

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER
47, bld des Invalides
PARIS VII°

COTE DE CLASSEMENT n° 3190

PEDOLOGIE

PROJET D'AMENAGEMENT DU LAC RKIZ

par

J. MAYMARD et J. BERNARD

PROJET D'AMENAGEMENT DU LAC R'KIZ

CHAPITRE I : LE MILIEU NATUREL

- Topographie interne
- Les marigets d'alimentation
- Régime hydraulique du lac
- Les eaux du lac
- Les sédiments et les sols
- La végétation naturelle

CHAPITRE II : LE MILIEU AGRICOLE

- Caractères généraux de l'agriculture
- Instabilité de la production
- Données culturales
- Fertilité des sols
- Vocation culturale

CHAPITRE III : SYSTEME D'AMENAGEMENT PROPOSE

- Principe
- Fonctionnement
- Intérêt

CHAPITRE IV : CARACTERISTIQUES DE L'AMENAGEMENT

- Courbes $V(z)$ $S(z)$
- Précisions sur les débits
- Probabilité du remplissage
- Détails d'exploitation
- Caractéristiques des ouvrages à réaliser

CHAPITRE V : RENTABILITE & INTERET ECONOMIQUE

TABLE DES GRAPHIQUES

- 1 - Limnigramme Lac R'Kiz
- 2 - Relation entre les cultures et le régime hydraulique
- 3 - Lac R'Kiz : courbes $S(z)$ et $V(z)$
- 4 - Débit global des marigots Laouvaja et Sokam
- 5 - Exemple d'évolution du plan d'eau du lac pour un cycle de 3 années de culture (1952-1954)
- 6 - Schéma des marigots du R'Kiz et des ouvrages prévus
- 7 - Ouvrage d'alimentation du lac R'Kiz

CHAPITRE I

LE MILIEU NATUREL

Le lac R'KIZ occupe à une trentaine de kilomètres au nord du Sénégal et à 110 km à l'Est de la côte atlantique une vaste dépression large et peu profonde, enserrée entre deux lignes de dunes. C'est une pièce d'eau à grande étendue saisonnière allongée en direction Sud-Ouest Nord-Est sur une longueur de 30 km. Sa largeur moyenne est de 5 km. Sa superficie à la cote 0 (1) est de 115 km². Son niveau peut atteindre la cote +3,5 et sa superficie est alors de 200 km².

Le lac s'alimente aux crues du Sénégal auquel il est relié par de petits marigots s'insinuant entre les dunes.

TOPOGRAPHIE INTERNE - Au vu des profils bathymétriques les traits généraux de sa topographie paraissent simples :
- la cuvette a un fond pratiquement plat à une cote moyenne de - 2 m, la profondeur allant en décroissant de son extrémité Nord-Est (- 2,5 m) à son extrémité Sud-Ouest (-1,5 m).

Au Sud-Est, la rive est au contact de la dune et le bord de la cuvette se relève rapidement, au Nord-Ouest la pente est beaucoup plus faible.

LES MARIGOTS D'ALIMENTATION - Quatre marigots s'allongent dans les espaces interdunaires compris entre le Sénégal et le lac R'Kiz. Ce sont en allant de l'Est à l'Ouest :

(1) Toutes les cotes sont rapportées au nivellement I.G.N.

Marigot Laouvaja, qui prolonge le Gadaillo dont l'embouchure est à Gani.

Marigot Sokam dont l'embouchure en face de la ronneraie de Goumel est à 4kilomètres en amont de Dagana.

Marigot Sekeirim qui se sépare du Sokam à Fass pour suivre un cours parallèle 2,5 km plus à l'Ouest.

Marigot Gnonker défluent du Garak.

Le Laouvaja et le Sokam jouent un rôle prépondérant dans les échanges d'eau entre le Sénégal et le lac R'Kiz.

Le Laouvaja est barré de nombreux seuils dont les principaux sont les suivants :

P.K. à partir de Gani	:	Côte du Seuil (/O I.G.H.)
7	:	+ 0,34
9	:	+ 1,04
10	:	+ 1,18
13 - 15	:	+ 0,86
20	:	+ 0,72
30	:	+ 0,28
34	:	+ 0,02
37	:	+ 0,18
	:	

Le Sokam a un profil plus régulier + ses deux seuils principaux ont la situation suivante :

P. K.	Côte du Seuil
21 - 22	+ 0,20
32	+ 0,10

Le Laouvaja peut déborder le premier en raison de sa prise plus à l'amont. Le Gnonker ne joue pratiquement aucun rôle dans l'alimentation du lac car les eaux du fleuve atteignent son cours supérieur beaucoup plus tardivement et à une cote insuffisante pour la moyenne des crues.

RÉGIME HYDRAULIQUE DU LAC -

Les eaux du lac commencent à monter à une date comprise entre le 15 Juillet et le 15 Septembre. La rapidité du remplissage dépend évidemment des caractéristiques de la crue. Par crue forte l'alimentation se fait par les interdunes qui présentent alors une importante section mouillée, par crue faible seuls fonctionnent des chenaux sinueux, peu profonds encombrés d'herbes flottantes.

Comparons les dates des maxima de la crue à Dagana et au lac R'Kiz :

ANNÉE	SENEGAL à DAGANA		LAC R'KIZ	
	Côte max.	Date	Côte max.:	Date
1950	4,33	15 Oct.	3,64	27 Nov.
1951	3,43	24 Nov.	1,70	1er Jan.:
1952	3,31	9 Nov.	0,97	10 Déc.
1953	2,87	15 Oct.	0,20	15 Nov.
1954	3,82	12 Oct.	1,80	1er Déc.
1955	3,83	2 Nov.	1,30	6. Déc.

Le décalage important des maxima est dû à la grande capacité du lac, eu égard au faible débit des marigots.

Les jaugeages effectués par U.H.E.A. sur les marigots Laouvaja et Sokam ont donné les chiffres suivants :

Sokam à Fass : le 27 Sept. 1951 : 12,34 m³/s
 le 24 Nov. 1951 : 22,3 m³/s
 Laouvaja à Gani: le 27 Nov. 1951 : 25,4 m³/s

Les débits moyens, calculés à partir des courbes de remplissage pendant la période la plus régulière de l'alimentation peuvent être très variables d'une année à l'autre suivant la crue et le niveau de l'eau dans le lac :

ANNÉE	Dates extrêmes de la période considérée	Q moyen
1950	15 Octobre - 15 Novembre	170 m ³ /s
1951	15 Novembre - 15 Décembre	31 -
1952	15 Octobre - 15 Novembre	16 -
1954	15 Octobre - 15 Novembre	39 - -
1955	15 Octobre - 15 Novembre	46 -

On ne possède pas de données précises sur les précipitations dans la région du lac R'Kiz et on est obligé de les estimer d'après les moyennes des stations voisines :

STATION	PRÉCIPITATIONS		RÉPARTITIONS des PRÉCIPITATIONS			
	Hauteur	Durée	Juil.	Août	Sept.	Oct.
ROSSO	289m/m	22 jrs	36m/m	160	74	19
MÉDERDRA	221	19	28	121	55	17
BOUILLIHT	168	17	35	72	50	11

La station de Méderdra étant la plus proche, on peut admettre qu'au R'Kiz les précipitations atteignent au moins 200 m/m. L'apport d'eau au lac est cependant très restreint, la configuration des terrains et la nature des sédiments ne permettant pas des apports importants d'eau de ruissellement.

L'eau atteint généralement sa cote maximum entre le 15 Novembre et le 1er Janvier. Le Sénégal reprenant rapidement son niveau d'écoulement, le courant s'inverse dans les marigots, et le Laouvaja et le Sokam restituent au Sénégal une partie des eaux qu'ils avaient acheminées jusqu'au R'Kiz.

Dès que le niveau du lac atteint la cote 0,20 ses eaux sont isolées du Sénégal et le seul jeu de l'évaporation et des infiltrations assurera une baisse régulière du niveau jusqu'au début de la crue suivante.

Les tranches d'eau mensuelles perdues par évaporation sont les suivantes :

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	O	N	D
15	17	21	24	27	22	22	22	21	15	15	15	15cm

On voit l'importance considérable jouée par l'évaporation pour un lac situé dans le secteur sahélo - saharien.

A ce schéma simple du régime hydraulique se superposent les modifications apportées par la succession des crues et les nombreuses combinaisons pouvant exister entre les différents types de crue dans une période donnée. Entre 1950 et 1954, le niveau du lac est descendu en escalier par suite de l'action devenant plus prépondérante chaque année de l'évaporation sur l'alimentation. Pendant ces quatre années, le niveau maximum est passé de la cote + 3,64 à la cote +0,20. Il peut arriver qu'après plusieurs faibles crues successives le R'Kiz soit complètement à sec juste avant son remplissage.

LES EAUX DU LAC

En raison de la faible profondeur et de l'abondante végétation qui se développe sur les terres libérées, les eaux du lac sont très chargées et putrides. Le tableau ci-dessous donne quelques résultats analytiques :

ANALYSES D'EAUX

	Sénégal à Dagana 8 Octobre 1953	Lac R'Kiz 8 Octobre 1953	Lac R'Kiz 15 Juil. 1954
Elements en suspension :	26 mg/l.	513 mg/l.	295 mg/l.
Elements solubles :	154 mg/l.	203 mg/l.	390 mg/l.
Matières organiques (oxydation en milieu acide) :	6,3 mg/l.	3,2 mg/l.	
CO ₂ H ₂ meq par litre :	0	2,4	6,8
ClH meq. par litre :	0	0,36	2,52
SO ₄ H ₂ meq. par litre :	0	0	0

Elles semblent assez peu favorables à la vie des poissons cependant quelques pêcheurs ouoloffs de Dagana viennent pour une courte saison de pêche en juillet, Août, s'installer au débouché du Laouvaja.

