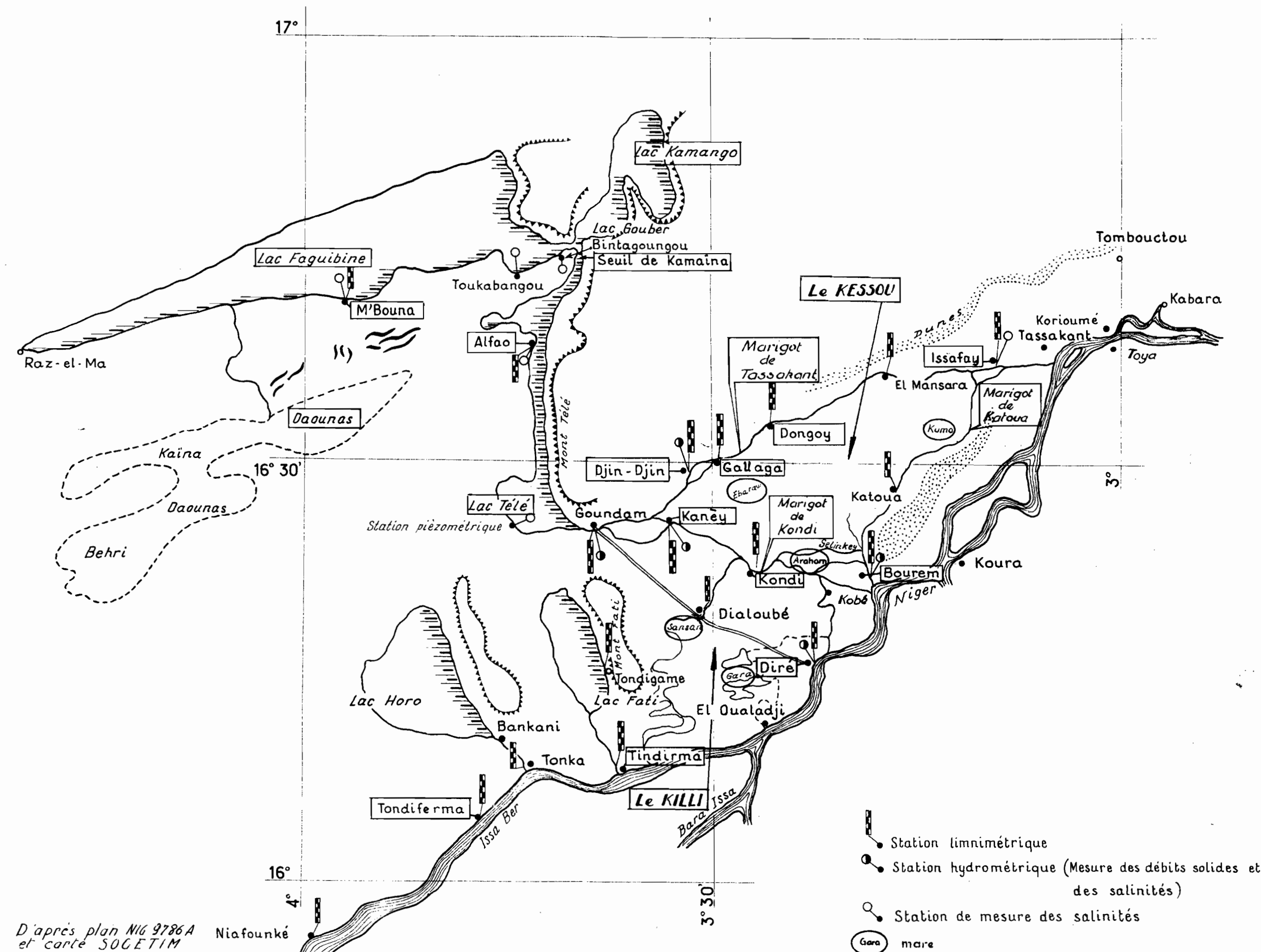
LA RÉGION LACUSTRE RIVE GAUCHE

ÉCHELLE : 1/500000

MAL-50.022 . P.61

JANV. 65
Groland

D'après plan N16 9786A
et carte SOGETIM



- Station limnimétrique
- Station hydrométrique (Mesure des débits solides et des salinités)
- Station de mesure des salinités
- Gara mare

5

LE CASIER DE BAGUINEDA

Dès 1930 Baguinéda fut le premier centre expérimental de culture rizicole aménagé par l'Office du Niger.

Au cours des années qui suivirent la mise en exploitation les rendements obtenus allèrent en décroissant. Dans son compte-rendu de la campagne agricole de 1960/61, l'Office du Niger cite les chiffres suivants concernant ce casier :

- de 1948/49 à 1955/56 le rendement passe de 1 820 à 1 701 kg à l'hectare (1),
- en 1959/60 nouvelle baisse : 1 137 kg,
- en 1961 chute brutale, le rendement n'atteint plus, en moyenne, que 672 kg à l'ha pour une superficie cultivée de 2 454 ha. Aucune explication n'est donnée dans ce compte rendu sur cette baisse du rendement, que l'on voit fléchir en 12 ans de 1 820 à 672 kg/ha.

La rente à l'hectare approche de la redevance due à l'Etat pour la fourniture de l'eau d'irrigation ; la culture dans ces conditions n'offre plus aucun intérêt.

Le 1er janvier 1963, le Gouvernement du Mali décide:

- 1° - de substituer à la riziculture, qui n'est économiquement plus justifiée, des cultures riches très diversifiées : coton (2) - maïs - blé - tabac - cultures maraichères, suivant en cela les recommandations formulées par l'Inspecteur Général GUILLAUME, en conclusion de sa mission de 1958/59.

-
- (1) un autre document de l'Office confirme l'évolution au cours de cette période : pour la campagne 1951/52 Baguinéda a produit 3 677 t de paddy, le rendement moyen a été de 1 728 kg par ha.
 - (2) l'acidité relative des sols de Baguinéda (pH < 6,5) par ailleurs peu humifères (caractéristiques signalées en leur temps par M. DABIN, pédologue de l'ORSTOM) doit amener à être très prudent pour l'introduction de la culture du coton dans ce périmètre. On se souviendra des essais de 1925 qui donnèrent de très mauvais résultats.
-

- 2° - d'organiser une ferme agricole d'Etat à Baguinéda et de soustraire l'ensemble du périmètre des attributions de l'Office du Niger.

Mais dès mai 1962, il avait été confié à une mission Bulgare représentant le bureau "Techno-Export" le soin de présenter un avant-projet de réaménagement du système hydraulique de Baguinéda.

Ce système alimenté par le Niger domine un périmètre de 3 320 hectares, englobant le domaine de la ferme d'Etat et le paysannat.

Le système hydraulique comprend essentiellement :

- un canal principal d'irrigation ou canal de Sotuba, d'une longueur de 18,800 km du barrage des Aigrettes au déversoir de Baguinéda,
- les 3 distributeurs de Baguinéda - Tanima et Sienkoro, le premier prolongeant le canal de Sotuba sur 16,300 km jusqu'au partiteur B 12,
- des partiteurs et arroseurs,
- un réseau de drainage, qui ne fonctionne d'ailleurs pas à la crue du Niger.

Par leurs caractéristiques actuelles (section et pente de 0,05 ‰) le canal de Sotuba et le distributeur qui le prolonge seraient capables de porter :

- 19 m³/s au droit du vieux pont de Sotuba
- 14 m³/s au droit du pont de Konini
- 11 m³/s au pont voisin de Baguinéda
- 4 m³/s au pont de Sébéla.

Mais ce réseau situé dans les dépôts alluviaux du Niger n'est pas étanche et les pertes qu'il laisse filtrer tout au long de son parcours sont très élevées et génératrices d'un gaspillage d'eau qui ne se conçoit plus, alors que l'on esquisse un aménagement d'ensemble du grand fleuve et que l'on cherche à satisfaire des besoins pressants :

- usine hydroélectrique de Sotuba (débit maximal en pointe à l'étiage pour 2 groupes installés : $95 \text{ m}^3/\text{s}$) (1),
- prolongation de la navigation de janvier à avril de Koulikoro à Ségou,
- irrigations de saison sèche (tomates de Baguinéda - cannes à sucre de Doussabougou),

qui vont absorber le débit d'étiage.

Des mesures faites en 1960, toutes vannes des partiteurs fermées, ont montré que pour un débit de $19,72 \text{ m}^3/\text{s}$ au vieux pont de Sotuba, on ne retrouvait plus que :

$11,26 \text{ m}^3/\text{s}$ au pont de Konini

et

$0,988 \text{ m}^3/\text{s}$ près de Farakan,

soit une perte globale que l'on peut estimer à $19 \text{ m}^3/\text{s}$ pour l'ensemble du canal principal jusqu'à Tanima. Ce débit perdu par infiltration serait susceptible de produire environ 24 000 kWh par jour pendant l'étiage à l'usine hydroélectrique de Sotuba.

En octobre 1964 le responsable du secteur agricole confirme qu'un débit de $20 \text{ m}^3/\text{s}$ admis en tête du canal (Sotuba) permet de recevoir seulement $10 \text{ m}^3/\text{s}$ à Baguinéda.

°
° °

Dans son avant-projet de réaménagement du système hydraulique, présenté en mai 1963, Techno-Export a proposé, pour réduire ces pertes dans une plus ou moins grande proportion, un cuvelage total ou partiel du canal principal dans sa section en aval de l'évacuateur de Dougourakoro. Cette proposition repose sur l'hypothèse de pertes calculées à partir d'un coefficient de perméabilité des sols de $5,7 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$, déterminé par des mesures récentes de pompage en puits. Ce calcul aboutit à une perte moyenne de l'ordre de 600 l/s au km.

(1) débit modulable dans les conditions exposées au chapitre II.

Ainsi, pour satisfaire aux besoins de l'irrigation concernant 2 600 ha emblavés chaque année (200 de légumes - 1 200 de coton - 500 de maïs - 500 de blé - 100 de tabac et 100 de divers dont 10 réservés à la bananeraie et 5 à la pépinière de citronniers) et équilibrer par ailleurs les pertes en canaux, il faudrait assurer en tête du réseau, suivant la longueur de section cuvelée, donc prélever dans le Niger les débits suivants :

	Janvier arrosage maximal	avril étiage
canal non revêtu	32 m ³ /s	26 m ³ /s
canal revêtu de B 12 au déversoir de Baguinéda	17	12
canal revêtu de B 12 à l'évacuateur de Koba	15,3	10
canal revêtu de B 12 à l'évacuateur de Dougourakoro	9,2	6

Techno-Export évalue à 114 millions de francs maliens le cuvelage de B 12 à Baguinéda, à 70 millions le cuvelage de la section Baguinéda-Koba et à 240 millions celui de la section Koba-Dougourakoro.

Les conclusions à retenir de l'examen de cet avant-projet sont que :

- si l'on avait considéré l'aménagement hydroagricole seul, il aurait été suffisant de revêtir le canal principal jusqu'au déversoir de Baguinéda seulement, prélevant ainsi 17 m³/s en janvier et 12 m³/s en avril.
- l'aménagement hydroélectrique de Sotuba étant réalisé, il faudra prolonger le cuvelage jusqu'à Dougourakoro si l'on veut limiter le débit réservé aux irrigations à 9,2 m³/s en janvier et 6 m³/s en avril (soit sensiblement les conditions imposées pour l'étude de l'aménagement).

Mais une régularisation éventuelle du débit d'étiage par le barrage du Sankarani amènerait à modifier la deuxième conclusion, car on devrait pouvoir alors disposer d'un débit suffisant

pour alimenter l'usine hydroélectrique et le réseau d'irrigation ; dans cette hypothèse on pourrait admettre les prélèvements de 17 et 12 m³/s pour calculer le débit disponible pour l'Office du Niger.

D'un long entretien que les membres de la mission EDF d'octobre 1964 ont eu sur place avec le responsable du secteur agricole de Baguinéda, il ressort que les pertes du réseau seraient loin d'être uniformément réparties tout au long du canal principal :

- sur les 10 premiers km de la section allant de la chaussée submersible à Dougourakoro, on observe un débit de fuite moyen,
- par contre de grosses pertes sont observées sur 1,5 km au delà de la Koba par suite d'un contact direct digue/rocher,
- au passage de Massakoni et jusqu'à Farakan, sur 4 km, à nouveau des pertes sensibles,
- par contre sur 8 km dans la plaine de la Koba les pertes sont relativement faibles.

Il semble donc qu'une méthode unique ne puisse être valable pour stopper les pertes dont les causes sont différentes et que, par ailleurs, on doit pouvoir les réduire dans une proportion considérable en agissant sur les deux secteurs - relativement courts - où ces pertes sont les plus élevées.

°
° °

L'usine destinée à la production de concentré de tomates étant édifiée à Baguinéda - en 1964 elle a traité 15 tonnes/jour - la production qu'il convient d'assurer en priorité sur le périmètre est évidemment celle de la tomate.

La capacité de traitement de cette usine est de 50 tonnes/jour, suffisante pour équilibrer la consommation locale en tournant 4 mois 1/2 par an.

Il est donc prévu que l'usine fonctionnera au départ 9 mois par an ; 4 mois 1/2 pour produire du concentré de tomates ; 4 mois 1/2 pour produire de la confiture de mangues ; l'entretien du matériel se faisant pendant les 3 mois d'arrêt.

Sur ces bases l'usine absorbera donc annuellement 6 750 tonnes environ de tomates. Si l'on admet avec les responsables du secteur agricole un rendement moyen de 25 tonnes à l'hectare, il faudra avoir chaque année 270 ha de tomates en culture (Techno-Export avait prévu 200 ha seulement avec un rendement de 25 à 30 t, mais il admettait comme possible 1,5 récolte par an).

Un premier essai de culture a porté en 1963 sur 150 ha de tomates.

En 1964 ce périmètre a dû être ramené à 100 ha par suite du manque d'eau résultant de la construction de la centrale de Sotuba (1). Les rendements ont été très variables : sur 70 ha on a obtenu des pointes de 22 et 30 tonnes, mais sur les 30 autres hectares des rendements fort médiocres, de l'ordre de 300 kg. Au total la production a été de 500 tonnes. Techno-Export avait pris soin d'exposer que l'on n'atteindrait aux rendements optimaux qu'après un réaménagement hydraulique complet et une utilisation poussée des engrais, soit dans un délai de 3 ou 4 ans.

Au cours des campagnes d'essais de 1963 et de 1964, un point important a pu être vérifié ; celui du module nécessaire à l'irrigation de cette plante. On a noté une densité de 30 000 pieds à l'hectare et un besoin en eau par pied de 2 doses de 14 litres par semaine pendant 150 jours ; ce qui correspond à $18\ 000\ m^3/ha$ au cours du cycle végétatif de 150 jours, soit le débit fictif équivalent de 1,3 l/s.ha prévu par Techno-Export.

Dans tout ce qui précède nous n'avons pas parlé des besoins en eau propres à l'usine de concentré car ils sont pratiquement négligeables : $70\ m^3/h$ 16 h par jour pendant 4 mois 1/2, de novembre à mars.

(1) pendant la construction de l'usine hydroélectrique de Sotuba on devra avoir recours au pompage : 4 groupes de $250\ m^3/h$ représentant la dotation au champ sur environ 240 ha. Il importe en effet de poursuivre la culture des tomates pour ne pas mettre en chômage l'usine de concentré.

Techno-Export explique la baisse continue du rendement des rizières par la surélévation de la nappe phréatique due à un mauvais drainage du sol et par un appauvrissement de celui-ci provenant du fait qu'une grande partie des matières organiques a été emportée par les eaux d'infiltration.

On peut exposer d'une manière différente cette hypothèse, d'ailleurs valable, en rappelant que l'étude géologique semble montrer qu'une grande partie du périmètre se situait autrefois dans l'ancien lit du fleuve, qui s'est déplacé peu à peu vers le nord, jusqu'à occuper sa situation actuelle ; les terres du casier se trouvent de ce fait dans la terrasse alluviale de 0 à 14 m d'épaisseur, constituée par un sable très fin, limoneux, peu argileux. D'après M. DABIN, pédologue de l'ORSTOM, il ne serait pas impossible que le coefficient de perméabilité des sols de Baguinéda ait augmenté par suite d'un entraînement des colloïdes, après 25 ou 30 années d'irrigation, donc d'infiltration. C'est probablement ce que Techno-Export appelle le phénomène de suffusion.

o
o

La substitution massive des cultures diverses à la riziculture, modifiant les modules, les méthodes et les époques d'irrigation, il était normal de songer à remodeler et recalculer le canal principal et d'en profiter pour proposer une solution supprimant partiellement ou totalement les pertes par infiltration ; normal aussi de repenser le drainage, plus important lorsqu'il s'agit de coton ou de maïs que de riz.

Ce fut là l'objet de l'avant-projet de Techno-Export qui propose un réaménagement progressif en 2 étapes dont la première, chiffrée 152,8 millions de francs maliens, permettrait sans aucun cuvelage du canal principal, d'irriguer jusqu'au partiteur B 6 une superficie de 1 500 ha, surabondante pour la production de tomates. Mais il semble que l'on ne puisse limiter cette production à un petit secteur, tous les villages du périmètre désirant y participer et donc recevoir l'eau d'irrigation nécessaire ; d'où la nécessité de réaliser presque immédiatement la deuxième étape (cuvelage du canal), chiffrée à 424,3 millions de francs maliens et permettant d'irriguer jusqu'au partiteur B 12 la totalité des 3 300 ha du périmètre.

L'avant-projet Techno-Export n'appelle aucune remarque particulière de notre part, certes un plan d'ensemble au 1/20 000 eût permis une meilleure compréhension du texte, mais c'est là un détail. Par contre il semble qu'une confusion ait été commise dans l'une des hypothèses de base : le projeteur admet comme débit d'étiage minimale du Niger à Koulikoro : $67 \text{ m}^3/\text{s}$, chiffre qui exprime dans la série des années 1907 à 1957 le débit moyen mensuel d'avril pour cette période ce qui est très différent. Il convient de rectifier : le débit d'étiage le plus fréquent est de $32 \text{ m}^3/\text{s}$; il peut descendre exceptionnellement à $18 \text{ m}^3/\text{s}$, et peut-être même moins, et se situe en général autour de $50 \text{ m}^3/\text{s}$.

Les sols de Baguinéda ont de par leur structure un faible pouvoir de rétention, ils ne sont donc pas susceptibles de tenir en réserve la quantité d'eau nécessaire à la germination ou au développement d'une plante. Ces sols ont un grand besoin d'engrais minéraux et surtout de fumier, car ils ont été épuisés par la riziculture et les labours primitifs depuis 30 ans ; un délai de 3 ou 4 ans est nécessaire pour leur restituer leur fertilité première et redonner à la terre son aspect cultural normal.

On a noté que la nappe phréatique du secteur s'abaissait rapidement quand le réseau d'irrigation était à sec. Aujourd'hui on ne doit plus compter sur un tel réseau perdant par infiltration $10 \text{ m}^3/\text{s}$ pour maintenir le niveau de cette nappe qui alimente les villages du secteur de Baguinéda ; c'est un gaspillage qui n'est plus possible (un groupement de 25 000 habitants a besoin pour sa boisson et ses usages alimentaires d'un débit continu de $0,100 \text{ m}^3/\text{s}$). Or cette nappe sera alimentée par le Niger, où il faudra rechercher une nappe profonde et forer quelques puits. Cette prospection était d'ailleurs entreprise en octobre 1964 en un point voisin de l'usine, où la mission EDF a pu voir un forage en cours d'exécution ; une seconde nappe est apparue à 50 m de profondeur, les mesures de débit restaient à faire.

Il reste à démontrer par une étude économique que les gains en kWh à attendre à Sotuba d'une suppression partielle ou totale des pertes du réseau de Baguinéda justifient les dépenses (amortissement - entretien - intérêts) résultant du cuvelage d'une section plus ou moins grande du canal.

Des éléments nouveaux peuvent venir interférer dans cette étude :

- construction à Sélingué d'un barrage-réservoir, régulateur du débit d'étiage du Niger, encore qu'à la date prévisible d'achèvement d'un tel ouvrage, Sotuba pourrait - si d'autres groupes étaient installés - être en mesure de turbiner un débit supérieur à celui nécessaire en première phase de son équipement,
- réduction éventuelle de la superficie aménagée à Baguinéda, si les essais d'introduction du coton irrigué sur 1 200 ha ne donnaient pas les résultats escomptés.

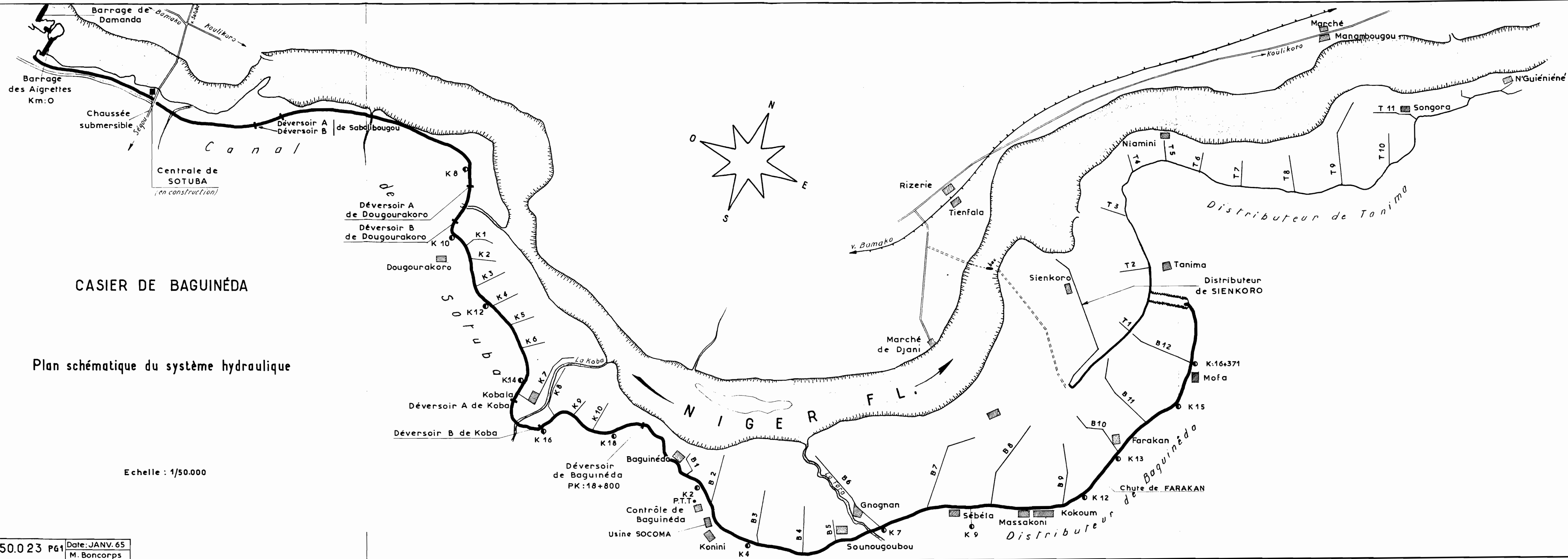
° ° °

THE
JOURNAL
OF
THE
ROYAL
ANTHROPOLOGICAL INSTITUTE
OF GREAT BRITAIN AND IRELAND
VOLUME 100 PART 1 2000

1

THE
JOURNAL
OF
THE
ROYAL
ANTHROPOLOGICAL INSTITUTE
OF GREAT BRITAIN AND IRELAND
VOLUME 100 PART 1 2000

1



En mars 1964, ITALCONSULT a remis au Ministre des Travaux Publics du Mali, une Etude préliminaire du barrage-réservoir de Sélingué, composée de 7 rapports, et d'une documentation topographique qui comprend en 9 feuilles le plan du bassin de retenue à l'échelle du 1/20 000 .

Nous analysons ci-après chacun de ces 7 documents après avoir fait la remarque préliminaire suivante :

Puisqu'aussi bien cette étude fait une synthèse de celles qui ont été antérieurement présentées sur la question, il nous paraît judicieux, à cette occasion, de redonner aux documents dont il est fait référence leur valeur réelle, et même d'éliminer une fois pour toutes, certains d'entre eux. C'est ainsi que des 4 documents EDF cités dans l'Etude préliminaire, seul le rapport de synthèse d'octobre 1959 est à retenir. La bibliographie annexée au présent rapport explique les raisons de l'élimination qui est proposée.

