

ECOLE POLYTECHNIQUE

THIES

GC.0473

PROJET DE FIN D'ETUDES

TITRE : ETUDE DE VARIATIONS  
DES NIVEAUX D'EAU DU  
LAC DE GUIERS APRES  
LES BARRAGES DE DIA-  
MA ET DE MANANTALI

(2<sup>e</sup> PARTIE )

JUIN 1985

AUTEUR : ALASSANE NDAO

collaborateur : MALEYE DIOP

A

— Ma mère qui voulait tellement me voir  
réussir mais pour laquelle le destin en a  
décidé autrement

— Mon père sans lequel rien, absolument  
n'aurait jamais pu être.

— Mes amis les plus chers

— Tous ceux qui ont contribué à ma forma-  
tion

je dédie ce travail

## Remerciements

Au terme de cette étude, nous estimons être pour nous un devoir agréable et sincère d'exprimer toutes nos reconnaissances et tous nos remerciements à :

Mr François Tremblay notre directeur de projet qui nous aura entourés de toute sa haute compétence et de sa disponibilité entière tout au long de notre travail. Nous lui savons gré des conseils perspicaces et des encouragements toujours stimulants qu'il n'a cessé de nous adresser, et qui nous ont souvent sorti des passes les plus difficiles.

Nos remerciements vont aussi à :

- Mrs Emmanuel NKAYE et Sidy Mohamed SECK, respectivement Ingénieur du Génie Rural (Ministère de l'Hydraulique) et expert de l'OMVS à Saint-Louis
- au Commandant Mady Amedy Diello, commandant le bataillon des travaux du génie.
- Mrs Alioune Badara Gueye et Coly ingénieurs en service à la SAED.
- Mrs Abdoulaye Sène et Victor Ciubotariu, professeurs à l'E. P. T.
- Mrs Fulgence Simel Seck et Djiby Sall respectivement bibliothécaires à l'ORSTOM et au Centre de Documentation de l'OMVS à Saint-Louis.

pour la documentation qu'ils ont aimablement mise à notre disposition.

Nous voudrions enfin, témoigner notre gratitude à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué d'une manière ou d'une autre, à l'aboutissement de cette étude; nous pensons en particulier à Mr Amadou Cissé chef du Centre d'Expansion Rural de Keur Momar Sarr et aux techniciens de la station de traitement de NGnith pour la disponibilité dont ils ont fait montre à notre égard, au cours de notre descente sur le terrain.

## Sommaire

" Il ya des hommes qui voient les choses comme elles sont et qui se demandent pourquoi, d'autres qui voient les choses comme elles n'ont jamais été et qui se demandent pourquoi pas "

C'est bien à cette 2<sup>e</sup> catégorie que doit appartenir l'Ingénieur Civil. Certes la propension qu'a l'homme à réaliser de grands travaux et sa capacité à le faire relèvent de son génie propre. Mais c'est bien dans son obstination à créer, à défier la nature pour le bien-être de l'humanité, qu'il faut aller chercher le mérite de l'Ingénieur.

Le projet d'aménagement du fleuve Sénégal et ses annexes entre assurément dans la famille des grands travaux de l'homme.

Vivement que les espoirs placés en lui ne soient pas déçus, et que les attentes ne soient pas trahies.

Puisse notre étude qui se préoccupe justement d'essayer de cerner les effets sur le remplissage de la seule véritable source d'eau potable de notre pays, le lac de Guiers, nous apporter le droit d'être optimiste quant à ce souhait.

# Table des matieres

## Partie II

	<u>Page</u>
A. Introduction	1
B. Aménagements hydrauliques	4
C. Etude des variations du niveau d'eau du lac	7
c.1 Apports	8
c.2 Prélèvements	10
c.3 L'Evaporation	11
c.3.1 Hauteurs d'évapo- ration moyenne mensuelle et annuelle	12
c.3.2 Etude comparative	13
c.4 Bilan hydrologique	16
c.5 Modélisation	21
c.6 Réalisation et rectification des digues du fleuve	41
a. Importance des digues	41
b. Hauteurs à respecter	42
1. Endiguement rive gauche	42
2. " " droite	43
c.7. Etude proprement-dite des variations	46
1. Exploitation du barrage de Diamo à la cote + 1.5 IGN	48
2. Exploitation à la cote 2.5	50
3. Exploitation à la cote 0.8	51
D. Impact sur l'environnement	55.

C. Etude de l'environnement du lac et de son évolution	17
1. Climat et précipitations	17
2. Les autres composantes du climat	18
a. Les régimes thermiques	19
b. L'évaporation.	19
c. Le milieu morphoclimatique	21
c.1. Les conditions climatiques	21
c.1.1. Les vents	21
- Les vents réguliers	21
- Les vents locaux	22
c.1.2. Les pluies	23
- Répartition sur le bassin versant	23
- Irrégularités inter-annuelles	24
D. Le fleuve Sénégal : régime et densité hydrographique	26
D.1. Les crues du fleuve	28
a. Rapport entre précipitations et crues	34
b. Genèse des crues : causes et effets	35
c. Prédiction des crues	36
D.2. Le tarissement du fleuve	38
D.3. Les eaux stagnantes	40
E. Le remplissage du lac	41
F. Conclusion à la 1 <sup>ère</sup> partie	45.

D.1	Maladies parasitaires	55
D.2	Circulation des eaux et pollution	58
D.3	Développement de l'agriculture et de la pêche.	59.
D.4	Impact sur les terres riveraines	60
E.	Conclusion globale à l'étude.	62.
F.	Recommandations	65.
	Bibliographie	69

### Partie I

	<u>Page</u>
A. Introduction	1
1. But de l'étude	1
2. Envergure de l'étude	1
3. Généralités socio. culturelles	2
4. Populations et activités	3
a. Les Wolofs et leurs activités	4
b. L'espace Peulh	4
c. Les maures	5
d. Autres activités	8
5. Importance des activités de culture	7
a. Le maraîchage	7
b. L'Agriculture	9
Le statut juridique de la terre traditionnelle	9
c. La pêche	10
B. Géographie de la région du lac	13
1. Situation géographique du lac	13
2. Carte	13
3. Origine du nom "lac de Guiers"	16



C. Etude de l'environnement du lac et de son évolution.	17
1. Climat et précipitations	17
2. Les autres composantes du climat	18
a. les régimes thermiques	19
b. l'évaporation	19
c. le milieu morphoclimatique	21
c.1. les conditions climatiques	21
c.1.1 les vents	21
- les vents réguliers	21
- les vents locaux	22
c.1.2 Les pluies	23
- Répartition sur le bassin versant	23
- irrégularités interannuelles	24
D. Le fleuve Sénégal : régime et densité hydrographique.	26
D.1 Les crues du fleuve	28
a. Rapports entre précipitations et crues	34
b. Genèse des crues : causes et effets	35
c. Prédiction des crues	36
D.2 Le tarissement du fleuve	38
D.3 Les eaux stagnantes	40
E. Le remplissage du lac	41
F. Conclusion à la première partie	45

## II° Deuxième Partie

### A. Introduction:

À l'origine, le lac de Guiers faisait partie du réseau hydrographique du Ferlo. Il communiquait avec le fleuve Sénégal par l'intermédiaire d'un marigot sinueux jalonné de seuils et long de 28 km : la 'Caoué'. Crues et décrues de l'amont ou de l'aval engendraient remplissage ou déversement selon les positions respectives des plans d'eau du fleuve, du lac et de la vallée du Ferlo.

Au cours des cent dernières années, l'environnement du lac a profondément changé. Au fil du temps, il s'est adapté à des conditions qui lui sont peu à peu devenues défavorables. Quoiqu'il en soit, le fonctionnement hydrologique du lac va s'en trouver bouleversé avec la mise en place d'une politique de barrages pour éviter la pénétration d'eau salée dans le lac.

Depuis un siècle donc, le fonctionnement hydrologique du système fluvio-lacustre a profondément évolué sous l'effet d'aménagements de plus en plus élaborés.

Chaque changement introduisait des conditions nouvelles, et le jeu de nouveaux paramètres dont il n'est pas toujours facile, a posteriori, de préciser l'incidence exacte qu'ils ont pu avoir

sur le régime du fleuve et les oscillations du plan d'eau du lac. Sur cette dernière approche du bilan hydrologique a-t-elle été limitée à l'étude de 3 situations différentes :

- l'état naturel avant 1918
- les conditions actuelles (édification en 1980 du 2<sup>e</sup> barrage situé à l'aval du premier, pour prolonger le temps de pompage de la C.S.S dans le fleuve, chose qui sera d'ailleurs permanente après la construction des 2 barrages de Diama et de Manantali.)
- le stade intermédiaire correspondant à l'isolement du lac au Nord (barrage de Richard-Toll) et au Sud (digue de Keur Momar Sarr).

Le cas qui nous intéresse dans le cadre de notre étude est le second, c'est-à-dire les conditions actuelles. La persistance des conditions atmosphériques défavorables, et l'extension des périmètres d'irrigation ont nécessité depuis 1980 une meilleure gestion des eaux du lac. À crue égale, les pertes de charge sont plus réduites et le remplissage plus important. De plus l'alimentation des parcelles cultivées se poursuit avec l'eau du fleuve tant que l'eau de mer n'atteint pas la hauteur de Richard-Toll. Le lac s'épargne sur une plus longue période et maintient à un niveau plus élevé et peut subsister jusqu'à la crue suivante.

Cette gestion des eaux du lac est d'autant plus vitale et stratégique que l'alimentation en eau de la capitale dépend exclusivement des pompages de la SONEES à N'Gnith.

Et ses besoins en eau vont nettement en croissant. Jugez-en vous-même : de 1.002.000 en 1980, la population urbaine de la région de Dakar est actuellement évaluée à 1.250.000 habitants. Et on estime que de 1980 à 1989, le taux de croissance de la population devrait être voisin de 5% par an.

Ce fort taux de croissance est dû à l'attrait de Dakar qui concentre l'essentiel de l'activité économique du pays. En 1980, 80% des entreprises et emplois industriels étaient à Dakar. Une autre activité, le marché connaît actuellement un fort développement et constitue justement un nouveau centre d'attraction vers la région de Dakar.

Il va sans dire que ce développement est à l'origine d'une forte croissance des besoins en eau. C'est ainsi que la production d'eau pour le Cap Vert (actuelle région de Dakar) est passée de 91000 m<sup>3</sup>/j en 1975 à 142.000 m<sup>3</sup>/j en 1982 soit un taux d'accroissement annuel de 6.8%. Ce taux devrait être de 6.4% pour la période 1980-1989. Cela représente un doublement des besoins en eau tous les 11 ans.

En 1980, les industries utilisaient 12% de la

consommation d'eau. La demande industrielle devrait d'après les estimations actuelles, avoir un taux de croissance inférieur à celui de la demande globale. Il n'en va pas de même pour le maraîchage dont les besoins en eau ont augmenté de 26% entre 1980 et 1981 et de 21% de 1981 à 1982 et qui représente à l'heure actuelle 8,2% de la consommation. La consommation domestique devrait croître au rythme de 9,5% l'an environ et représente une augmentation de la consommation individuelle due à l'amélioration du niveau de vie. Au cours de la même période, la consommation des industries et du secteur tertiaire ne devrait croître que de 3,5%.

### B. Aménagements hydrauliques :

Pour améliorer le remplissage du lac, que ce soit en relevant le niveau de l'eau ou en évitant autant que possible les fentes, toujours dans le souci de faire face aux prélèvements de toutes sortes, divers aménagements hydrauliques ont été procédés.