Les eaux de la nappe phréatique exploitée par de nombreux puits peu profonds se décantent parfaitement et sont d'excellente qualité.

LES SEDIEMENTS ET LES SOLS - Le modelé de la région est un modelé d'accumulation, la couverture sédimentaire revêtant trois aspects principaux : sables éoliens, disposés soit en dunes puissantes, soit en manteau peu épais, formations détritiques grossières de nappes d'épandanges semi arides, dépôts lagunaires et lacustres.

Les sols présentent un aspect varié, des profils complexes, une évolution pédologique peu marquée. Ils doivent leurs principaux caractères au fait qu'ils proviennent du dépôt ou du remaniement récent de matériaux formés à une époque beaucoup plus ancienne. Les variations de texture et de structure, la présence de tel ou tel élément chimique s'expliquent d'abord par la nature du matériau originel.

LA VEGETATION NATURELLE - Elle s'organise en ceinture autour du lac. On y distingue :

- une prairie plus ou moins marécageuse fournissant un fourrage abondant à base d'hélophytes.
- une pelouse, formation herbacée continue et courte, excellent pâturage.
- une pseudosteppe à sous arbrisseaux, rarement inondable précédant la savane arbustive climacique.

CHAPITRE II

LE MILIEU AGRICOLE

CARACTERES GENERAUX DE L'AGRICULTURE - Le périmètre du lac R'Kiz constitue un milieu agricole très particulier. Son originalité réside dans deux traits essentiels :

1°) l'existence d'un type de culture mixte à la fois de décrue et de saison des pluies qui permet des cultures riches à fort rendement.

2°) L'instabilité de la production étroitement soumise aux conditions hydrauliques et qui accentue encore le caractère nomade des populations intéressées.

INSTABILITE DE LA PRODUCTION - Dans l'état actuel des choses les superficies emblavées sont très variables ; les années qui suivent les faibles crues sont les plus favorables à l'extension et à la réussite des cultures ; ceci tient à trois raisons essentielles :

1°) A la suite d'une forte crue, les terrains libérés comportent des vestiges d'une terrasse marine aux sols très médiocres, un peu salés et surtout très alcalins, inutilisables du point de vue agricole.

2°) La tranche d'eau évaporée est toujours à peu près la même. Si le niveau initial est élevé, la frange de terre utilisable est étroite, si le niveau est bas, de larges surfaces sont alors découvertes ; ceci tient à la conformation de la cuvette : bords relevés, fond presque plat.

3°) A la suite d'une forte crue, les populations nomades jugeant que les conditions seront défavorables estiment inutile de se déplacer, si bien qu'elles ne mettent même pas en culture les terres qui mériteraient de l'être.

Ainsi pendant ces dernières années qui ont fait l'objet d'observations assez précises, on a pu estimer les superficies cultivées en maïs à :

500 ha en 1953	(côte maxima des eaux en 1952 : 0,97 m
1.500 ha en 1954	(" " 1953 : 0,20 m
35 ha en 1956	(" " 1955 : 2,30 m

DONNÉES CULTURALES - A partir du mois de Janvier et au fur et à mesure du retrait des eaux, les terres inondées peuvent être mises en culture. Le défrichage est laborieux, car la végétation naturelle n'est pas détruite par la submersion de trop courte durée à ce niveau. A juste raison, les tentatives de cultures à cette époque sont rares : la faible capacité de rétention en eau du sol ne permet de mener à bien que les cultures peu exigeantes : citrouilles, niébés, arachides ; le maïs ne donne alors que des rendements dérisoires.

Il n'en est pas de même à partir du mois de Juin. Les terres soumises à une submersion plus longue sont à peu près dépourvues de végétation ; la préparation du sol est par conséquent inexistante et l'effort du cultivateur très réduit. Mais ce qui favorise le plus la culture du maïs, c'est que la jeune plante bénéficie alors d'un état hygrométrique qui tend à augmenter ; les quelques pluies de Juillet permettent un très beau développement végétatif tandis que l'absence des vents chauds et secs à cette saison assurent une fécondation complète. On peut compter sur un rendement minimum moyen de 12 quintaux à l'hectare, avec une augmentation très sensible lorsque les pluies sont bien réparties. Cette période favorable est interrompue par la remontée des eaux du lac, généralement fin Août. Les maïs semés dans la partie basse sont alors inondés, et une partie de la récolte est irrémédiablement perdue.

Les semences d'origine locale, constituent une population mélangée à rendement et à maturité variables. Il n'en reste pas moins que l'aspect général des cultures est fort beau. Les pieds atteignent facilement 2,50 à 3 mètres et portent souvent trois épis. Ce sont des variétés à cycle court : 60 à 90 jours qui peuvent même au dire des cultivateurs arriver à maturité en 45 jours dans les conditions les plus favorables. Les rendements sont cependant remarquables.

A ce schéma général, il faut ajouter le cas particulier et rare qu'entraîne une succession de crues très faibles. Seules les parties les plus basses du fond de la cuvette sont alors en eau. La nature plus argileuse du sol permet ici la culture précoce du sorgho de décrue telle qu'elle se pratique dans toute la vallée du Sénégal, tandis que le maïs n'est plus cultivé au début de ^{la} saison des pluies faute de terre.

FERTILITE DES SOLS - Dans la zone basse de la cuvette, le cultivateur ne semble pas attacher une grande importance au choix du terrain. Il est étonnant de le voir cultiver parfois du sable pur qui ne produit que deux fois la semence, d'autant plus que les terrains médiocres, constitués par quelques bancs de sable et de gravier, quelques amas naturels de coquillages, quelques affleurements rocheux de grès, sont très rares.

Pris dans leur ensemble, les sols sont en effet fertiles, plutôt légers, perméables et de bonne structure. Ils renferment des colloïdes en quantité suffisante mais non excessive. Leur réaction est neutre ou légèrement alcaline ; les argiles ont une haute capacité d'échange, l'état de saturation du complexe absorbant est satisfaisant, la teneur en calcium et

...
en potassium échangeables suffisante. Par contre le balancement des cations est un peu déséquilibré par l'excès de magnésium et ils sont carencés en acide phosphorique et en azote. La fertilité manifeste est surtout conditionnée par les propriétés physiques du milieu qui permet une circulation facile de l'air et de l'eau.

VOCATION AGRICOLE - Il semble que l'introduction de cultures nouvelles ait été tentée soit à l'instigation d'Européens, soit par l'initiative propre des Indigènes : riz, cotonnier, patate, haricot, manioc, pomme de terre, ramie, auraient donné de bons résultats, mais on ne possède aucun renseignements précis et il ne reste aucune trace de ces essais.

On peut donc penser que la vocation agricole du R'Kiz est le maïs. C'est d'ailleurs une plante vivrière précieuse pour une région qui ne possède par ailleurs que peu de ressources. En effet la pluviométrie très faible ne permet en terrain sec que la culture du béréf et autres citrouilles voisines dont l'intérêt alimentaire est plutôt faible. Et le maïs a d'autant plus de valeur qu'il ne peut être cultivé dans le Chémama voisin en raison de l'absence de "falo". Il trouve donc un débouché facile.

Du point de vue agricole, le périmètre du lac R'Kiz apparaît donc comme une région privilégiée, nettement sous-exploitée.

CHAPITRE III

SYSTEME D'AMENAGEMENT PROPOSE

PRINCIPE -- Il s'agit de tirer le parti maximum du type de culture existant et dans ce but, d'adapter au mieux les conditions hydrauliques aux besoins des plantes cultivées. L'idée de base consiste dans un premier temps à chercher une maîtrise du niveau maximum de la crue. On est donc naturellement conduit à concevoir un dispositif qui permet de se rendre maître du remplissage.

Il se trouve que les caractéristiques topographiques se prêtent particulièrement à la réalisation d'un tel système. En effet :

1°) il est facile de trouver dans les vallées dunaires qu'empruntent jusqu'au lac les défluvants du Sénégal des sites très propices à la construction de petits barrages.

2°) Le remplissage utile du lac est relativement aisé puisque les sols intéressants se trouvent au dessous du niveau des plus faibles crues.

3°) La vidange ne pose pas de problème, les pertes par évaporation se chargeant de libérer des superficies importantes.

Le dispositif fonctionnera donc :

- pour limiter le remplissage par crue forte ou moyenne forte
- pour retarder la montée des eaux dans le lac afin de permettre aux cultures de bénéficier au maximum de la période climatique qui leur est favorable.

~~FUNCTIONNELLEMENT THEORIQUE~~ ~~On réserve aux cultures de maïs~~
les étendues les plus propices qui se trouvent situées entre
les côtes - 0,40 et - 1,70.