°
° °

1

RAPPORT n° I - TRAVAUX TOPOGRAPHIQUES

Avaient pour but de dresser une carte au 1/20 000 de la vallée du Sankarani, et de celle de son affluent le Ouassoulou, en amont de Sélingué, en limitant le levé à la courbe (347,00) et en traçant les courbes de niveau à équidistance métrique.

L'étude préliminaire apporte là un élément nouveau très important, qui permet de tracer la courbe de remplissage avec une approximation suffisante et de déterminer les superficies submergées pour différentes cotes de la retenue, tant en Guinée qu'au Mali.

La topographie résulte de la restitution de la couverture aérienne IGN de mars 1960 (échelle des photographies 1/25 000 environ).

Les cheminements de base pour l'altimétrie ont été exécutés avec une tolérance en mm exprimée par la relation $\pm 6 \sqrt{D}$ dans laquelle D est la distance en km ; ce n'est pas la caractéristique d'une ligne de premier ordre, mais la précision nous paraît suffisante pour la détermination recherchée de la courbe de remplissage.

La limite supérieure du levé (+ 347,00) semble avoir été fixée un peu arbitrairement mais convenir, puisqu'à cette cote on peut délimiter sur plan un volume stocké de 1 570 millions de m³. Cependant on aurait eu intérêt à étendre le levé à un niveau supérieur pour tenir compte, en période de crue, d'une surélévation au-dessus de la cote normale de retenue, fixée à (+ 346,00).

Le rapport n° 1 comporte :

- une Monographie des bornes de nivellement qui donne de bonnes images de celles-ci, mais une situation assez imprécise de leur implantation sur le terrain ; au surplus, certains repères paraissent instables ou susceptibles d'être détruits par les véhicules ;

- une Monographie des points trigonométriques, qui eut pu être simplifiée en dessinant une fois pour toutes le signal type adopté, et en dressant un tableau d'ensemble donnant les coordonnées des divers sommets de la triangulation et l'indication de leur position géographique.

Sur le plan au 1/20 000, il y aurait eu intérêt à faire figurer :

- dans la plaine, l'emplacement habituel des villages de culture,
- sur les plateaux, les villages permanents avec les chiffres de leur population,
- la trace des hautes eaux normales et des hautes eaux exceptionnelles en régime naturel. Cette lacune peut être facilement comblée en se souvenant que dans son rapport de mission M. DUQUENNOIS a mentionné que la crue submergerait la plaine du lit majeur sous une nappe variant de 0,50 m à 2,00 m suivant que l'on était en année de faible ou forte hydraulité.

En possession des éléments de cette étude, faisant ressortir à 1 500 ha seulement (dont une faible partie cultivée) la superficie des terres submergées en Guinée, pour une retenue tendue à (+ 346,00), le Directeur de l'Hydraulique au Mali envisage une meilleure utilisation des possibilités topographiques d'accumulation, en amont du barrage de Sélingué, principalement pour :

- 1° - une éventuelle extension à 4 groupes de l'aménagement de Sotuba,
- 2° - une amélioration de la navigation en aval de Koulikoro,
- 3° - une meilleure répartition et une extension des irrigations des terres de Baguinéda et de l'Office du Niger.

Dès lors par lettre du 14 mai 1964, le Directeur de l'Hydraulique demandait à ITALCONSULT :

s'il pouvait, à l'aide des données topographiques en sa possession, déterminer la cote maximale de retenue possible, compte tenu de la revanche nécessaire à l'écoulement des crues et à la sécurité, étant observé que pour une dépense marginale

d'investissement relativement faible, 1,00 m de retenue supplémentaire au-dessus de la cote (+ 346,00) accroîtrait le stock accumulé de 320 millions de m³ (25 % de la capacité), sans que le problème de la submersion en Guinée en soit sensiblement aggravé, alors que le débit régularisé pourrait passer de 120 à 160 m³/s.

Il était demandé par ailleurs, à ITALCONSULT, un photoplan au 1/5 000 du site de Sélingué et un relevé des affleurements rocheux dans le lit de la rivière, pour déterminer l'implantation définitive du barrage qui ne s'impose pas à première vue.

D'autre part, le Directeur de l'Hydraulique, M. KEITA, estime urgent l'exécution de sondages dans le lit de la rivière pour :

- 1° - s'assurer de la continuité du rocher sous les alluvions,
- 2° - effectuer une reconnaissance de la structure du rocher, en quelques points, sur une vingtaine de mètres de profondeur.

Ces travaux de sondage sur lesquels nous attirons tout particulièrement l'attention dans notre analyse du rapport n° 3, pourraient être effectués en mars/avril 1965.

Nous pensons qu'il conviendrait d'en fixer le programme et d'en prévoir le financement.

Dans sa réponse du 25 mai 1964, ITALCONSULT fait connaître que :

- 1° - le barrage est sûrement réalisable avec retenue portée à la cote (+ 347,00) donnant une capacité brute de 1 570 millions de m³. A cette retenue correspond une submersion de 2 150 ha environ en Guinée, dont 210 seulement sont cultivés de façon discontinue ;
- 2° - au-dessus de la cote (+ 347,00) des perplexités d'ordre morphologique et géologique subsistent, pour résoudre les secondes, il faut préalablement exécuter les investigations proposées au rapport n° 3 de l'étude préliminaire,

- 3° - les formations les plus récentes de la rive droite paraissent présenter, dans certaines zones au moins, une perméabilité considérable. On les trouve à des niveaux supérieurs et leur présence sera de plus en plus gênante au fur et à mesure que l'on augmentera la cote de la retenue,
- 4° - dans le cas purement hypothétique d'une retenue au-dessus de la cote (+ 347,00), il semble que la superficie submergée en Guinée ne dépassera pas 5 000 ha.

En conclusion, il paraît opportun à ITALCONSULT de rester dans les limites d'une retenue à la cote (+ 347,00).

C'est aussi notre avis, qui ressort des chapitres précédents de notre rapport de synthèse, après avoir évalué les besoins des aménagements hydroélectriques, de la navigation et de l'irrigation, avis qui doit cependant être confirmé par une étude technique et une étude économique.

Enfin, par lettre du 10 août 1964, le Gouvernement du Mali, a sollicité du Fonds Spécial des Nations Unies, les crédits nécessaires pour :

- 1° - mener à bien les études nécessaires, tant techniques qu'économiques, en vue de l'aménagement d'un barrage-réservoir sur le Sankarani au site de Sélingué et éventuellement d'une Centrale hydroélectrique au pied du barrage,
- 2° - établir l'avant-projet des ouvrages à réaliser et le devis estimatif des dépenses à prévoir pour l'exécution des travaux.

o
o o

2 RAPPORT n° 2 - STATIONS DE JAUGEAGES ET DONNEES HYDROLOGIQUES

UTILISABLES

ITALCONSULT a été chargé de présenter une analyse critique et une interprétation des données hydrologiques recueillies dans les deux stations de jaugeage du Sankarani : Mandiana et Gouala.

Dans la Monographie du Niger Supérieur, on trouve pour chacune de ces deux stations :

- a) en annexe, les débits journaliers observés ou calculés, de 1954 à 1957 ;
- b) au livre I, une fiche hydrologique avec courbe d'étalonnage : 25 mesures de débit pour Gouala (dispersion notable en hautes eaux) ; 17 mesures le débit pour Mandiana.

Egalement les "Modules spécifiques", les "lames d'eau", les "débits moyens mensuels", le "Module moyen", les "Débits caractéristiques", pendant la période indiquée et les hydrogrammes de l'année faible (1956) et de l'année forte (1957),

- c) au livre II, l'interprétation des résultats d'observations qui renseigne sur :

les lames d'eau classées - l'étude statistique des lames d'eau - la distribution statistique des lames d'eau écoulées annuelles à partir de valeurs observées ou calculées - les modules.

Mais, comme nous l'avons vu, la Monographie ne pouvait faire état que de 4 années d'observations directes : 1954 à 1957 incluse, ce qui est notoirement insuffisant pour en tirer des caractéristiques hydrologiques valables pour un avant-projet.

ITALCONSULT note que les observations postérieures à 1957 comportent des lacunes si nombreuses et si souvent prolongées que les quelques données limnimétriques de 1961 et 1962, sont pratiquement inutilisables ; par contre celles de 1958/1959 permettent

de dresser un tableau des débits journaliers et mensuels. Par ailleurs, des jaugeages supplémentaires ont été faits par le service hydrologique malien (7 à Gouala, 5 à Mandiana), et par l'expert d'ITALCONSULT (1 à Gouala).

A notre avis, il conviendrait que l'interprétation de ces nouveaux résultats soit faite suivant la méthode adoptée par les auteurs de la Monographie, afin que tous les éléments caractéristiques du régime des fleuves et rivières restent comparables entre eux dans le Bassin Supérieur du Niger.

Pour tracer la courbe d'étalonnage de la station de Gouala (fig. 3 du rapport n° 2), on dispose aujourd'hui de 32 jaugeages, mais on doit noter une grande dispersion des résultats de mesures ; après une série de jaugeages de contrôle, la cause serait à rechercher :

- soit dans une instabilité du lit fluvial sur le tronçon contrôlé par la station (phénomène sensible en étiage),
- soit dans l'influence du remous des eaux du Niger sur le tronçon inférieur du Sankarani, dont la pente est très faible (0,10 ‰); Gouala se situant à 10 km environ, en amont de la confluence.

L'examen de cette courbe d'étalonnage montre encore qu'il manque des jaugeages en hautes eaux pour évaluer correctement les crues, point important qui reste à élucider pour le calcul des ouvrages de décharge.

Le Sankarani ayant été choisi pour la constitution d'une réserve de régularisation (le module moyen évalué, permet d'espérer un remplissage annuel régulier, compte tenu du coefficient d'irrégularité) ; nous faisons nôtres, les recommandations d'ITALCONSULT, qui peuvent se résumer ainsi :

- 1° - multiplier les observations, ou plus exactement les mesures à la station de Gouala pour :
 - a) avoir une courbe de jaugeage plus étoffée en points d'observations,
 - b) fournir une plus juste appréciation du module et du débit maximal de crue en ce point du Sankarani ;

- 2° - dépouiller dans les plus brefs délais les observations en provenance de cette station importante ; les traduire en graphiques sans plus attendre ; redresser les erreurs et reprendre si possible rapidement les mesures erronées ;
- 3° - rechercher les causes d'instabilité dans la courbe de tarage de Gouala, soit par un relevé systématique des hauteurs d'eau à la confluence (Kéniéroba par exemple), soit par l'installation d'une station provisoire proche de Sélingué, où l'on pourra contrôler par des jaugeages simultanés les observations faites à Gouala. Cette dernière station devra être conservée pour enregistrer ultérieurement les débits régularisés, sauf si l'influence du remous était démontrée, auquel cas la station de Sélingué serait substituée à celle de Gouala ;
- 4° - si possible, par une collaboration étroite avec la Guinée, rétablir les observations à Mandiana ;
- 5° - si l'on craint des absences de l'opérateur, installer un limniographe à la station retenue car il y a intérêt à ce que les relevés limnimétriques soient bi-quotidiens, sauf en étiage.

En cas de changement de station, on devra tenir compte du fait que Sélingué contrôle un bassin versant de 34 200 km², alors que Gouala - 45 km en aval - contrôle un bassin versant de 35 300 km² ; un débit à Sélingué sera obtenu en divisant celui de Gouala par 1 032 rapport des bassins versants ; dans la mesure du possible contrôler la relation :

$$Q \text{ Dialakoro} + Q \text{ Gouala} = Q \text{ Koulikoro}$$

Cette relation a été contrôlée par nous-mêmes pour le débit moyen du mois d'avril, pour les années 1954/1955/1956/1957, nous avons trouvé :

Années	1954	1955	1956	1957
Gouala	44 m ³ /s	54 m ³ /s	44 m ³ /s	17 m ³ /s
Dialakoro	167 "	158 "	135 "	38 "
Total :	211 m ³ /s	212 m ³ /s	179 m ³ /s	55 m ³ /s
Koulikoro	188 "	207 "	174 "	56 "

La vérification est assez satisfaisante.

Hydrologiquement, il ne semble pas qu'il puisse y avoir corrélation entre les débits moyens à Gouala et à Koulikoro, bien que l'on ait pu constater (tableau 1 du rapport 2) qu'au cours des 7 années 1954 à 1960, le rapport entre ces débits se soit maintenu proche d'une valeur moyenne 0,238. Nous pensons que, compte tenu du réseau d'observations pluviométriques dont on dispose, les modules manquant au cours d'une période d'observation doivent être calculés à partir des lames d'eau.

Dans son rapport de synthèse d'octobre 1959, EDF estimait le module moyen du Sankarani à Sélingué à $393 \text{ m}^3/\text{s}$, chiffre voisin de celui figurant à la Monographie ($402 \text{ m}^3/\text{s}$) dont les auteurs ne disposaient alors que de 4 années d'observations directes et aussi de celui figurant au présent rapport ($369 \text{ m}^3/\text{s}$) après 7 années d'observations.

EDF estimait encore comme possible de stocker $1 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ en relevant le plan d'eau de 9 m au-dessus de la plaine, soit une retenue à (+ 345,00) et de porter le volume stocké à $1 \cdot 225 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ pour une retenue à (+ 346,00). Après levé du bassin de retenue, à l'échelle du 1/ 20 000, ITALCONSULT trace la courbe de remplissage qui donne : $0,975 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ à (+ 345,00), et $1 \cdot 250 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ à (+ 346,00) .

Ce rapport est basé sur :

- 1° - une prospection du site de Sélingué, faite du 15 au 25 juin 1963, par le géologue d'ITALCONSULT,
- 2° - le rapport de synthèse EDF d'octobre 1959, et plus spécialement la note géologique de M. COUTURE qui est incluse.

Ainsi, les 6 puits de reconnaissance (figure 1) ont été exécutés par la mission EDF et les caractéristiques géotechniques des 7 échantillons prélevés dans ces puits (Tableau I (1), figuraient au rapport de synthèse précité. De même, le profil en travers avec coupe géologique (figure 2)(1), est la reproduction ou l'adaptation du profil EDF (rapport de synthèse 1959). Depuis les 6 sondages de la mission EDF aucune prospection nouvelle n'a été faite, et pourtant il est nécessaire de préciser la géologie du site par quelques sondages pénétrant plus ou moins profondément dans le substratum.

Dans son rapport de 1959, EDF avait signalé la nécessité d'une prospection des gîtes de matériaux pour fournir les enrochements du talus du barrage, et les agrégats pour béton. ITALCONSULT a apporté un soin particulier à la recherche de ces gîtes ; en dehors d'affleurements rocheux plus ou moins sains dans le lit mineur, dont l'exploitation paraît pratiquement impossible, il n'est mentionné qu'un affleurement exploitable (au-dessus de la plaine d'inondation) aux alentours de Magnakoura, face à Kolédjigoue, à 15 km en aval de Sélingué.

Encore une telle distance de transport grèverait-elle lourdement le coût des matériaux. A ce stade de la reconnaissance, il faudrait préférer le concassage de la cuirasse latéritique s'étendant avec une certaine continuité sur le plateau rive droite.

(1) figures et tableaux du Rapport n° 3 d'ITALCONSULT.

ITALCONSULT croit cependant pouvoir écrire :

" A la phase actuelle des études préliminaires le tableau I fournit des données suffisantes, tant au point de vue terrain de fondation qu'au point de vue matériaux de construction ".

" Il résulte de la coupe géologique (figure 2) que les terrains du socle précambrien intéressent le réservoir sur la totalité de sa largeur, jusqu'à une cote supérieure à la retenue maximale (+ 346,00)(1). L'étanchéité du fond et des côtés paraît donc être assurée ".

" Il reste à vérifier sur quelle étanchéité - ou perméabilité - on peut compter, concernant les fondations prenant appui sur les alluvions de la plaine d'inondation (couche gravelo - sableuse - argileuse qui s'étend vraisemblablement avec continuité à la base de la couche alluvionnaire)".

C'est là, à quelque chose près ce qu'écrivait M. COUTURE en 1959 : "On peut affirmer que le socle est imperméable ... les pertes ne peuvent se produire qu'à travers les formations superficielles ; alluvions - hautes terrasses - zones d'altération du socle, qui devront retenir toute l'attention de maître de l'oeuvre ".

En dehors des résultats de la prospection des gîtes de matériaux, le rapport n° 3 d'ITALCONSULT n'apporte pas d'éléments nouveaux. On aurait apprécié, à ce stade des études, d'avoir quelques coupes géologiques poussées assez profondément dans le socle intact et d'être en possession d'une prospection plus systématique et plus complète des gîtes de matériaux. A la date de la mission d'ITALCONSULT le niveau de l'eau a dû gêner, en partie, cette prospection.

A notre avis, il reste donc encore beaucoup à faire aux géologues, d'autant que l'on envisage de porter la retenue à (+ 347,00), ce pourquoi nous adoptons le programme d'études géologiques complémentaires présenté par ITALCONSULT :

FONDATIONS - mieux connaître la nature, l'épaisseur, les caractéristiques physiques et mécaniques des terrains de fondation ; avoir une meilleure connaissance du profil du socle et des terrains qui le recouvrent. Pour cela pratiquer une vingtaine de sondages sur l'axe du barrage projeté, dans chaque sondage, procéder à des essais d'étanchéité tous les 1,50 m et observer le niveau de la nappe phréatique.

(1) une lettre récente d'ITALCONSULT a précisé que l'on pouvait admettre une retenue maximale à (+ 347,00).

SOLS ARGILO-SABLEUX pour corps du barrage - reconnaître par puits la puissance des divers gisements disponibles ; déterminer leur emplacement et leurs caractéristiques exacts.

ENROCHEMENTS et AGREGATS - pour les affleurements rocheux ne pas se limiter à la prospection du gîte de Magnakoura, mais continuer à rechercher d'autres gisements dans un rayon de 15 km autour de Sélingué.

En ce qui concerne la cuirasse latéritique, prospection habituelle en vue de l'ouverture de carrières : stérile - puissance du gisement - dimension et consistance des blocs que l'on peut extraire.

Nous ajouterons avec M. COUTURE :

" On devra aussi s'inquiéter de l'existence d'anciens cours, pas invraisemblable dans la vallée du Sankarani, et se préoccuper de l'apparition possible des résurgences, peut être d'érosions régressives dans des vallées voisines, quand, après la mise en eau, le niveau phréatique s'élèvera autour de la retenue dans des zones moins favorables jouxtant certaines de ces vallées. Dans ces formations superficielles des puits pourraient apporter des données précieuses sur l'étanchéité."

°
° °

4

RAPPORT n° 4 - BESOINS EN EAU POUR L'IRRIGATION

Après quelques éléments statistiques concernant la production agricole, l'élevage et la pêche, éléments tirés du "Rapport sur le Plan Quinquennal 1961/1965",

après avoir estimé à 45 000 ha (46 000 au Rapport Général) la superficie des terres irriguées de l'Office (le compte rendu de la campagne agricole 1960/1961 doc.X-10 dit 53 657 ha (1) et à 85 000 ha la superficie des terres irriguées par les travaux du Génie Rural (il s'agit de semi-aménagements du Génie Rural, avec irrigation par submersion, sans prélèvement dans le fleuve en étiage),

ITALCONSULT entre dans le vif du sujet, étant bien entendu que l'on se propose d'étendre l'irrigation sur les seules terres de l'Office du Niger.

Le calcul des besoins en eau pour l'irrigation suppose parfaitement déterminés les éléments de base suivants : superficies susceptibles de bénéficier de l'irrigation et d'être mises en valeur avec les moyens et les hommes dont on dispose - situation géographique des parcelles - plantes que l'on se propose de maintenir ou d'introduire après essais en ferme de multiplication - façons culturales - module d'irrigation sur la parcelle - fuites en réseau.

4,1

EVALUATION DE LA SUPERFICIE GLOBALE IRRIGABLE

Nous avons examiné successivement au chapitre précédent, un programme de 300 000 ha, présenté par M. BERNIER en son étude du 25 juillet 1955 ; puis le programme plus réaliste de la Direction de l'Hydraulique à Dakar, en date du 8 février 1957, qui estimait possible d'atteindre 80 000 ha au cours de la période 1965/1970.

(1) En octobre 1964, l'Office confirme pour 1963 le chiffre de 46 300 ha.

Dans son plan quinquennal 1962/1966 (doc.X-18) l'Office pensait atteindre 59 540 ha en 1965.

Enfin, lors de la mission EDF de septembre 1963, l'objectif à atteindre en 1965 était fixé à 64 000 ha.

ITALCONSULT présente un programme, dit des 156 000 ha, avec un pourcentage de répartition des cultures, qui semble avoir été déterminé par les Autorités responsables du Mali.

Nous avons exposé au chapitre IV que ce programme devait être entendu à échéance trentenaire, voire cinquantenaire, et qu'il était basé sur les deux données suivantes : superficie en culture en 1964 : 46 000 ha ; extension prévisible en 30/50 ans : 110 000 ha.

La répartition des cultures à l'intérieur de ce programme est résumée dans le tableau-programme suivant :

TABLEAU-PROGRAMME DE MISE EN VALEUR
D'UN PERIMETRE IRRIGUE DE 156 000 ha

	<u>1ère culture</u>		<u>2ème culture</u>	
	en % de S du périmètre	en ha	en % de S du périmètre	en ha
Jachère	12	18 000	-	-
Riz	48	75 000	8,5	13 000
Coton	24	37 000	-	-
Cultures engrais verts	-	-	8,5	13 000
Maïs hybrides	-	-	8,5	13 000
Autres cultures	-	-	8,5	13 000
Canne à sucre	6,5	10 500	-	-
Agrumes	3	5 000	-	-
Autres cultures	6,5	10 500	-	-
	100	156 000	34	52 000

Il est important de situer ces 156 000 ha sur le plan du périmètre de l'Office, ainsi que les zones où sont établies les cultures que l'on se propose de pratiquer et cela pour les diverses étapes de réalisation du plan, car les pédologues auront à dire si les terres ainsi retenues conviennent aux cultures envisagées ; les agronomes et les hydrauliciens faisant connaître de leur côté si le microrelief, la végétation de couverture, et la distance à Markala ne sont pas susceptibles de grèver exagérément le coût des aménagements.

On se souviendra à ce sujet de ce que nous avons noté au chapitre IV, à savoir que M. AW avait précisé en octobre 1964, que ce programme de 156 000 ha pouvait être considéré comme étant celui auquel correspondaient les possibilités d'extension de l'Office sur les 3 périmètres du Kala Inférieur, du Kouroumari et du Macina.

ITALCONSULT ne définit pas l'assolement qu'il se propose de réaliser, celui-ci paraît cependant devoir être différent de ceux retenus par M. BERNIER :

- . coton américain 2/5 de la surface des terres à coton
- . jachère 2/5 de cette même surface
- . riz vivrier 1/5 de cette même surface

ou dans le cas d'un assolement riz-coton :

- . coton américain 1/2 de la surface des terres à coton
- . riz en assolement 1/2 de cette même surface.

4,2

CALENDRIER DES CULTURES

Ce calendrier correspond sensiblement à celui qui est présentement adopté pour le riz industriel, le coton, la canne à sucre, les agrumes, les cultures diverses ; mais il prévoit une double récolte de riz, dont une désaisonnée, alors que nous avons noté dans notre chapitre IV que le service de l'exploitation de l'Office du Niger estimait prématuré d'introduire cette double culture annuelle. Il semble également que la culture des soles d'engrais verts, prévue au calendrier d'ITALCONSULT, doive être considérée comme prématurée.

Le "riz vivrier" en zone cotonnière, tel que sa culture était exposée par M. BERNIER, ne figure pas au calendrier, ce en accord avec l'Office, comme nous l'avons vu.

Les commentaires qui accompagnent ce calendrier ne prévoient pas de pré-irrigations ; ceci est en accord avec la nouvelle politique culturale de l'Office, comme il nous l'a été précisé lors de notre mission d'octobre 1964.

Par contre, ITALCONSULT prévoit des semis précoces de riz et de coton, dès le 1er juin, ce qui est une condition hydraulique particulièrement difficile à satisfaire sans que l'on ait à attendre un bénéfice notable, ainsi que nous l'avons exposé au chapitre IV.

Le calendrier présenté est basé sur un emploi judicieux de la main d'oeuvre disponible, dont les travaux agricoles sont répartis au cours de chacun des 12 mois de l'année.