Le lac de Guiers constitue à son maximum d'extension actuelle (cote +2,25 m) une réserve de 720 millions de  $m^3$  s'étendant sur  $300 km^2$ , réserve qui se réduit, en fin de saison pêche, à  $50 km^3$  (cote -1,0 m)

et 100 km<sup>2</sup>.

Autrefois lié au fleuve Sénégal, par la dépression de NDiael et surtout par la Taouey relié au Ferlo au niveau de Keur Mamar Sarr, le lac a donc fait l'objet d'aménagements qui ont notablement modifié les conditions hydrauliques de la région dans le but que nous avons défini tout à l'heure, mais aussi pour éviter la pénétration des eaux salées. Il s'agit :

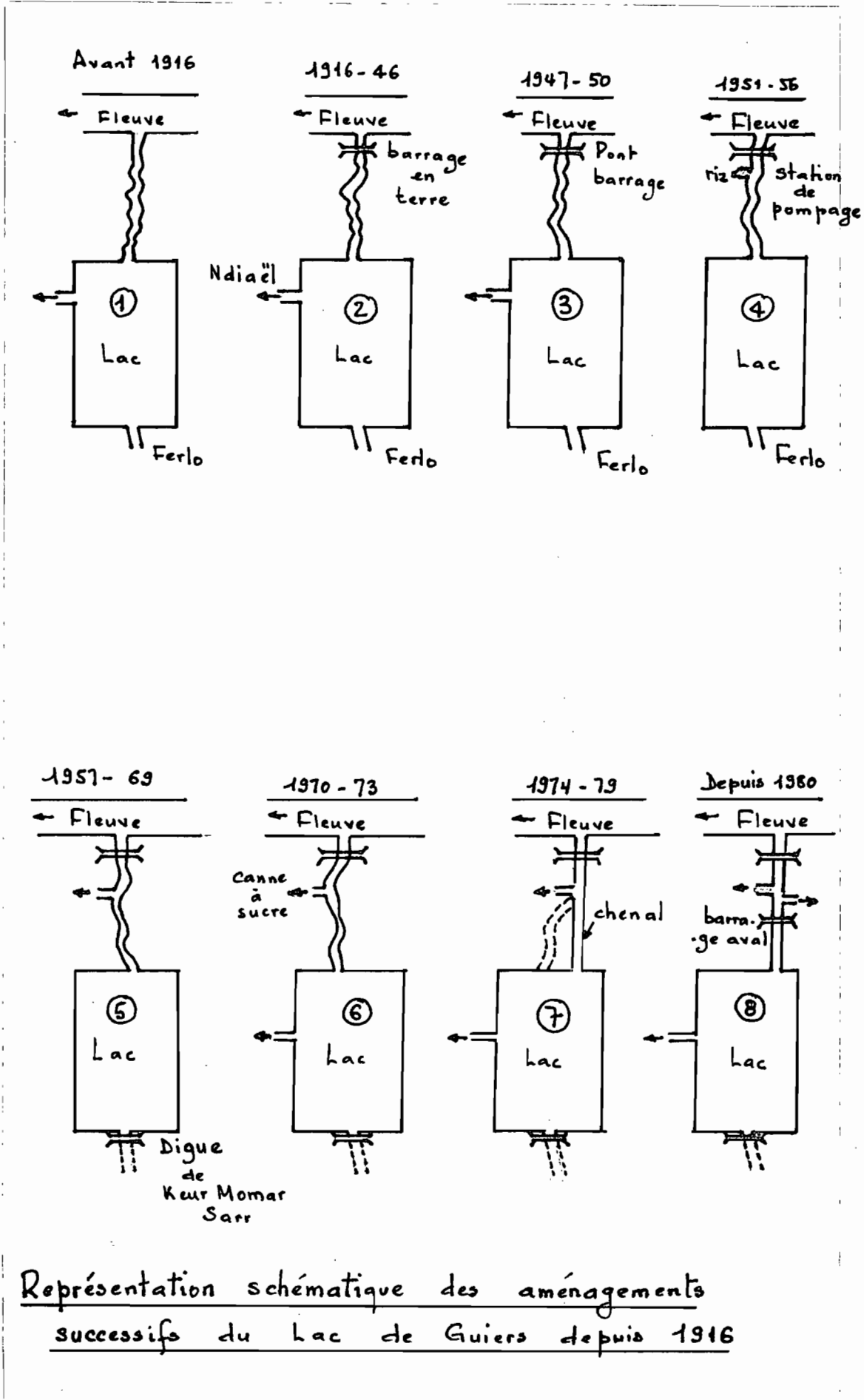
— En 1957, de la construction de la digue de Keur Mamar Sarr isolant définitivement la vallée du Ferlo du lac (les vannes de cette digue n'ont jamais été ouvertes).

— En 1971, de la station de pompage de Gnith pour l'adduction d'eau de Dakar

— de la construction de la digue de Niéti Yono pour éviter le drainage des eaux du lac vers le delta.

— De la rectification et du recalibrage, en 1976, du cours de la Taouey : le nouveau canal = 17 km de longueur, 45 m de largeur au fond avec des digues de protection à l'Est et à l'Ouest.

— De la construction, l'un en 1947, l'autre en 1980 à 500 m du premier, de 2 ponts-vannes à Richard Toll avec 8 passes de 4.35 m de large, seuil caté à - 0.85 m, pour isoler le lac du fleuve Sénégal et permettre



Représentation schématique des aménagements successifs du Lac de Guiers depuis 1916

la prolongation de la durée annuelle de pompage dans le fleuve par la Compagnie Sucrière Sénégalaise (C.S.S.).

En effet, le pont-barrage a été édifié pour éviter la pénétration de l'eau souterraine remontant de la mer par le fleuve Péniégo dès la fin de la décrue. Il n'est ouvert qu'au moment de la crue et celle-ci alimente alors le lac jusqu'au moment où le niveau d'eau du lac et celui du fleuve sont tels que le flot risque de s'inverser. Le barrage est alors fermé et les variations de l'eau du lac et du fleuve deviennent ainsi indépendantes.

Il est aussi bon de signaler que la rectification de la Touey entraîne une réduction très importante des zones inondables entre le lac et Richard-Toll.

### C. Etude des variations du niveau d'eau du lac.

Nous avons vu dans la 1<sup>ère</sup> partie, comment le lac se remplissait à partir des apports météoriques, fluviaux et souterrains.

Il s'agit, dans ce chapitre, de voir, compte tenu de ces apports et des prélèvements qui sont effectués ainsi que de l'évaporation intense à laquelle la surface lacustre est soumise



comment se comporte le niveau d'eau du lac tout au long de l'année.

### C.1 Apports :

La région du lac de Guiers appartient à la zone sahélienne, caractérisée par une courte saison de pluies (juin - juillet à octobre) donc le déficit pluviométrique est devenu chronique (pas plus de 300 mm annuels depuis 1972), et une longue saison sèche d'octobre à mai ; à partir de Mars souffle l'harmattan qui sèche considérablement la végétation.

Le peu d'importance du relief, le caractère filtrant des sols et la faiblesse des précipitations locales réduisent à très peu de choses les apports au lac par ruissellement sur son propre bassin versant (au plus 10%).

C'est dire que pour son alimentation en eau le lac dépend surtout du fleuve Sénégal.

Mais passons tout de même en revue, puisque c'est l'objet de notre paragraphe, les apports de toutes sortes qui contribuent au remplissage du lac.

— Les apports fluviaux (VF) : ce sont, comme nous l'avons dit, les plus importants. Mais ils n'ont pu être chiffrés directement à partir d'abaques relatives à des échelles limnimétriques disposées sur le fleuve et la Toueï. Plusieurs raisons peuvent être invoquées : l'enracinement conti-

nuel de la Teoué, l'ouverture progressive et rarement simultanée des vannes du pont-barrage etc ... Ils ont seulement été déterminés en fonction des variations de volume observées dans le lac et à partir des autres termes du bilan.

— Les apports météoriques ( $V_{p_0}$ ) : ils ont été évalués en deux temps (pendant et après la période d'alimentation du lac), en distinguant pour chaque pluie, les quantités d'eau reçues directement par le lac et la contribution du ruissellement sur son bassin versant (limité à la cote + 4.00 m). L'étroitesse du bassin, la rareté de la végétation et la localisation des précipitations les plus intenses au moment où le lac est le plus étendu, ont amené F.X. Cozels et J.Y. GAC<sup>(\*)</sup>, à adopter un coefficient de ruissellement de 10% ; ce sont donc eux qui se sont attelés à cette évaluation.

— Les surplus des zones irriguées ( $V_r$ ) : ces surplus, qui incluent les eaux de drainage des sols salés, sont rejetés dans la zone Nord-Ouest du lac. Vu leurs effets, à priori négatifs sur la qualité des eaux du lac, il n'existe que très peu d'informations sur les quantités réellement déversées : les volumes quotidiens ont été estimés à 80.000 m<sup>3</sup>/jour (de 1976 à 1978) et à 85.000 m<sup>3</sup>/jour (depuis 1979) à partir du débit de la pompe, de sa durée moyenne de fonctionnement

(\*) : 2 éminents chercheurs de l'ORSTOM.

## C.2. Prélèvements

— Les prélèvements par pompage:  $V_p$  :

Ce sont ceux vers les périmètres cultivés. Ils sont essentiellement réalisés par la C.S.S (Compagnie Sucrière Sénégalaise) pour la canne à sucre et par la S.A.E.D (Société d'Aménagement et d'Exploitation des terres du Delta) pour les cultures vivrières (riz, tomates ...) et en quantité négligeable par la SENDA puis la SOCAS (cultures de maïs puis de tomates).

Les besoins des casiers rizicoles sont de l'ordre de  $12000 \text{ m}^3/\text{ha/an}$ . En tenant compte des surfaces cultivées et de la durée des pompages, on estime ainsi à  $18 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  les prélèvements annuels de la S.A.E.D.

Les besoins de la canne à sucre sont beaucoup plus importants avec  $35000 \text{ m}^3/\text{ha/an}$ .

— Les prélèvements de la station de NGnith

Les pompages de la SONEES (Société Nationale d'Exploitation des Eaux au Sénégal) à NGnith sont destinés à l'alimentation de l'agglomération de Dakar. Le débit est de  $30000 \text{ m}^3/\text{jour}$  environ. Au cours d'une année, sans interruption dans les pompages, ces prélèvements s'élèvent ainsi à  $11 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ . Ce qui est donc si négligeable par rapport à ce que soutirent les projets hydroagricoles et insignifiant, comme nous allons le voir, devant les

perdes subies par évaporation.

— Les pertes par évaporation  $V_E$  : elles ont été estimées en distinguant 3 périodes : la première correspond à la phase d'isolement du lac ( $V_E = 0$ ), la seconde à la période d'alimentation par le fleuve et la dernière au temps de réponse très court (15 jours) qui jouxte la fermeture des barrages et qui se traduit par des oscillations ("aberrantes" d'ailleurs) du niveau du lac dues vraisemblablement au rééquilibrage des masses d'eau. Nous y reviendrons.

— Le maraîchage.

Pour terminer, nous citerons les prélèvements effectués du lac pour les besoins des cultures maraîchères. On retiendra simplement le chiffre de  $15000 \text{ m}^3$  d'eau / ha (source SAED).

### C.3. L'évaporation

Ce phénomène a fait l'objet d'une attention particulière étant donné son importance capitale sur le rythme hydrologique du lac. En effet 79% des pertes en eau subies par le lac sont imputables à l'évaporation.