Le jeu des vannes permet la première année de fonction-
nement, d'amener le plan d'eau à la côte + 0,56 le 15 Janvier.
Au fur et à mesure du retrait des eaux les cultures peu exi-
geantes : arachide, niébé, béréf sont possibles sur environ
3.200 hectares (1) ; à défaut de cultures ces surfaces cons-
tituent d'excellents pâturages. Au 1er Juin les eaux sont à
la côte - 0,40 ; les semis de maïs commencent et se pour-
suivent jusqu'au 1er Août lorsque le plan d'eau est à la
côte - 0,82, soit sur une superficie de 2.200 ha. La montée
des eaux à cette côte est retardée jusqu'au 15 Octobre afin
de permettre à tout le maïs semé d'arriver à maturité.

La deuxième année le plan d'eau est amené à la côte
+ 0,14 au 15 Janvier, - 0,82 au 1er Juin, - 1,24 au premier
Août découvrant des superficies nouvelles : 3.900 hectares
pour les cultures diverses et 2.400 ha pour le maïs.

La troisième année permet encore de poursuivre la ro-
tation. On a alors 4.700 hectares de divers et 2.800 ha de
maïs en maintenant le plan d'eau à la côte - 0,28 le 15
Janvier, - 1,24 le 1er Juin, - 1,66 le 1er Août. Le plan
d'eau est alors à la côte - 1,99 le 15 Octobre lorsque les
vannes s'ouvrent.

On réalise donc un assolement triennal où le maïs
vient en tête.

(1) - Superficies déduites de la courbe $S(z)$ graphique n° 3

COTES			
A N N E E S			
	1ère	2ème	3ème
+ 0,56		Jachère	
	cultures		Jachère
+ 0,14			
	diverses		
- 0,28		Cultures	
			Cultures
- 0,40			
	Maïs	diverses	
- 0,82			diverses
		Maïs	
- 1,24			
	Submersion		
- 1,56		Submersion	Maïs

INTERET - L'aménagement proposé présente de nombreux avantages :

1°) Il ne perturbe pas brutalement l'économie locale puisqu'il maintient le système traditionnel de culture.

2°) Il accroît les superficies cultivables de manière appréciable sans que toutefois se pose véritablement un problème de main d'oeuvre : on a vu que les populations intéressées étaient susceptibles de cultiver 1.500 ha du jour au lendemain ; on trouvera donc assez de bras pour en cultiver un peu plus de 2.000 régulièrement tous les ans.

3°) il assure la stabilité de la production avec tous les avantages qu'elle procure du point de vue social et technique.

4°) Il ~~augmente directement et de lui-même le rende-~~
~~ment unitaire~~ des cultures, en plaçant le cycle végétatif
dans la période climatique idéale ; mais il permet aussi
l'emploi aisé des fertilisants qui peuvent être simplement
épanchés en couverture dans ce type de culture mixte décrue-
pluie.

5°) Il empêche des efforts inutiles et démoralisants
~~en supprimant radicalement les pertes de récolte par inon-~~
dation prématurée.

6°) Il permet enfin de sauvegarder le potentiel de
production du sol en assurant obligatoirement la rotation
des cultures et le repos des terres.

CHAPITRE IV

CARACTERISTIQUE DE L'AMENAGEMENT

Il est nécessaire d'implanter un barrage en terre équipé d'un ouvrage d'alimentation sur chacun des marigots Laouvaja et Sokam, et d'établir une digue de fermeture sur le Gnonker. Etudions du point de vue hydraulique le système proposé afin d'en déduire les caractéristiques des différents ouvrages.

COURBES $V(z)$ et $S(z)$

Nous désignons par $V(z)$ et $S(z)$ les courbes donnant la variation de la capacité et de superficie du lac en fonction de la cote du plan d'eau.

Ces deux courbes ont été établies en menant les calculs de deux façons différentes :

- dans une première méthode, on a utilisé des profils en travers du lac établis par l'U.H.S.A., et on a obtenu une courbe pour la variation de la capacité et une autre pour celle de la superficie du lac. Désignons-les par $V_1(z)$ et $S_1(z)$.

- Par une deuxième méthode, en utilisant une carte du lac où figuraient les courbes de niveau comprises entre les cotes IGN - 0,40 et + 5, on a tracé les portions des courbes $V(z)$ et $S(z)$ correspondant à la variation du plan d'eau dans le même intervalle. Soient $V_2(z)$ et $S_2(z)$.

A partir de $S_1(z)$ et de $S_2(z)$ on a tracé la courbe définitive $S(z)$ donnant la variation de la superficie du lac.

A l'aide de $V_1(z)$ et de $V_2(z)$ et en se contrôlant avec la primitive de $S(z)$, on a obtenu la courbe $V(z)$ traduisant l'évolution de la capacité du lac pour les différentes cotes du plan d'eau.

Ces deux courbes sont reproduites sur le graphique n° 3
Nous voyons que les valeurs aux cotes caractéristiques sont
les suivantes :

Côte IGN du plan d'eau	Capacité	Superficie
- 1	62 x 10 ⁶ m ³	65 km ²
0	154	115
+ 1	280	146
+ 2	440	172
+ 3	620	190

En 1950, année de forte crue, le lac R'Kiz a atteint
une superficie de 200 km² et le volume d'eau retenu dans sa
cuvette était alors de 790 millions de mètres cubes. En
1953, année inférieure à la moyenne, les valeurs correspon-
dantes étaient de 120 km² et de 130 millions de mètres cubes.

PRÉCISIONS SUR LES DÉBITS - Le remplissage du lac à la cote
désirée doit pouvoir s'effectuer normalement chaque année
au moment de la crue du Sénégal. Les vannes, qui équipent
les barrages implantés sur les marigots Laouvaja et Sokam
sont ouvertes au 15 Octobre et le flot fertilisant se déver-
se vers le R'Kiz. Son débit est fonction des hauteurs du
Sénégal et du lac au moment de l'ouverture.

Afin de connaître la variation du débit déversé dans
le lac en fonction des cotes aux deux extrémités des mari-
gots d'alimentation, les hypothèses suivantes ont été faites:

Les marigots Laouvaja et Sokam sont dragués à la côte
IGN = 0,30

- leur fond horizontal a une largeur de 20 mètres
- leur longueur moyenne est de 42 kilomètres.

Les deux marigots d'alimentation sont alors assimilables à un canal prismatique, à fond horizontal à la côte = 0,30 de 40 mètres de largeur au plafond et de 42 km de longueur. Le coefficient de Manning pour les conditions naturelles est de 0,035.

CARACTERISTIQUES : pente $i = 0$
longueur $l = 42.000$ m
largeur $L = 40$ m
Coefficient de Manning : $n = 0,035$.

La largeur du canal étant grande devant la profondeur, le rayon hydraulique R est égal à la profondeur d'eau.

EXPRESSION DU DEBIT : L'expression différentielle de la ligne d'eau est :

$$\frac{dh}{ds} = i - j \quad \text{avec } i : \text{ pente du fond}$$
$$j = \frac{Q^2 L}{g S^3} \quad j : \text{ perte de charge unitaire}$$

h : profondeur au point d'abscisse s
 L : largeur superficielle
 S : section mouillée
 Q : débit

Cette expression devient : $\frac{ds}{dh} = \frac{1}{bg} - \frac{h^3}{bq^2}$

avec $q = \frac{Q}{L}$ débit par unité de largeur

et $j = \frac{V^2}{c^2 R} = \frac{bV^2}{R} \quad bc^2 = 1$

Le coefficient b étant relié au coefficient de Chézy C par $C^2 = 1$, on peut connaître la valeur de b à partir de celle du coefficient n de Manning :

$$n = 0,035 \quad b = 77 \times 10^{-5}$$

on arrive à : $q^2 = \frac{g (h_1^4 - h_0^4)}{4 (lbg + h_0 - h_1)}$ h_0 : profondeur au lac
 h_1 : profondeur au Sénégal

Le terme $h_0 - h_1$ est négligeable devant lbg :

$$q^2 = \frac{h_1^4 - h_0^4}{4 lb} \quad \text{ou} \quad Q^2 = \frac{(h_1^4 - h_0^4)}{4 lb} L^2$$

avec les caractéristiques définies ci-dessus :

$$Q = 3,5 \sqrt{h_1^4 - h_0^4} \quad Q \text{ en m}^3/\text{s}$$

avec h_0 et h_1 en mètres

On peut connaître à chaque instant le débit d'alimentation du lac en fonction de la cote du Sénégal et de celle du lac. On a tracé sur le graphique n° 4 une abaque donnant le débit global des marigots Laouvaja et Sokam en fonction de la cote du R'Kiz et de la dénivelée Sénégal - R'Kiz.

Pour les crues de 1952, 1953 et 1954, qui forment un éventail assez large dans les fréquences des crues, les débits maximum et moyen de remplissage auraient été les suivants :

ANNEE	Hauteur crue à Dagana	Féquence de la crue	débit max. de remplissage	débit moyen de remplissage
1953	2,85 m	70 %	40 m ³ /s	25 m ³ /s
1952	3,30	45 %	42	36
1954	3,80	20 %	58	43

On voit que d'une année à l'autre le débit maximum de remplissage ne varie pas de plus de 30 %, ce qui permet de prévoir que, presque toutes les années, les ouvrages seront utilisés au mieux de leurs possibilités pour le remplissage du lac.

On peut fixer le débit d'équipement pour les buses des barrages sur le Laouvaja et le Sokam à 60 m³/s pour l'ensemble des deux ouvrages.