4,3 MODULES D'IRRIGATION

Ces modules sont donnés au tableau figure 2 du rapport n° 4.

En ce qui concerne le riz, ils accusent de légères différences avec ceux du rapport BERNIER. C'est ainsi que :

- pour le riz en première culture, si le module de 3 l/s.ha est conservé pour le premier mois, il n'est plus ensuite que de 1,5 l/s.ha ; au lieu de 2,0 l /s.ha.
- pour le riz en deuxième culture, le module du premier mois est porté à 3,5 l /s.ha ; celui des mois suivants étant maintenu à 2 l /s.ha.

Ces variations peuvent s'expliquer par le fait :

- qu'en première culture, la germination et le premier développement se faisant aux pluies (juillet-octobre) le module de 1,5 paraît suffisant ;

- qu'en deuxième culture, les semis et la germination se faisant en pleine saison sèche (décembre), une dose plus forte au départ paraît nécessaire. Mais ce n'est là qu'une hypothèse, puisqu'aus- si bien cette culture à contre-saison n'est pas prévue dans l'im- médiat.

En ce qui concerne le coton, le module fictif de 1,3 l/s.ha est maintenu.

Pour la canne à sucre, il est prévu un débit fictif continu de 1,3 l/s ha, alors que la note CASANOVA du 22 février 1961 (doc.X-17) fixait ce débit à 2,15 pour le mois de pointe (avril) et à 1,6 en régime normal - ce pour tenir compte du fait que l'irrigation à l'Office ne se pratique que de jour (10 heures sur 24). En fait, la dotation en eau sera fixée après les essais en cours.

4,4

BESOINS GLOBAUX EN EAU POUR LE PERIMETRE DE 156 000 ha

La méthode de calcul est celle adoptée dans le rapport BERNIER de juillet 1955, et les besoins en eau sont exposés dans un tableau établi sous la même forme que ceux figurant audit rap- port (on en trouve un exemple dans nos chapitres I et IV).

Les pertes admises dans les canaux adducteurs, sont celles mesurées ou calculées par BERNIER pour un réseau de 300 000 ha soit 50 m³/s. Il est évident que le raisonnement serait valable pour les 156 000 ha s'ils devaient se répartir dans le Méma, le Farimaké, le Kala, le Kouroumari, le Macina. Nous avons vu qu'il n'en était pas ainsi et que M. AW nous avait précisé que ces 156 000 ha se situeraient hors des périmètres lointains du Méma et du Farimaké. Les pertes dans les adducteurs doivent donc être recalculées dans l'hypothèse des 156 000 ha.

Les pertes du réseau de distribution sont calculées d'après les hypothèses de base de BERNIER : 4 m de canal princi- pal par ha irrigué ; pertes de 0,083 m³/s par km de canal princi- pal.

Nous estimons que l'irrigation du coton s'arrête bien tôt : 31 décembre, et que celle du riz en deuxième culture est bien courte : 4 mois.

Certains points du rapport n° 4 ont retenu notre attention, parce que susceptibles de mettre en évidence les possibilités d'une réserve de régularisation, ou d'écarter des propositions qui poseraient des problèmes difficiles à résoudre.

ITALCONSULT écrit : "Certaines années, les débits du mois de février - mais plus généralement ceux du mois de mars - n'arrivent même pas à maintenir dans les canaux le niveau nécessaire à l'irrigation " (1).

Nous pensons qu'il y a là un lapsus et que l'on a voulu écrire : niveau nécessaire à la navigation, car nous sommes alors en pleine période de chômage des irrigations.

L'introduction de la canne à sucre à Dougabougou demandera, certes, quelques $13 \text{ m}^3/\text{s}$ en plein étiage (janvier-juin). En attendant le creusement du canal COSTES qui doit alimenter le système du Kala Supérieur, il faudra avoir recours au pompage, ce qui est déjà prévu par les services de l'Office en cette dernière hypothèse. Les pertes dans les adducteurs et les canaux principaux seraient à recalculer, elles ne pourraient qu'être faibles, les plantations de cannes se trouvant à proximité du point A.

Dans son calcul des besoins en eau, ITALCONSULT admet que les dotations au champ soient réduites de 20 %, deux ans sur dix, pour tenir compte des années à étiage très faible (d'après classement statistique des étiages) ; ces conditions - proches de celles que nous suggérons dans un chapitre précédent : assurer une bonne récolte neuf ans sur dix, tout comme pour les cultures sous pluie des régions tempérées - ayant reçu l'agrément des services responsables de l'Office, ne retiendront pas davantage notre attention.

(1) Rappelons ici (rapport sur le barrage de Sansanding - KERANTONIS, juin 1952) que la cote maximale de retenue du barrage (+300,54) position 1 des hausses - prévue pour satisfaire les besoins de la totalité des terres irrigables du delta central, est dans l'état actuel des superficies aménagées très supérieure à la charge nécessaire. On pourrait se contenter de la cote (+298,54) position 3 des hausses - qui assure le fonctionnement de la passe à poissons et le tirant d'eau minimal dans le canal de navigation. Néanmoins, en maintenant les hausses à + 300,54, on crée une petite réserve dont les lâchures, ajoutées au débit propre du fleuve en étiage, pourraient satisfaire des besoins éventuels de courte durée, de la navigation en aval ou de l'irrigation.

Après avoir rappelé que pour la région de Bamako, les besoins à la production ont été de $16 \cdot 10^6 \text{ kWh}$ en 1962 - représentant une consommation nette spécifique par habitant de 106 kWh par an - il est présenté une étude comparative de l'évolution de ces besoins à différentes époques : 1960 - 1974 - 1970 et des moyens de production possibles à mettre en oeuvre pour y satisfaire. On retiendra simplement, sans s'arrêter aux hypothèses :

1969	Besoins à la production	$30,3 \cdot 10^6 \text{ kWh}$	pointe $8,150 \text{ kW}$
1974	Besoins à la production	$74,5 \cdot 10^6 \text{ kWh}$	pointe $15\,500 \text{ kW}$
1970	Besoins à la production	$110 \cdot 10^6 \text{ kWh}$	pointe $20 \text{ à } 25\,000 \text{ kW}$

Dans l'immédiat, après remplacement d'un groupe Diésel de 800 kW par un groupe de $3\,200 \text{ kW}$, la centrale thermique de Bamako marchant en parallèle avec la centrale hydraulique de Sotuba équipée à 2 groupes, pourront ensemble, avec leurs $13\,650 \text{ kW}$ installés, satisfaire à la demande à court terme de la région de Bamako.

Il est ensuite envisagé, en première extension, l'installation d'un troisième groupe à Sotuba, portant la productibilité de cette centrale aux environs de $50 \cdot 10^6 \text{ kWh}$, ce qui devrait satisfaire, avec l'appoint de la centrale thermique, aux exigences de la demande en énergie en 1974, mais laisserait subsister un déficit de puissance de l'ordre de $1\,150 \text{ kW}$ (non comprise la puissance de réserve) à résorber par des installations nouvelles non précises.

A partir de 1970, l'accroissement des moyens de production est envisagé par l'installation d'une centrale de pied au barrage de Sélingué, capable de $15 \text{ à } 20\,000 \text{ kW}$, et d'une productibilité de $60 \cdot 10^6 \text{ kWh}$. Mais l'étude ne fait qu'effleurer l'intérêt de cette centrale, sans rechercher quelle réserve de charge devrait être maintenue, ni s'arrêter aux modifications nécessaires du planning d'exploitation du réservoir, pour assurer des lâchures en décembre, janvier, février et juillet-août, soit en dehors des périodes où des lâchures seront nécessaires pour la navigation.

On a l'impression que l'étude de la réserve elle-même domine tout le problème, et qu'elle est conduite en fonction de deux impératifs bien définis qui doivent être satisfaits dans l'immédiat :

- besoins de la navigation et de l'Office du Niger,

alors que la production d'énergie n'est qu'une éventualité à moyen terme : 1979.

L'influence de la réserve régularisatrice des débits d'étiage sur la puissance garantie et la productibilité de Sotuba, voire de Kénié, est simplement mentionnée.

Par contre, on trouve une analyse assez détaillée, avec graphiques à l'appui, de la répartition des besoins à la production au cours des 12 mois de l'année ou par classes d'utilisateurs. On trouvera de même diverses courbes de charge typiques du réseau.

Par ailleurs, un schéma d'étude économique est amorcé dans ce rapport n° 5, portant sur la comparaison des prix de revient respectifs de l'énergie thermique produite à Bamako, et de l'énergie hydraulique produite à Sélingué et transportée à Bamako par 2 lignes haute-tension de 140 km chacune.

Après avoir mis en évidence que dans le prix de revient d'un kWh thermique le coût du combustible entre pour 8,15 francs maliens, un calcul très schématisé fait ressortir qu'il y aura intérêt à rechercher le supplément de puissance nécessaire dans une centrale hydraulique à Sélingué, plutôt que dans une centrale thermique à Bamako lorsque :

- 1° - pour un taux de financement des travaux de 3 % le coût de cette centrale hydraulique produisant $60 \cdot 10^6$ kWh/an restera inférieur à 6 720 millions de francs maliens ;
- 2° - pour un taux de financement de 5 % le coût de cette même centrale restera inférieur à 4 970 millions de francs maliens.

Ces conclusions sont obtenues :

- 1°/ dans des hypothèses de durée d'amortissement qu'il n'est pas dans notre propos d'admettre ou de réfuter ;

2°/ étant admis que le barrage sera construit sur des fonds réservés à l'amélioration de la navigation ou à des aménagements hydroagricoles, et qu'ainsi le financement de cet ouvrage ne sera imputé, ni totalement, ni partiellement, à la production d'énergie hydraulique.

Les conclusions ci-dessus sont évidemment à revoir car le financement du barrage, évalué par ailleurs à 2,5 milliards de francs maliens doit être imputé à l'ensemble des activités bénéficiaires, dans la mesure de leur intérêt.

Il doit être noté qu'ITALCONSULT prévoit le transport d'énergie Sélingué - Bamako par 2 lignes pouvant transporter chacune la puissance entière demandée par la sous-station d'arrivée. Il semble que dans l'esprit du projeteur, l'intérêt de ce double transport réside autant dans la sécurité de desserte et l'amélioration du rendement du transport, que dans le fait que les 2 lignes suivant chacune un tracé différent, il sera possible de balayer un plus vaste secteur d'industrialisation possible, et ainsi de favoriser cette industrialisation.

Le coût de ces 2 lignes de 140 km chacune est évalué à 1 120 millions de francs maliens, leur amortissement, prévu en 30 ans, entre pour 16 % environ dans les différentes charges (capital-exploitation-entretien) prélevant l'énergie hydraulique distribuée à Bamako, ces différentes charges étant applicables à la centrale, aux lignes et à la sous-station.

Le schéma d'étude économique ne prétend pas résoudre le problème qu'il évoque, mais simplement le poser, et marquer la nécessité d'une étude économique approfondie avant de décider si l'augmentation des moyens de production est à demander à l'énergie thermique produite à Bamako, ou à l'énergie hydraulique produite à Sélingué.

°
° °

Au chapitre II de notre rapport de synthèse nous avons cherché à définir le développement des besoins de la région de Bamako, tant en énergie qu'en puissance, au cours des 10 prochaines années et même à évaluer quels pourraient être ces besoins en

1980. L'implantation de grosses industries consommatrices n'étant à prévoir, ni à court, ni à moyen terme, dans les perspectives du Plan, il a paru possible de conserver les prévisions EDF de 1961, en les réajustant aux valeurs atteintes en 1963.

Ces prévisions sont légèrement différentes, mais cependant voisines de celles retenues par ITALCONSULT, concernant l'accroissement annuel des besoins.

En définitive, on arrive au tableau comparatif des besoins à la production :

	1969	1974	1979
ITALCONSULT	39,3	74,5	110 en 10 ⁶ kWh
EDF (hypothèse forte)	39,8	66	97 " "

Parallèlement à cette estimation du développement des besoins, nous avons examiné les moyens de production qui pourraient être mis en oeuvre pour y satisfaire.

La courbe du développement des besoins en énergie, qui figure au chapitre II, permet une lecture graphique extrêmement simple du recoupement, à diverses époques, des moyens et des besoins.

L'étude des conséquences de la régularisation du débit d'étiage sur le fonctionnement et la productibilité de la centrale de Sotuba, éventuellement celle du Grand Kénié, figure à notre chapitre II, nous nous contenterons d'attirer l'attention sur le calcul de la capacité minimale de la réserve, pour pouvoir turbiner 80 - 100 ou 120 m³/s au pied du barrage de Sélingué, en saison sèche (février-juin). De ce calcul on déduit qu'une retenue à (+ 346,00), qui donne une capacité utile de 1 130 10⁶m³, permet de turbiner 80 m³/s en année minimale (1945) et 100 m³/s en année faible (1950), étant entendu qu'il est possible de turbiner 200 m³/s en hautes eaux.

On constate par ailleurs à la lecture des tableaux

▼ Exploitation de la réserve de Sélingué "

- 1 - que pour 80 m³/s turbinés à Sélingué, le débit à Koulikoro est au minimum de 100 m³/s ; ainsi Sotuba verrait sa puissance de basses eaux devenir permanente et atteindre soit 4 850 kW pour deux groupes (puissance maximale de la centrale), soit 6 000 kW pour quatre groupes ;
- 2 - que le débit passant à Koulikoro est suffisant - sauf en juin - pour faire face aux besoins du programme d'irrigation des 156 000 ha de l'Office du Niger - naturellement surabondant pour le programme des 80 000 ha. En juin le déficit serait de 125 m³/s (330 10⁶m³) en année faible, et 90 m³/s (235 10⁶m³) en année minimale. Pour faire face à ces besoins, compte tenu des pertes par transmission (210 10⁶m³), le réservoir devrait avoir une capacité totale de 1 340 10⁶m³ en année faible, et 1 395 10⁶m³ en année minimale. il conviendrait pour cela de porter la cote de retenue à (+ 347,00) correspondant à une capacité utile de 1 450 10⁶m³.

o

o o

Il est fait tout d'abord un bref retour sur l'historique de l'étude, les besoins en eau de l'irrigation, les données géologiques et hydrologiques, qui ont fait l'objet des rapports précédents, déjà analysés ; nous n'y reviendrons pas. Cependant, il nous paraît utile d'ouvrir deux parenthèses :

- 1° - N'est-il pas prématuré d'affirmer déjà, alors que des études géologiques complémentaires restent à faire, que " au point de vue géologique, la situation du barrage de Sélingué est tout à fait favorable ... " ?
- 2° - Les observations hydrologiques à Gouala s'étendent sur une période encore bien courte (7 ans) pour en déduire une valeur précise du module du Sankarani en ce point de son bassin ; nous avons vu le module observé varier de 447 m³/s pour la période 1954/1957 à 416 m³/s pour la période 1954/1960, le module calculé par ORSTOM pour une période de 51 ans estimé à 402 m³/s alors qu'ITALCONSULT par un autre calcul trouve 369 m³/s pour la même période. De toute façon, même si l'on considère le module de 1956, année la plus sèche de la période 1954/1960, soit 329 m³/s le volume annuel écoulé reste de l'ordre de 10 milliards de m³, soit 10 fois environ le volume à stocker. Il n'en reste pas moins que le module doit être recalculé en utilisant les données statistiques de l'ORSTOM, et les observations directes de 1958/59/60, jointes à celles de 1954/1957.
- 3° - On signalera que le tableau A du rapport n° 6 reprend les besoins globaux en eau d'irrigation tels qu'ils figurent en dernières colonnes du tableau 4 du rapport n° 4 ; par contre, le tableau B donne les besoins en eau, compte tenu d'une dotation aux champs réduite de 20 %.

ITALCONSULT aborde alors des sujets nouveaux très importants :

6,1 EVAPORATION

Les données de base sont fournies par les observations en bac Colorado à Bamako. Hauteur moyenne : 2 400 mm/an, ramenée à 1 800/1 900 mm/an après correction pour grande nappe.

L'évaporation étant donnée en mm/j pour chaque mois - toujours à Bamako - on calcule pour la période de vidange février - juin une tranche annuelle évaporée de 1 160 mm au bac, soit 850/900 mm en réserve. Nous admettrons ces chiffres, précisant que de février à juin, il n'y aura pas de pluies compensatrices.

6,2 LES CRUES

La Monographie donne les débits caractéristiques de crue découlant de considérations statistiques :

	Q décennal	Q centenaire	Q millénaire	Q maximal période 1954/62
Sankarani à Mandiana	1 230 m ³ /s	1 370 m ³ /s	1 480 m ³ /s	1 361 m ³ /s
Sankarani à Gouala	1 800 m ³ /s	2 600 m ³ /s	3 940 m ³ /s	2 180 m ³ /s

L'ORSTOM et ITALCONSULT sont d'accord pour estimer que les débits calculés ne donnent pas une marge de sécurité suffisante, les éléments de base étant incertains et peu nombreux.

Dans son rapport de synthèse de 1959 EDF proposait de retenir pour Gouala une crue exceptionnelle de 3 000 m³/s. A cette époque on ne disposait pas encore de la Monographie du Niger. Aujourd'hui on serait amené à prendre en considération la crue millénaire donnée par cet ouvrage, soit : 3 940 m³/s ; chiffre beaucoup plus proche de celui qu'ITALCONSULT propose de retenir, soit : 4 500 m³/s , en s'accordant par ailleurs une sécurité

supplémentaire : laisser à la revanche de 3 m (349,00 - 346,00) la possibilité d'augmenter considérablement la capacité des déchargeurs et le laminage de la crue. Cette sécurité supplémentaire n'est admissible que si l'étanchéité de la réserve permet d'admettre cette revanche et que si une submersion de courte durée des terres guinéennes à la cote + 349,00 est admise.

S'agissant des dimensions de l'ouvrage évacuateur, donc d'un élément coûteux de l'équipement, nous estimons que de nombreux jaugages en crue doivent être faits à Gouala et que le calcul des débits de fréquence 0,1 , 0,01 , 0,001, est à reprendre avec beaucoup de soin.

Quoi qu'il en soit, le chiffre de 4 500 m³/s retenu par ITALCONSULT pour Gouala ne paraît pas en contradiction avec celui de 11 000 m³/s donné dans la Monographie pour la crue millénaire à Koulikoro. Si le rapport entre crues moyennes peut être du même ordre que celui des bassins versants, soit 1/4 environ, il est dans l'ordre naturel des choses que le rapport entre crues exceptionnelles (la crue millénaire en est une) soit de l'ordre de 1/2, à cause de l'étalement des crues vers l'aval.

La courbe de remplissage du réservoir ou la courbe des volumes stockés et des superficies en eau pour différentes cotes de retenue - élément nouveau versé au dossier - se caractérise par les données suivantes :

cotes de la retenue	volume stocké (m ³)	superficie du plan d'eau (ha)
+ 341,00	298 10 ⁶	10 900
+ 345,00	975 10 ⁶	25 100
+ 346,00	1 250 10 ⁶	29 800
+ 347,00	1 570 10 ⁶	34 100

Le stockage de 1,57 milliard de m³ est obtenu avec un ouvrage de faible hauteur, 20 m environ, dont le couronnement à la cote (+ 349,00) offre une revanche de 2 m . Mais on submergera 2 150 ha en Guinée, dont 210 cultivés sporadiquement ; déjà avec une retenue à (+ 346,00) permettant de stocker 1,25 milliard de m³ on submerge :

- 30 000 ha au Mali dont 3 000 aujourd'hui cultivés
- 1 500 ha en Guinée dont 195 aujourd'hui cultivés, la nappe d'eau sur les terres guinéennes pouvant atteindre une hauteur de 5 m.

Pour éviter toute submersion en Guinée il faudrait fixer la retenue à la cote (+ 341,00) permettant un stockage de $298 \text{ } 10^6 \text{ m}^3$, sans intérêt pour la régularisation. D'où la recherche des besoins minimaux de l'irrigation, de la navigation, et de l'énergie.

6,3

CALCUL DES DEBITS UTILISABLES

ITALCONSULT s'est limité à la période d'étiage février-juin, en dehors de laquelle les débits du Niger dépassent largement la demande prévisible. Pour cette période de 5 mois on a calculé la moyenne des débits moyens mensuels, pour chacune des années de la période d'observation : 1907 - 1962. Un tableau "C" classe ces débits par ordre chronologique, un tableau "D" par ordre croissant ; ainsi, à partir de "D" a pu être déterminée l'année critique de débit minimal absolu (1944/1945), puis l'année moyenne (1923/1924) ; puis troisième cas critique : la onzième année de toute la période considérée (1949/1950), c'est-à-dire l'année faible de fréquence 2/10, soit sur 56 années, la 11ème ... Pour cette dernière on a dressé le diagramme fig. 5, qui donne aussi les besoins de la navigation et ceux de l'irrigation satisfaites à 100 % d'où déduction par intégration des débits et volumes à fournir par la réserve ; les diagrammes 6 et 7 traduisent les deux autres cas (années minimale et moyenne).

6,4

BESOINS EN EAU POUR LA NAVIGATION

Ces besoins n'ont pas fait l'objet d'un rapport particulier. Ils sont évalués à partir d'un convoi type composé de cha-lands automoteurs de 60 tonnes, d'un tirant d'eau de 40/50 cm, devant donc disposer d'un minimum de 0,60 m sur les seuils. Ici, il semble qu'ITALCONSULT ait commis une confusion entre hauteur d'eau sur seuil, et cote à Koulikoro. Une hauteur sur seuil de 0,60 m ne peut être obtenue que pour une cote à l'échelle de Koulikoro voisine de 1,15 m - ce qui correspond à un débit de l'ordre

de 300 m³/s, non à un débit de 120 m³/s. Il avait été admis jusqu'alors que la navigation légère ne pouvait être maintenue au-dessous de la cote 1,35 m à Koulikoro, qui correspond à un débit de 350 m³/s, auquel correspond une hauteur d'eau sur seuil de 0,80 m.

Après les entretiens d'octobre 1964 avec le chef du Service de l'Hydraulique, il est convenu que l'on doit admettre implicitement que cette régularisation à 120 m³/s doit s'entendre avec fixation des seuils par la méthode Chatou.

6,5

PRODUCTION D'ENERGIE

L'influence de la régularisation du débit sur la puissance garantie et la productibilité des centrales hydroélectriques, est étudiée au chapitre II de notre rapport de synthèse, on peut la résumer schématiquement ainsi :

- Débit régularisé à 120 m³/s (hypothèse ITALCONSULT) :

Sotuba 2 groupes

- La puissance disponible en basses eaux devient égale à la puissance maximale de 4 850 kW 24 h/24 ; la puissance de hautes eaux en crue décennale demeure inchangée à 2 600 kW et reste la puissance hydraulique garantie.

La productibilité passe de 35 à 38 10⁶kWh.

Sotuba 4 groupes

- La puissance de basses eaux devient permanente et égale à 6 000 kW environ ; la puissance de hautes eaux : 5 200 kW reste inchangée et devient la puissance hydraulique garantie.

La productibilité passe de 62 à 68 10⁶kWh.

Grand Kénié

- La puissance garantie qui est celle des basses eaux, passe de 3 800 à 13 000 kW.

- Débit régularisé à 200 m³/s (valeur hypothétique aujourd'hui, mais prise en considération à l'époque de l'étude de l'aménagement du Grand Kénié) :

Grand Kénié

- La puissance garantie de basses eaux atteint 21 000 kW.

La productibilité passe de 33 10⁶ kWh à puissance garantie de 3 800 kW, à 190 10⁶ kWh à puissance garantie de 21 000 kW.

° °

On notera qu'au premier stade de la mise en oeuvre des moyens de production - soit Sotuba 2 groupes - une régularisation qui assurerait un débit minimal de 120 m³/s pour l'irrigation et la navigation serait suffisante pour garantir en permanence la puissance maximale de la centrale de Sotuba 2 groupes - laquelle est obtenue pour un débit de 95 m³/s sous chute maximale.

De toute façon, il faudra tenir compte des pertes dans le fleuve pour fixer le volume des lâchures à Sélingué, assurant un débit donné à Koulikoro, et plus encore à Markala.