Le climat auquel est soumis le lac de Guiers est du type sahélien; aussi ses caractéristiques sont-elles propices à l'existence d'une forte évaporation. Un examen succinct des principaux facteurs qui conditionnent celles-ci, à savoir l'insolation, la température de l'air, celle de l'eau, la vitesse du vent et à un degré moindre

l'humidité de l'air. en atteste :

— l'insolation est de l'ordre de 275 heures par mois en moyenne.

— la température moyenne annuelle de l'air est de l'ordre de  $27^{\circ}\text{C}$ .

— les variations de température de l'eau suivent sensiblement celles de la température de l'air.

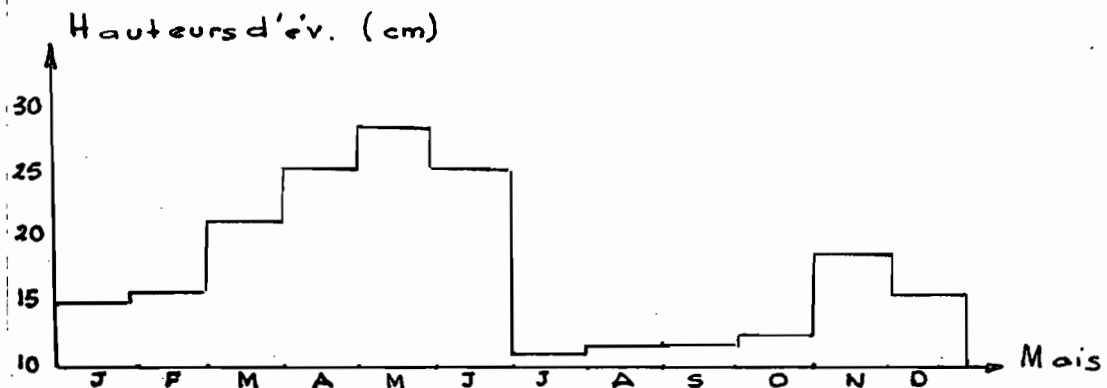
La valeur moyenne annuelle est de l'ordre de  $27^{\circ}$

— l'harmattan, qui est un vent sec d'origine continentale, souffle en saison sèche, renouvelant les masses d'air qui se chargent d'humidité sur le lac. et qui tendent à accentuer l'évaporation. La mousson, vent humide d'origine océanique qui freine l'évaporation, ne relaie l'harmattan que de Mai-Juin au début Octobre.

C.3.1 Hauteurs d'évaporation moyennes mensuelles et annuelle

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
EVAPORAT. cm.	15	16	22	26	28	26	11.2	11.5	11.5	12	18	15

Evaporation moyenne annuelle : 212.2 cm



Comme le montre le tableau, l'évaporation atteint sa pointe au mois de Mai. C'est en effet le mois pendant lequel la température de l'air et l'insolation sont les plus fortes : celles-ci sont respectivement de  $45^{\circ}$  et de 300 heures.

En ce qui concerne les valeurs minimales, elles doivent être prises avec toute la réserve qu'impose l'incertitude de leurs mesures. Car comme on le constate, elles correspondent à la période de saison des pluies. Et la difficulté se situe justement au moment du remplissage du lac, période courte "d'hivernage" qui voit s'élever le niveau du lac. L'évaporation ne peut alors être qu'estimée à partir des mesures réalisées sur des bacs d'évaporation en posant comme certain que l'évaporation du lac  $E_L$  sera inférieure à celle des bacs d'évaporation  $E_B$ .

Les erreurs certaines sur la période d'hivernage n'ont cependant qu'une incidence mineure sur l'évaluation annuelle de l'évaporation.

### c.3.2. Etude comparative :

Pour le lac de Guiers, comme pour l'ensemble des lacs plats situés en zone sahélienne (lacs Tchad, Bam, etc...), l'évaporation constitue un des principaux éléments du bilan hydrologique.

Pour fin de comparaison, nous avons considéré 2 des lacs les plus importants de la zone et dont nous sommes en possession des don-

nées les plus récentes : le lac Bam et le lac Tchad.

L'originalité du lac de Guiers, par rapport aux autres grandes surfaces d'eau libres du Sahel (où l'importance de l'évaporation n'a pu, en général, qu'être évaluée de façon très approximative : ROCHE, 1973 ; CARMOUZE, 1976, DOUYAUD, 1979 ; GAC, 1980), repose sur son fonctionnement en système fermé pendant près de 10 (dix) mois de l'année. En effet, durant la quasi-totalité de la saison sèche ( $V_{p_0} \approx 0$ ), le lac évolue en vase clos et la baisse progressive du plan d'eau permet pendant cette période (4/5 de l'année) de cerner, avec une très faible marge d'erreur, l'importance des pertes subies par évaporation à partir de l'équation :

$$V_E = \Delta V + V_{p_0} - (V_{p_1} + V_{p_2})$$

Nous vous proposons ci-dessous, l'évaporation moyenne mensuelle (mm/jour) et annuelle (mlan) en bacs d'évaporation et sur le lac de Guiers de 1976 à 1981, en comparaison ensuite avec le lac de Bam et le lac Tchad.

(Source : Gac 1980, lac Guiers ; Pouyaud 1979, lac Bam ; Riou 1975, lac Tchad).

Mois	Lac de Guiers			Lac Bam	Lac Tchad
	$E_{Lac}$	$E_{Bac}$	$E_L / E_B$	$E_L$	$E_L$
J	4.48	8.25	0.54	5.70	4.63
F	5.26	8.77	0.60	6.20	5.06
M	6.07	12.15	0.50	7.00	6.72
A	7.68	13.73	0.56	7.60	7.60
M	7.65	13.59	0.56	7.80	7.34
J	7.52	11.95	0.63	7.40	6.43
J	5.66	10.19	0.56	6.60	5.84
A	5.29	8.31	0.64	5.20	4.77
S	5.39	7.58	0.71	5.20	5.02
O	7.36	8.92	0.83	6.30	6.42
N	6.01	8.75	0.69	6.40	5.97
D	4.26	7.92	0.54	5.50	4.70
mm/j	6.04	10.01	0.60	6.42	5.88
m/an.	2.206	3.654	0.60	2.340	2.150

Tableau - Evaporation moyenne mensuelle  
 (mm/jour) et annuelle (m/an) en bass d'éva-  
poration et sur le lac de Guiers de 1976 à 1981  
Comparaison avec le lac de Bam et le lac Tchad

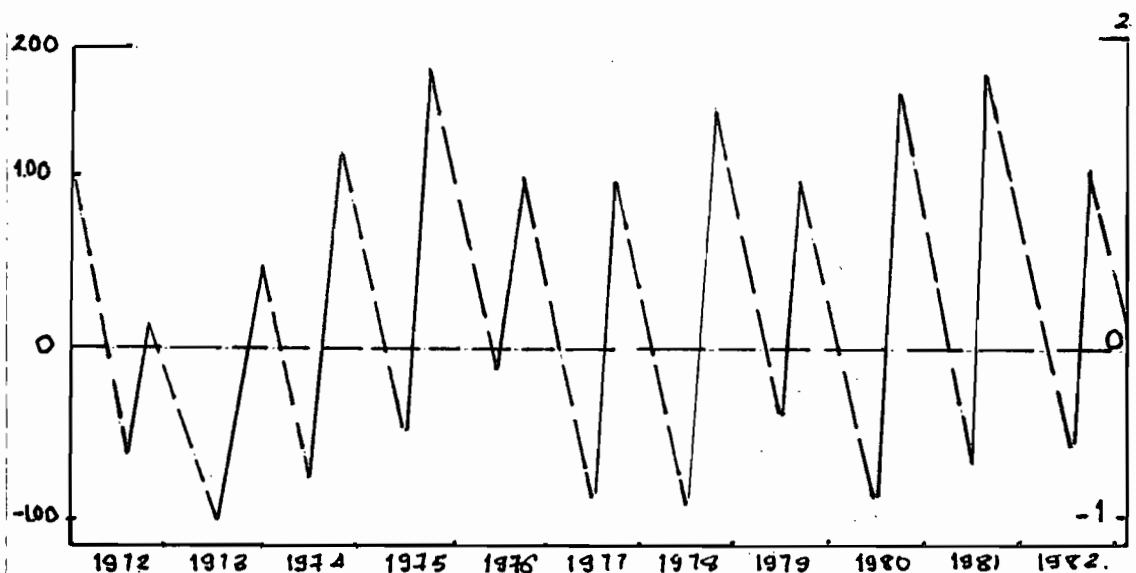
La valeur moyenne du rapport 0.60 est bien inférieure aux coefficients de correction généralement appliqués (0.7 à 0.8) pour extrapoler les résultats expérimentaux aux surfaces d'eau



libre. On observe par ailleurs que l'évaporation en bac est toujours supérieure à celle du lac. Les résultats présentent en outre des taux très élevés d'évaporation d'Avril à Juin et un maximum secondaire en Octobre.; les minimums apparaissent en Août / Septembre puis en Décembre / Janvier.

### c.4. Bilan hydrologique:

Le contour et la physionomie du lac de Guiers se modifient sans cesse. Les variations annuelles et interannuelles du plan d'eau peuvent atteindre 3 mètres (voir fig ci-après), ce qui témoigne de la précarité des équilibres et de la profonde instabilité du milieu.



Chaque cycle hydrologique, même s'il introduit pour le lac des conditions nouvelles, supporte aussi les conséquences de celui qui l'a précédé comme il s'impose par la suite, à son tour, au cycle qui va lui succéder. Le bilan hydrique du lac entre un état initial  $V_1$  et un état final  $V_2$  n'est que la résultante des entrées et des sorties d'eau:

$$\text{Etat final} - \text{Etat initial} = \text{Entrées} - \text{Sorties.}$$

$$\rightarrow V_2 - V_1 = (V_F + V_{P_0} + V_r) - (V_E + V_{P_1} + V_{P_2})$$

avec :

$V_F$ : apports fleuve	$V_E$ : pertes évaporat.
$V_{P_0}$ : " pluies	$V_{P_1}$ : pompages Ngnith
$V_r$ : rejets des zones irriguées	$V_{P_2}$ : " irrigation.

NB: Le volant d'eau mis en jeu par l'intervention des nappes a été très peu étudié. Il est fait d'échanges réciproques entre nappes et lac d'importances insignifiantes et de valeurs sensiblement égales (PLAUD 1966). Pour cette raison, ils ont été négligés dans cette première approche du bilan hydrologique.

L'équation du bilan, au cours d'un cycle hydrologique complet peut alors s'écrire comme ci-dessous. Sur la base de cette équation, et des résultats de période dont nous disposons, nous avons mené des estimations sur  $\delta$  cycles

hydrologique. de l'arrondissement de Guiers de 22/07/1976 à 04/08/1982. La récapitulation des résultats est donnée dans le tableau ci-dessous.