PROBABILITE DU REMPLISSAGE

On a vu que les conditions agronomiques qui imposent le fonctionnement de l'aménagement, se traduisent par la nécessité d'obtenir au 1^{er} Juin, date du début de la mise en culture des terres découvertes par la baisse des eaux, des cotes bien déterminées pour le plan d'eau. Ce sont pour les trois années successives de culture :

Cote plan d'eau au	
1er Juin	
1ère année	- 0,40 I.G.N.
2ème année	- 0,80
3ème année	- 1,25

Hypothèse d'une crue faible et précoce :

On en déduit que les conditions défavorables pour le remplissage pourraient se produire à la fin de la troisième année, où le 15 Octobre, date du début du remplissage, le lac se trouve à la côte - 1,70. Nous allons voir comment s'effectuerait le remplissage cette année là, si, conditions les plus défavorables qui puissent arriver, la crue est à la fois faible et précoce.

La probabilité d'une crue précoce, c'est-à-dire telle que son maximum ait lieu à Dagana avant le 1er Octobre, est de 10 %. Etudions le remplissage du lac dans le cas de la crue de 1944, qui fut à la fois très faible et précoce (probabilité 4 %).

Cette année là au 15 Octobre, le Sénégal est déjà revenu à la côte 1,83 et la période du remplissage pendant laquelle le débit sera de l'ordre de 15 m³/s durera relativement peu, si bien que le volume emmagasiné ne pourra pas compenser pleinement les pertes par évaporation, qui correspondent à une tranche d'eau de 1,40 m entre le 15 Octobre et le 1er Juin. Le lac sera au 1er Juin au voisinage de la côte - 2 et l'on pourra encore mettre en culture les terres les plus basses.

On voit que dans les conditions les plus défavorables pour l'exploitation du système envisagé, c'est-à-dire pour une crue dont la faiblesse et la précocité ne se reproduisent qu'une fois tous les 25 ans et qui aurait lieu à la fin de la 3ème année de culture, au moment où le lac est le plus bas, le potentiel agricole de la cuvette du lac ne serait pourtant pas annulé et l'on pourrait cultiver du maïs dans le fond de la cuvette, ce qui, pour la même année, n'exclue pas des cultures de mil de décrue.

Evolution des zones cultivables pour la période 1952 - 1954

Considérons maintenant une succession de 3 années et comparons l'évolution du niveau de l'eau dans le lac à la variation théorique imposée par les cycles de cultures. Prenons, par exemple, les années 1952, 1953 et 1954, qui, comme nous l'avons déjà dit, ont l'avantage de former un éventail suffisamment large dans les fréquences des crues. Pour nous placer dans les conditions les plus défavorables, nous allons supposer qu'au 15 Octobre de la première année considérée, le lac se trouve à la côte la plus basse, soit - 1,70. On peut étudier le remplissage par tranches de 8 à 10 jours. Nous avons fait figurer ci-après le tableau correspondant à l'année 1952 :

Désignons par

- : Z1 la côte du Sénégal
- : Z0 la cote du lac
- : Q le débit de remplissage
- : C le cube écoulé pendant l'inter-
- : valle de temps considéré
- : S la superficie du lac
- : E la tranche d'eau perdue par
- : évaporation
- : dZ l'accroissement de la cote du
- lac

On obtient les valeurs suivantes :

Date	Z1 (m)	Zo (m)	Q (m ³ /s)	C (10 ⁶ m ³)	S (km ²)	dZ+E (cm)	E (cm)	dZ (cm)
15 Oct.	2,94	- 1,66	36	25	24	70	4	66
23	3,10	- 1,0	42	29	65	39	4	35
31	3,22	- 0,65	43	37	85	40	5	35
10 Nov.	3,30	- 0,30	42	36	102	33	5	28
20	3,12	- 0,02	35	30	112	26	5	21
30	2,60	+ 0,19	17	15	119	12	5	7
10 Déc.	1,20	+ 0,26	3,5	3	122	2	5	- 3
20	0,54	+ 0,24	1,8	4,1	120	4	12	- 8
15 Janv.	0,40	+ 0,15	1,2	1,6	117	1	7	- 6
31	0,40	+ 0,09	1,2	3	115	3	17	-14
1 Mars	0,40	- 0,05	1,2	3,2	110	3	21	-18
1 Avr.	0,30	- 0,23	1,2	3,2	104	3	24	-21
1 Mai	0,30	- 0,44	1,3	3,4	94	4	27	-23
1 Juin	0,30	- 0,67	1,3					

Il est à remarquer qu'au début du remplissage, lorsque le lac est à une cote inférieure à -0,30, l'extrémité des marigots constitue une section de contrôle et le débit de remplissage correspond alors à une cote de l'eau à la sortie des marigots de + 0,20 (calcul de la profondeur critique).

On a fait le même calcul pour les années 1953 et 1954. On a reporté ces résultats sur le graphique n° 5 où sont figuré la courbe de variation du plan d'eau calculée pour la succession des 3 années 1952, 1953 et 1954 et les éléments de la courbe théorique d'exploitation pour la période 1er Janvier-15 Octobre de chaque année.

Nous nous sommes placés volontairement dans les conditions défavorables et l'on voit que pour les années 1952 et 1953, les zones cultivées n'auraient subi qu'un décalage de la cote d'une vingtaine de centimètres vers le bas, ce qui est négligeable et cela n'aurait pas entraîné une diminution des surfaces mises en culture.

En 1954, deux solutions auraient été possibles

- a) - arrêter le remplissage de façon à suivre l'évolution théorique
- b) - laisser rentrer le maximum d'eau et cultiver à partir du 1er Juin suivant à la cote - 0,40.

En conclusion, cette étude sur une période de 3 ans montre que le système envisagé présente une bonne sécurité jointe à une souplesse suffisante pour pouvoir changer les zones cultivées d'une année à l'autre.

Un facteur supplémentaire joue encore en faveur de la sécurité. L'alimentation du Laouvaja se fait principalement par le marigot KOUNDI qui reçoit son eau du Sénégal beaucoup plus en amont. Il est donc probable que les débits de début de remplissage seront plus soutenus que ceux calculés ci-dessus, car on a tenu compte d'une cote pour le Sénégal moyenne entre celles à l'embouchure du Sokam et du Gadaillo (Laouvaja).

DETAILS D'EXPLOITATION

Rôle du débit d'étiage - Entre le 14 Janvier et le 1er Juin, le Sénégal se trouve à une cote moyenne voisine de + 0,40. Pendant la même période, le lac se trouve le plus souvent à une cote suffisamment basse pour qu'un écoulement puisse avoir lieu entre le Sénégal et le R'Kiz. Ce débit permettra de ramener la tranche d'eau perdue par évaporation au cours de cette période, à un maximum de 80 centimètres.

Exploitation au début de la crue - Le Sénégal a déjà amorcé sa montée le 15 Août, alors qu'il faut attendre la fin de la récolte pour laisser entrer l'eau dans le lac. On peut cependant profiter de cette période pour maintenir le niveau dans le lac à la côte inférieure des cultures. Il suffira d'aménager un chenal de peu d'importance entre le débouché d'un des marigots et la zone la plus voisine de la cuvette qui soit à une côte inférieure à - 1,70 pour permettre l'alimentation pendant cette période.

CARACTERISTIQUES DES OUVRAGES A REALISER

Nous allons préciser les caractéristiques des barrages - prévus sur le Laouvaja et le Sokam et de la digue de fermeture du Gnonker et définir les dimensions des ouvrages d'alimentation. L'enplacement de ces trois ouvrages a été schématisé sur le graphique n° 6.

Barrages et digue

a) - SITE - Les barrages seront implantés sur le Sokam et le Laouvaja dans le site le plus favorable où les dunes des deux rives sont les plus rapprochées. Entre deux sites également économiques, il sera préférable de choisir celui

le plus proche du lac, car la facilité de remplissage s'en trouvera accrue. La digue de fermeture du Gnonker sera établie dans le site demandant le moins de terrassement.

b) - LARGEUR EN CRETE - Pour faciliter les conditions d'exploitation et profiter de ces réalisations pour améliorer les communications entre les rives des marigots, il faut prévoir une largeur en crête suffisante pour le passage des véhicules. Une largeur en crête de 5 mètres semble bien convenir et mettre à l'abri des aléas causés par le ravinement.

c) - COTE DE LA CRETE - La cote maximum connue du Sénégal a été de 4,70 à l'embouchure des marigots Sokam et Laouvaja. On disposera d'une revanche suffisante, en fixant la crête des barrages à la cote 5,50.

d) - PROFIL - Un profil trapézoïdal à parements dressés à 3/1 semble bien convenir pour ce genre d'ouvrage.

e) - VOLUMES A METTRE EN OEUVRE - Une valeur précise du volume des barrages nécessitera un levé topographique des sites retenus. Mais en s'appuyant sur les profils en long des marigots et quelques profils en travers qui ont été reconnus, on peut avancer que les volumes de terrassement suivants donnent une limite supérieure :

barrage n° 1 (Laouvaja)	12.000 m ³
barrage n° 2 (Sokam)	12.000
digue de fermeture (Gnonker)	6.000

	30.000

Soit une dépense maximum de 6 millions.