6,6

VOLUMES A STOCKER DANS DIVERSES HYPOTHESES

Ces volumes se déduisent directement des diagrammes 5 - 6 et 7 précités. La navigation légère est en toutes hypothèses maintenue jusqu'au 1^{er} juin (débit minimal de 120 m³/s). Les résultats sont alors les suivants :

<u>Années de faible hydraulicité</u> (1949/50)	920 10 ⁶ m ³
Besoins de l'irrigation satisfaits à 100 %	
<u>Année d'hydraulicité minimale</u> (1944/45)	1 146 10 ⁶ m ³
Besoins de l'irrigation satisfaits à 100 %	
<u>Année d'hydraulicité moyenne</u> (1923/24)	609 10 ⁶ m ³
Besoins de l'irrigation satisfaits à 100 %	

Si dans l'hypothèse minimale on stoppe la navigation le 1^{er} mars, le volume peut être réduit à $887 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

La condition de maintenir un débit de $120 \text{ m}^3/\text{s}$ jusqu'au 1^{er} juin, pour les seuls besoins de la navigation, serait à notre avis draconienne, car le transport de la production locale est pratiquement terminé depuis le 15 mars, et le serait certainement plus tôt si l'on permettait du 15 janvier à cette date limite le passage de convois plus lourds, assurant plus économiquement et plus rapidement un transit import export augmenté. Nous avons vu qu'un tel débit peut être justifié par les besoins de la production hydroélectrique.

Aux volumes ci-dessus il convient d'ajouter :

- 1° - $50 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ en année moyenne ou faible, $150 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ en année minimale, pour assurer un débit de $12 \text{ m}^3/\text{s}$ à la centrale éventuelle de Markala;
- 2° - $150 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ correspondant à la tranche d'évaporation sur la réserve ;
- 3° - $60 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ en compensation de l'évaporation de Sélingué à Markala.

Au total, le volume à stocker varie donc de $869 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ en année moyenne à $1\,411 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ en année minimale, sans tenir compte du volume nécessaire aux irrigations de Baguinéda.

Pour satisfaire la totalité des besoins (programme des 156 000 ha et navigation), même en année critique, il faudrait fixer à (+ 347,00) la cote de retenue. Mais en année minimale (1 sur 56), la navigation n'étant pas assurée, le volume à stocker revient alors à $1\,247 \cdot 10^6 \text{ m}^3$, qui est obtenu avec une cote de retenue à (+ 346,00).

°
° °

S'agissant d'une étude préliminaire, non d'un avant-projet, on peut admettre la description assez sommaire des ouvrages, l'absence de calculs hydrauliques concernant l'ouvrage évacuateur, ainsi que l'absence des calculs de résistance justifiant les dimensions des ouvrages.

De ce fait, on n'attachera qu'une importance relative à l'estimation du coût des travaux : 2,5 milliards de francs maliens - soit 2 francs maliens par m³ stocké -. Cependant, il est un poste important qui paraît nettement sous-estimé, en comparaison des prix auxquels on a traité les travaux à Sotuba ; il s'agit des 100 000 m³ de béton, évalués à 700 millions, alors qu'il eut été plus réaliste de retenir 1 200 millions ; il y a là une différence importante qui doit être justifiée.

Certes l'importance du cube à mettre en oeuvre peut expliquer un prix unitaire plus bas que celui de Sotuba, mais on doit tenir compte également de l'éloignement de Sélingué, qui réagira sur le coût du ciment, celui des installations fixes et de la main d'oeuvre spécialisées, ainsi que sur le ravitaillement du chantier.

Il conviendrait par ailleurs de prévoir en sus des frais d'études (60 à 100 millions), l'installation de groupes électrogènes pour la manoeuvre des vannes, etc... En conclusion, une première évaluation de 3 milliards paraît plus proche de la réalité, que celle de 2,5 milliards.

On remarquera par ailleurs que :

- l'adjonction d'une centrale au barrage va créer des sujétions pour les vannages et pour l'exploitation de la réserve qui serait simplifiée si l'on avait seulement en vue l'irrigation et la navigation ; on pourrait se permettre par exemple, le libre écoulement pendant les crues, et ne fermer les vannes qu'à la fin de la saison des pluies ;
- l'évacuation des crues est prévue uniquement par des ouvrages vannés. Une fausse manoeuvre du barragiste serait grosse de conséquence ; il paraît recommandable, dans un site aussi isolé, d'adjoindre un déversoir de sécurité fonctionnant automatiquement dès que la cote de retenue est dépassée ;
- pour éviter que les intérêts intercalaires nuisent à la rentabilité des travaux, il conviendrait de rechercher si les agriculteurs et l'Office du Niger peuvent accepter un développement plus rapide ;

- le débit de $120 \text{ m}^3/\text{s}$ prévu pour la navigation nécessitera, nous l'avons vu, un recours aux dragages mécaniques, ou à la méthode Chatou, de fixation des chèneaux par panneaux, auquel cas, il conviendrait de tenir compte de ces travaux complémentaires dans l'évaluation de la dépense globale, et le calcul de la rentabilité, les avantages que la navigation tirera des travaux étant évidemment pris en compte par ailleurs.

°
° °

Ce rapport rappelle l'objet et le programme de la Convention liant le Mali et ITALCONSULT pour la présente étude, il reprend les arguments développés dans les rapports n° 1 à 6.

La société d'études note :

- que le barrage de Sélingué est considéré comme un moyen indispensable et irremplaçable, pour augmenter sensiblement le débit d'étiage du Niger, et par conséquent, aboutir à une exploitation effective de ce fleuve sur le tronçon qui intéresse la République du Mali ;
- que présentement il n'y a que très peu d'aménagements hydroagricoles dans la vallée du Sankarani, à l'exception des cultures de décrue, pratiquée sur un faible pourcentage des plaines d'inondations. ITALCONSULT est, sur ce point, en désaccord avec GALLAIS (II-A-5) qui cite les chiffres suivants : 45 000 ha cultivables, dont 23 200 cultivés en Guinée, et 3 000 cultivés au Mali ; la riziculture étant en progrès. Dans son rapport n° 6 ITALCONSULT estime qu'avec une retenue à (+ 346,00) on submergera 30 000 ha au Mali, dont 3 000 en culture et 1 500 en Guinée, dont 195 en culture. La superficie cultivée est évidemment très faible : 3 195 ha, mais il conviendrait de s'assurer que les 31 500 ha submergés ne sont pas rizicultivables, en particulier, que les habitants des plateaux n'y installent pas de villages de culture saisonnière ;
- que le faible débit d'étiage du Niger crée une gêne considérable à la navigation, mais n'apporte pas de perturbation au régime actuel des irrigations depuis l'abandon du coton égyptien ; il n'en sera plus de même après l'introduction de la canne à sucre sur les terres de l'Office et celles des primeurs et agrumes. à Baguinéda, de même après l'adoption de la double culture en rizières ; le rapport n° 4 prévoit ces extensions ou modifications, et les besoins en eau qui en découlent.

Enfin :

- 1° - il est fait mention du rapport ITALCONSULT de 1962 (doc.V-16) qui concluait qu'un prélèvement supplémentaire du Mali pour l'extension de ses irrigations, n'aurait pas de conséquences fâcheuses sur les débits disponibles en aval.
- 2° - un calcul de rentabilité de l'ouvrage est esquissé avec toutes les réserves qui s'imposent à ce stade des études, et sans que l'on puisse très bien saisir à quoi correspond la recherche du coût en capital du m³ d'eau utilisé, que l'on estime pouvoir exprimer par le rapport $\frac{2\ 500\ 000\ 000}{30\ 000 \times 110\ 000}$ dans lequel 30 000 représente le nombre de m³ absorbés annuellement par un ha irrigué, alors que la réserve de 1 250 milliards de m³ ne pourra répartir en moyenne, que 11 300 m³ sur chacun des 110 000 ha nouveaux mis en valeur.

Nous marquerons notre étonnement que l'étude préliminaire ne prévoie pas une irrigation dirigée, par gravité, sur les plaines d'inondation en aval du barrage.

Il est parfaitement exact que par suite de l'indépendance des Etats, et de l'éclatement de la Fédération de l'Afrique Occidentale - qui avait tendance à considérer le bassin supérieur du Niger, affluents compris, comme un tout - bien des conclusions des études antérieures sont à reconsidérer. Nous n'avons pas manqué de le faire à chaque occasion.

CONCLUSIONS

Connaissant maintenant, avec une approximation suffisante, les possibilités de stockage dans le Sankarani, par l'édification d'un barrage à Sélingué, et ayant un ordre de grandeur du coût des travaux, il importe, avant de prendre la décision, de compléter les études techniques et de dresser un projet des ouvrages, de mieux préciser les possibilités optimales de la réserve et pour cela :

- 1° - de connaître la position du Gouvernement de la République de Guinée concernant la submersion d'une superficie plus ou moins grande de ses terres ;
- 2° - de fixer une fois pour toutes, l'emplacement géographique et la superficie des différents secteurs des terres irrigables, tant sur le périmètre de l'Office du Niger, que sur celui de Baguinéda, ce après confrontation des pédologues, des agronomes, des hydrauliciens, des Administrateurs responsables du plan économique, et compte tenu des résultats obtenus ces dernières années, tant en cultures d'essais, qu'en cultures industrielles ;
- 3° - pour chacun des secteurs retenus, de dire quelle est la nature et l'espèce des cultures qu'il convient d'adopter, de préciser les assolements susceptibles de donner les meilleurs résultats (coton - jachère ; coton - riz ; engrais verts) ; de faire connaître les résultats que l'on peut attendre de certaines méthodes culturales (pré-irrigations - semis précoces - double culture annuelle de riz) et de décider s'il convient de les retenir ;
- 4° - de décider si l'on procèdera ou non à une irrigation des terres à l'aval du barrage ;
- 5° - de décider si une centrale électrique sera construite au pied du barrage, ou si l'on se contentera d'utiliser le débit de régularisation pour augmenter la productibilité de Sotuba et éventuellement de Kénié ; cette décision ayant une influence sur le vannage et l'exploitation de la réserve ;

6° - de fixer les conditions dans lesquelles la navigation doit être assurée, dans le cas d'un aménagement du lit par panneaux, les deux hypothèses suivantes pouvant être mises en concurrence :

- a) assurer un débit de base permanent égal à 100 ou 120 m³/s,
- b) assurer un débit de base plus important, 225 à 300 m³/s , permettant de prolonger pendant 2 ou 3 mois la navigation lourde, mais au détriment des autres utilisations.

CONCLUSIONS

Nous avons été amenés à présenter, au cours de l'exposé qui précède, un certain nombre d'observations, de recommandations, de conclusions qui, par leur importance, méritent d'être reprises et éventuellement précisées. Nous examinerons successivement dans le présent chapitre :

- . l'équipement hydroélectrique
- . les voies de communication
- . les aménagements hydroagricoles
- . la régularisation du débit.

Au cours de ces exposés, nous serons amenés à proposer le lancement de quelques études particulières. Certaines d'entre elles dont l'intérêt s'étend à plusieurs des sujets précédents seront traités dans un titre spécial consacré aux études générales.

°
° °

1 L'EQUIPEMENT HYDROELECTRIQUE

Les conditions naturelles, notamment le relief et le régime hydrologique, ne sont pas très favorables à la production d'énergie hydroélectrique dans le bassin malien du Niger. Il faut noter également que les conditions d'approvisionnement de carburant grèvent le coût de l'énergie thermique.

1.1 ALIMENTATION EN ENERGIE DE LA REGION DE BAMAKO

La centrale thermique de Bamako, renforcée en 1965, et la centrale hydraulique de Sotuba, équipée à deux groupes, pourront assurer ensemble une puissance garantie de 9 400 kW et permettront de satisfaire les besoins de la région jusqu'en 1970/72 suivant les hypothèses admises pour le développement de ces besoins.

		Puissance	
		maximale	garantie
. centrale thermique	kW	8 800	6 800
. Sotuba (2 groupes)	kW	4 850	2 600
		13 650 kW	9 400 kW*

* en hautes eaux, un groupe thermique arrêté.

Le développement des moyens de production hydraulique est limité, à court terme, aux extensions de Sotuba, à la régularisation des débits de saison sèche par le jeu du réservoir de Sélingué sur le Sankarani et à la construction d'une usine au pied du barrage de Sélingué.

Dans l'état actuel de nos connaissances, et moyennant certaines hypothèses sur l'exploitation de la réserve de Sélingué, l'ensemble de ces possibilités devrait pouvoir faire face à la demande en énergie jusque vers 1980.

		Puissance		
		maximale	hautes eaux	basses eaux
. centrale thermique	kW	7 200	7 200	7 200
. Sotuba 4 groupes	kW	9 700	5 200	6 000
. Sankarani	kW	19 000	12 000	8 500
	kW	35 900	24 400	21 700

soit une puissance garantie d'environ 20 000 kW en cas de défaillance d'un groupe thermique de 2 000 kW.

1,11 Etudes à entreprendre

Afin de pouvoir fixer un programme d'équipement dont les premières réalisations devront entrer en service dans 5 à 7 ans, il convient de procéder dès maintenant à l'étude détaillée de ces possibilités en liaison éventuellement avec un appoint thermique supplémentaire. L'étude du développement des besoins en énergie devra être reprise parallèlement.

La productibilité des aménagements hydroélectriques sera fonction des conditions de régularisation des débits. Celles-ci intéressent également, à plus ou moins longue échéance, la navigation et les aménagements hydroagricoles et seule une étude économique permettra de fixer l'exploitation optimale de la réserve de Sélingué, comme il sera expliqué plus loin.

L'aménagement des rapides de Kénié - variante aval - ne peut être envisagé qu'après la régularisation partielle des débits, et même après la réalisation de la centrale de Sélingué. Il conviendra cependant, après les études qui viennent d'être recommandées,

de préciser les possibilités de cet aménagement compte tenu des conditions d'exploitation de la réserve du Sankarani.

Dans le même temps il faudra également préciser les possibilités du Fié à Balandougou et du Baoulé à Dioïla qui seraient, avec le Kénié, sous réserve de contrôle, les trois seules possibilités hydroélectriques de la région de Bamako. L'aménagement du Fié serait susceptible de contribuer à la régularisation des débits, notamment quand les besoins hydroagricoles augmenteront ; l'aménagement de Dioïla assurerait une certaine régularisation des débits du Bani.

1,2 ALIMENTATION EN ENERGIE DE L'OFFICE DU NIGER

Les groupes thermiques, au nombre de 23 répartis dans douze centrales, sont vétustes et la puissance disponible va devenir insuffisante.

La seule possibilité hydroélectrique est l'installation de groupes au barrage de Markala, la puissance disponible étant nulle en hautes eaux par manque de chute, et fonction des débits disponibles en basses eaux.

Le programme d'équipement semble devoir s'orienter vers un regroupement en quelques secteurs des moyens de production, le secteur Markala-Ségou pouvant être partiellement alimenté par de l'énergie hydraulique, voire par une centrale thermique alimentée par de la balle de paddy.

1,21 Etudes à entreprendre

Les études concernant chacun de ces moyens de production sont à faire et ce sera une étude économique d'ensemble qui permettra de dégager le programme optimal d'équipement.

1,3

INVENTAIRE DES RESSOURCES HYDROELECTRIQUES

En dehors des sites aménageables dont l'étude est à entreprendre pour les régions de Bamako ou de l'Office du Niger, il y a intérêt à recenser les autres possibilités hydroélectriques du Mali et à en préciser les caractéristiques générales.

Dans l'état actuel de nos connaissances, rentrent dans ces possibilités : le défilé de Tossaye, les rapides de Labbezenga et le site de Toubani.

°
° °

2

LES VOIES DE COMMUNICATION

2,1

L'ORGANISATION GENERALE DES TRANSPORTS

La situation géographique du Mali met son commerce extérieur sous la dépendance de ses voisins. Le Mali ne peut se libérer de cette dépendance qu'en s'assurant la possibilité de faire basculer rapidement son trafic d'un axe à l'autre ; c'est dans cet esprit que doit être poursuivi le programme d'aménagement des voies navigables, des routes et du chemin de fer. Ce programme s'appuie sur des études de trafic que nous avons analysées et qui nous ont paru pertinentes. Le réseau routier, en particulier, renforcé au cours de ces dernières années pour lui permettre d'assurer un trafic lourd, a un tracé judicieux qui a permis de pallier sans dommages l'interruption du Dakar-Niger.

2,2

LES VOIES NAVIGABLES

2,21

Buts à atteindre

La section du Niger comprise entre Koulikoro et Ségou est de loin celle où la navigation est la plus importante pour l'économie du Mali. Il nous a été demandé d'étudier la possibilité de prolonger de trois mois cette navigation à la décrue (du 15 janvier au 15 avril) afin de permettre d'évacuer les récoltes de l'Office du Niger. Les conditions à réaliser sont naturellement fonction des caractéristiques de la flottille. On distinguait jusqu'à ces derniers temps 3 types de navigation :

- la navigation lourde, nécessitant une hauteur d'eau de 1,50 m ,
- la navigation semi-lourde, nécessitant une hauteur d'eau de 1,20 m ,
- la navigation légère, nécessitant une hauteur d'eau de 0,80 m.

La substitution du poussage à la traction et la modernisation du matériel permettent de faire circuler des barges de 200 t à pleine charge avec une hauteur d'eau de 1,30 m seulement (tirant d'eau : 1,15 m). On construit même des barges de 200 t qui ne cale-ront que 1,00 m à pleine charge : hauteur d'eau nécessaire, 1,15 m. Par ailleurs, la Société AOI désirerait faire naviguer à toute époque les bateaux courriers pour lesquels une hauteur d'eau de 1,05 m est nécessaire avec un chargement allégé (tirant d'eau : 0,90 m). Les conditions optimales à rechercher sont donc les suivantes :

- . hauteur d'eau minimale du 15 janvier au 15 avril : 1,30 m
et peut-être même : 1,15 m
- . hauteur d'eau minimale pendant toute l'année : 1,05 m

2,22 Moyens à mettre en oeuvre

L'amélioration des conditions de navigation peut être recherchée par deux moyens : par des travaux effectués dans les zones où des difficultés se présentent, par une régularisation du débit. Ces moyens peuvent d'ailleurs être combinés :

2,221 Bief Kouroussa - Bamako

Dans l'état actuel du développement économique, un aménagement du lit de cette section ne paraît pas justifié, la route suffisant amplement à assurer le trafic.

2,222 Bief Bamako - Koulikoro

Un aménagement de cette section difficile, doublée par une route et une voie ferrée, ne se justifierait que pour assurer un important trafic de bout en bout le long du fleuve. La question ne devra être reconsidérée que lorsqu'on procèdera à l'aménagement hydroélectrique du Grand Kénie.

2,223 Bief Koulikoro - Ségu

Nous recommandons de reconnaître en fin de décrue le chenal navigable au moyen de pirogues munies d'un sondeur à ultrason, de baliser ce chenal, d'établir un éclairage de nuit dans les zones où cela est nécessaire ; ceci n'intéresse que la navigation légère.

L'aménagement à courant libre d'un chenal d'étiage étroit, transportant un faible débit dans un lit ordinaire large à fond mobile ne peut pas être envisagé.

Le "bandeling" est un procédé inadapté aux conditions locales.

La canalisation, techniquement possible, est trop onéreuse.

Le cycle annuel des hautes et basses eaux du Niger est régulier ; le débit solide est faible à l'étiage. On peut donc espérer que les formes données artificiellement à la décrue subsisteront sans altérations graves jusqu'à la crue suivante. Deux moyens sont possibles pour obtenir ces formes : le dragage et l'établissement d'une circulation transversale par le moyen de panneaux de fond ou de surface.

Pour n'utiliser qu'un nombre restreint de dragues (3 d'après le projet russe) il faut commencer les travaux pour des hauteurs d'eau de l'ordre de 6 m. C'est trop à notre avis. Le Niger a encore une capacité importante de transport solide ; le courant n'a pas sur les seuils la direction observée en basses eaux ; le chenal s'ensablera, ce qui nécessitera de faire d'importantes reprises. Nous pensons que le meilleur moyen d'améliorer le chenal revient à adopter la solution préconisée par le Laboratoire de Chatou qui consiste à traiter les seuils longs par des panneaux de fond, les seuils courts par des panneaux de surface et à couper les bras parasites. Les panneaux agissent progressivement et au moment opportun. Il nous paraît cependant nécessaire d'approvisionner une drague pour travailler sur les passages difficiles, notamment ceux où l'on rencontrera du gros gravier, et pour intervenir d'urgence en cas d'incident sur un seuil.

Les nombreux essais effectués ont montré que, par ce procédé, on peut espérer un gain de 0,50 à 0,65 m sur le tirant d'eau. Or le tirant d'eau peut descendre à 20 cm en très basses eaux. Le procédé de Chatou est donc incapable, à lui seul, de satisfaire aux conditions que nous avons exposées. Il faut le compléter par une régularisation du débit d'étiage. Les tableaux suivants, établis en s'appuyant notamment sur le rapport qu M. ROUSSELOT et CHABERT ont présenté au IXème Congrès International de Navigation, montrent quels débits sont nécessaires pour répondre aux besoins exprimés plus haut.

a) Conditions naturelles

Tirant d'eau des bateaux m	hauteur néces- saire sur les seuils m	Cote à Koulikoro m	Débit du fleuve m ³ /s
1,30	1,50	1,95	650
1,15	1,30	1,80	570
0,90	1,05	1,55	430
0,70	0,80	1,35	350
0,45	0,60	1,15	300

b) Aménagement par panneaux

Tirant d'eau des bateaux m	hauteur néces- saire sur les seuils m	Cote à Koulikoro m	Débit du fleuve m ³ /s
1,30	1,50	1,50	410
1,15	1,30	1,25	300
1,00	1,15	1,05	225
0,90	1,05	0,90	170
0,85	1,00	0,70	120
0,80	0,95	0,60	100

Nous voyons qu'un débit de 300 m³/s après aménagement Chatou (au lieu de 570 m³/s avant) serait nécessaire pour permettre d'assurer la circulation des convois lourds améliorés (1), qu'un débit de 170 m³/s après aménagement Chatou (au lieu de 430 m³/s avant) serait nécessaire pour permettre d'assurer le passage des bateaux courriers, qu'un débit de 300 m³/s serait nécessaire dans les conditions naturelles pour assurer le passage de bateaux de 40 à 50 cm de tirant d'eau (2), enfin, qu'un débit de 120 m³/s permettrait, après aménagement Chatou, d'assurer le passage de bateaux tirant 0,25 m, la hauteur d'eau sur les seuils étant de 1 m. Peut-être les bateaux-courriers pourraient-ils passer, moyennant quelques difficultés localisées, avec un débit de 120 m³/s. Il faut insister sur la nécessité d'assurer un entretien soigné des panneaux immergés.

2,224 Bief Ségou - Markala

Aucun aménagement n'est à réaliser dans cette section située dans le remous du barrage de Markala.

2,225 Bief Markala - Monté

Les difficultés rencontrées en basses eaux par la navigation dans ce bief nous amènent à recommander le passage par le canal de Macina dont le débouché serait reporté en aval de Macina, facilitant ainsi l'extension des terres de l'Office. L'écluse du Point A devrait alors être reprise compte tenu des caractéristiques de la batellerie ; un ouvrage au débouché aval du canal dans le fleuve devrait être construit. Mais il faut noter qu'il se produit d'importantes pertes d'eau le long du canal de Macina (3) (évaporation - infiltration). On devra donner une priorité aux besoins agricoles, donc interrompre la navigation dans les sections situées en aval lorsque le débit sera insuffisant. Ce sera généralement le cas en avril-mai. La commercialisation de la récolte étant terminée à ce moment, nous pensons que cette restriction serait admissible.

(1) On pourrait même se contenter de 225 m³/s avec des barges de 200 t calant 1,00 m seulement à pleine charge.

(2) Les indications figurant au rapport n° 6 d'ITALCONSULT sont erronées sur ce point. Un débit permanent de 120 m³/s n'apporterait aucune amélioration sensible des conditions de navigation en l'absence de travaux d'aménagement du lit.

(3) Les pertes devront être réévaluées dans l'hypothèse du prolongement que nous proposons.

Des barrages limiteurs de débit en tête du Diaka amélioreraient la navigation sur le fleuve proprement dit.

2,226 Bief Mopti - Kabara - Gao - Labbezenga

Les études ne sont pas suffisamment avancées pour permettre de suggérer une amélioration des conditions de navigation de cette section du Niger, où le trafic est d'ailleurs très faible.

2,23 Etudes particulières à entreprendre

Nous traiterons, dans une section spéciale du présent chapitre, des études générales qu'il nous paraît nécessaire d'entreprendre. Nous ne parlerons ici que d'études particulières.