Cycles hydrologiques.	OBSERVE			APPORTS				SORTIES				V <sub>moyen</sub> Lac (V <sub>m</sub> )	% erreur $\frac{\Delta V_o - \Delta V_c}{V_m}$	
	V <sub>1</sub>	V <sub>2</sub>	$\Delta V$	V <sub>f</sub>	V <sub>p0</sub>	V <sub>r</sub>	Total	V <sub>E</sub>	V <sub>P1</sub>	V <sub>P2</sub>	Total			$\Delta V$ calc.
1976 - 1977	157.37	45.37	-122.00	319.04	55.13	30.15	414.32	409.15	108.86	10.92	528.92	-114.60	253.47	2.92
22.7	30.7													
1977 - 1978	45.37	35.84	-9.50	452.11	37.54	28.71	518.36	401.87	122.55	10.17	534.59	-16.23	218.47	3.08
30.7	20.7													
1978 - 1979	35.87	106.85	+70.98	540.47	77.14	23.85	653.46	450.83	128.78	10.77	590.38	+53.08	314.69	2.51
20.7	21.7													
1979 - 1980	106.85	39.52	-67.33	318.54	58.80	80.66	464.00	428.45	80.85	10.71	520.01	-56.01	242.46	4.67
21.7	1.8													
1980 - 1981	39.52	87.87	+48.35	520.60	56.96	30.63	608.26	457.49	91.64	10.69	559.72	+48.98	310.19	0.06
1.8	28.7													
1981 - 1982	87.87	91.53	+3.66	522.03	67.25	32.26	622.94	493.10	108.36	13.54	615.00	+7.54	340.13	1.14
22.7	4.8													
Moyenne	80.48	63.84	-12.64	446.04	60.47	39.71	546.82	440.15	106.84	11.12	558.11	-11.29	279.90	2.4%

Tableau : Bilan hydrologique du lac de Guiers de 1976 à 1982 (en 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>).

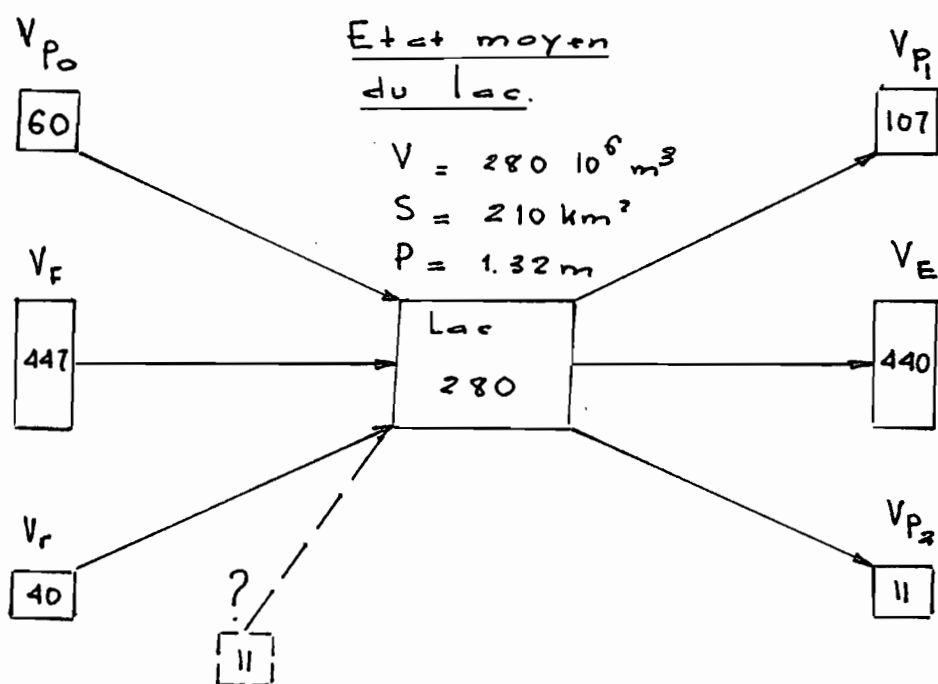
NB:  $\Delta V_o = \Delta V_{observé} = V_2 - V_1$ .

$\Delta V_c = \Delta V_{calculé}$ .

V<sub>2</sub>, V<sub>1</sub> : respectivement volumes final et initial.

De 1976 à 1982, la contenance moyenne du lac de Guiers a donc été de 280 millions de  $m^3$  d'eau ce qui correspond à une cote de +0.52 m du plan d'eau, une surface moyenne de  $210 \text{ km}^2$  et une profondeur moyenne de 1.33 m. Nous verrons comment ces résultats ont été obtenus lorsqu'on abordera le chapitre sur la modélisation.

Nous vous proposons alors le bilan hydrologique schématisé du lac durant cette période.



Bilan hydrologique du lac de Guiers ( $10^6 \text{ m}^3$ )

Les apports et les pertes sont d'égale importance. Il reste cependant un volant d'eau moyen non expliqué de  $11.29 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  qui correspond à une sous-évaluation des apports au lac. Les raisons peuvent être multiples : des erreurs de lecture à l'échelle

de N'Gnith au moment de "l'onde de fermeture" consécutive à la stabilisation des masses d'eau, une surestimation de l'évaporation, la non-prise en compte des mares terminales qui manquent chaque étape de la retraite des eaux vers le Nord, l'intervention des nappes etc.... Mais l'écart observé entre le calcul et la réalité ne représente en définitive qu'une erreur d'évaluation de l'ordre de 2% sur l'ensemble des volumes d'eau mis en jeu au cours de ces 6 cycles hydrologiques.

Toujours à partir de notre bilan hydrologique, on peut essayer de se faire une idée du taux de renouvellement des eaux du lac. Celui-ci est en effet le rapport du volume des apports annuels sur celui du lac.

Ainsi dans l'intervalle de cycles considérés ici, ce taux est de :

$$\begin{aligned} & \frac{V_{Po} + V_F + V_r}{V} \times 100 \\ \Rightarrow & = \frac{\frac{1}{6} (60 + 447 + 40) 10^6}{280 10^6} \times 100 \\ & = 32.5 \% \end{aligned}$$

Nous allons maintenant, pour terminer ce chapitre, donner une description schématique du fonctionnement du lac dans l'année: ceci permettra de mieux comprendre par la suite, l'étude de variation proprement-dite.

Phase 1 : Fin Juillet à mi- Octobre.

Apports :  $V_F$  : Flouve  
 $V_{P_0}$  : Précipitations  
 $V_r$  : Rejets zones irriguées.

Pertes :  $V_E$  : Evaporation  
 $V_{P_2}$  : Pompages SONEES.

Phase 2 : Mi- Octobre à mi- Février.

Apports :  $V_{P_0}$  : Précipitations ( $\sim 0$ )  
 $V_r$  : Rejets.

Pertes :  $V_E$  : Evaporation  
 $V_{P_2}$  : Pompages SONEES.

Phase 3 : Mi- Février à fin Juillet

Apports :  $V_{P_0}$  : Précipitations (réduites)  
 $V_r$  : Rejets

Pertes :  $V_E$  : Evaporation.  
 $V_{P_1}$  : Pompages C.S.S  
 $V_{P_2}$  : " SONEES.

### c.5 Modélisation:

Depuis 1977, les anciennes digues ont été rehaussées et de nouvelles construites dans la partie Nord du lac (voir fig p 30) modifiant ainsi ses

possibilités d'extension et sa capacité de remplissage par l'élimination de tout déversoir. Cela a amené les 2 chercheurs de l'ORSTOM (Cogels et Gac) à reconsidérer leurs estimations de surface et de volume faites avant ces différentes modifications en se basant sur la carte bathymétrique (à 1/50000) établie en 1966 par la SOSETER et calée sur le O IGN.

L'abaque Surfaces - Volumes en fonction des hauteurs d'eau a été établi et mathématiquement modélisé. À différentes altitudes, la surface et le volume du lac peuvent donc être calculés à partir des formules suivantes :

$$\underline{-1.75 \leq H \leq -1.51}$$

$$V = 84.089 (H+2)^{3.197}$$

$$\underline{-1.50 \leq H \leq -1.41}$$

$$V = 72.383 (H+2)^{2.981}$$

$$\underline{-1.40 \leq H \leq -1.31}$$

$$V = 56.350 (H+2)^{2.491}$$

$$\underline{-1.30 \leq H \leq -1.01}$$

$$V = 49.499 (H+2)^{2.136}$$

$$\underline{-1.00 \leq H \leq -0.81}$$

$$V = 49.684 (H+2)^{1.931}$$

$$\underline{-0.80 \leq H \leq 1.99}$$

$$V = 50.326 (H+2)^{1.857}$$

$$\underline{2.00 \leq H \leq 4.00}$$

$$V = 62.888 (H+2)^{1.692}$$

En ce qui concerne les surfaces on a :

$$\underline{-1.75 \leq H \leq -1.51}$$

$$S = 121.255 + 85.194 \ln(H+2)$$

$$\underline{-1.51 \leq H \leq -0.51}$$

$$S = 98.399(H+2)^{0.662}$$

$$\underline{-0.51 \leq H \leq 4.00}$$

$$S = 58.603 + 164.822 \ln(H+2)$$

Pour les unités  $V$  est exprimé en  $10^6 \text{ m}^3$  et  $S$  en  $\text{km}^2$ . Ces estimations ont été poussées jusqu'à la cote + 4.00 m dans la perspective à court terme de la construction de barrages de retenue sur le cours du fleuve Sénégal qui pourrait voir les digues existantes être rehaussées afin de permettre le stockage d'une réserve d'eau douce plus importante. Car la hauteur actuelle des digues au Sud et au Nord-Ouest du lac ne permet pas un remplissage au-delà de la cote + 2.25 m. IGN.

À une altitude plus élevée que la cote + 4.00 m IGN, les déversoirs potentiels seraient trop nombreux et leurs aménagements trop coûteux.

Avec les mêmes données de base que les 2 chercheurs de l'ORSTOM, par la méthode de la régression linéaire, nous sommes arrivés à des équations différentes, avec une erreur type d'estimation assez faible : 6% pour la courbe cote-surface et 14% pour la courbe



## LIST

```

1  REM PROGRAMME DE CALCUL
2  REM ECOLE POLYTECHNIQUE DE TH
   IES
3  REM ETUDE DES VARIATIONS DES
   NIVEAUX D'EAU DU LAC DE GUIE
   RS SENEGAL
4  REM PROJET DE FIN D'ETUDES
5  REM ALASSANE NDAO ET MALEYE D
   IOP
6  REM PROF :FRANCOIS TREMBLAY
10 HOME : PRINT TAB( 10)"REGRES
   SION DU NIEMR ORDRE"
20 REM FIXER LA FENETRE D ECRAN
   DE LA LIGNE TROIS A LA LIGN
   E 24
21 POKE 34,2
22 HOME
30 INPUT "DEGRE DE L 'EQUATION :
   ";D
39 REM DIMENSIONS DE A(*),R(*,*
   ),T(*) SELON LE DEGRE DE L'E
   QUATION
40 DIM A(2 * D + 1),R(D + 1,D +
   2),T(D + 2)
50 INPUT "NOMBRE DE POINTS CONNU
   S: ";N
60 A(1) = N
69 REM ENTRER LES COORDONNEES D
   ES POINTS
70 FOR I = 1 TO N
100 PRINT "X,Y DU POINT ";I;
110 INPUT " : ";X,Y
119 REM LES LIGNES 120 A 200 RE
   MPLISSENT LES MATRICES AVEC
   UN SYSTEME D EQUATIONS
120 FOR J = 2 TO 2 * D + 1
130 A(J) = A(J) + X ^ (J - 1)
140 NEXT J
150 FOR K = 1 TO D + 1
160 R(K,D + 2) = T(K) + Y * X ^ (
   K - 1)
170 T(K) = T(K) + Y * X ^ (K - 1)
180 NEXT K
190 T(D + 2) = T(D + 2) + Y ^ 2
200 NEXT I
209 REM LES LIGNES 210 A 480 RE
   SOLVENT LE SYSTEME D'EQUATIO
   NS
210 FOR J = 1 TO D + 1
220 FOR K = 1 TO D + 1
230 R(J,K) = A(J + K - 1)
240 NEXT K
250 NEXT J
260 FOR J = 1 TO D + 1
270 K = J
280 IF R(K,J) < > 0 THEN 320
290 K = K + 1
295 IF K < = D + 1 THEN 280
300 PRINT CHR$( 7);"PAS DE SOLU