OUVRAGES D'ALIMENTATION - Nous avons vu que le débit d'équipement à prévoir était de 60 m³/s. En employant des buses de 2 mètres de diamètre, il faudra en placer 5 par ouvrage pour assurer un écoulement compatible avec les vitesses admissibles dans ce genre d'ouvrage. La dépense à prévoir pour chaque ouvrage est de 8 millions. Un dessin sommaire des ouvrages d'alimentation est donné par le graphique n° 7.

DRAGAGE DES MARIGOTS - Pour assurer la sécurité de fonctionnement de l'aménagement proposé et la pérennité des superficies cultivables annuellement dans la cuvette du R'Kiz, il faudra prévoir le dragage des marigots d'alimentation. Le marigot Sokam ne présente que deux petits seuils à la côte + 0,20 et le travail à exécuter sur son cours est insignifiant.

Le Laouvaja demandera d'être dragué sur une partie de son cours. Un profil en long précis de son lit pourra être levé en 1957, mais, dès à présent, à l'aide du profil dressé par l'U.H.E.A., on peut estimer qu'un dragage à la côte -0,30, permettant une alimentation sûre chaque année du lac R'Kiz, n'entraînera pas une dépense excédant 10 millions.

TABLEAU RECAPITULATIF DES DEPENSES

Terrassements : 30.000 m ³ à 200 F	6.000.000
Ouvrages : 2 à 8 millions	16.000.000

Total	22.000.000
Dragages	10.000.000

Total Général	32.000.000
	=====

CHAPITRE V

RENTABILITE ET INTERET ECONOMIQUE

Les barrages en terre sur les marigots d'alimentation du R'Kiz, le système de vannage nécessaire à l'écoulement des eaux en période de remplissage du lac, ont été nécessairement introduits dans l'aménagement pour la récupération de surfaces cultivables en maïs.

La technique de ces barrages en terre et des ouvrages hydrauliques n'implique, vu leurs caractéristiques et leur simplicité qu'un investissement faible se répartissant comme suit :

Terrassement	:	6 millions
Dragage	:	10 -
Ouvrages	:	16 -

32 millions

soit en tenant compte uniquement de la superficie minimum cultivable en maïs chaque année un investissement de l'ordre de 15.000 F à l'hectare et un amortissement annuel de 500 Fr par hectare et par an, si on fixe à 30 ans la longévité des ouvrages. En comparant ce dernier chiffre au revenu d'un ha de maïs (15 qx/ha à 120 Fr/q) soit 18.000 Fr, on met en évidence que l'amortissement ne représente que 3,6 % du revenu. Il est difficile de trouver des conditions aussi favorables. De plus, il n'a pas été tenu compte des superficies occupées par les cultures secondaires qui, bien que d'un revenu annuel moins intéressant, représentent tout de même un complément appréciable à la production d'un pays très pauvre en ressources agricoles.

Les frais d'entretien et d'exploitation des ouvrages sont négligeables et ne demandent qu'une petite inspection à l'ouverture et à la fermeture des vannes. Ils ne constitueront pas une charge nouvelle pour le Budget Local.

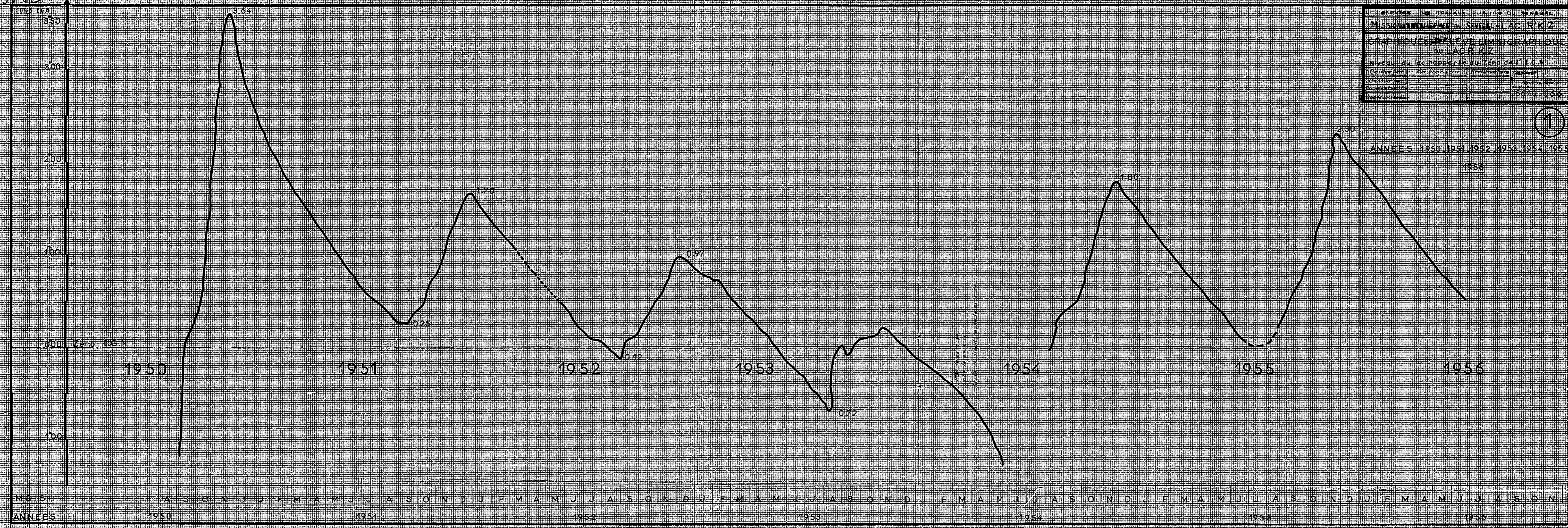
Remarquons enfin que, quel que soit le type d'aménagement envisagé par la suite, les ouvrages effectués trouveront leur plein emploi et seront en particulier indispensables après la création du barrage de Dagana.

En conclusion, la rentabilité de cet aménagement est certaine et immédiate. Du seul point de vue de la production agricole, et sans parler de son incidence sur le plan politique et social, sa réalisation est du plus grand intérêt pour la Mauritanie.

39/52

MISSION D'ENQUÊTE SUR LES LACS			
MISSION D'ENQUÊTE SUR LE LAC KIZ			
GRAPHIQUE DE L'ÉLEVÉ LIMNIGRAPHIQUE DU LAC KIZ			
NIVEAU DU LAC DÉPOSÉ AU ZÉRO I.G.N.			
De quel côté	de l'horizon	l'altitude	
			Niveau d'altitude
			5610.066

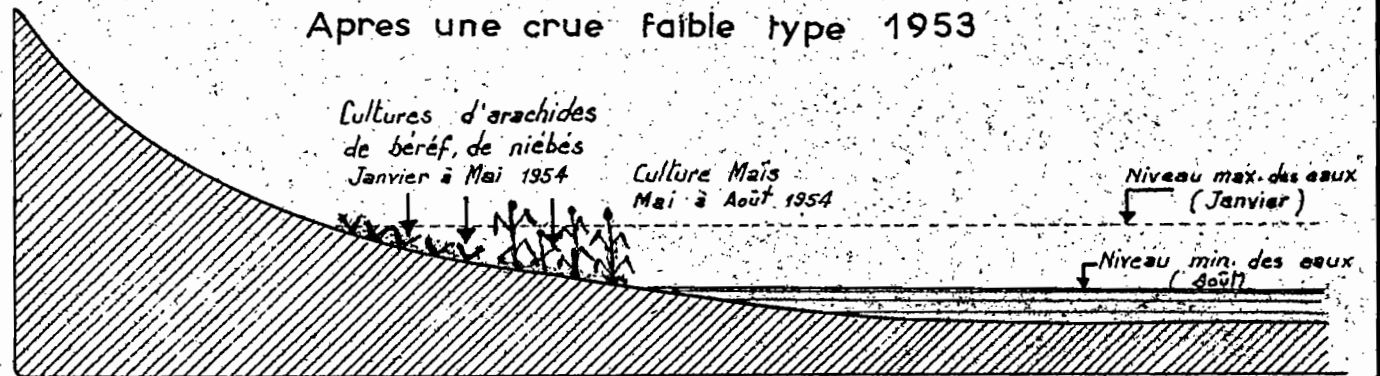
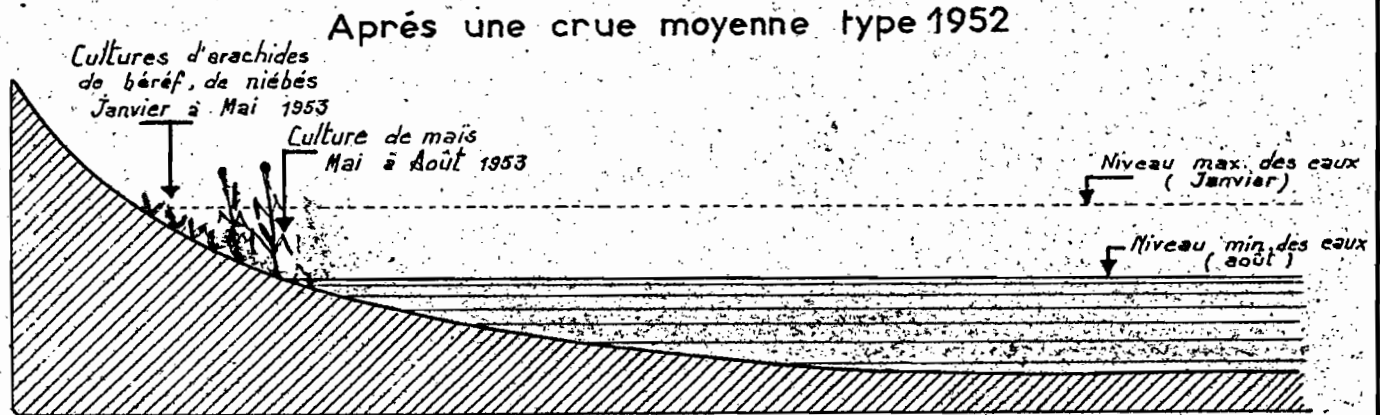
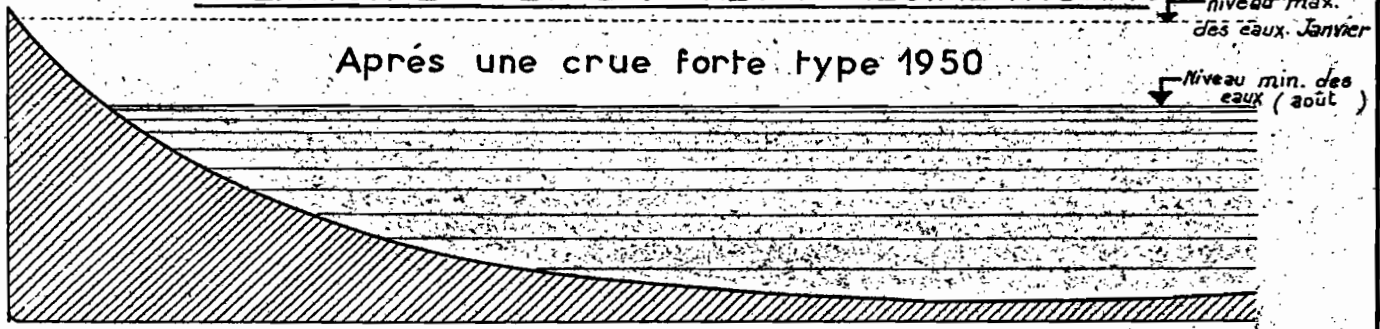
①