Une étude préliminaire des améliorations à apporter au bief Kouroussa - Bamako pourrait être lancée ; il ne s'agit pas d'une affaire urgente.

L'étude du bief Mopti - Gao ne sera à faire que dans l'hypothèse où d'importants transports industriels viendraient à se présenter ; on commencera par un nivellement.

Une étude des passes rocheuses doit être faite pour permettre de projeter un aménagement pérenne. La réalisation la plus urgente intéresse le bief Koulikoro - Ségou (passe située en aval de Niénébalé). Un balisage des passes réalisées sera nécessaire.

L'étude d'un barrage à Tossaye, qui améliorerait la navigation à son amont sur une distance à définir, n'est pas urgente, non plus que celle de l'aménagement des rapides de Labbezenga. Une première reconnaissance de ces derniers rapides devrait permettre de voir si leur amélioration est susceptible d'être envisagée.

L'intérêt pour la navigation d'une liaison Bani-Niger nous a été signalé. Nous n'avons pas trouvé de documentation valable à ce sujet. Il faut noter que le Bani coule en contrebas par rapport au Niger ; il apparaît donc difficile de réaliser un canal de navigation économique pour relier les deux vallées.

Une étude du prix de revient de la t/km en fonction du tonnage des convois servira de base à l'étude économique qu'il sera nécessaire de faire pour justifier une participation éventuelle de la navigation à l'amortissement des travaux de régularisation du débit, la navigation devant, en toute occurrence, prendre en charge les travaux de régularisation du lit.

2,3 LES ROUTES

La question du fret de retour sur la voie transsaharienne revêt une importance toute particulière ; une étude du transport par containers légers et pliables intéresse spécialement le Mali.

Nous conseillons de faire de nombreux comptages de circulation qui permettront de contrôler les prévisions de trafic déjà faites et, surtout, d'asseoir sur de meilleures bases les prévisions de développement qu'il faudra faire pour justifier de futurs travaux. Une comparaison des prix de transport pratiqués et des prix calculés sera particulièrement instructive et servira de base aux futures études économiques.

2,4 LA VOIE FERREE

Les principales difficultés du réseau viennent du mauvais état du matériel. Un atelier malien, qui pourrait être celui de Koulikoro, nous paraît indispensable.

°
° °

3 LES AMENAGEMENTS HYDROAGRIQUES

3,1 L'OFFICE DU NIGER

3,11 Développement prévisible

Les terres de l'Office du Niger sont alimentées par les canaux d'irrigation qui prennent l'eau du Niger à l'embouchure immédiate du barrage de Markala. La superficie actuellement irriguée couvre 46 000 ha. A la cadence de développement actuelle, qui paraît normale, on peut s'attendre à ce que la superficie à irriguer atteigne 80 000 ha dans une dizaine d'années et 156 000 ha dans un avenir plus éloigné : 30 à 50 ans.

La mise en culture de terres nouvelles pose un problème de choix de ces terres, car les canaux principaux dominent une superficie très supérieure à 156 000 ha. Pour fixer ce choix, des études détaillées sont nécessaires : études pédologiques, études agronomiques (micro-relief, végétation de couverture), études hydrauliques. On devra, en particulier, pour limiter les pertes d'eau, choisir de préférence - à qualités égales - les terres les plus voisines du fleuve. Le réseau d'irrigation est, en effet, alimenté par des défluent fossiles que le relèvement du plan d'eau par le barrage de Markala permet de mettre en eau. Ces défluent sont très larges ; les pertes par infiltration et évaporation sont très fortes.

3,12 Besoins en eau

Des études détaillées de besoins en eau ont été faites anciennement en se fixant un programme de cultures, ceci dans plusieurs hypothèses concernant la superficie cultivée.

La première concerne un programme de 300 000 ha dont la réalisation éventuelle doit être considérée comme trop lointaine pour intéresser la présente étude. Elle a montré que le débit naturel du fleuve à l'étiage est insuffisant pour fournir l'eau d'irrigation nécessaire.

La deuxième concerne un programme de 80 000 ha. Elle a montré que le débit naturel du fleuve doit suffire aux irrigations 9 ans sur 10 : le risque encouru est donc du même ordre de grandeur que celui des cultures sous pluie des pays tempérés.

Dans son étude préliminaire du barrage-réservoir de Sélingué, ITALCONSULT a étudié les besoins d'un périmètre aménagé de 156 000 ha. Nous avons, en nous appuyant sur cette étude, repris le calcul du débit nécessaire pour une superficie de 80 000 ha. Nous avons tenu compte, dans le calcul des pertes des adducteurs, du fait que certains terrains lointains n'ont pas à être alimentés en permanence ; des ouvrages devront donc arrêter l'eau aux points voulus. Nous avons supposé que la navigation sur le canal de Macina était arrêtée du 1^{er} janvier au 1^{er} juin. Si l'on ne réalise l'irrigation du riz et du coton dès le 1^{er} juin que les années où les prévisions de crue permettent d'être assurées d'avoir assez d'eau (les autres années on sèmera 15 jours plus tard, comme cela se fait actuellement), le tableau que nous avons dressé montre que les débits naturels du fleuve sont suffisants comme l'avaient montré les études antérieures. Le problème qui se pose à l'Office consiste donc, pour l'instant, à valoriser au maximum le débit disponible en le consacrant à des cultures riches : c'est bien sa politique actuelle.

La condition de supprimer la navigation sur le Macina à partir du 1^{er} janvier peut paraître trop dure. On voit, en examinant notre tableau, que ce n'est en réalité que courant mars que cette suppression devrait être réalisée. A ce moment, l'évacuation des produits est terminée. Si l'on ne veut pas arrêter toute la navigation, il faudra fournir en étiage décennal 5 m³/s en mars, 8 m³/s en avril, 15 m³/s en juin, le canal étant dans sa situation actuelle. Vers la fin de la présente période décennale, le problème de la régularisation des débits d'étiage commencera donc à se poser.

A long terme, 30 à 50 ans, le développement de l'Office du Niger ayant conduit à une superficie aménagée de 156 000 ha, une régularisation du débit d'étiage s'imposera. ITALCONSULT a fait une évaluation des besoins en eau de cette superficie dans des hypothèses qu'il nous paraît possible d'améliorer sur les points suivants :

- tenir compte de l'emplacement des zones cultivées pour, lorsque c'est possible, supprimer l'alimentation des parties terminales des adducteurs et économiser l'eau ;
- supprimer la culture du riz dessaisonné, la culture des soles d'engrais verts ;
- ne prévoir des semis précoces de riz et de coton que lorsque les prévisions de crue montrent que le débit du fleuve sera suffisant.

Par ailleurs, si l'irrigation du coton jusqu'au 15 février envisagée un moment paraît exagérée, il est peut être un peu tôt de l'arrêter au 31 décembre. Mais l'irrigation du coton doit être complétée par un drainage efficace si l'on ne veut pas qu'elle réagisse défavorablement sur le rendement.

3,13 Etudes à entreprendre

L'Office du Niger a entrepris et mené à bien un grand nombre d'études ; nous n'avons pas l'intention, ni d'ailleurs la possibilité, de dresser un catalogue de ce qui reste à faire dans ce domaine. Nous nous contenterons d'évoquer quelques problèmes qui nous sont apparus au cours de nos investigations et nous ont semblé être particulièrement importants :

- . possibilité de réaliser deux récoltes successives,
- . étude de l'orientation des productions en fonction des besoins,
- . possibilité de développer la technique du repiquage et problèmes humains que cela entraîne,
- . étude des variétés adaptées au pays et des problèmes que pose l'extrapolation en culture industrielle des expériences faites en station d'essais,
- . étude du sol, de son aménagement par planage, de ses besoins en matières enrichissantes,
- . étude du drainage qui, parfois, joue un rôle plus important que l'irrigation,

- tenir compte de l'emplacement des zones cultivées pour, lorsque c'est possible, supprimer l'alimentation des parties terminales des adducteurs et économiser l'eau ;
- supprimer la culture du riz dessaisonné, la culture des soles d'engrais verts ;
- ne prévoir des semis précoces de riz et de coton que lorsque les prévisions de crue montrent que le débit du fleuve sera suffisant.

Par ailleurs, si l'irrigation du coton jusqu'au 15 février envisagée un moment paraît exagérée, il est peut être un peu tôt de l'arrêter au 31 décembre. Mais l'irrigation du coton doit être complétée par un drainage efficace si l'on ne veut pas qu'elle réagisse défavorablement sur le rendement.

3,13 Etudes à entreprendre

L'Office du Niger a entrepris et mené à bien un grand nombre d'études ; nous n'avons pas l'intention, ni d'ailleurs la possibilité, de dresser un catalogue de ce qui reste à faire dans ce domaine. Nous nous contenterons d'évoquer quelques problèmes qui nous sont apparus au cours de nos investigations et nous ont semblé être particulièrement importants :

- . possibilité de réaliser deux récoltes successives,
- . étude de l'orientation des productions en fonction des besoins,
- . possibilité de développer la technique du repiquage et problèmes humains que cela entraîne,
- . étude des variétés adaptées au pays et des problèmes que pose l'extrapolation en culture industrielle des expériences faites en station d'essais,
- . étude du sol, de son aménagement par planage, de ses besoins en matières enrichissantes,
- . étude du drainage qui, parfois, joue un rôle plus important que l'irrigation,

étant complétée par une bonne prévision des crues, doit permettre de provoquer une amélioration sensible du rendement des récoltes.

Il paraît recommandable de porter de préférence les efforts sur de grands périmètres dont on peut diriger de près la mise en valeur et surveiller l'entretien des ouvrages.

3,23 Evolution d'ensemble de la région

Ce mouvement, amorcé lorsque le Niger amont a été capté à travers le seuil de Tossaye par un fleuve de direction nord-sud, se fait à une allure extrêmement lente, aussi n'y-a-t-il pas péril en la demeure. Mais nous pensons que, dans un avenir éloigné, un relèvement artificiel du seuil de Tossaye devra être étudié. Ce relèvement aura pour effet de faire remonter progressivement le niveau du lit par sédimentation jusqu'à une grande distance en amont de Tossaye. C'est pour cette nouvelle ligne de fond que devra être calculé le remous de l'ouvrage.

3,3 LA REGION LACUSTRE

3,31 Conditions des cultures

La mise en valeur de la région lacustre se fait de deux façons :

- en culture de submersion, les pluies étant relayées par l'irrigation en nappe ,
- en culture de décrue, les ressources du sol en eau de rétention étant relayées par les pluies.

Dans le premier cas, l'arrivée de la crue ne doit se faire ni trop tôt, ni trop tard après la période pluvieuse, d'où l'intérêt d'une prévision des crues.

Dans le second cas, la maîtrise au moins partielle de l'arrivée et du départ de l'eau de crue est nécessaire. Lorsqu'il s'agit des terres d'un lac, on peut aménager son émissaire et munir celui-ci d'un ouvrage qui règle les mouvements de l'eau.

3,32 Particularités de certaines régions

3,321 L'aménagement du lac Fati nous paraît devoir être recherché dans une accélération de l'arrivée et de l'évacuation de l'eau par calibrage de l'émissaire et, éventuellement, construction d'un ouvrage de réglage.

3,322 Nous aurions de même préconisé un aménagement par submersion contrôlée du lac Horo. L'irrigation étant pratiquée par certains villages, le Service du Génie Rural a pris la décision de maintenir ce mode de culture.

3,323 L'aménagement du Kessou est lié à celui des lacs Télé et Faguibine. Ce n'est pas le lieu de discuter les projets souvent fort différents qui ont été successivement proposés. Nous nous contenterons de rappeler brièvement les caractéristiques du projet actuel, et nous donnerons notre avis à ce sujet.

Les terres des lacs portent des cultures de décrue. L'élevage joue un rôle important ainsi que la pêche.

Il faut régler l'arrivée de l'eau en forte crue afin d'éviter un remplissage excessif des lacs qui a pour effet de placer la bande utile de décrue dans une zone infertile de faible superficie. Il faut faciliter l'arrivée de l'eau en crue moyenne. En crue faible, on ne peut rien faire de raisonnable ; il faut accepter cet aléa.

Pour effectuer le réglage, il est prévu un barrage à Goundam qui sera muni d'un ouvrage dont l'ouverture commandée réglera l'admission de l'eau de crue. Un recalibrage des seuils qui se trouvent sur le trajet séparant Goundam du Faguibine améliorerait l'arrivée des eaux en crue moyenne. Nous recommandons son étude. Le seuil de Kamaïna, en particulier, devrait être abaissé et muni d'un ouvrage de garde. Cet abaissement serait intéressant pour la navigation (évacuation des produits de la pêche notamment). Le seuil par où se fait l'alimentation du lac Gouber devrait, de même, être muni d'un ouvrage de garde.

Un tel aménagement entraînera une surélévation de la nappe de submersion dans le Kessou qui ne peut être que bénéfique: les cultures de décrue pourront se faire sur une plus grande superficie ; les cultures de submersion (riz flottant) n'en pâtiront pas car la vitesse de montée de l'eau ne sera pratiquement pas changée. La zone proche de Goundam subira une submersion beaucoup plus forte que maintenant ; mais elle comporte une faible population et est peu cultivée.

Nous pensons, a priori, que l'ouvrage de Goundam devrait être maintenu fermé en début de crue et qu'on ne devrait l'ouvrir qu'assez tard. En effet, l'écart entre le début de la décrue et les premières pluies est de quatre mois au lac Faguibine et cinq mois au lac Téli. C'est beaucoup ; on a intérêt à réduire cette durée en retardant l'arrivée de la crue, donc le début de la décrue. Si l'on devait adopter le procédé inverse, c'est-à-dire ouvrir l'ouvrage de Goundam en début de crue et le fermer alors que les lacs sont encore capables de recevoir de l'eau, on ralentirait la décrue dans le Kessou. Or cette décrue ne doit pas être trop lente. On envisage d'ailleurs de la hâter en dirigeant de l'eau vers le Killi à travers les ouvrages de la route Diré-Goundam. Cette possibilité doit être étudiée, de même que celle d'alimenter partiellement en faible crue le Téli et le Faguibine par de l'eau venant du Killi.

Mais le détail de l'exploitation de l'ouvrage de Goundam et des ouvrages qui mettront en communication le Téli et le Kessou, nous paraît difficile à régler sans une étude détaillée ; ce problème doit être résolu avant de passer à l'exécution des travaux. Un modèle mathématique permettrait à notre avis de le faire.

L'aménagement que nous examinons ici pose des problèmes importants. Le projet prévoit de réaliser un régime dans lequel le plan d'eau du lac Faguibine variera entre des cotes aussi basses que possible de manière à utiliser pour les cultures les terres limoneuses du fond du lac. Mais il faut noter que la salure des eaux du lac reste stable, à une concentration acceptable par les cultures, parce que les apports de sel s'évacuent par infiltration. Nous avons, en faisant beaucoup d'hypothèses, montré que les quantités d'eau infiltrées doivent être importantes. Notre calcul devra être vérifié ; il nous apparaît dès maintenant qu'il ne faut pas baigner en permanence des couches trop imperméables. Si nos conclusions étaient confirmées par une étude plus précise, il y aurait lieu de vérifier que le barrage de Goundam permet bien le passage du débit supplémentaire correspondant à l'infiltration.

L'hypothèse de DUBREUIL, selon laquelle le sol pourrait peut-être fixer une partie du sel, demande à être vérifiée.

La pêche constitue, par ailleurs, un élément important de l'économie de la région ; on devrait donc éviter autant que possible d'assécher le lac et, au contraire, chercher à disposer encore d'une réserve aussi profonde que possible au moment des plus basses eaux. C'est là une seconde raison pour faire osciller le niveau de l'eau entre des cotes plus élevées qu'il n'est prévu actuellement : 1 mètre de plus paraît, a priori, désirable.

Notons que, pour améliorer le rendement piscicole, il serait utile de faciliter le développement de la végétation aquatique actuellement absente dans le Faguibine. Il faudrait aussi prévoir le passage des poissons migrateurs depuis le lac Télé jusqu'au lac résiduel du Faguibine, dont le niveau sera plusieurs mètres au-dessous de celui du seuil de Kanaïna. L'abaissement de ce seuil que nous préconisons par ailleurs aurait un effet bénéfique. Un ouvrage devrait être prévu au droit du seuil : il faut rechercher à quel moment se font les migrations pour voir si ses conditions de fonctionnement au bénéfice de l'agriculture et de la pêche ne sont pas incompatibles et régler au mieux les manœuvres.

3,33 Etudes particulières à entreprendre

Nous n'avons trouvé aucune étude concernant les lacs de la rive droite. Un rapport de la MEAN constate cependant qu'il y aurait intérêt à remplir chaque année ces dépressions pour créer des pâturages naturels qui manquent aux troupeaux du Gourma-Ouest. Il semble, a priori, que l'intérêt de ces lacs soit plus faible que celui des lacs de la rive gauche. L'étude du système hydrographique sera complexe et une minutie comme celle qui a été déployée dans le système Kessou-Faguibine exigera plusieurs années, des crédits importants et une forte équipe d'hydrologues. Cette étude devra être entreprise un jour. Il appartient au Mali de fixer son époque en fonction de l'intérêt qu'il attache au développement de la région.

Nous avons exposé les modifications au régime hydraulique du Kessou et des lacs Télé et Faguibine que la construction d'un ouvrage à Goundam serait susceptible de provoquer. Par ailleurs, les travaux que nous proposons de réaliser sur des lacs tels que le Fati modifieront aussi leur régime hydraulique. Il y a lieu de définir le meilleur régime à réaliser : époque de

l'alimentation par la crue, importance de la submersion. Des études pédologiques et agronomiques devront compléter les études d'ordre purement hydraulique.

3,4 LE CASIER DE BAGUINEDA

3,41 Cultures - Sols

Le projet mis au point par Techno-Export prévoit des cultures diverses : cultures maraîchères, tomates, coton, maïs, blé, tabac, etc... Nous devons rappeler que les essais de coton effectués en 1925 ont donné de mauvais résultats attribués au fait que les sols sont acides et peu humifères. Il faudra donc développer avec prudence cette production.

Les sols du casier sont constitués par un sable très fin, limoneux, peu argileux. Il semble que leur perméabilité ait augmenté par suite d'un entraînement des colloïdes. Ils ont donc un faible coefficient de rétention et demandent beaucoup d'engrais minéraux et de fumure. On doit se rappeler qu'il faudra du temps et beaucoup de soins pour leur donner la fertilité nécessaire.

Une étude pédologique et agronomique nous paraît donc nécessaire.

3,42 Réseaux d'irrigation et de drainage

Le réseau d'irrigation n'est pas étanche. Les pertes ne sont pas uniformes : elles sont nettement plus importantes lorsqu'il y a contact direct digue-rocher. Le planning d'étanchement par cuvelage gagnerait à être organisé de façon à arénager par priorité les zones les plus mauvaises.

Le réseau de drainage actuel ne fonctionne pas lorsque le fleuve est en crue. La surélévation de la nappe phréatique, due à une alimentation exagérée par les pertes du réseau d'irrigation et à un mauvais drainage du sol, est une des causes de mauvais rendement des récoltes. Un bon drainage est encore plus nécessaire pour le coton qu'il ne l'est pour le riz ou le maïs. Il est donc indispensable de mettre en état ce réseau.

3.43 Alimentation en eau des populations

Il n'est pas possible de continuer à alimenter les populations par puisage dans une nappe nourrie par les fuites des canaux d'irrigation. La recherche d'une nappe dépendant du fleuve est indispensable. Elle est d'ailleurs en cours.

°
° °

4 LA REGULARISATION DU DEBIT

4,1 POSSIBILITES DIVERSES

Rappelons rapidement qu'après avoir envisagé la constitution d'une réserve de 4,5 milliards de m^3 sur le Niandan à Fomi, on a recherché des emplacements permettant d'accumuler un volume de l'ordre du milliard de m^3 . Divers sites ont été examinés sur le Milo et le Sankarani. C'est finalement celui de Sélingué sur le Sankarani qui a été retenu pour des études de détail : on a ainsi voulu donner, à juste titre, une égale importance à la régularisation du débit et à la production d'énergie pour Bamako.

Le site de Fomi se trouve en Guinée ; une réserve de 4,5 milliards de m^3 est trop importante pour les besoins actuels ; les travaux ne seraient pas rentables. Il n'est donc pas nécessaire de s'étendre sur ce sujet et de rappeler les indications que nous avons fournies dans le cours du rapport sur les dispositions qu'il y aurait lieu de prendre au cas où le projet devrait revoir le jour.

4,2 AVANTAGES A ATTENDRE DE LA REGULARISATION DU DEBIT DU NIGER

La régularisation du débit du Niger permettrait d'accroître la production d'énergie hydroélectrique et la production agricole ; elle faciliterait la navigation de basses eaux. Nous examinerons successivement ces divers objets indépendamment les uns des autres.

4,21 Action sur la production d'énergie hydroélectrique

Dans le cas de l'aménagement de Sotuba, une régularisation des débits à 100 ou 120 m^3/s se traduirait par une légère augmentation de la productibilité, tant pour l'aménagement à deux groupes que pour l'aménagement à quatre groupes. Par contre, cette augmentation valoriserait notablement les possibilités du Grand Kénié.

Une centrale au pied du barrage de Sélingué fournirait le complément d'énergie nécessaire pour faire face aux besoins de la région de Bamako jusque vers 1980.

Une centrale hydroélectrique au barrage de Markala verrait sa puissance disponible s'annuler en hautes eaux par manque de hauteur de chute et pourrait également s'annuler en étiage par manque de débit. Dans ce dernier cas, la régularisation améliorerait la situation en saison sèche.

4,22 Action sur les conditions de navigation

La régularisation du Niger à 120 m³/s ne réaliserait à elle seule pratiquement aucune amélioration aux conditions de navigation dans la section Koulikoro-Ségou, contrairement à ce que pourrait laisser penser la lecture du rapport n° 6 d'ITALCONSULT. Associée à un aménagement du type Chatou, elle permettrait d'obtenir en permanence un tirant d'eau voisin d'un mètre sur les seuils et permettrait donc le passage permanent des bateaux courriers dont le tirant d'eau ne dépasse pas 90 cm. Le pied de pilote, qui ne serait que de 10 cm, est un peu insuffisant ; il n'est pas impossible que subsistent quelques difficultés localisées.

Une régularisation à 100 m³/s ne diminuerait que de 5 cm la hauteur d'eau sur les seuils, mais il semble que la navigation des bateaux courriers serait alors très difficile en toute saison.

Si l'on désire, comme cela nous avait été demandé lors de la mission de septembre 1964, maintenir une navigation lourde jusqu'au 15 avril, la vidange de la réserve doit être faite à un débit de 300 m³/s (1) moyennant la réalisation simultanée d'un aménagement du type Chatou. Dans ces conditions, si nous reprenons les données portées sur les figures 5 et 6 du rapport n° 6 d'ITALCONSULT, nous voyons qu'en année faible (probabilité 8/10) le volume de la réserve devrait atteindre :

(1) Si la construction de barges de 200 t ne calant qu'un mètre à pleine charge donne de bons résultats, la situation serait meilleure puisqu'un débit de 225 m³/s suffirait.

$86\ 400 (14 \times 31 + 155 \times 28 + 226 \times 31 + 258 \times 15) = 1\ 350\ 10^6 \text{ m}^3$
 et en année minimale :

$86\ 400 (101 \times 31 + 207 \times 28 + 261 \times 31 + 277 \times 15) = 1\ 800\ 10^6 \text{ m}^3$

Ces chiffres doivent être majorés des pertes qui, pour une vidange de la réserve limitée à 3 mois, seraient de l'ordre de 100 millions de m^3 , si bien qu'en année faible la capacité utile d'un ouvrage arasé à la cote 347, soit $1\ 450\ 10^6 \text{ m}^3$, serait juste suffisante. La navigation lourde ne serait donc possible que 8 années sur 10 jusqu'au 15 avril. Elle devrait être interrompue vers le 15 avril.

4,23 Action sur la production agricole

L'écrêtement envisagé ne peut avoir qu'une action négligeable sur le niveau des hautes eaux en crue ; il n'aurait donc aucun inconvénient dans les sections où les débordements du fleuve sont utilisés pour l'alimentation des casiers rizicoles.

Nous avons vu que dans le cadre d'un programme de 80 000 ha, le débit naturel du fleuve suffit aux irrigations de l'Office du Niger 9 ans sur 10.