```

```

310 GOTO 790
320 FOR I = 1 TO D + 2
330 S = R(J, I)
340 R(J, I) = R(K, I)
350 R(K, I) = S
360 NEXT I
370 Z = 1 / R(J, J)
380 FOR I = 1 TO D + 2
390 R(J, I) = Z * R(J, I)
400 NEXT I
410 FOR K = 1 TO D + 1
420 IF K = J THEN 470
430 Z = - R(K, J)
440 FOR I = 1 TO D + 2
450 R(K, I) = R(K, I) + Z * R(J, I)
460 NEXT I
470 NEXT K
480 NEXT J
490 HOME
495 PRINT TAB( 12) "CONSTANTE=";
      R(1, D + 2)
499 REM IMPRIMER LES COEFFICIENTS DE L EQUATION
500 FOR J = 1 TO D
510 PRINT "COEFFICIENT DE DEGRE
      "; J; " = "; R(J + 1, D + 2)
520 NEXT J
530 PRINT
539 REM CALCULER L ANALYSE DE LA REGRESSION
540 P = 0
550 FOR J = 2 TO D + 1
560 P = P + R(J, D + 2) * (T(J) -
      A(J) * T(1) / N)
570 NEXT J
580 Q = T(D + 2) - T(1) ^ 2 / N
590 Z = Q - P
600 I = N - D - 1
620 PRINT
630 J = P / Q
640 PRINT "COEFFICIENT DE": PRINT
      "DETERMINATION (R^2) = "; J
650 PRINT "COEFFICIENT DE ": PRINT
      "CORRELATION = "; SQR (J)
660 PRINT "ERREUR TYPE D'ESTIMATION = "; SQR (Z / I)
670 PRINT
679 REM CALCULER LA COORDONNEE Y POUR UNE COORDONNEE DE X DONNEE
680 PRINT "INTERPOLATION (TAPER
      0 POUR TERMINER) "
690 P = R(1, D + 2)
700 INPUT "VALEUR DE X: "; X
720 IF X = 0 THEN 790
730 FOR J = 1 TO D
740 P = P + R(J + 1, D + 2) * X ^
      J
750 NEXT J
760 PRINT TAB( 10) "Y= "; P
770 PRINT
780 GOTO 680
790 TEXT : END

```

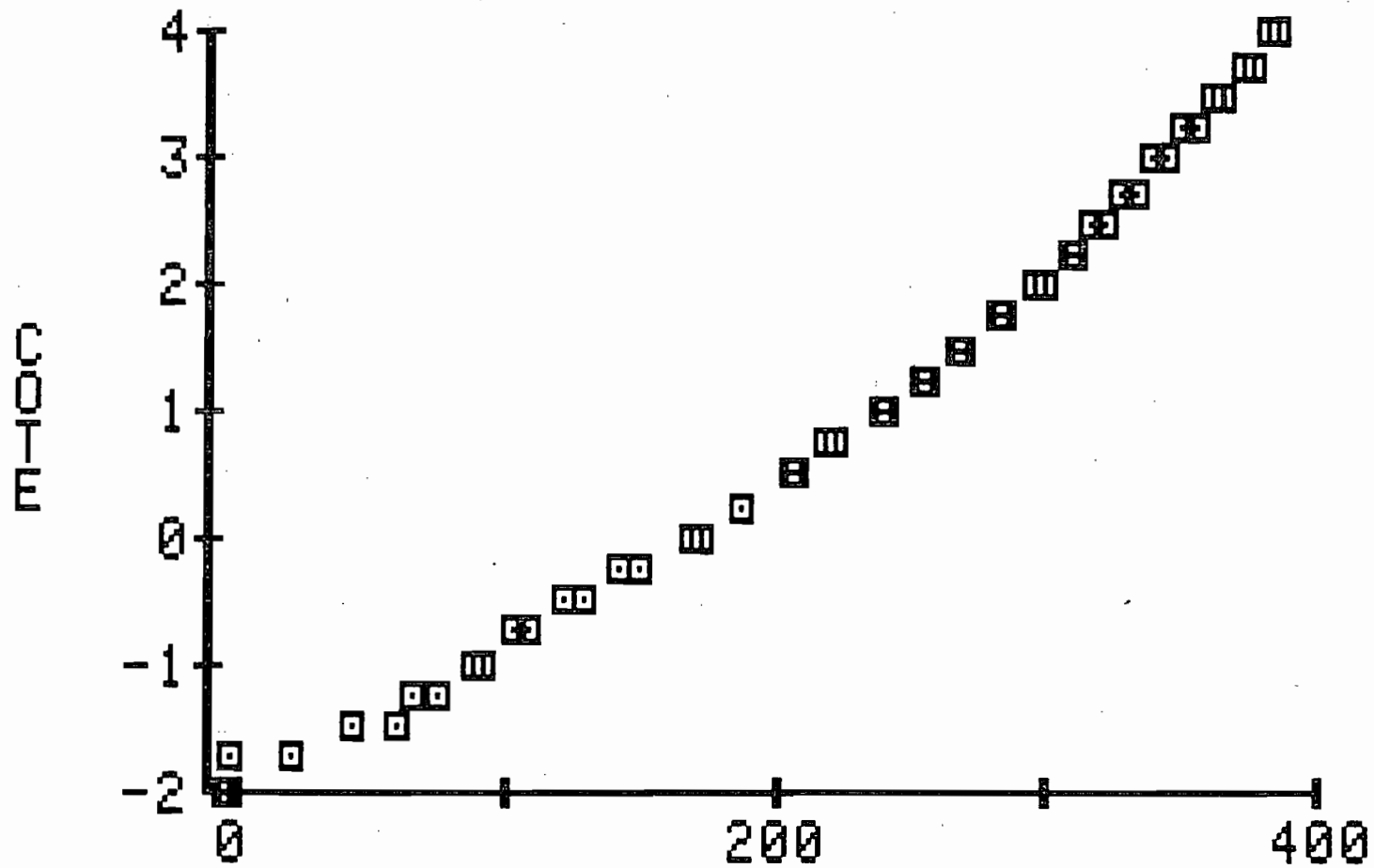
PR#6

## LAC DE GUIERS

## CALCUL DE REGRESSION LINEAIRE

COTE (IGN)	SURFACE	REG N3	REG N4	VOLUME	REG N3	REG N4
	KM CARRES			MILLIONS DE METRES C		
-2	0	39.520	-1.270	0	3.3800	-11.90
-1.750	0	34.769	21.903	0	5.3033	3.3872
-1.500	62	37.470	44.720	12.5	12.716	18.911
-1.250	76	46.679	67.097	25	25.511	35.618
-1.000	93	61.450	88.960	50	43.580	54.360
-.7500	104	80.839	110.24	75	66.815	75.895
-.5000	123	103.90	130.89	100	95.109	100.89
-.2500	144	129.69	150.85	130	128.35	129.91
8E-9	173	157.26	170.09	170	166.44	163.44
.25000	188	185.67	188.58	200	209.26	201.86
.50000	208	213.97	206.31	280	256.71	245.46
.75000	220	241.22	223.25	310	308.68	294.43
1.0000	241	266.47	239.42	332	365.06	348.88
1.2500	256	288.78	254.82	425	425.74	408.82
1.5000	268	307.20	269.47	460	490.62	474.15
1.7500	284	320.79	283.40	570	559.59	544.71
2.0000	300	328.60	296.65	633	632.54	620.22
2.2500	310	329.69	309.26	715	709.36	700.31
2.5000	316	323.11	321.29	800	789.95	784.52
2.7500	328	307.92	332.80	880	874.19	872.30
3.0000	338	283.17	343.88	972	961.98	963.00
3.2500	350	247.92	354.60	1050	1053.2	1055.9
3.5000	360	201.22	365.06	1150	1147.8	1150.1
3.7500	372	142.13	375.36	1250	1245.6	1244.7
4.0000	382	69.700	385.61	1333	1346.5	1338.8

# COTE-SURFACE DU LAC DE GUIERS



ANALYSE SELON UNE REGRESSION LINEAIRE

VALEUR DE X: 0 28

X = Valeur

Y = Coefficient

IRUN

REGRESSION DU NIEME ORDRE

DEGRE DE L'EQUATION : 3

NOMBRE DE POINTS CONNUS: 25

- X, Y DU POINT 1 : 0, -2
- X, Y DU POINT 2 : 0, -1.75
- X, Y DU POINT 3 : 12.5, -1.5
- X, Y DU POINT 4 : 25, -1.25
- X, Y DU POINT 5 : 50, -1.0
- X, Y DU POINT 6 : 75, -0.75
- X, Y DU POINT 7 : 100, -0.5
- X, Y DU POINT 8 : 130, -0.25
- X, Y DU POINT 9 : 170, 0
- X, Y DU POINT 10 : 200, 0.25
- X, Y DU POINT 11 : 280, 0.5
- X, Y DU POINT 12 : 310, 0.75
- X, Y DU POINT 13 : 332, 1.0
- X, Y DU POINT 14 : 425, 1.25
- X, Y DU POINT 15 : 460, 1.5
- X, Y DU POINT 16 : 570, 1.75
- X, Y DU POINT 17 : 633, 2.0
- X, Y DU POINT 18 : 715, 2.25
- X, Y DU POINT 19 : 800, 2.5
- X, Y DU POINT 20 : 880, 2.75
- X, Y DU POINT 21 : 972, 3.0
- X, Y DU POINT 22 : 1050, 3.25
- X, Y DU POINT 23 : 1150, 3.5
- X, Y DU POINT 24 : 1250, 3.75
- X, Y DU POINT 25 : 1333, 4.0

CONSTANTE=-1.60084596

- COEFFICIENT DE DEGRE 1 =.0102653375
- COEFFICIENT DE DEGRE 2 =-9.25430658E-06
- COEFFICIENT DE DEGRE 3 =3.57905668E-09

COEFFICIENT DE DETERMINATION (R^2) = .994696365

COEFFICIENT DE CORRELATION = .997344657

ERREUR TYPE D'ESTIMATION = .143248097

INTERPOLATION (TAPER 0 POUR TERMINER)