LAC RKIZ

Pas de Culture

RELATION ENTRE LES CULTURES ET LE RÉGIME HYDRAULIQUE



Après une succession de crue faible 1941-1942

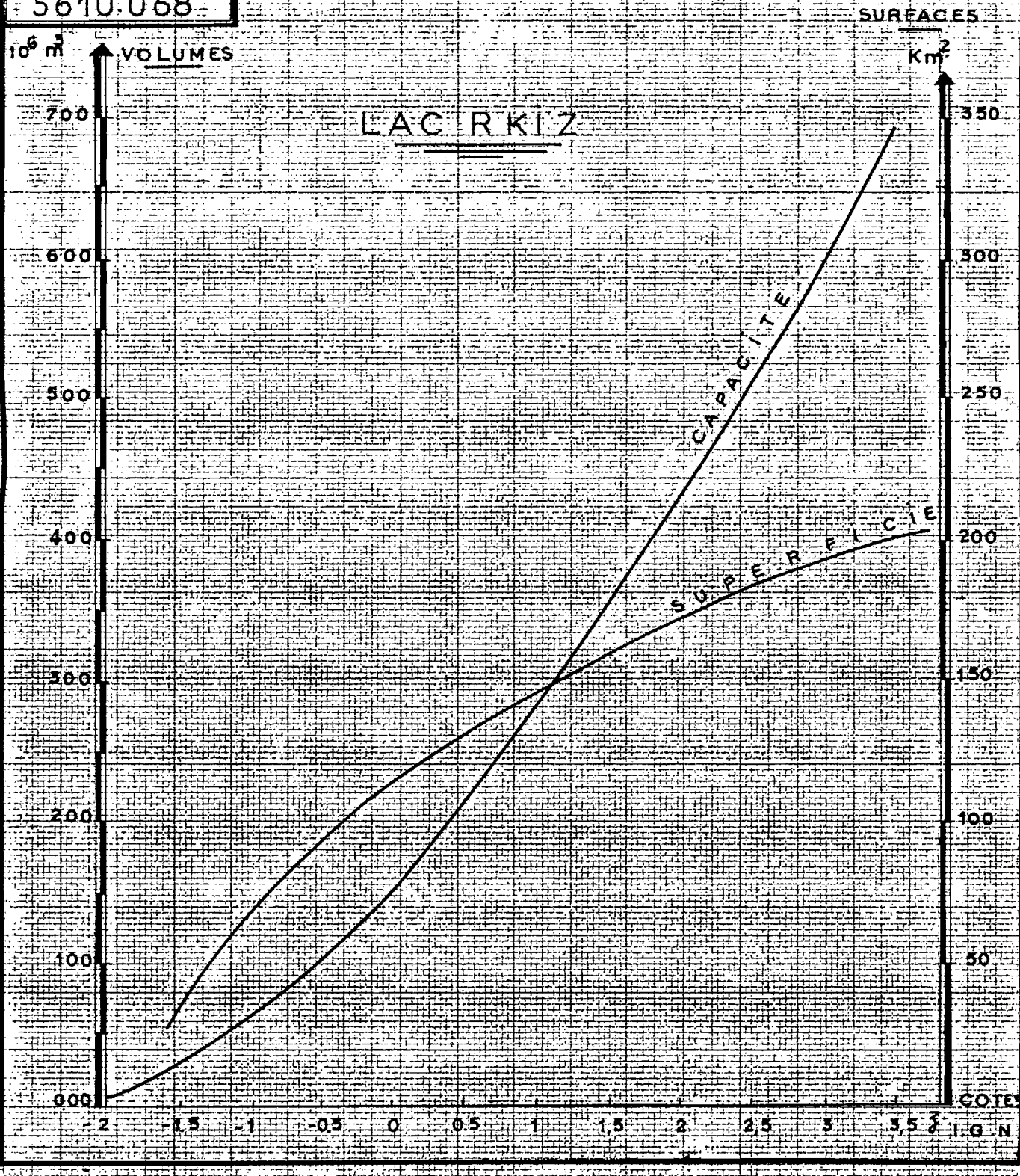
Aucune rentrée d'eau dans le lac



Calculé par Seja S
Vérifié par
Numéros de Plan
56 10.067

VARIATION DE LA CAPACITE ET DE LA SUPERFICIE DU LAC RKIZ EN FONCTION DE LA COTE DU PLAN D'EAU

3



DEBIT GLOBAL DES MARIGOTS

LAOUVAJA ET SOKHAM

MISSION D'AMENAGEMENT
DU SENEGAL (M.A.S.)