Dans le cadre d'un programme de 156 000 ha, c'est-à-dire des extensions que l'on commencera à réaliser à l'Office du Niger d'ici une dizaine d'années, la régularisation est nécessaire pour assurer le débit d'irrigation voulu. La régularisation permettrait également de donner les débits nécessaires au casier de Baguinéda.

4,3 OUVRAGE DE SELINGUE

4,31 Caractéristiques de l'ouvrage

Il nous apparaît qu'il faut profiter au maximum des possibilités d'emmagasinement du site. Un ouvrage à la cote 347 donnant une capacité brute de $1\ 570\ 10^6 \text{ m}^3$ et une capacité utile de $1\ 450\ 10^6 \text{ m}^3$ semble, a priori, convenable. Il conviendrait de

prévoir divers aménagements complémentaires : groupes électrogènes pour la manoeuvre des vannes notamment. Nous conseillons, pour des raisons de sécurité consécutives à l'isolement du site, d'adjoindre aux ouvrages vannés prévus pour l'évacuation des crues un déversoir fonctionnant automatiquement dès que la cote de retenue est dépassée.

4,32 Etudes complémentaires nécessaires

Il est important de rappeler la liste des études sur lesquelles nous avons jugé utile d'appeler plus particulièrement l'attention des Autorités du Mali :

- fixer le programme de sondages et en prévoir le financement (il est très important, en particulier, de mettre éventuellement en évidence le tracé d'anciens cours de la rivière le long desquels on pourrait observer une surélévation du niveau de la nappe phréatique et voir apparaître des résurgences, voire des érosions régressives) ;
- achever de reconnaître les gîtes à matériaux, le recours aux réserves de la cuirasse latéritique du plateau rive droite paraissant à recommander ;
- vérifier le détail estimatif : le béton notamment paraît sous-estimé ;
- contrôler les zones cultivables dans la superficie submergée ;
- voir s'il ne serait pas possible d'irriguer par gravité certaines plaines situées à l'aval du barrage.

4,33 Problèmes intéressant la Guinée

ITALCONSULT estime qu'avec une retenue à (+ 346) on submergera 1 500 ha en Guinée, dont 195 en culture. Avec une retenue montée à la cote (+ 347), la superficie submergée atteindrait 2 150 ha dont 210 cultivés de façon discontinue.

Il semble nécessaire de prendre sans tarder contact avec le Gouvernement de la Guinée en vue d'obtenir son accord pour cette submersion. Il pourrait être envisagé de compenser de deux manières les inconvénients qu'il ne manquera pas de souligner, d'une part dans le cadre d'un accord sur la pêche dans la réserve où, pensons-nous, la production piscicole doit devenir intéressante, d'autre part en irriguant par pompage les terres qui s'y prêteraient.

°
° °

5

ETUDES GENERALES

Nous grouperons sous le présent titre un certain nombre d'études sur lesquelles nous avons eu l'occasion d'appeler plusieurs fois l'attention au cours de ce rapport : études hydrologiques, prévision des crues, études topographiques.

L'exploitation de la réserve de Sélingué peut être faite suivant des programmes très différents selon les buts que l'on se propose d'atteindre. Il faut choisir le meilleur. Ce dernier point mérite une étude particulièrement attentive. C'est par là que nous terminerons notre exposé.

5.1

ETUDES HYDROLOGIQUES

La Monographie du Niger constitue une source remarquable de documentation ; mais elle a dû être établie à partir d'observations souvent insuffisantes que des études de corrélation ont parfois permis de valoriser. La précision dans ce cas ne vaut évidemment pas celle des mesures directes. Il importe de poursuivre les observations aux postes principaux, principalement à ceux pour lesquels les mesures ne portent que sur quelques années. Nous pensons plus particulièrement aux postes situés sur le fleuve et ses affluents, et dans les régions dont l'aménagement hydroagricoles est envisagé. Parmi les études les plus importantes de cet ordre figurent évidemment celles qu'il y a lieu de faire au site de Sélingué. Elles comprennent notamment :

- la définition d'une meilleure courbe de tarage du Sankarani à Gouala, ce qui nécessitera de nombreuses mesures ;
- la recherche des causes d'instabilité de cette courbe de tarage ;
- l'installation éventuelle de nouvelles stations à Sélingué ou Kéniéroba ;
- la reprise des observations à Mandiana, en collaboration avec la Guinée.

Toutes ces mesures ont pour objet de mieux définir les caractéristiques hydrologiques du site dont la connaissance est nécessaire pour projeter les ouvrages : une trop grande incertitude oblige à prendre des marges de sécurité excessives qui peuvent se traduire par l'engagement de dépenses considérables. On s'attachera donc à bien définir le module, le taux de l'évaporation, et aussi les débits de crue afin de réduire si possible les caractéristiques des évacuateurs sans nuire à la sécurité.

5,2 PREVISION DES CRUES

Une bonne prévision de crue (crue et décrue) est également nécessaire pour la navigation et surtout pour l'agriculture car elle permet, faite suffisamment à temps, d'agir sur le calendrier cultural en décalant les semis ou de choisir les aires de culture les plus convenables. Elle peut se faire à partir des mesures pluviométriques aux postes situés dans le bassin supérieur des rivières. Pour des raisons politiques, les centralisations de ces mesures ne se font plus avec la célérité suffisante. Nous pensons qu'il y aurait lieu d'intervenir auprès de la Guinée pour obtenir la reprise d'une transmission télégraphique correcte des observations du Haut Niger.

Pour montrer l'intérêt de l'opération, il suffit de rappeler que le maximum à Diré peut être actuellement prévue avec 2 ou 2,5 mois d'avance et que des renseignements pluviométriques du bassin supérieur permettraient de gagner plus d'un mois.

Une liaison par radio avec Kénieroba serait, par ailleurs, fort utile pour le casier de Tamani.

Pour pallier l'absence d'une prévision basée sur la pluviométrie, les hydrologues de l'ORSTOM ont mis au point des corrélations hydronuviométriques dont nous avons rappelé quelques exemples. Il faut continuer les observations en vue d'améliorer et étendre les intéressants résultats déjà obtenus.

Les études que nous avons consultées sont établies à partir de deux systèmes de nivellement, le système IGN et le système ONS. Un doute subsiste quant à la différence d'altitude entre les plans de comparaison de ces deux systèmes qui semblent voisins de 18 m mais qui pourraient n'être que de 13,88 m d'après certains documents. Ce doute doit être levé au plus tôt pour éviter des erreurs importantes dans les définitions des ouvrages d'aménagement.

Certains nivellements semblent avoir été faits par la méthode barométrique. Leurs résultats sont forts sujets à caution.

Si nous considérons plus particulièrement la région des lacs de la rive gauche, un nivellement de précision est nécessaire afin de rattacher aux échelles de Diré et Goundam les limnimètres de M'Bouna, Toukabangou et Alfao, les seuils de Kamaïna, Gouber et Kamango, l'ouvrage de Dialoubé.

Le réseau de nivellement que l'on réalisera servira de base aux travaux topographiques qu'il sera nécessaire d'entreprendre lorsqu'on établira des projets d'aménagement détaillés. Un des premiers travaux de ce genre doit concerner la région de Kessou et des lacs de la rive gauche. Il nous apparaît à ce sujet que les propositions de PABST sont trop ambitieuses et qu'on pourrait peut-être se contenter d'un photoplan du Kessou portant sur 1 200 km², à partir des photographies aériennes de 1959. Il y aura lieu de lever un profil en long au 1/10 000 du chenal emprunté par les eaux de remplissage des lacs. Ce profil en long devra porter tous les points singuliers tels que seuils sableux ou goulets d'étranglement. Il sera complété par quelques profils en travers et un levé de détail au 1/5 000 des zones plus particulièrement importantes : le seuil de Kamaïna en particulier.

Nous avons pu consulter un plan au 1/10 000 de la région des lacs, levé par l'Office du Niger, qui comporte des courbes de niveau tracées à l'équidistance de 1 m. Les travaux de nivellement que nous proposons de réaliser permettraient de le valoriser.

6

ETUDES ECONOMIQUES DE DETAIL

Le programme de développement des diverses disciplines que nous avons étudiées dans le présent rapport comporte des variantes ; des recherches économiques particulières sont nécessaires pour guider le choix entre ces variantes.

6,1

AMENAGEMENT HYDROELECTRIQUE

Les moyens de production existants, prévus à très court terme ou en cours de réalisation, permettront de faire face aux besoins de Bamako jusque vers 1970 ou 1972. Dans 5 à 7 ans, de nouveaux moyens de production devront être choisis parmi les suivants :

- extension de la centrale de Sotuba ,
- barrage-réservoir du Sankarani - centrale de Sélingué,
- renforcement de la centrale thermique.

L'étude économique particulière devra comparer ces trois modes de production pour diverses hypothèses concernant l'équipement du Sankarani : capacité utile, débit d'équipement, mode d'exploitation, compte tenu évidemment de l'effet de la régularisation sur la production de Sotuba. Nous verrons, lorsque nous parlerons de l'étude générale, quelles peuvent être ces hypothèses.

Concernant l'alimentation de l'Office, l'étude économique d'une centrale hydraulique à Markala doit faire intervenir :

- . les besoins à satisfaire, leur évolution dans le temps et leurs variations saisonnières ;
- . les débits disponibles, dans diverses hypothèses de répartition de l'eau entre les parties prenantes.

La possibilité de produire une partie de l'énergie dans une centrale thermique alimentée par de la balle de paddy devra être prise en considération.

Une étude économique situant avec précision les centres de production, les centres de consommation, les voies d'échange a été amorcée très sérieusement par MM. CHAMPAUD, TRICART, IRANI et VION. Il serait utile de la tenir à jour en ayant tout particulièrement en vue la recherche d'un trafic aussi équilibré que possible le long des divers axes de transport. Ce problème est devenu particulièrement important maintenant que les transports extérieurs n'empruntent pas la seule voie du Dakar-Niger.

Le plan de développement des industries agricoles est une base importante de l'étude que nous recommandons. Il n'est pas douteux qu'il y ait intérêt à installer des huileries par exemple au centre des régions productrices, ce qui entraînera une réduction importante des transports (arachides dans un sens, huile dans l'autre).

L'aménagement de la section du fleuve comprise entre Koulikoro et Fanchon paraît devoir être recommandé en première étape. Nous avons vu qu'il nécessitera à la fois des travaux d'aménagement du lit et de régularisation du débit. Nous avons proposé que les travaux d'aménagement du lit soient effectués en utilisant la méthode préconisée par le Laboratoire de Chatou. Après avoir défini les transports à satisfaire, il faudra rechercher quelle est la meilleure manière d'utiliser la réserve disponible. On pourrait faire l'étude dans deux hypothèses : barrage à la cote 346 - barrage à la cote 347, ce qui permettra d'étendre les résultats à une hypothèse voisine que les études de détail pourraient imposer. L'importance de la réserve étant définie, deux modes d'utilisation extrêmes peuvent être envisagés :

- vidanger le réservoir avec un débit permettant le passage de la navigation lourde. Dans le cas d'un ouvrage à la cote 347, nous avons vu qu'en année décennale sèche on pourra prolonger la navigation jusque vers le 15 avril et en année minimale jusque vers le 1er avril en maintenant un débit de $300 \text{ m}^3/\text{s}$. On aurait de meilleurs résultats si la mise au point de barges de 200 t ne calant qu'un mètre en plein usage donne satisfaction, le débit pouvant être réduit à $225 \text{ m}^3/\text{s}$;

- vidanger le réservoir d'une façon régulière, en maintenant à l'aval un débit constant de l'ordre de $120 \text{ m}^3/\text{s}$ dans le cas d'un barrage à la cote 347. La navigation serait possible en permanence pour des bateaux de moindre tirant d'eau : ordre de grandeur 80 à 90 cm, mais l'irrigation serait assurée pour un programme de 156 000 ha.

Une étude du prix de revient de la tonne kilométrique en fonction du tonnage des convois permis par un aménagement de coût donné, montrera qu'elle est la meilleure solution quant à l'importance de la réserve à constituer. Cette étude devra prendre en compte les dépenses résultant d'un arrêt prématuré des transports (frais de stockage, intérêts intercalaires, pertes, etc...).

6,3 AMENAGEMENTS HYDROAGRICLES

Des études du type GALLAIS sur les problèmes économiques et humains que pose la mise en valeur d'une région sont très intéressantes. Nous l'avons signalé à propos du bassin versant du Sankarani. Cette observations est valable un peu partout.

Par ailleurs des études économiques simples renseigneraient sur la rentabilité de divers aménagements particuliers. Nous citerons par exemple les suivants :

6,31 Lac Fati

Un aménagement de l'émissaire complété par la construction d'un ouvrage de réglage et de l'évacuation de l'eau de crue permettrait de mettre en valeur 2 000 à 2 500 nouveaux hectares. Il faudrait comparer le coût des travaux au revenu escompté. En première approximation, on pourrait se référer au coût d'un aménagement type Génie Rural qui revient à environ 30 000 francs maliens l'hectare.

6,32 Baguinéda

L'aménagement de Sotuba étant en cours d'exécution, on ne peut pas se permettre des pertes d'eau importantes car la production d'énergie en souffrirait. Les débits de prise prévus : 9,2 m³/s en janvier, 6 m³/s en avril nous paraissent a priori admissibles. Mais les travaux d'étanchement qui sont nécessaires coûtent cher, aussi serait-il utile de comparer un certain nombre d'hypothèses concernant la répartition de l'eau disponible entre turbinage - irrigation - pertes dans le réseau. On devra, dans chaque hypothèse, évaluer la production énergétique et agricole en fonction des investissements, ce qui permettra de déterminer la meilleure solution. L'étude devra être faite dans l'hypothèse où il n'y a pas régularisation du débit, puis dans celle où la régularisation existe. On notera que l'Office du Niger n'a pas besoin d'eau avant assez longtemps, ce qui peut faciliter l'exécution par tranches des travaux d'étanchement du canal alimentaire.

°
° °

7

CONCLUSIONS SUR LA REGULARISATION DU NIGER -

NECESSITE D'UNE ETUDE ECONOMIQUE D'ENSEMBLE

Il résulte de ce qui précède que la construction de l'ouvrage du Sankarani ne présentera guère d'intérêt avant 5 ou 7 ans au point de vue de la production d'énergie électrique. Mais ce temps est court étant donnés les délais nécessaires pour engager les pourparlers avec la Guinée, compléter les études, établir les projets de détail, passer les marchés et réaliser les travaux. On doit donc estimer qu'il est urgent de prendre une décision.

Une amélioration réelle de la navigation dans le secteur clé : Koulikoro-Ségou ne peut être obtenue que moyennant une régularisation du débit associée à des aménagements du lit. Il est, croyons-nous, envisagé d'entreprendre à courte échéance les travaux de régularisation du lit ; il y a donc là une raison supplémentaire pour ne pas tarder à prendre une décision au sujet de la régularisation.

Enfin, l'aménagement de Baguinéda nécessite des débits relativement faibles, mais ceux-ci sont en concurrence avec les besoins de Sotuba et nous voyons ici aussi une raison pour régulariser le débit du fleuve.

Nous avons indiqué les deux solutions extrêmes qui peuvent être envisagées pour l'exploitation de la réserve du Sankarani. Elles consistent à prolonger pendant 2,5 à 3 mois la navigation de bateaux de 200 t (débit de base : $300 \text{ m}^3/\text{s}$, pouvant être réduit à $225 \text{ m}^3/\text{s}$ si les barges en cours de construction donnent satisfaction), ou bien à maintenir en permanence une circulation de bateaux

plus petits en assurant constamment un débit de l'ordre de $120 \text{ m}^3/\text{s}$. Mais il existe une solution intermédiaire. On peut, en effet, si le barrage du Sankarani est élevé à une cote supérieure à (+ 346), prolonger moins longtemps la période pendant laquelle la navigation lourde est possible, puis abaisser le débit à $120 \text{ m}^3/\text{s}$ environ en choisissant la date de cette opération de telle sorte que la retenue ne soit vidée que lorsque le débit naturel atteint précisément cette valeur.

Le premier mode de fonctionnement (vidange rapide de la réserve) aurait pour conséquence de maintenir un débit d'étiage faible pendant une durée importante. La création d'une centrale au pied du barrage de Sélingué ne se justifierait pas ; les installations hydroélectriques de l'aval (Sotuba dans un premier stade, Kénié dans un second stade éventuel) ne bénéficieraient pas de la régularisation. L'irrigation des terres de l'Office du Niger deviendrait rapidement difficile. La navigation serait seule bénéficiaire des travaux. Les avantages qu'elle en retirerait ne pouvant pas suffire à justifier la construction du barrage de Sélingué. Cette solution doit donc, à notre avis, être abandonnée sans autre examen.

Le deuxième mode de fonctionnement (vidange à débit constant, de l'ordre de $120 \text{ m}^3/\text{s}$) et le mode intermédiaire favoriseraient la production d'énergie électrique. Les avantages pour la navigation seraient plus importants dans l'hypothèse intermédiaire puisque la navigation lourde serait prolongée pendant un certain temps. Par contre, dans cette même hypothèse, on ne bénéficierait pas d'un débit supplémentaire pour l'irrigation au moment où les eaux commencent à monter. Pour le moment et pendant un certain temps encore, le débit naturel du fleuve suffisant, l'hypothèse intermédiaire est la meilleure. Progressivement, les demandes d'eau pour l'irrigation croissant, les besoins de la navigation à la décrue et ceux de l'irrigation en début de crue viendront en concurrence. Lorsque l'on approchera des 156 000 ha, les besoins en eau d'irrigation seront devenus importants ; l'appel à une nouvelle réserve - nous pensons au Fié en particulier - pourra se justifier.

En conclusion, il nous paraît souhaitable de réaliser l'aménagement du Sankarani dans un délai de 5 à 7 ans. Mais il importe auparavant de procéder à une étude économique d'ensemble en vue de définir les caractéristiques de la réserve et son mode d'exploitation. Les principales données que l'étude doit permettre d'établir sont les suivantes :

- cote normale de la retenue et volume utile de la réserve ;
- débit de base minimal en toute saison ;
- répartition du débit supplémentaire entre les besoins de la navigation lourde à la décrue et ceux de l'irrigation au début de la crue.

Cette étude devra prendre en compte tous les avantages directs et indirects que les travaux présenteront pour la production d'énergie électrique, les transports sur le bief Koulikoro-Ségou et aussi sur les autres biefs du Niger ou pour le canal de Macina éventuellement prolongé, la production agricole de l'Office du Niger et de la région de Baguinéda. Elle pourra remettre en cause l'hypothèse adoptée par ITALCONSULT quant au débit d'irrigation que l'on suppose pouvoir être réduit deux ans sur dix.

Il se peut que l'étude montre que certaines mesures sont nécessaires pour assurer ou améliorer la rentabilité des travaux : accroissement de la cadence du développement de la production d'énergie électrique, de la cadence de réalisation des aménagements de l'Office du Niger ; action sur la répartition du trafic entre le fleuve et les voies concurrentes.

Comme on le voit, il s'agit d'un travail extrêmement délicat, qui ne peut être confié qu'à des économistes particulièrement compétents.

°
° °

Les documents ayant servi de base à la rédaction du présent rapport ont été classés en dix rubriques :

- I - Généralités
- II - Régularisation du débit du fleuve Niger
- III- Energie
- IV - Etudes socio-économiques ou géographiques
- V - Hydrologie
- VI - La région lacustre
- VII- Les aménagements hydroagricoles
- VIII- Les transports au Mali
- IX - Navigation
- X - Office du Niger

et par ordre chronologique dans chaque rubrique.

Ces deux classifications ont été reprises pour la désignation des documents (doc.III-5). La rubrique II, cependant, a été scindée en trois parties A, B et C, cette subdivision apparaissant dans la désignation (doc.II-B-3).

°
° °

La référence figurant entre parenthèses rappelle le classement provisoire adopté dans le compte rendu de la mission JAFFE CAMUS, de septembre 1963.

Par rapport à ce premier classement, il apparaît dans la bibliographie :

- des documents éliminés ; la raison de leur élimination étant précisée ;
- des documents nouveaux ;
- une rubrique mensuelle "les transports au Mali".

A noter que certains documents, particulièrement importants, sont classés sous deux rubriques; leur référence est affectée d'un *.

I - GENERALITES

Référence

I-1	(I-1)	Rapport NEDECO	
2	(I-3)	Rapport d'activité de la MEAN	3/12/1954
3	(I-4)	Rapport général sur les travaux de la MEAN	1950
4	(I-8)	Documentation du Ministère du Plan a. rapport sur le plan quinquennal 1961/65 b. données économiques c. équipement rural	
5	(I-11)	Le régime du Niger L. REFFAY, Ingénieur en Chef des Ponts et chaussées.	

II - REGULARISATION DU DEBIT DU FLEUVE NIGER

Pour plus de clarté ce paragraphe est divisé en trois parties

Référence

A - ETUDES GENERALES

II-A-1*	(X-9)	Documents sur les possibilités d'amélioration de l'exploitation des terres de l'Office du Niger. Direction Technique de l'Office.	28/7/1955 27/12/1956
2	(II-15)	Barrage de Fomi. Etude sommaire d'un barrage de 1 milliard de m ³ .	mars 1957
3	(II-3)	Prospection de sites de barrages de régularisation. Rapport de synthèse - EDF	octobre 1959
4	(I-7)	Projet d'une demande de financement de 30 millions de francs au FED pour l'établissement d'un avant-projet de barrage de régularisation de 1 milliard de m ³ dans le haut bassin du Niger	juillet 1959
5	(IV-5)	Rapport pour la 3ème campagne d'études géographiques - GALLAIS	octobre 1958 avril 1959

B - BARRAGE SUR LE NIANDAN

II-B-1	(II-13)	Barrage de Fomi. Evaluation sommaire des frais d'aménagement pour quatre variantes - EDF	mai 1951
2	(II-1)	Barrage de Fomi sur le Niandan. EDF - 1048/1949	juillet 1951

- II-B-3 (II-14) Rapport de présentation devant le
Comité des TP du 3/7/1952 de
l'avant-projet EDF du barrage de
Fomi - L. REFFAY Juin 1952
- 4 (II-8) Etude complémentaire 1952.
EDF - COYNE 1955
- 5 Barrage de Fomi
Note Energie AOF - Dakar 14/1/ 1958
- 6 (II-7) La conférence du Niandan - Bamako 19 et 20/3/1958

C - BARRAGE SUR LE SANKARANI

- II-C-1 (II-12) Compte rendu de reconnaissance
de DUQUENNOIS, Ing. Conseil janvier 1958
- 2 Capacité d'un réservoir à Sélingué.
M. TRANAIN, Expert des Nations
Unies. 7/12/1963
- 3 Note 47 310 de ITALCONSULT donnant
premiers éléments de l'étude pré-
liminaire pour le barrage du
Sankarani 25/1/1964
- 4 Etude préliminaire du barrage-ré-
servoir de Sélingué sur le Sankarani.
ITALCONSULT mars 1964

Documents primitivement inscrits au paragraphe II
à éliminer de la documentation de base

A/ ETUDES GENERALES

- (II-2) Prospection sur documents de sites
de barrages de régularisation.
Mission EDF novembre 1957

Voir le rapport de synthèse d'octobre 1959 sur
la question - Pièce n° 3

- (II-6) Prospection de sites de barrages
de régularisation.
Mission EDF - 1958
Rapport préliminaire septembre 1958

Voir le rapport de synthèse d'octobre 1959 sur
la question - Pièce n° 3

B/ BARRAGE SUR LE NIANDAN

- (II-4) Dossier de concours pour les travaux
de génie civil du barrage de Fomi.
EDF - COYNE 15/3/1955

Ce dossier relatif à un ouvrage dont la construc-
tion à moyen terme n'est plus envisagée, n'a pas
à être retenu pour la rédaction du rapport de
synthèse demandé.

- (II-9) Exposé général comportant présenta-
tion au plan 1958.
MEAN 28/2/1957

Cette fiche n'apporte aucun élément nouveau si
ce n'est une réévaluation du coût des travaux,
qui passe à 7,7 milliards au premier trimestre
1957, les caractéristiques de l'ouvrage restant
celles de l'avant-projet EDF (dossier 48-49)

C/ BARRAGE SUR LE SANKARANI

- (II-5) Projet réduit du barrage de Sélingué.
EDF

20/6/1960

Il s'agit d'une étude sur carte au 1/200 000 pour satisfaire à une demande urgente de M. MERLIN qui avait besoin d'un ordre de grandeur. Voir le rapport de synthèse d'octobre 1959 - Document n° 3 "Etudes générales" et l'étude récente d'ITALCONSULT.