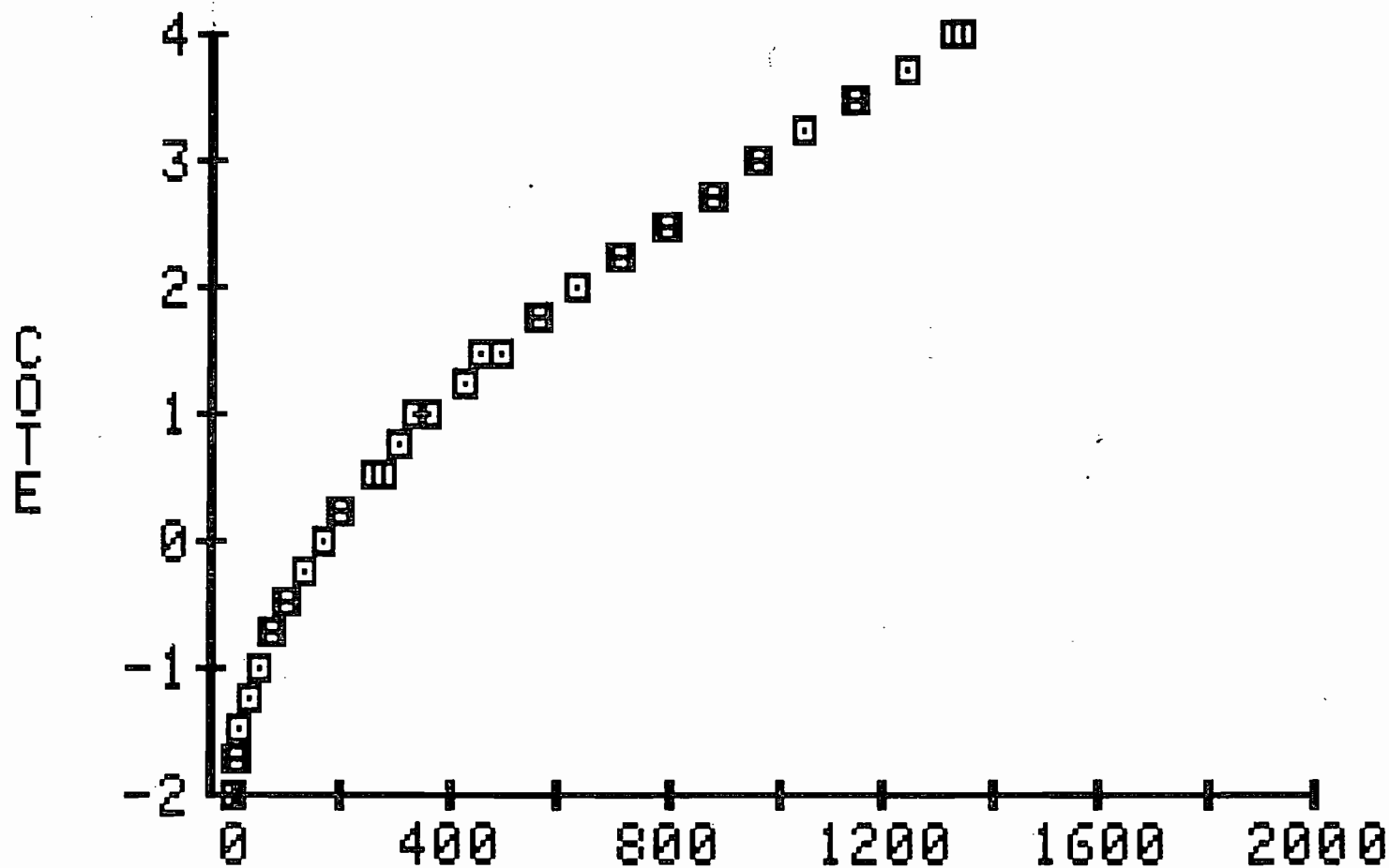
VALEUR DE X: 1333

Y= 4.11630205

INTERPOLATION (TAPER 0 POUR TERMINER)

VALEUR DE X: 0

# COTE-VOLUME DU LAC DE GUIERS



VOLUME  
ANALYSE SELON UNE REGRESSION LINEAIRE

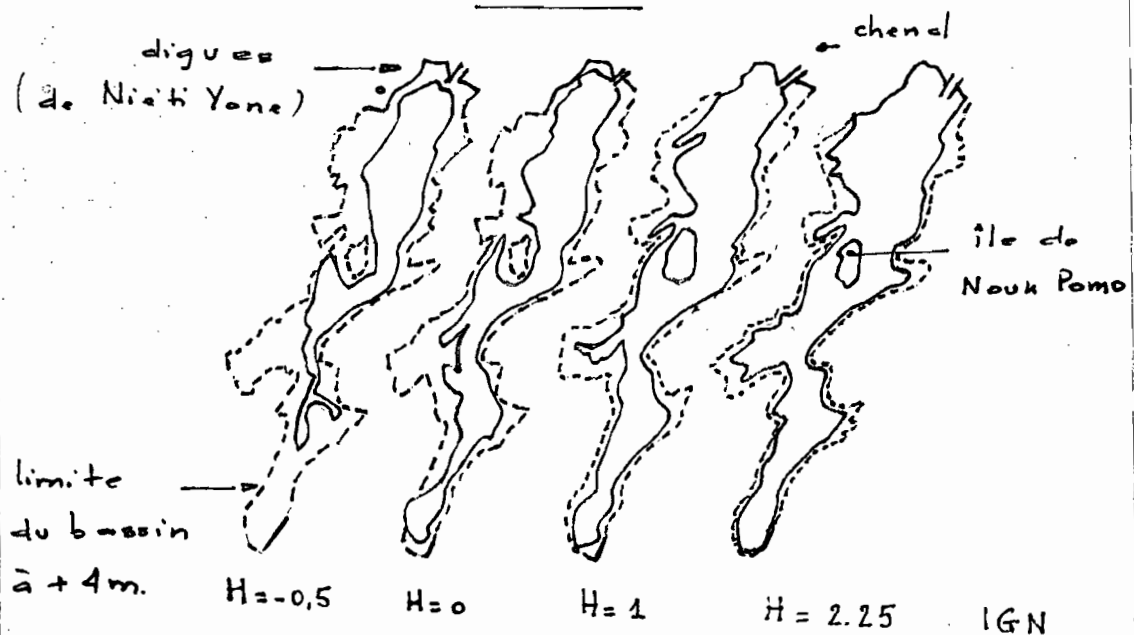
cote - volume

Voir résultats programme d'ordinateur  
ci-joints.

Il faut simplement faire remarquer que les courbes morphométriques ainsi obtenues permettent de déterminer pour toute cote du lac, les caractéristiques hydriques de ce dernier (V, S, P) qui sont la résultante du régime des apports et des pertes.

Aspects et contours du lac de Guiers  
à différentes cotes IGN (Institut  
Géographique National)

Echelle : 1/800.000.



Le lac de Guiers se subdivise en 3 régions naturelles :

— la zone Nord, limitée par les endiguements proches du chenal d'alimentation de la Toué, le seuil de Foss et la presqu'île de NOUK POMO et directement assujettie au flot de la crue du fleuve.

— la région centrale, milieu plus calme, qui s'étend jusqu'au seuil de Sigr, soumise (actuellement) aux pompages de la station de traitement des eaux de NGnith.

— la partie Sud, milieu véritablement lacustre peu profond, séparée de la vallée morte du Ferlo par le digue de Keur Momar Sarr.

Cependant chaque année, dans son comportement actuel (avant-barrage), le déséquilibre entre la courte période d'alimentation par le fleuve (2 à 3 mois) se traduit par une évolution très rapide du paysage lacustre.

C'est ainsi qu'on peut distinguer :

— le "Grand lac" à la cote hypothétique de + 4.00 m qui occuperait une superficie de 350 km<sup>2</sup>. Sa profondeur moyenne atteindrait 3.87 m et son volume serait de  $1.3 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup>.

Ce remplissage fictif ne détournerait, dans les meilleures conditions, que 6% de l'apport moyen annuel.

— Le "Grand lac" actuel correspond à la cote + 2.25 m. L'île de Nouk Pomo se réduit d'un tiers et s'éloigne à plus d'un kilomètre



des rives du lac ; quelques îlots apparaissent disséminés dans la partie méridionale :

— A la cote + 1.00 m, le retrait du lac est très net ( , la réduction de volume considérable (~ 70%) ; la grande île n'est séparée de la terre ferme que par un chenal très étroit, les bancs sableux s'individualisent au Sud.

— Lorsque le lac est au niveau de la mer, le pro- qu'île de Nouk Pama s'est reconstituée, le retrait des eaux est très marqué dans les zones Nord et centrale, les îles sableuses occupent de plus en plus d'espace dans la partie Sud dont la partie méridionale va être isolée par l'émergence du seuil de Diamenan.

— A la cote - 0.50 m, la partie Sud est en voie d'assèchement et se morcelle en une succession de petites étendues d'eau qui évoluent séparément. Dans la partie Nord et centrale, ils

seuls intermédiaires de Fass et de Sien se matérialisent de plus en plus.

— Enfin le "petit lac" qui correspond à des cotes inférieures à - 1.00 m voit les eaux se retirer de la partie centrale. Dans la phase ultime d'assèchement, le lac se réduirait à une mare terminale de moins de 4 km<sup>2</sup>.

Cette étude du cadre physique du lac trouve toute son importance dans la caractérisation de ses 3 grandes régions naturelles, dans l'établissement (dans les conditions actuelles de fonction-

nement) de nouveaux abaques relient les superficies, le volume, la profondeur moyenne du lac et la cote du plan d'eau, ainsi que dans la mesure de la précision de l'évolution des paysages lacustres et les différentes phases de retrait.

34.

Le niveau du fond moyen du lac est situé à 1.75 m en-dessous du 0 IGN. Nous donnons ci-dessous la profondeur moyenne du lac en fonction de la cote du plan d'eau observée à l'échelle de NGnith.

<u>Cote IGN <math>\pm</math> NGnith.</u> H (m).	<u>Profondeur moyenne</u> (m).
- 1.75	0.13
- 1.50	0.14
- 1.25	0.28
- 1.00	0.45
- 0.75	0.65
- 0.50	0.84
- 0.25	0.94
- 0	1.04
+ 0.25	1.17
+ 0.50	1.31
+ 0.75	1.46
+ 1.00	1.61
+ 1.25	1.78
+ 1.50	1.95
+ 1.75	2.13
+ 2.00	2.26
+ 2.25	2.42
+ 2.50	2.59
+ 3.00	2.94
+ 3.50	3.30
+ 4.00	3.67.

Remarque : Au-delà de la cote + 2.25 les digues actuelles seraient submergées.

La situation du lac n'est que la résultante des entrées et des sorties d'eau, et, suivant son état au moment de l'arrivée de la nouvelle onde de crue, l'importance du remplissage au cours de l'année  $n$ , il est possible de prévoir quelle sera sa physionomie à la fin de la saison sèche de l'année  $n+1$  en considérant des conditions climatiques sensiblement identiques aux années précédentes.

Justement dans l'intervalle des 6 cycles hydrologiques dont nous avons parlé en pages 17 et 18 à savoir de 1976 à 1982, il a été procédé de 1978 à 1982, à des relevés de profondeur moyenne maximum au moment de la crue et de profondeur moyenne minimum à la veille de l'arrivée de la crue de l'année suivante.

Les résultats qui ont été obtenus sont les suivants :

(Source: ORSTOM sér. Géol. vol XII n°1-81-82)

	1978	1979		1980		1981		1982.
	CRUE	Veille crue	Crue	Veille crue	Crue	Veille Crue	Crue	Veille Crue
PMM <sup>*</sup>	2.08		1.69		2.03		2.17	
PM <sub>m</sub> <sup>*</sup>		0.86		0.38		0.75		1.05

\* PMM : Profondeur moyenne maximum.

PM<sub>m</sub> : " " " minimum.

Cependant pour obtenir de ces résultats une courbe fiable et utile à l'avenir, nous avons utilisé la méthode de régression linéaire pour l'approcher autant que possible et coller davantage à la réalité.

Pour cela il nous a fallu bien sûr interpoler des points intermédiaires pour avoir beaucoup plus de données - le nombre de mesures que voici se révélant bien évidemment insuffisant pour pouvoir déduire quoi que ce soit.