BUREAU D'ETUDES

Nature de l'Etude ou Travaux

Dessiné par Dessiné par Calculé par

Epalle

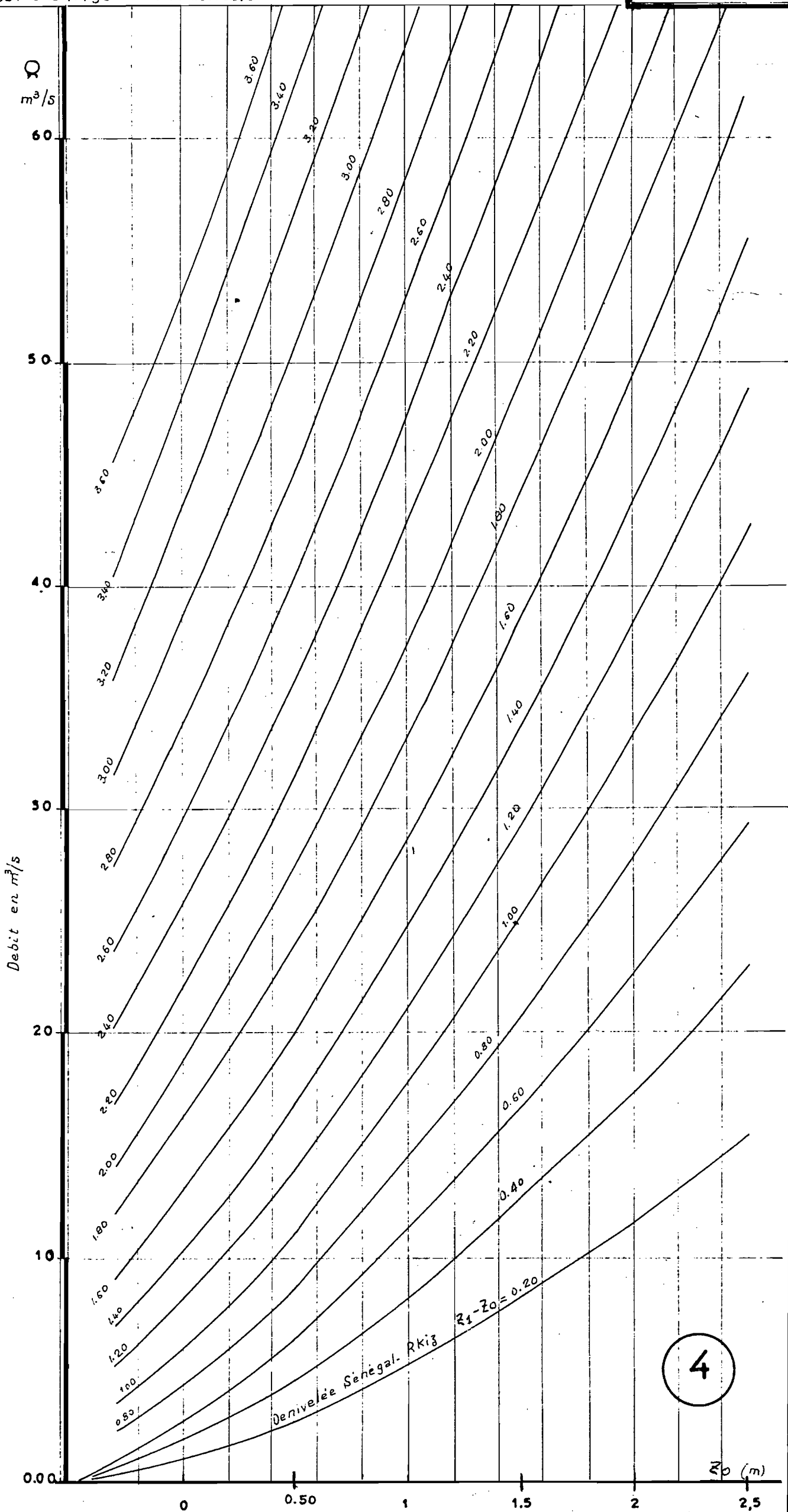
Dates

Classement

Numéro du plan

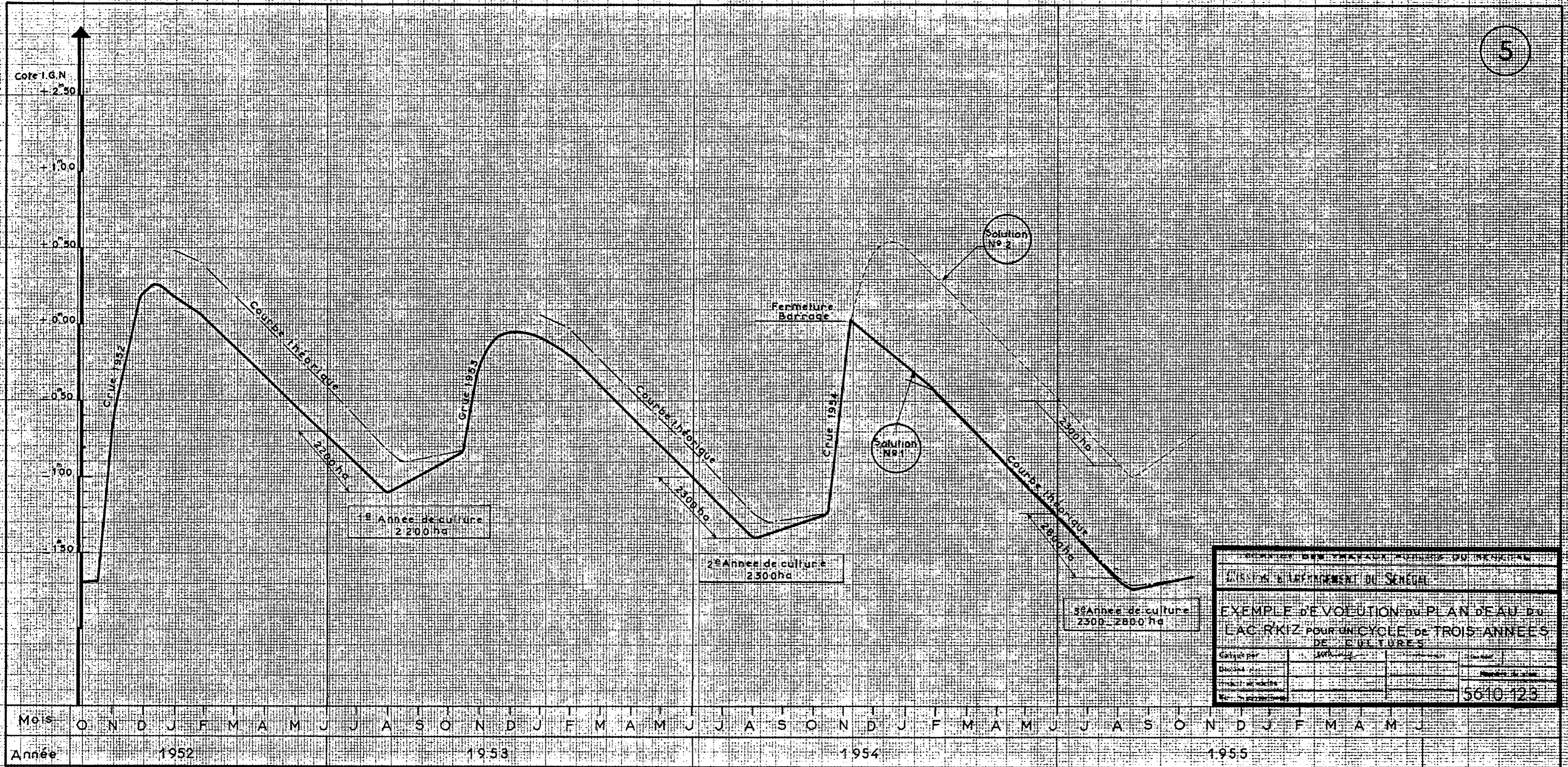
5610.121

Les Marigots Laouva ja et Sokham sont supposés dragués à la cote 1.30 sur une largeur de 20 mètres.



4

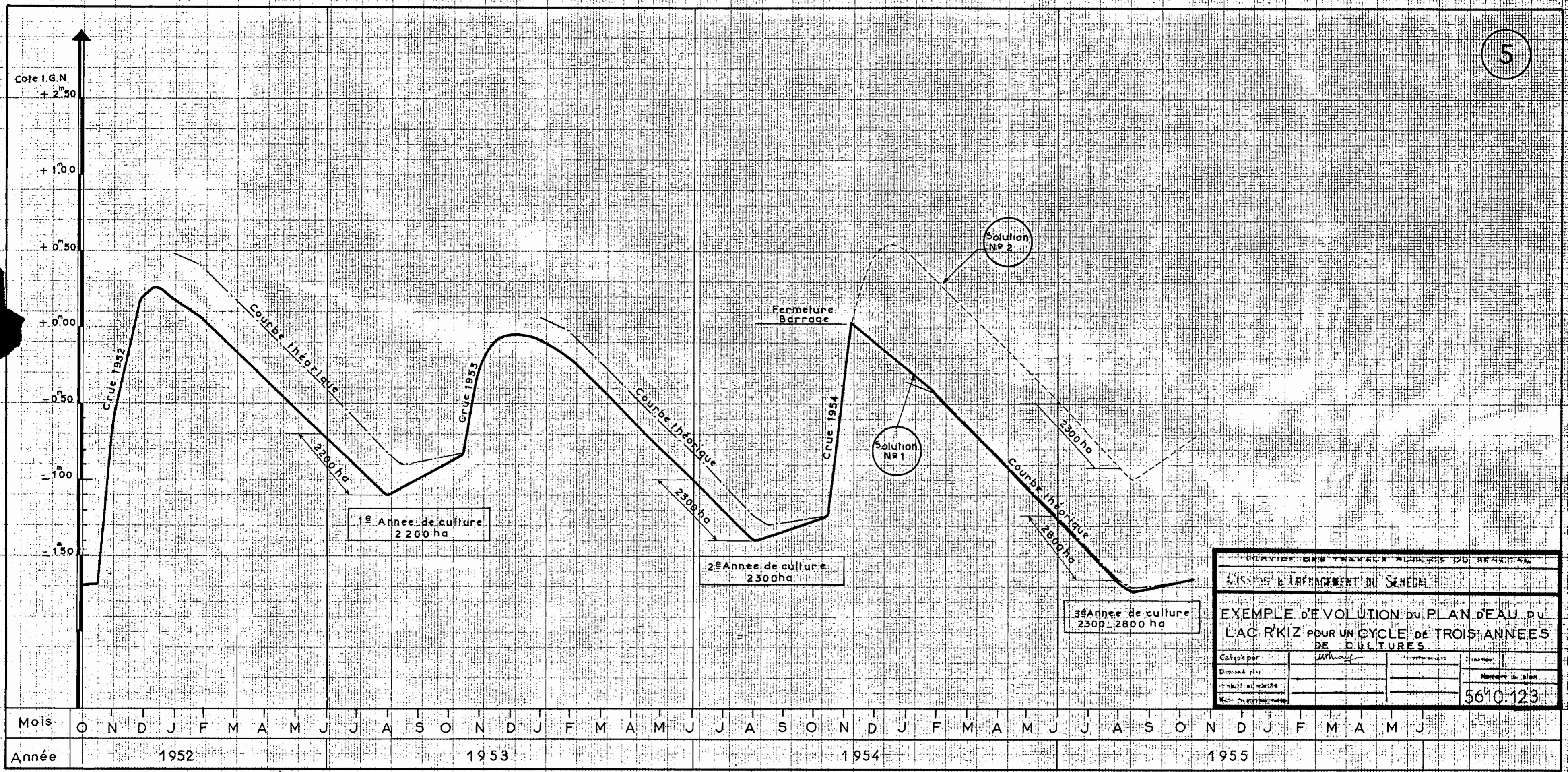
Z_0 (m)
Cote I.G.N. du lac Rkiz



MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS DU SÉNÉGAL
 SERVICE L'AMÉNAGEMENT DU SÉNÉGAL

EXEMPLE D'ÉVOLUTION DU PLAN D'EAU DU LAC RKIZ POUR UN CYCLE DE TROIS ANNÉES DE CULTURES

Calque par	1/10000	1/20000	1/50000
Échelle			
Produit en hectares			5610-123
Recommandations			