- (II-10) Extraits de différentes études sur le barrage par IVANOV

Sans grand intérêt, car nous trouvons aujourd'hui plus de précisions dans la Monographie du Niger en ce qui concerne : évaporation - précipitations - crues - modules - étiages - etc...

- (II-11) Projet d'étude sommaire d'un barrage-réservoir. M. ROCHAT, Directeur p.i.
Hydraulique

19/8/1960

Fiche d'une page extrêmement sommaire, à éliminer.

III - ENERGIE

Référence

III-1	(III-1)	Bassin du Niger. Aménagement des rapides de Kénié - EDF.	1949
2	(III-8)	Notes sommaires sur les possibilités d'aménagement du Niger pour les transports et la production d'énergie - A. MAS.	janvier 1957
3	(III-7)	Les ressources énergétiques de la Fédération du Mali - LEBARBIER.	juillet 1960
4	(III-3)	Aménagement hydroélectrique de Markala. Avant-projet sommaire. EDF.	décembre 1961
5	(III-5)	Plan général des possibilités d'aménagements hydroélectriques de la République du Mali. V. IVANOV.	août 1962
6	(III-9)	Aménagement hydroélectrique de Sotuba. Avant-projet. EDF.	avril 1963
7	(III-4)	Problèmes du développement de l'énergie sur le territoire de l'Office du Niger. V. FRANCOULIAN.	août 1963

Documents primitivement inscrits au paragraphe III
à éliminer de la documentation de base

- (III-2) Société Energie du Mali .
Perspectives de développement 17/5/1963

Fait état des possibilités hydroélectriques d'après les études existantes et notamment le dossier 5. Ne traite pas du développement des besoins en énergie.

- (III-6) Rapport concernant les possibilités
d'aménagements hydroélectriques dans la
République du Mali - V. ZUNIC 16/8/1961

Fait état de possibilités existantes dont les caractéristiques sont indiquées dans d'autres dossiers. Conclut à la nécessité d'étude systématique des possibilités des cours d'eau.

IV - ETUDES SOCIO-ECONOMIQUES OU GEOGRAPHIQUESRéférence

IV-1	(IV-6)	La boucle du Niger - Synthèse provisoire - IDIART	1959
2	(IV-8)	Etude géographique du delta intérieur. Résultats préliminaires. GALLAIS	1959

V - HYDROLOGIE

Référence

MONOGRAPHIE DU NIGER

V-1	(V-3aI)	Niger Supérieur et Bani. Facteurs conditionnels du régime. Débits observés.	1958
2	(V-3aII)	Niger Supérieur et Bani. Interprétation des résultats d'observation. Eléments caracté- ristiques du régime.	1959
3	(V-3aIII)	Niger Supérieur et Bani. Note rectificative sur le régime du Bani.	1961
4 *	(V-3bI)	La cuvette lacustre. Données hydrologiques.	1960
5 *	(V-3bII)	La cuvette lacustre. Eléments caractéristiques du régime.	1960
6 *	(V-3bIII)	La cuvette lacustre. Bilan hydrologique.	1961
7	(V-3cI)	Le Niger Moyen. Facteurs du régime. Données hydrologiques.	mai 1962
8	(V-3cII)	Le Niger Moyen. Données climatologiques et hydrologiques.	mai 1962
9	(V-3cIII)	Le Niger Moyen. Interprétation des résultats d'observations.	septembre 1962

Référence

V-10 *	(V-8)	Région du Kessou . Note hydrologique - BRAQUAVAL	avril 1959
11	(V-4 1)	Banifing de San. Etude hydrologique - ORSTOM	mai 1959
	(V-4 2)	Annexes à l'étude précédente.	
12	(V-5)	Banifing de San. Rapport complémentaire - ORSTOM	septembre 1960
13 *	(V-6)	Aménagement des lacs Télé Faguibine. Etude hydroclimatique - DUBREUIL	janvier 1961
14	(V-7a)	Etude hydrologique des tributaires de la cuvette de Koulou. DUBREUIL - LEFEVRE Campagne 1960 Campagne 1961	mai 1961 mai 1962
15	(V-1)	Données hydrologiques essentielles concernant le Niger - RODIER	7/2/ 1963
16	(I-2)	Etude des effets sur le régime du Niger des principaux projets d'aménagement des états riverains. ITALCONSULT	août 1962

Documents primitivement inscrits au paragraphe V
à éliminer de la documentation de base

(V-2) Annuaire hydrologique outre-mer 1951

Retenu provisoirement pour l'article de
M. AUVRAY concernant les éléments de base
pour une régularisation de la navigation
sur le Niger.

Cet article n'est plus d'actualité. Voir à ce
sujet des notes plus récentes du même auteur
au chapitre "Navigation".

(V-10) Etude de la crue 1951/52

Bilan des pertes de la zone lacustre.

AUVRAY

Novembre 1952

Ce document peut être éliminé ; on le retrou-
ve nettement amélioré, avec 7 ou 8 années
d'observations supplémentaires dans : Mono-
graphie du Niger - La cuvette lacustre (V-4,
V-5, V-6).

(V-9) Etude hydrologique du Kobafini.

DUBREUIL

1960

Etude très intéressante, mais qui n'est pas
en rapport avec l'objet de notre mission.

VI - LA REGION LACUSTRE

Référence

VI-1	(VI-14a)	Niger lacustre. Rapport BELINTE.	1919/1920
2	(VI-12)	Aménagement des lacs rive gauche. Rapport BAUZIL.	26/2/1941
3	(VI-11)	Aménagement de la région lacustre. Rapport VIGUIER	10/12/1941
4	(VII-2)	Note sur l'aménagement du Niger Central - Ingénieur en Chef DROUHIN.	1945
5	(VI-13)	Propositions pour l'aménagement de la région lacustre. CHEVALLIER PAUPLIN - MEAN	1955
6	(VI-17b)	Esquisse d'un aménagement hydrau- lique de la boucle du Niger. CHEVALLIER MARTIN - MEAN	5/1/ 1956
7	(IV-4)	Etude économique préliminaire - Région des lacs R.G. et note complémentaire - SOGETTI	1956
8	(VI-20)	Aménagement des lacs rive gauche. Rapport justificatif FIDES. MEAN.	1956
9	(VI-18)	Rapport de mission dans la vallée du Niger - J. DUCELLIER	décembre 1956
10	(IV-12)	Note succincte sur la mise en valeur et sur la situation écono- mique sociale et agronomique de la région lacustre de la rive gau- che - MEAN	1957

Référence

VI-11		Etude hydrologique des lacs R.G. Régularisation du régime des lacs Télé Faguibine - SOGREAH	août 1957
12		Etude hydrologique de la région lacustre. Campagne de mesures 1956/1957 - SOGREAH	septembre 1957
13		Etude hydrologique des lacs R.G. Régularisation du Télé et du Faguibine - SOGREAH	décembre 1957
14	(VI-6)	Projet d'aménagement des lacs Télé Faguibine - MEAN	15/2/ 1958
15	(VI-8)	Aménagement des lacs Télé - Faguibine. Projet d'ouvrage de contrôle des débits à Kondi - SOGETIM	15/2/ 1958
16	(VII-1a)	Rapport d'une mission d'études des aménagements hydroagricoles dans la vallée du Niger et de leurs possibilités d'extension - Tome I - Inspecteur Général GUILLAUME	1958/1959
17*	(V-8)	Note hydrologique - Région du Kessou - BRAQUAVAL - ORSTOM	avril 1959
18	(VI-4)	Les projets d'aménagement du lac Faguibine. Etat de la question en 1960. IDIART - MEAN	24/4/ 1960
19	(IV-1)	Aménagement du lac Faguibine. Etude géomorphologique. Professeur TRICART	1960
20	(VI-7)	Régularisation du lac Faguibine. Digue du Kessou. Etude préliminaire - DUQUENNOIS	30/9/ 1960

Référence

- VI-21 * (V-3bI) Monographie du Niger. La cuvette lacustre - II. Eléments caractéristiques du régime - AUVRAY 1960
- 22 * (V-3bII) Monographie du Niger. La cuvette lacustre - I. Données hydrologiques - AUVRAY 1960
- 23 Projet d'aménagement des lacs Télé Faguibine. Direction de l'Hydraulique. Etat de la question au 31/12/1960
- 24 * (V-6) Aménagement des lacs Télé - Faguibine. Etudes hydroclimatiques. DUBREUIL janvier 1961
- 25 (VI-2) Aménagement hydroagricole dans la région du lac Faguibine. Digue de contrôle de la submersion. MEAN février 1961
- 26 (VI-3) Note sur les observations présentées par le FED - VIGUIER juillet 1961
- 27 * (V-3bIII) Monographie du Niger. La cuvette lacustre - III. Bilan hydrologique - AUVRAY 1961
- 28 (VI-9) Additif au projet d'aménagement des lacs Télé - Faguibine et du Kessou - Direction de l'Hydraulique 20/2/1962
- 29 (VI-5) Projet d'aménagement des lacs Télé - Faguibine - MEAN 10/3/1962
- 30 (VI-21) Aménagement des lacs Télé - Faguibine. Construction du barrage de Kessou - FED janvier 1963
- LAC HORO
- 31 (VII-1a) Extraits du Rapport GUILLAUME 1958/1959
- 32 (VII-10) Extraits du dossier Génie Rural . Probablement 1962. (deux paragraphes e et j)

RéférenceLA PECHE

- VI-33 (VIII-1) L'aménagement du lac Faguibine
et la pêche - WERTHEIMER mai 1957
- 34 (VIII-2) Rapport sur la pêche dans le lac
Faguibine - DAGET 1957

Documents primitivement inscrits au paragraphe VI
à éliminer de la documentation de base

- (VI-16) Le Moyen Niger et sa boucle -
MOURGUES 1933
N'apporte aucun élément positif.
- (VI-14b) Niger lacustre. Rapport BELIME 25/10/1941

Le projet d'aménagement BAUZIL de 1941 également (document VI-12) reprend l'essentiel des propositions du présent rapport. Le rapport BAUZIL, plus complet, paraît être le seul à retenir.
- (VI-15) Note au sujet de l'aménagement du
lac Horo

Sans intérêt pour nous. Travaux confortatifs de l'ouvrage de prise.
- (VI-17a) Esquisse d'un aménagement hydraulique
de la boucle du Niger - MEAN 1956

Pièce à éliminer de la documentation; il suffit de conserver la pièce VI - 17 b .
- (VI-19) Barrage de Barkaïna
CHEVALLIER MARTIN 15/6/1956

Description technique par trop sommaire de l'ouvrage. A éliminer du dossier.
- (VI-1) Avant-projet de régularisation du
lac Faguibine - DUQUENNOIS

Inconsistant. Nous avons pièce VI-7 un dossier complet du même auteur.
- (VI-10) Aménagement du lac Faguibine. Etude
critique - IDIART 25/2/1962

On trouve dans dossier MEAN du 10/3/1962 un sous-dossier "Exposé des motifs" signé IDIART du 28/2/1962 qui n'est autre que la présente note condensée par son auteur.

VII - LES AMENAGEMENTS HYDROAGRICLES

Référence

VII-1	(VII-1b)	Rapport d'une mission d'études des aménagements hydroagricoles dans la vallée du Niger et de leurs possibilités d'extension - Tome II Inspecteur Général GUILLAUME	1958/1959
2	(VII-1c)	Rapport d'une mission d'études des aménagements hydroagricoles dans la vallée du Niger et de leurs possibilités d'extension - Anne- xe 3 - Inspecteur Général GUILLAUME	1958/1959
3	(VII-5) (VII-6)	Alimentation en eau des mares de Kendara et de Guiré. Etude complémentaire - Etude d'un canal de mise en eau des mares et de la vallée du Serpent. Office du Niger	février 1960
4	(VII-10i)	Dossier Génie Rural - Caractéristiques des aménagements d'hydraulique agricole en riziculture au Mali - M. CHEVERRY, Directeur du Génie Rural	15/2/1961
5	(VII-10b)	Dossier Génie Rural - Aménagements de casiers rizicoles dans la haute vallée du Niger	
6	(VII-10c)	Dossier Génie Rural - Aménagements de casiers rizicoles dans la moyenne vallée du Niger et du Bani	
7	(VII-10d)	Dossier Génie Rural - Aménagements hydroagricoles dans le delta central nigérien.	

Référence

- VII-8 (VII-10e) Dossier Génie Rural - Aménagements hydroagricoles dans les zones lacustre et post-deltaïque
- 9 (VII-10g) Dossier Génie Rural - Note annexe n° 2. Les besoins en eau des rizières en irrigation par submersion.
- 10 (VII-10h) Dossier Génie Rural - Commercialisation de la production rizicole au Mali
- 11 (VII-11i) Réaménagement du système hydraulique de Baguinéda. Avant-projet Mission bulgare (Techno-Export) mai 1963
- 12 (VII-9) Note sur les possibilités agricoles de la vallée du Niger. Service de l'Agriculture
- 13 (VII-7) Les sorghos et leur culture au Mali. Culture sur terres de décrue à cheval sur saison sèche et hivernage. Pierre VIGUIER.

Documents primitivement inscrits au paragraphe VII
à éliminer de la documentation de base

- (VII-8) Etude des plaines inondables par le
fleuve Niger
Service du Génie Rural janvier 1955

Cette étude concerne le Territoire du Niger.

- (VII-10f) Aménagement de casiers rizicoles hors
des grandes vallées fluviales

Hors des grandes vallées fluviales -
donc hors de notre étude.

- (VII-4) Projet d'aménagement des lacs Magui
et Kolimbine - Génie Rural

Système hydraulique indépendant du fleuve
Niger donc sortant des limites géographiques
de notre étude.

- (VII-10k) Dossier Génie Rural - Lutte anti-érosive

Etude d'un intérêt certain, qui ne peut être
ignorée du Gouvernement Malien, mais qui sort
du cadre de l'étude qui nous est confiée.

VIII - LES TRANSPORTS AU MALI

Référence

VIII-1	(I-8b)	Documentation du Ministère du Plan. Données économiques	
2	(IX-19)	La coordination des transports au Mali. Rapport du Laboratoire de l'Institut de Géographie de Strasbourg	octobre 1955
3	(IV-11)	La navigation fluviale sur le Niger de Koulikoro à Gao. J. CHAMPAUD, Géographe ORSTOM	1959
4	(I-8a)	Documentation du Ministère du Plan. Rapport sur le plan quinquennal	1961/1965
5	(IX-17 ₁)	Contribution à l'étude des transports au Mali. G. IRANI, Conseiller Technique - Ministère des Transports	30/1/1962
6	(IX-18)	Les transports au Mali. Palliatif au Chemin de fer Dakar-Niger Ingénieur en Chef VION	1963

IX - NAVIGATION

Référence

IX-1	(IX-7)	Amélioration de la navigation sur le Niger. Bief Koulikoro Ségou. Inspecteur Général AUBERT	6/8/1951
2	(IX-11)	Possibilités d'amélioration de la navigation sur le Niger par régularisation du débit d'étiage. AUVRAY	avril 1952
3	(IX-13)	Note sur la réévaluation des débits nécessaires à Koulikoro pour assurer divers types de navigation. AUVRAY	22/8/1952
4	(IX-6)	L'hydrologie et la navigation sur le Niger de Koulikoro à Mopti. AUVRAY	31/12/1952
5	(IX-8)	Navigation sur le Niger. Aménagement de la section Bamako-Koulikoro - EDF	décembre 1953
6	(IX-1)	Etude des possibilités d'amélioration de la navigation sur le Niger. MEAN	octobre 1957
7	(IX-5)	Navigation sur le Boky-Wéré. Utilisation du réseau intérieur de l'Office du Niger	7/11/1957
8		Amélioration de la navigabilité sur le bief Koulikoro Ségou. Travaux expérimentaux sur le Niger - Campagne 1957/58 - REMILLIEUX	10/10/1958

Référence

IX-9	(IX-12)	Amélioration des conditions de navigabilité du Niger. Etude sur place et sur modèle LNH (1)	mai 1959
10		Amélioration du chenal d'étiage. Sections Koulikoro-Ségou et Ségou - Mopti. Ministère des T.P.	juin 1959
11		Note sur l'étiage 1958/59 dans le bief Koulikoro - Ségou. Ministère des T.P. Direction de l'Hydraulique	septembre 1959
12		Amélioration de la navigabilité sur le bief Koulikoro - Ségou. Travaux expérimentaux sur le Niger - Campagne 1958/59 REMILLIEUX	octobre 1959
13	(IV-11)	La navigation fluviale sur le Niger de Koulikoro à Gao. CHAMPAUD, Géographe ORSTOM	1959
14	(IX-14)	Amélioration du chenal d'étiage de Koulikoro à Ségou. Présentation au FED - MEAN	février 1960
15	(IX-9a)	Amélioration de la navigabilité de Koulikoro à Ségou. Compte rendu essais sur place et en laboratoire. LNH	janvier 1961
16		Application de la circulation transversale à la correction des rivières et à la prospection des prises d'eau. Communication à Dubrovnik - LNH	septembre 1961
17	(IX-10)	Rapport au Congrès International de la Navigation - Baltimore USA MM. ROUSSELOT et CHABERT	1961

(1) Laboratoire National d'Hydraulique.

Référence

IX-18	(IX-16)	Report on the test dredging of the river Niger - Nigéria NEDECO	octobre 1961
19	(IX-9b)	Correction des rivières par panneaux de fond, seuils et coupures de bras - LNH	janvier 1962
20	(IX-9c)	Correction du Niger de Koulikoro à Ségou. Avant-projet du LNH	février 1962
21	(IX-3)	L'amélioration des conditions de navigabilité de Koulikoro à Ségou. Rapport préliminaire - Mission URSS	février 1962
22	(IX-4)	Procès-verbal de réunion entre les experts soviétiques, un ingénieur de Chatou à Bamako	4/3/ 1962
23		Aménagement du bief Koulikoro - Ségou par la méthode d'auto-dragage du LNH	avril 1962
24		Correction du bief Koulikoro-Ségou. Schéma du programme de financement des travaux LNH	1962
25	(IX-2)	Amélioration de la navigabilité de Koulikoro à Markala. Projet schématique - URSS - MOSCOU	1963
26	(IX-9d)	Correction du Niger entre Koulikoro et Ségou - LNH . Programme des travaux Modificatif	avril 1963 janvier 1964

Documents à éliminer de la documentation de base

I - Primitivement inscrits au paragraphe IX :

- (IX-15) Le trafic sur le fleuve Niger.
Melle HIRSCH, Géographe octobre 1957
Travail probablement inachevé, qui paraît sans intérêt après l'étude de M. CHAMPAUD parue en 1959 - voir pièce 13 du paragraphe "Navigation".

II - Nouveaux qui eussent pu être intégrés au paragraphe IX :

- . Note sur les pourparlers engagés avec le Nigéria pour l'adoption de la méthode Chatou en vue de l'aménagement de chenaux navigation. 12/3/1962

En dehors du sujet. A retirer de notre documentation.

- . Lettre de l'Ingénieur en Chef des Travaux Publics du Mali (R.M. JOURDAN) au Chef de la Mission d'études EDF (M. BRESSON)

31/7/1952

Cette lettre est une pièce du dossier IX-8 dans lequel nous la réintégrons. L'Ingénieur en Chef y fixait les conditions nautiques minimales pour un canal navigable à toute époque par une grosse batellerie de Bamako à Koulikoro. En liaison avec l'aménagement hydroélectrique du Grand Kénié.

X - OFFICE DU NIGER

Référence

X-1	(VII-2)	Note sur l'aménagement du Niger Central. Ingénieur en Chef DROUHIN	mars 1945
2	(X-17b)	Besoins en eau d'irrigation en culture cotonnière	3/3/1950
3	(X-17c)	Note concernant l'irrigation des casiers cotonniers. Service des Etudes Générales	1/4/1950
4	(X-17d)	Consommation en eau pour le maintien du niveau du plan d'eau dans les adducteurs en période de chômage des irrigations. Service Etudes Générales	24/5/1951
5		Mission MACHEFAUX-LA ROCHE du 29/1 au 15/3/1952	
6	(X-17a)	Mesure de la consommation d'eau des rizières à Molodo. Mise en eau de juin-juillet	1953
7	(X-10)	Nouvelles estimations des débits à prélever dans le Niger dans le cadre de l'aménagement de 300 000 ha. M. BERNIER - Office du Niger	25/7/1955
8	(X-4)	Rapport annuel du Service des Recherches - Campagne 1954/1955	1955
9*	(X-9)	Documents sur les possibilités d'amélioration de l'exploitation des terres de l'Office du Niger. Direction Technique de l'Office	28/7/1955 27/12/1956

Référence

X-10	(X-17)	Mesure de la consommation en eau d'une rizière, Campagne 1956/1957. M. VALLEE. Service des Etudes	15/3/1957
11	(X-12)	Eléments des données hydrauliques pour l'arrosage du riz et du coton à l'Office du Niger - M. VALLEE	30/12/1957
12	(X-11)	Note sur l'intérêt des semis précoces et sur les possibilités de cultures bisannuelles. M. COYAUD, Directeur Technique	2/1/1958
13	(X-19)	Rapport sur les perspectives offertes à l'Office par une régularisation éventuelle du Niger M. MAS - SOGREAH	mars 1958
14	(VII-1b)	Rapport d'une mission d'études des aménagements hydroagricoles dans la vallée du Niger et des possibilités d'extension. Tome II. Inspecteur Général GUILLAUME	1958/1959
15	(VII-1)	Rapport d'une mission d'études des aménagements hydroagricoles dans la vallée du Niger et des possibilités d'extension - Annexe 2 - Inspecteur Général GUILLAUME	1958/1959
16	(X-17d)	Note concernant les consommations d'eau des aménagements de l'Office du Niger. Service des Etudes Générales	30/3/ 1960
17	(X-13)	Note sur la culture de la canne à sucre. ARRIGHI de CASANOVA, Ingénieur en Chef du Génie Rural	22/2/1961
18	(X-14)	Plan quinquennal 1962/1966 Office du Niger	mars 1961

Référence

X-19	(X-5)	Compte rendu de la campagne agricole 1960/1961 Service de l'Exploitation	30/11/1961
20	(X-1)	Avant-projet d'aménagement du casier de Dougabougou pour la culture de la canne à sucre. M. BERNIER, Etudes Générales	20/2/1962
21	(X-18)	Perspective d'une utilisation élargie du barrage de Sansanding. MM. JOURDAIN, Dr Vétérinaire - VALLEE, Ingénieur du Génie Rural	

Documents primitivement inscrits au paragraphe X
à éliminer de la documentation de base

- (X-2) La méthode de cartographie des sols à
l'Office du Niger
DABIN, Pédologue avril 1954

Hors du cadre de la mission qui nous est confiée.
Cette note est d'ailleurs extraite du rapport
annuel 1953/54, synthèse des travaux de M. DABIN
de janvier 1949 à mai 1954 (document X-3)

- (X-3) Rapport annuel du Laboratoire des sols.
Campagne 1953/1954 - DABIN mai 1954

Document réservé à l'usage interne de l'Office.

- (X-6) Le delta ressucité.

N'apporte pas d'éléments nouveaux pour notre
synthèse, bien que rassemblant, sous une forme
imagée et vivante, l'histoire de l'Office, les
réalités des temps présents, les espérances pour
l'avenir.

- (X-7) L'office du Niger. Historique de l'in-
frastructure et de l'exploitation de
l'Office de 1930 à 1957.