L'ensemble de tous les points figurent dans la page suivante. Nous les avons ensuite traités sur ordinateur par la méthode citée et obtenu la courbe de la page 40 d'équation

$$Y = 2.933 X^3 - 7.264 X^2 + 6.074 X + 0.322$$

## LIST

```

1  REM PROGRAMME DE CALCUL
2  REM ECOLE POLYTECHNIQUE DE TH
   IES
3  REM ETUDE DES VARIATIONS DES
   NIVEAUX D'EAU DU LAC DE GUIE
   RS SENEGAL
4  REM PROJET DE FIN D'ETUDES
5  REM ALASSANE NDAO ET MALEYE D
   IOP
6  REM PROF :FRANCOIS TREMBLAY
10 HOME : PRINT TAB( 10)"REGRES
   SION DU NIEMR ORDRE"
20 REM FIXER LA FENETRE D ECRAN
   DE LA LIGNE TROIS A LA LIGN
   E 24
21 FOKE 34,2
22 HOME
30 INPUT "DEGRE DE L 'EQUATION :
   ";D
39 REM DIMENSIONS DE A(*),R(*,*
   ),T(*) SELON LE DEGRE DE L'E
   QUATION
40 DIM A(2 * D + 1),R(D + 1,D +
   2),T(D + 2)
50 INPUT "NOMBRE DE POINTS CONNU
   S: ";N
60 A(1) = N
89 REM ENTRER LES COORDONNEES D
   ES POINTS
90 FOR I = 1 TO N
100 PRINT "X,Y DU POINT ";I;
110 INPUT " : ";X,Y
119 REM LES LIGNES 120 A 200 RE
   MPLISSENT LES MATRICES AVEC
   UN SYSTEME D EQUATIONS
120 FOR J = 2 TO 2 * D + 1
130 A(J) = A(J) + X ^ (J - 1)
140 NEXT J
150 FOR K = 1 TO D + 1
160 R(K,D + 2) = T(K) + Y * X ^ (
   K - 1)
170 T(K) = T(K) + Y * X ^ (K - 1)

180 NEXT K
190 T(D + 2) = T(D + 2) + Y ^ 2
200 NEXT I
209 REM LES LIGNES 210 A 480 RE
   SOLVENT LE SYSTEME D'EQUATIO
   NS
210 FOR J = 1 TO D + 1
220 FOR K = 1 TO D + 1
230 R(J,K) = A(J + K - 1)
240 NEXT K
250 NEXT J
260 FOR J = 1 TO D + 1
270 K = J
280 IF R(K,J) < > 0 THEN 320
290 K = K + 1
295 IF K < = D + 1 THEN 280
300 PRINT CHR$( 7);"PAS DE SOLU

```

```

310 GOTO 790
320 FOR I = 1 TO D + 2
330 S = R(J, I)
340 R(J, I) = R(K, I)
350 R(K, I) = S
360 NEXT I
370 Z = 1 / R(J, J)
380 FOR I = 1 TO D + 2
390 R(J, I) = Z * R(J, I)
400 NEXT I
410 FOR K = 1 TO D + 1
420 IF K = J THEN 470
430 Z = - R(K, J)
440 FOR I = 1 TO D + 2
450 R(K, I) = R(K, I) + Z * R(J, I)
460 NEXT I
470 NEXT K
480 NEXT J
490 HOME
495 PRINT TAB( 12) "CONSTANTE=";
      R(1, D + 2)
499 REM IMPRIMER LES COEFFICIENTS DE L EQUATION
500 FOR J = 1 TO D
510 PRINT "COEFFICIENT DE DEGRE
      "; J; " = "; R(J + 1, D + 2)
520 NEXT J
530 PRINT
539 REM CALCULER L ANALYSE DE LA REGRESSION
540 P = 0
550 FOR J = 2 TO D + 1
560 P = P + R(J, D + 2) * (T(J) -
      A(J) * T(1) / N)
570 NEXT J
580 Q = T(D + 2) - T(1) ^ 2 / N
590 Z = Q - P
600 I = N - D - 1
620 PRINT
630 J = P / Q
640 PRINT "COEFFICIENT DE": PRINT
      "DETERMINATION (R^2) = "; J
650 PRINT "COEFFICIENT DE ": PRINT
      "CORRELATION = "; SQR (J)
660 PRINT "ERREUR TYPE D'ESTIMATION = "; SQR (Z / I)
670 PRINT
679 REM CALCULER LA COORDONNEE Y POUR UNE COORDONNEE DE X DONNEE
680 PRINT "INTERPOLATION (TAPER 0 POUR TERMINER) "
690 P = R(1, D + 2)
700 INPUT "VALEUR DE X: "; X
720 IF X = 0 THEN 790
730 FOR J = 1 TO D
740 P = P + R(J + 1, D + 2) * X ^
      J
750 NEXT J
760 PRINT TAB( 10) "Y= "; P
770 PRINT
780 GOTO 680
790 TEXT : END

```

## REGRESSION DU NIEME ORDRE

DEGRE DE L'EQUATION : 3

NOMBRE DE POINTS CONNUS: 15

X,Y DU POINT 1 : 0,0

X,Y DU POINT 2 : .038,.5

X,Y DU POINT 3 : .057,.75

X,Y DU POINT 4 : .096,1

X,Y DU POINT 5 : .125,1.125

X,Y DU POINT 6 : .154,1.25

X,Y DU POINT 7 : .375,1.692

X,Y DU POINT 8 : .452,1.75

X,Y DU POINT 9 : .5,1.807

X,Y DU POINT 10 : .625,1.923

X,Y DU POINT 11 : .75,2

X,Y DU POINT 12 : .875,2.096

X,Y DU POINT 13 : 1,2.173

X,Y DU POINT 14 : 1.125,2.211

X,Y DU POINT 15 : 1.278,2.25

CONSTANTE=.321610369

COEFFICIENT DE DEGRE 1 =6.07450767

COEFFICIENT DE DEGRE 2 =-7.26392001

COEFFICIENT DE DEGRE 3 =2.93314253

COEFFICIENT DE

DETERMINATION (R^2) = .963540806

COEFFICIENT DE

CORRELATION = .981601144

ERREUR TYPE D'ESTIMATION = .149733205

INTERPOLATION (TAPER 0 POUR TERMINER)

VALEUR DE X: .038

Y= .542113507

INTERPOLATION (TAPER 0 POUR TERMINER)

VALEUR DE X: .375

Y= 1.73273943

INTERPOLATION (TAPER 0 POUR TERMINER)

VALEUR DE X: .75

Y= 2.02895562

INTERPOLATION (TAPER 0 POUR TERMINER)

VALEUR DE X: 1.278

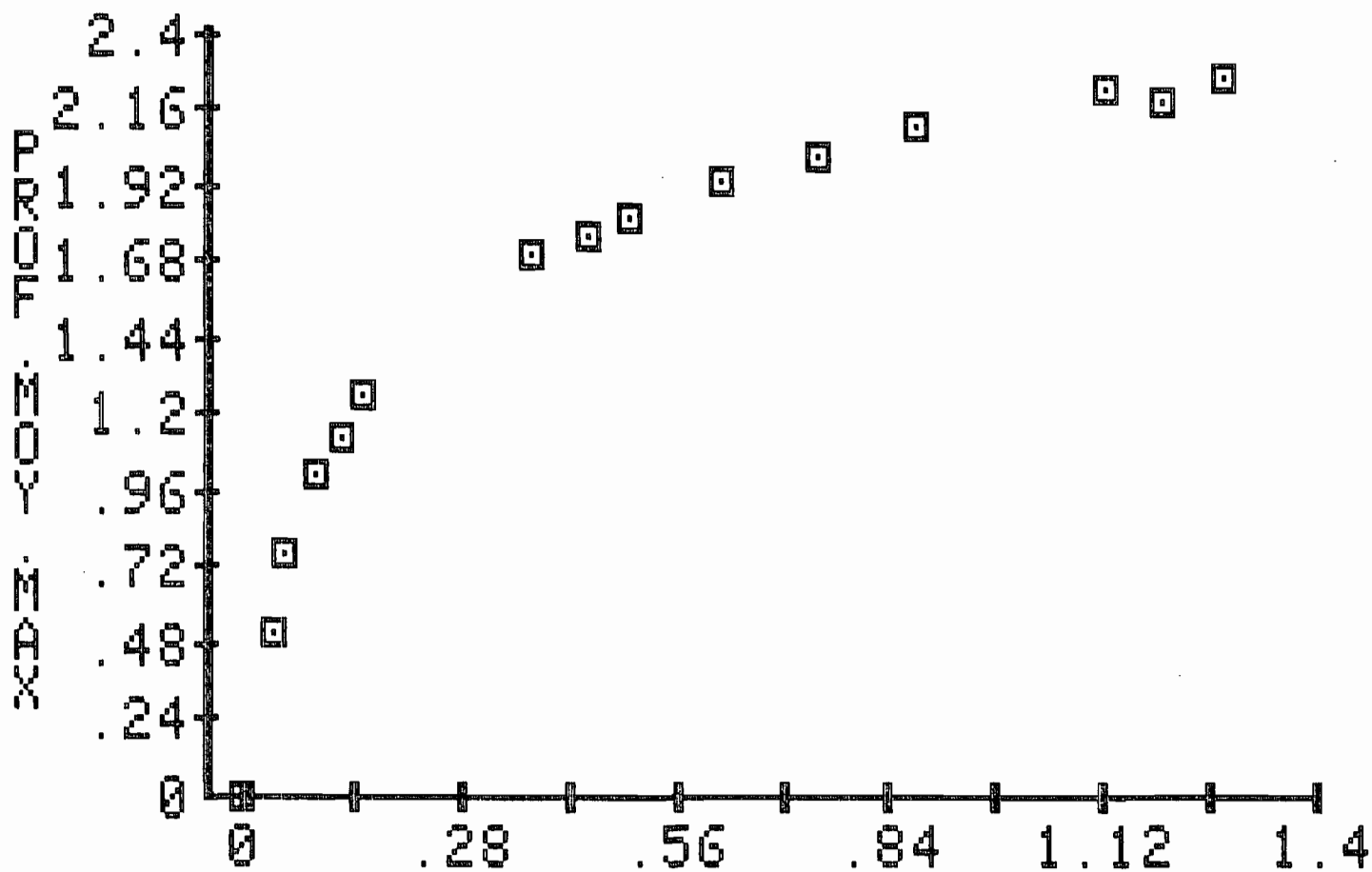
Y= 2.34324364

INTERPOLATION (TAPER 0 POUR TERMINER)

VALEUR DE X: 0

$$Y = 2.933 X^3 - 7.264 X^2 + 6.074 X + 0.322$$





PROF. MOY. MIN  
 RELATION ENTRE LA PMM. (M) A LA CRUE  
 N ET PPMIN. A LA VEILLE DE L'ANNEE N+1

## c.6 Réalisation et rectification des digues du fleuve.

### a. Importance des digues.

La nécessité de ces digues se justifie d'abord par la topographie du bassin versant dans la zone du delta et de la basse vallée donc dans celle du barrage de Diama. En effet la vallée y est peu encaissée, le relief relativement plat ce qui ne permet pas une bonne retenue des eaux sans aménagement de digues aptes à faire monter le niveau des eaux et à étendre le lit du fleuve. Nonobstant ces effets bénéfiques sur la retenue (réduction considérable des pertes en particulier), on peut aussi voir l'aménagement de ces digues sous l'angle purement protection des cultures riveraines (et des populations) contre les inondations.

En outre, pour respecter la cote d'exploitation des barrages et par là même assurer un bon remplissage du lac de Guiers dans le cas qui nous concerne, ces digues s'avèrent plus que nécessaires. Car si on voulait exploiter le barrage à la cote  $+1.50$  IGN, on se retrouverait en fait réellement avec la cote  $+0.8$  IGN, si jamais ces digues n'étaient pas édifiées. Ceci constituerait alors une pente de  $47\%$  sur la retenue voulue ce qui est net-

tement préjudiciable au remplissage des dépressions, sans parler des problèmes de rentabilité du barrage qui sont en jeu.