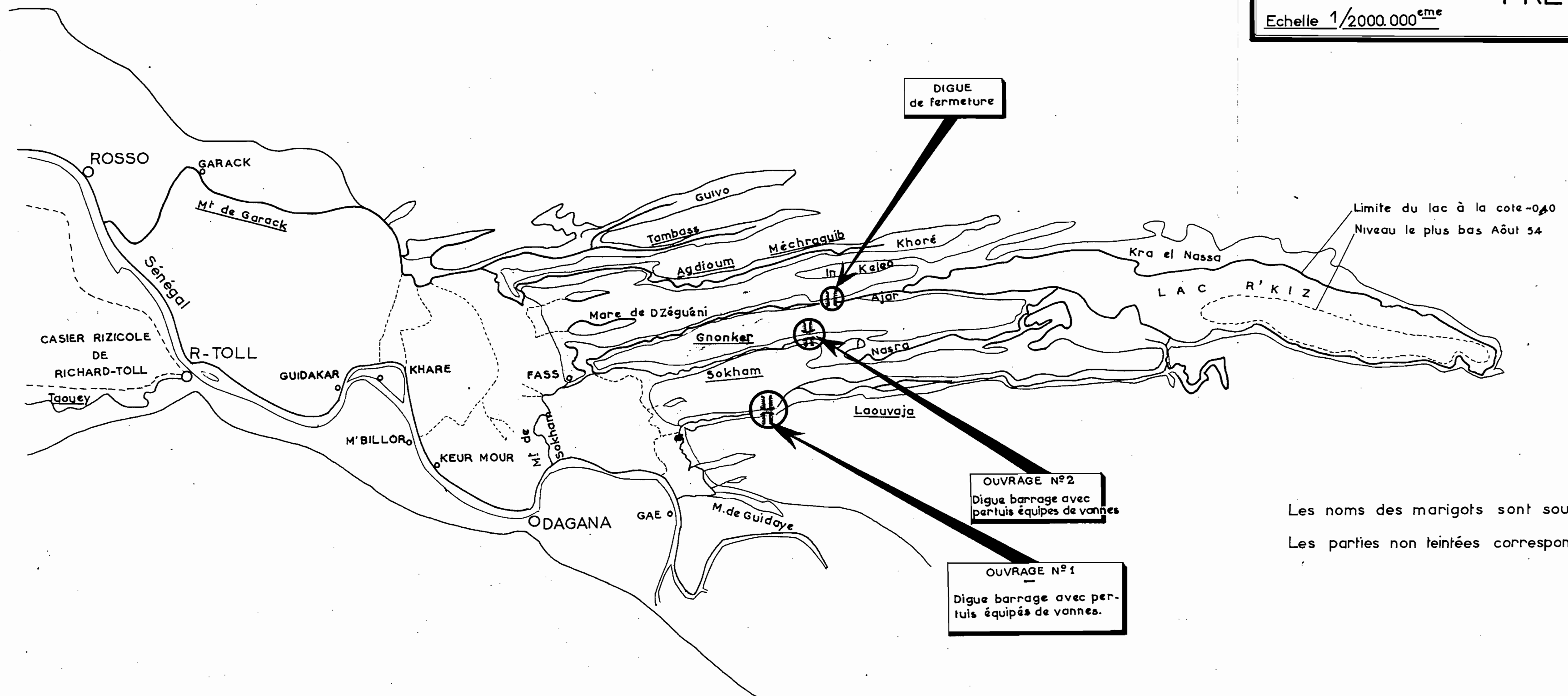


MINISTRE DES TRAVAIL PUBLICS DU SENEGAL			
DIRECTION DE L'AMÉNAGEMENT DU SENEGAL			
EXEMPLE D'ÉVOLUTION DU PLAN D'EAU DU LAC RKIZ POUR UN CYCLE DE TROIS ANNÉES DE CULTURES			
Calqué par	<i>M. H. H.</i>	Approuvé par	
Direction		Service	
Travail en cours		Nombre de plan	
Revisé par			5610.123

SCHEMA DES MARIGOTS DU R'KIZ ET DES OUVRAGES PREVUS

Echelle 1/2000.000^{eme}

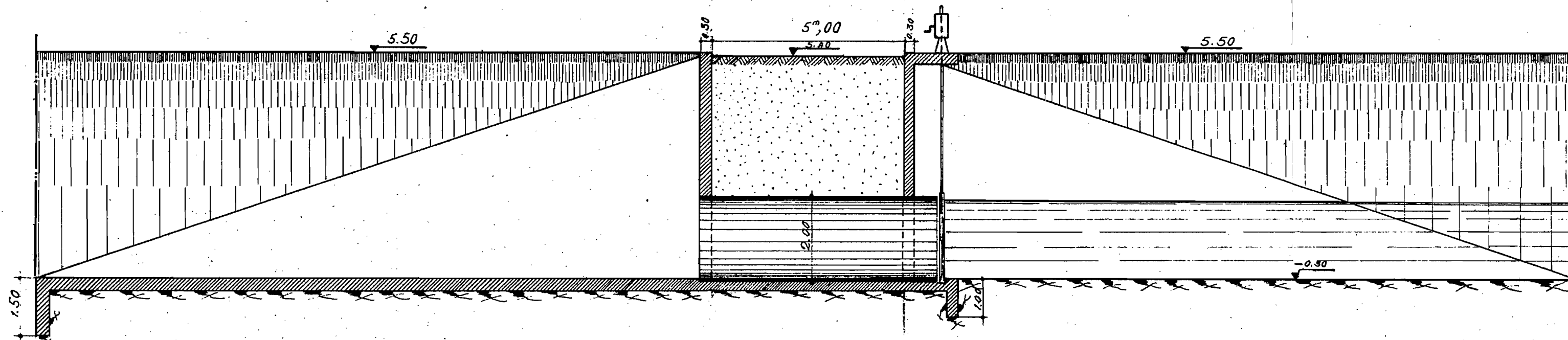
CLASSEMENT
Numero du Plan
5610-065



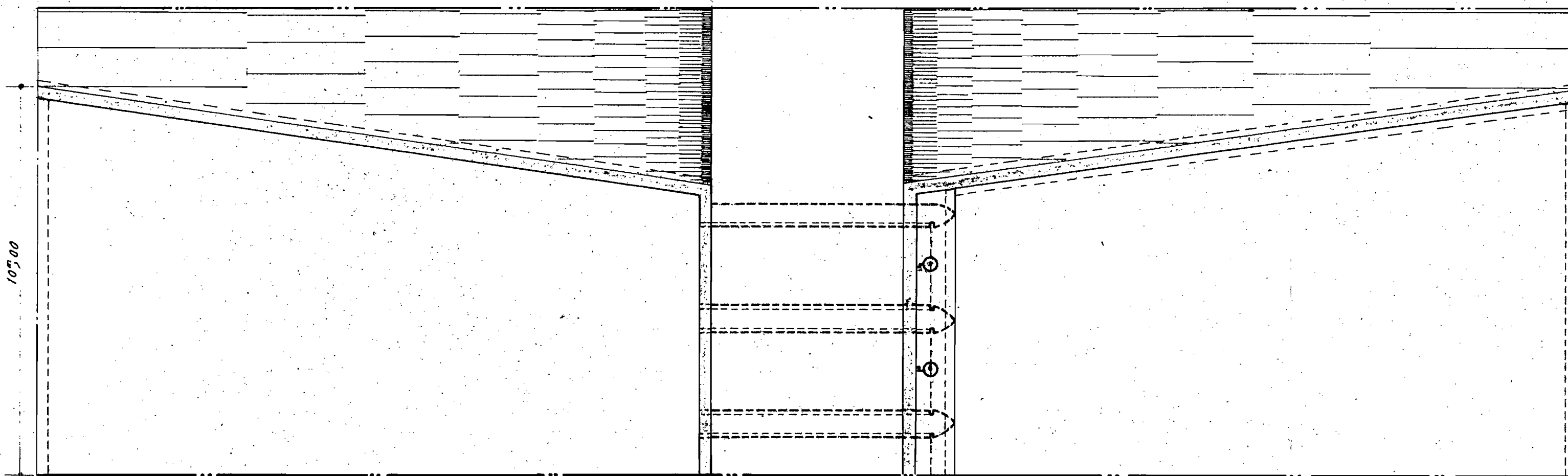
Les noms des marigots sont soulignés
 Les parties non teintées correspondent aux zones d'inondation

OUVRAGE D'ALIMENTATION DU LAC R'KIZ

— COUPE EN ELEVATION —



— 1/2 PLAN —



7

ECHELLE: 1/100

MISSION D'AMÉNAGEMENT DU SÉNÉGAL (M.A.S.)		
BUREAU D'ÉTUDES		
N° de l'Étude de Tracé		
Dessiné par	Approuvé par	Revisé par
Date:	Classement	
Numéro du plan		
5610-131		