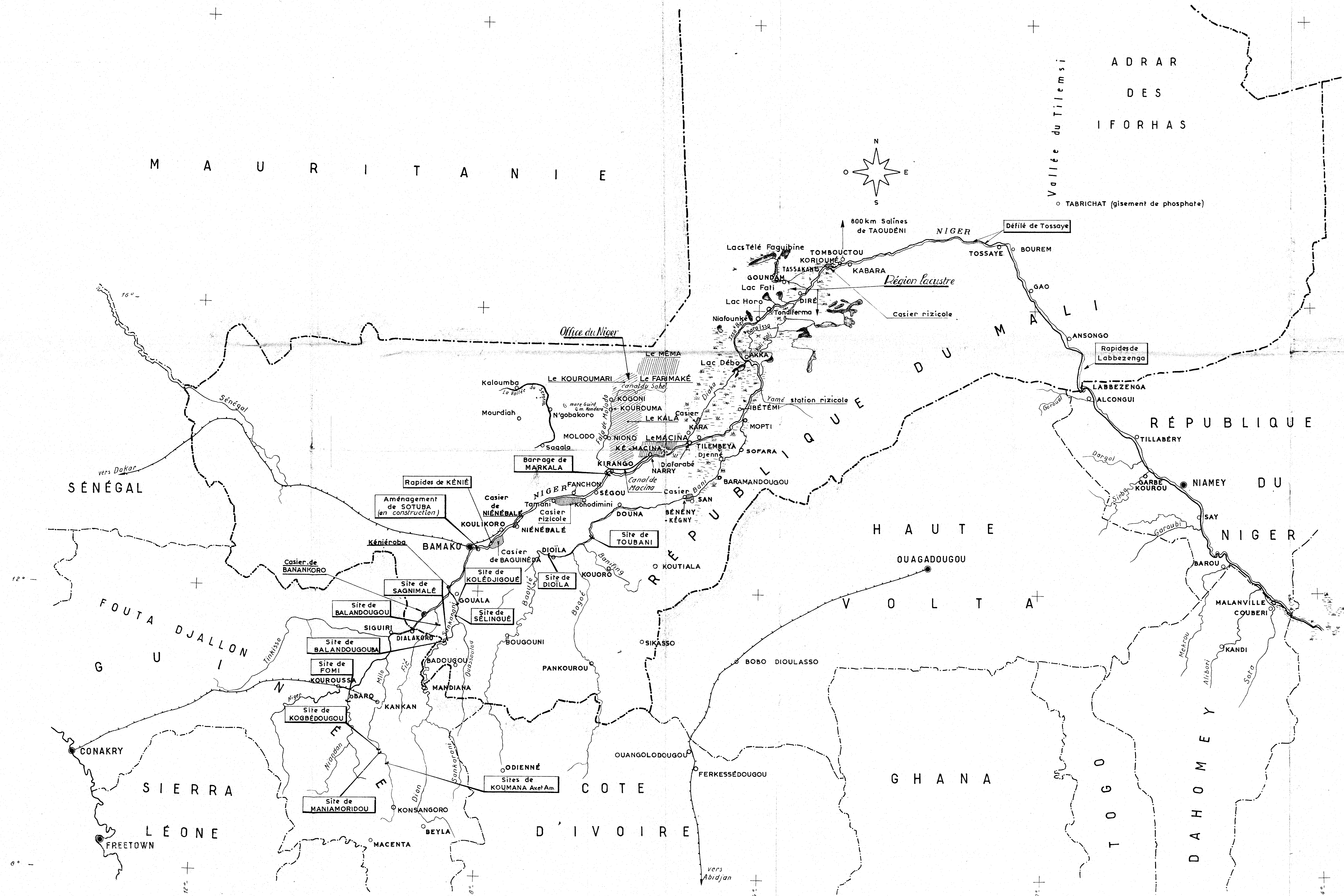
Des rapports plus précis, plus détaillés sont à
notre disposition pour la synthèse demandée.

- (X-8) Note sur les possibilités d'améliora-
tion des conditions d'exploitation des
terres de l'Office au moyen d'un barra-
ge-réservoir.

Service de l'Hydraulique - Dakar

8/2/1957

Ce document a été incorporé au dossier X-9
dont il constitue un élément complémentaire.
Le dossier X-9 est analysé sous le n° 9.



Rapides de KÉNIÉ Possibilité de barrage réservoir ou d'aménagement hydroélectrique

Aménagement hydro-agricole

ANNEXE I

RÉPUBLIQUE DU MALI

RAPPORT DE SYNTHÈSE
POUR
UN DÉVELOPEMENT INTÉGRÉ DU NIGER

LA GÉOGRAPHIE
DU TERRITOIRE

ÉCHELLE : 1/3.000.000

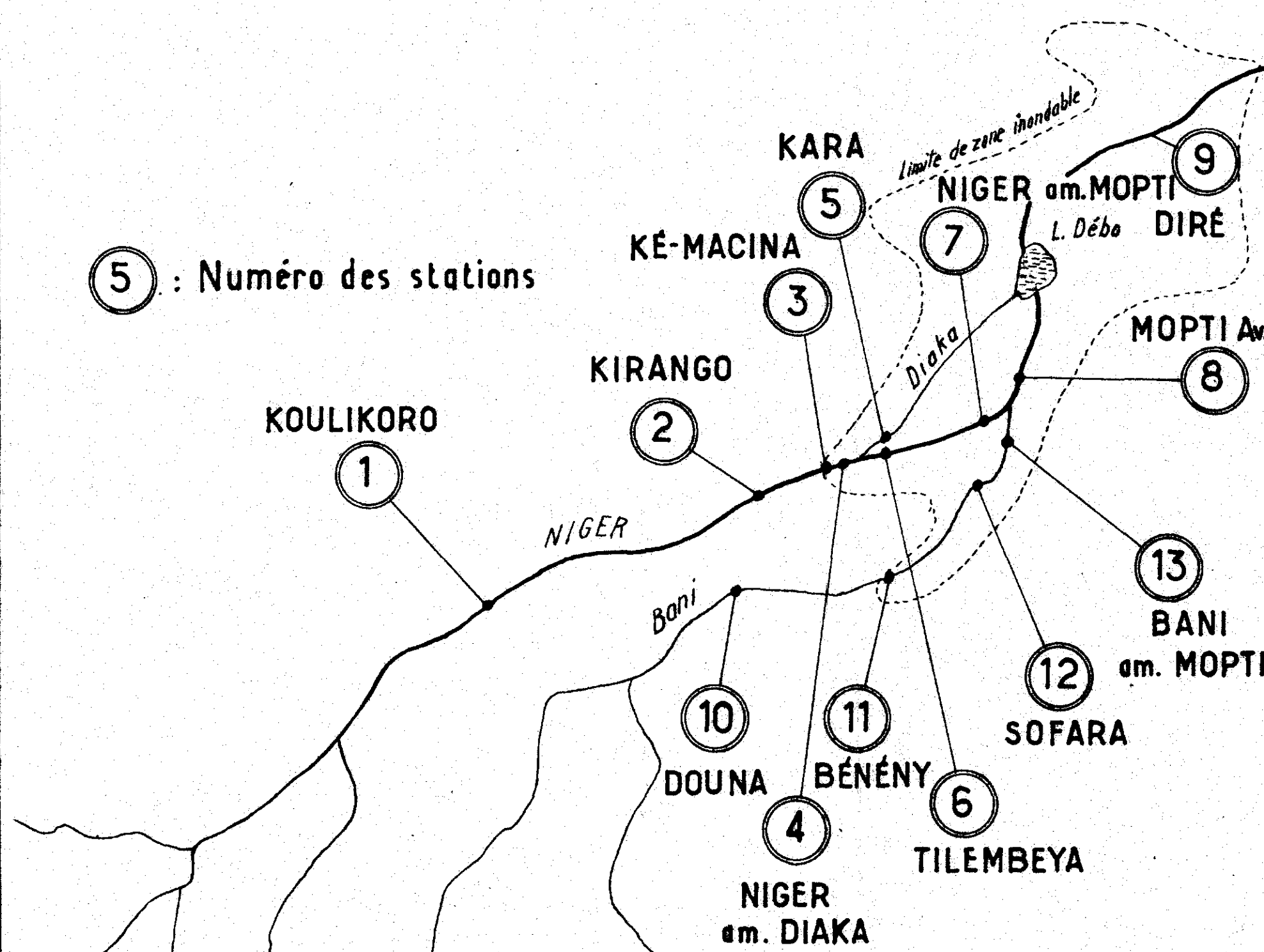
ÉLECTRICITÉ DE FRANCE Inspection Générale pour la Coopération hors Métropole

DESSINÉ par: BONCORPS M. DATE: JANV. 1965 MAL. 50.001. P.6.1

BASSIN DU NIGER DE KOULIKORO A DIRE

La distribution des volumes écoulés
au cours d'une année hydrologique

⑤ : Numéro des stations



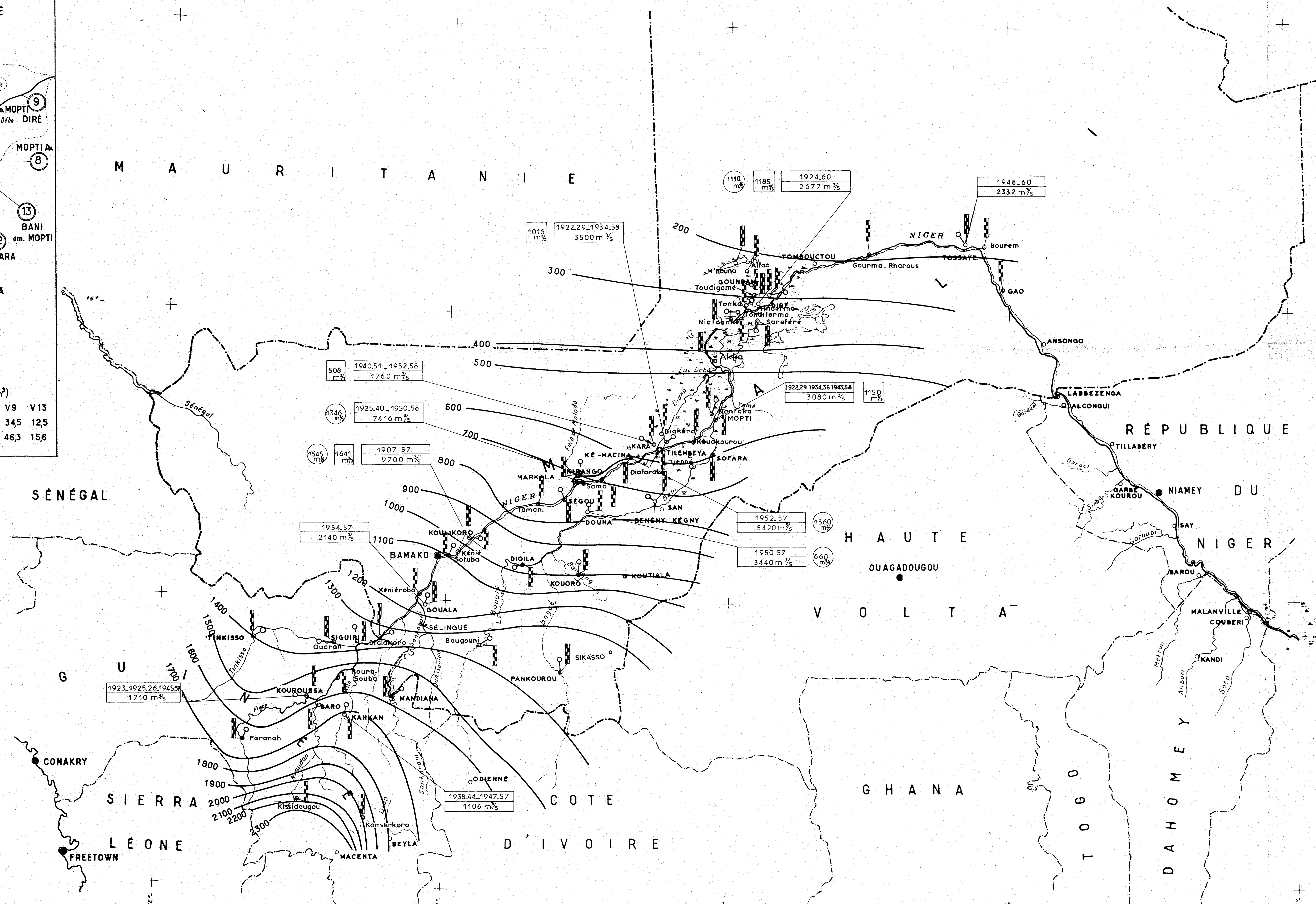
VOLUMES ANNUELS ÉCOULÉS ($10^3 m^3$)

V1 V3 V4 V5 V6 V7 V8 V9 V13

année faible 1956/57 : 427 391 39.8 13 26.8 20.7 33.2 34.5 12.5

année forte 1957/58 : 66.2 56.7 56.4 18.5 37.9 27.9 43.5 46.3 15.6

V4 = V5 + V6 — V8 = V7 + V13



LÉGENDE

Stations limnimétriques

Stations de jaugeages

Isohyètes moyennes annuelles

Module calculé sur
la période 1907-1957

Module calculé sur
la période 1922-1957

Débit maximal observé
pendant la période...

Nota :

Pour caractériser le régime du fleuve aux principales stations de son réseau d'équipement hydrologique, il a paru plus logique de retenir le module calculé sur une longue période de référence, plutôt que le module observé au cours de périodes très diverses dans leur durée et dans le temps.

ANNEXE II

RÉPUBLIQUE DU MALI

RAPPORT DE SYNTHÈSE
POUR
UN DÉVELOPEMENT INTÉGRÉ DU NIGER

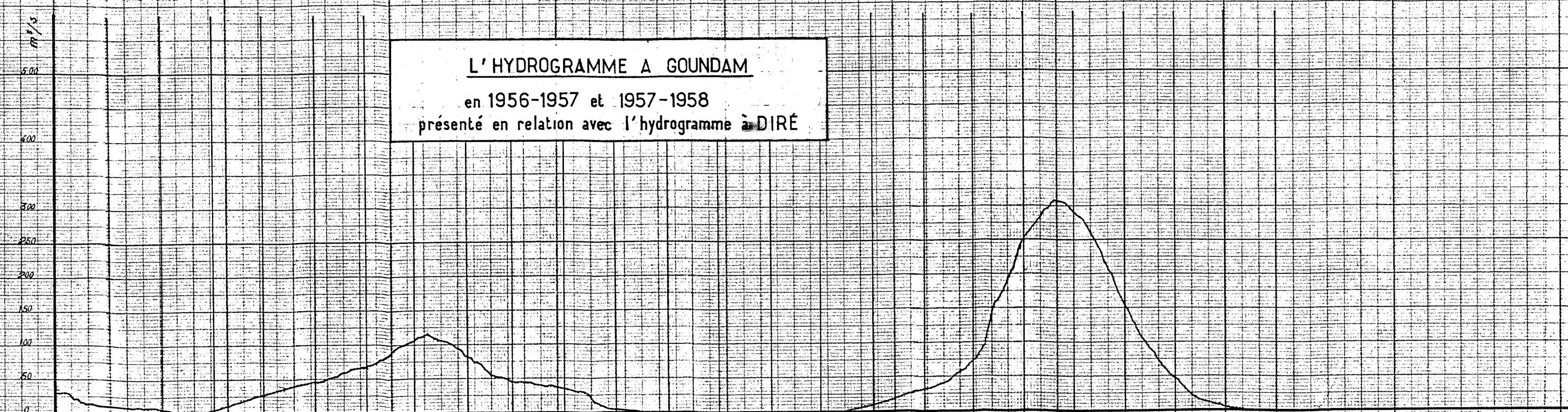
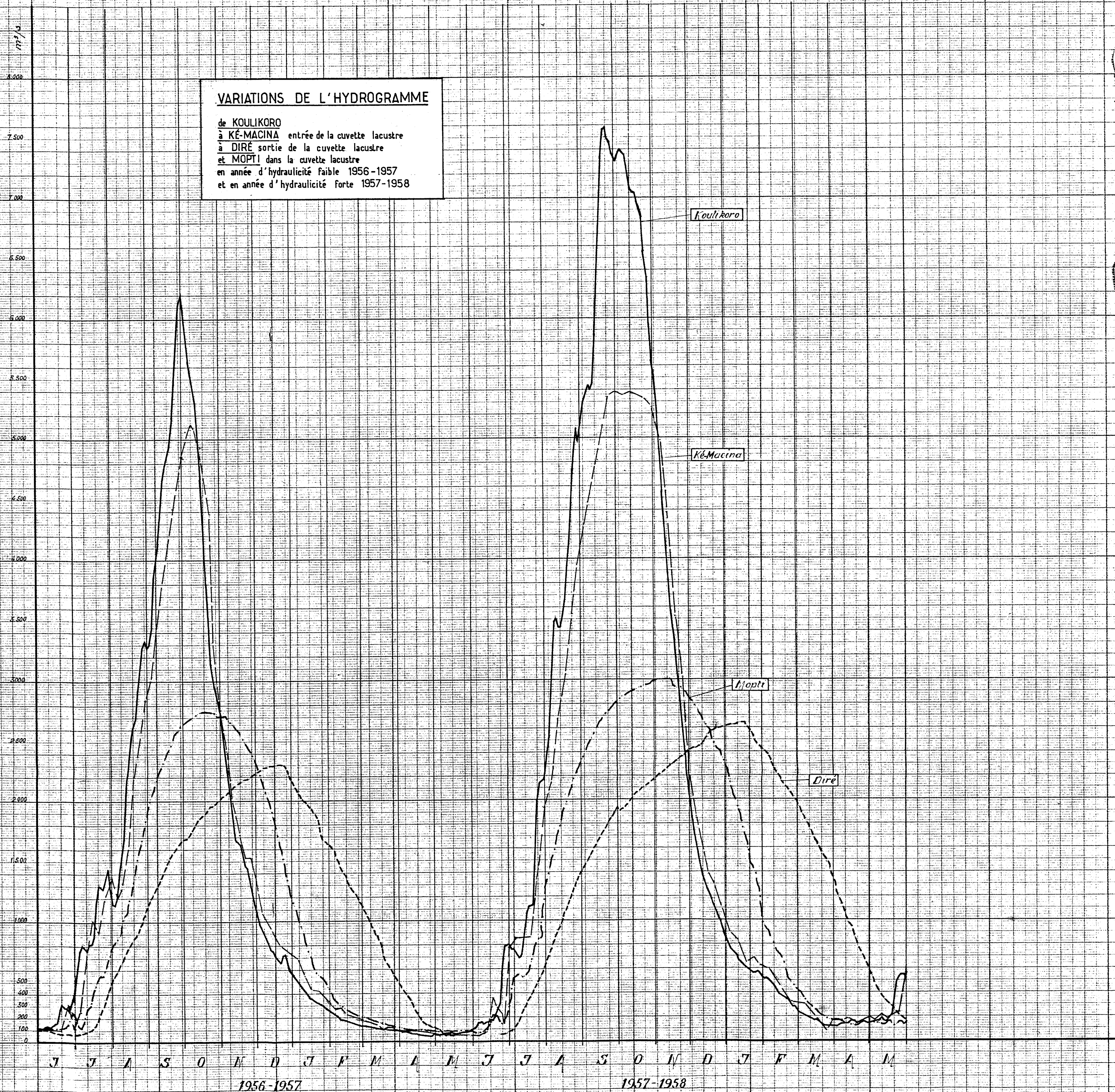
CARTE HYDROLOGIQUE
DU BASSIN DU NIGER

ÉCHELLE : 1/3.000.000

ÉLECTRICITÉ DE FRANCE, Inspection Générale pour la Coopération hors Métropole

DESSINÉ par : BONCORPS M. DATE : JANV. 65

MAL. 50.002, P.1

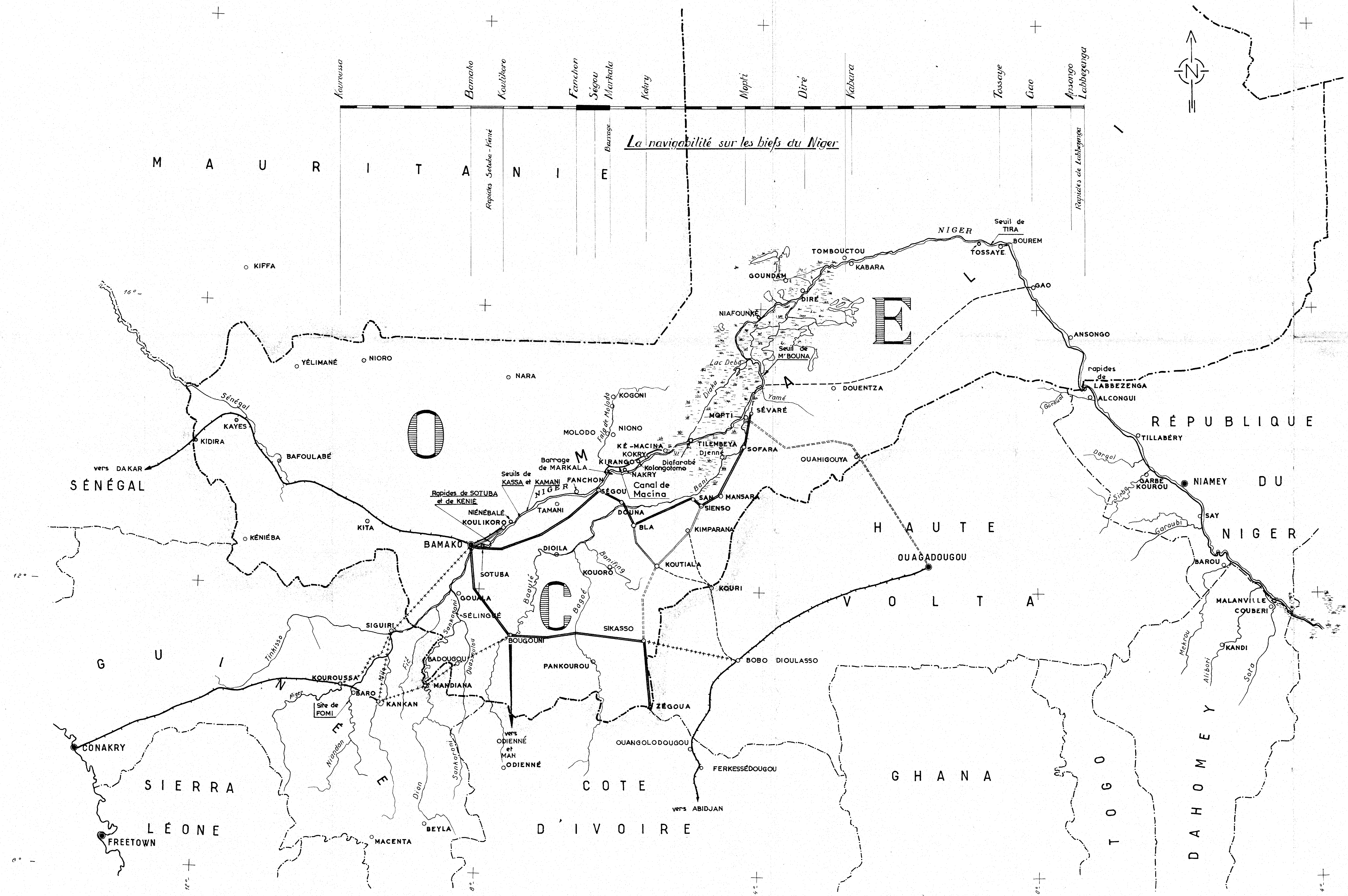


ANNEXE III

RÉPUBLIQUE DU MALI

RAPPORT DE SYNTHÈSE
POUR
UN DÉVELOPPEMENT INTÉGRÉ DU NIGER

VARIATIONS DE L'HYDROGRAMME
DU NIGER
DE KOULIKORO A MOPTI



LÉGENDE

ROUTES

- Route bitumée à grand trafic
- Route bitumée à trafic moyen
- Section dont l'aménagement et le bitumage sont prévus au plan
- Section prévue en deuxième urgence
- Axes routiers possibles

CHEMIN DE FER

VOIES FLUVIALES

- Non navigable
- Navigable en hautes eaux
- Navigable toute l'année

DESSERTES NATURELLES

Ouest
Centrale
Est

BAMAKO KITA KAYES NIORO	SÉNÉGAL via Dakar-Niger
SEGOU MOPTI KOUTIALA BAMAKO SIKASSO BOUGOUNI	CÔTE D'IVOIRE via routes et Abidjan-Niger
GOUNDAM TOMBOUCTOU GAO	CÔTE D'IVOIRE via routes par MOPTI NIGER via le fleuve

ANNEXE IV

RÉPUBLIQUE DU MALI

RAPPORT DE SYNTHÈSE
POUR
UN DÉVELOPEMENT INTÉGRÉ DU NIGER

LES VOIES DE COMMUNICATION
AU MALI

ECHELLE : 1/3 000 000

ÉLECTRICITÉ DE FRANCE, Inspection Générale pour la Coopération hors Métropole