## b. Hauteurs des digues à respecter

### 1. Endiguement rive gauche (côté Sain.)

Il est prévu la réhabilitation de l'endiguement existant depuis 1964 et qui s'étend de Gorom jusqu'à Thiagar, avec son exhaussement pour le mettre aux cotes compatibles avec l'aménagement du barrage de Diama à savoir la ligne d'eau centennale ( $Q = 5.250 \text{ m}^3/\text{s}$ ) calculée avec le modèle mathématique compte tenu des endiguements futurs, plus une revanche de 1m environ. La surélévation sera ainsi de l'ordre de 0.80 à 0.80 m pour l'ensemble de la digue existante, et sur une longueur de 87 km.

#### — Coupe - type :

La coupe - type est donnée dans la figure ci-jointe. Le profil adopté correspond à une digue de talus 3/1 côté fleuve (amont) et de talus 2/1 côté terre pour une largeur en crête de 6m avec parfois une surlargeur dans les sections vulnérables à l'érosion.

#### — Protection amont :

La surlargeur de 2.00 m, par rapport à la largeur en crête de 6m généralement prévue,

peut être considérée comme une protection contre les vagues dans les zones courantes des digues.

Au droit des ouvrages existants, la digue sera équipée d'une protection amont par chape de mortier (100 m environ de part et d'autre)

Enfin dans les rives concaves, une nouvelle sur largeur de 2.00 m de remblai assurera la protection amont.

### 2. Endiguement rive droite (côté Mauritanie)

De ce côté, il est prévu, en dehors de la surélévation de 0.70 m sur une longueur de 13 km de la digue existante autour de la plaine amont de Rosso. Mauritanie, un endiguement d'une hauteur moyenne de 2.30 m sur une longueur de 87 km depuis Diama pratiquement jusqu'à la ville de Rosso

Il faut dire qu'en ce qui concerne ce dernier projet, deux variants ont été examinés:

#### — Endiguement submersible:

Ce projet est composé de digues submersibles discontinues, mises en place lorsque le terrain naturel se situe en-dessous de la cote + 1.75m

La cote d'arase des digues est fixée uniformément à + 2.50 m avec une largeur en crête de 6.00 m et des talus au fruit de 3/1 à l'exclusion d'un tronçon de 4 km sur le débouché de N'Diadié qui porterait la route prévue.

— Endiguement insubmersible :

Cet endiguement est continu depuis Diama jusqu'à son raccordement avec la digue du casier de M'POURIE' (90 km environ). Les principes de construction seront les mêmes que ceux retenus pour la réhabilitation des digues rive gauche. La largeur théorique est portée à 11 m si la digue supporte la route. (Diama - Nouakchott).

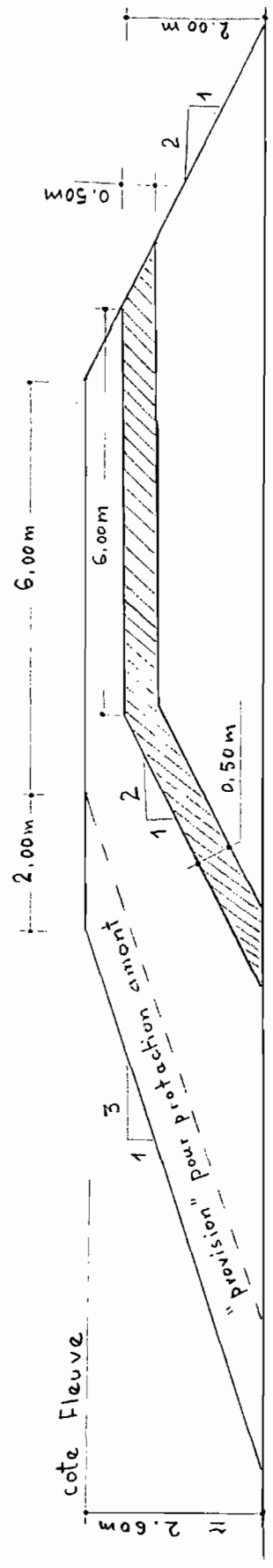
— Choix d'une variante.

Les multiples avantages que l'endiguement insubmersible offre conduisent à penser que c'est le type de variante qui sera probablement choisi. En effet les estimations font ressortir que celui-ci est nettement moins coûteux que l'endiguement submersible à cause du prix très élevé, par rapport à celui des remblais, des protections que ce dernier nécessite.

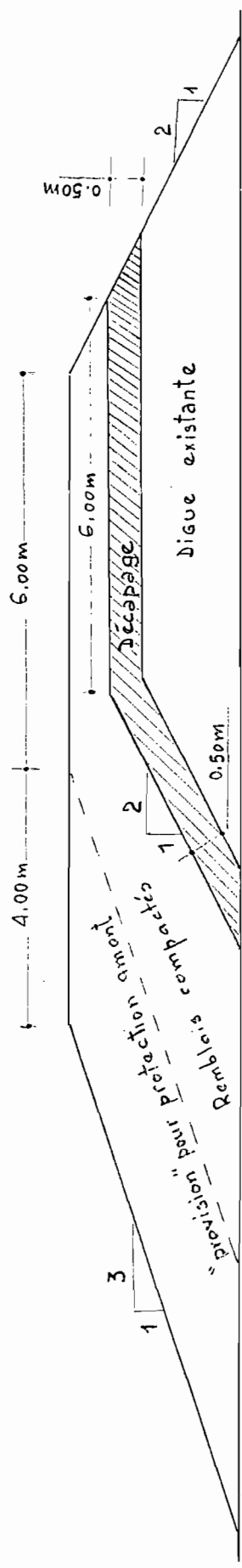
Il présente en outre deux autres avantages importants, car il permet de :

- supporter sur 42 km la future route de liaison Saint-Louis - Nouakchott.
- surélever sans travaux complémentaires la cote d'exploitation du plan d'eau à 2.50 m.

# PROFIL TYPE DIGUE



# COUPE TYPE COURANTE



# COUPE TYPE RENFORCEE

## c.7. Etude proprement-dite des variations

Cette étude consiste en la détermination des différentes cotes du lac suivant chaque mois de l'année.

Pour cela il nous a fallu bien sûr connaître les prélèvements et les apports, du lac dans chaque mois. Les prélèvements se composent essentiellement de l'irrigation, de l'évaporation et de l'alimentation en eau de Dakar. Quant aux apports ils sont surtout présents aux mois de Juillet - Août - Septembre.

— Les données mensuelles de l'évaporation ont déjà été présentées dans le tableau de la page 12.

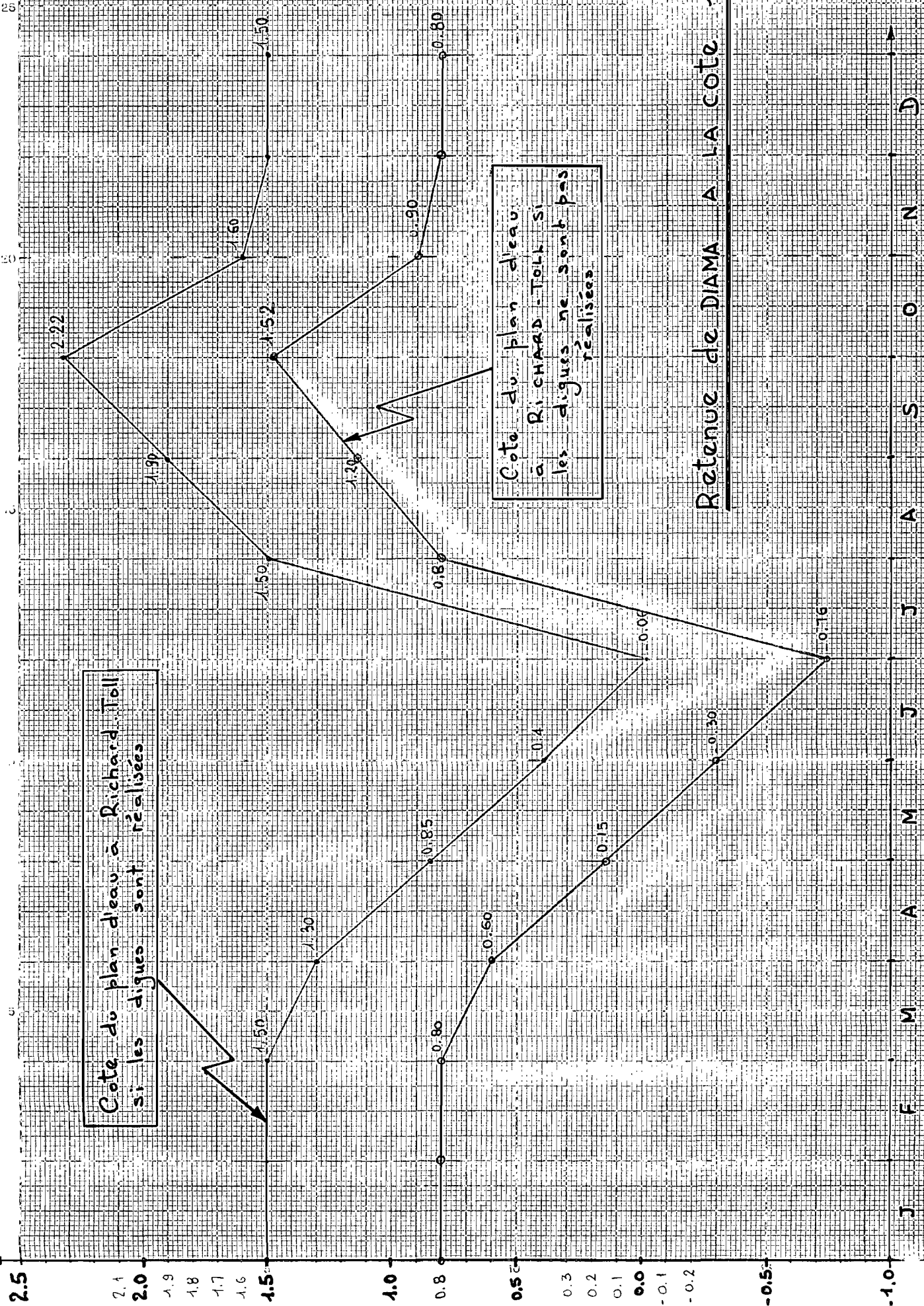
— Quant aux apports, la pluviométrie de la région du lac est tombée, après la sécheresse à environ 250 mm/an.

Si on sait que 1mm de pluie tombée équivaut, de façon simpliste, à 1 litre par mètre-carré ( $m^2$ ) de surface, on peut facilement estimer le volume d'eau de pluie reçu par le lac pendant les 3 mois de saison des pluies.

Toujours pour simplifier nos calculs, nous avons considéré la pluie également répartie sur ces 3 mois.

Dans notre étude, nous avons envisagé suc-

Cote IGN en m



Cote du plan d'eau à Richard Toll si les digues sont réalisées

Cote du plan d'eau à RICHARD-TOLL si les digues ne sont pas réalisées

Retenue de DIAMA A LA cote 1.50 IGN



cessivement le cas où le barrage de Diama est exploité à la cote + 1.50 (digue mauritanienne réalisée) et celui où cette exploitation se fait à la cote + 2.50 m IGN

1. Exploitation du barrage de Diama à la cote + 1.50 IGN.

Mois	Cote du plan d'eau à R-T.	Cote de l'eau au lac.
Janvier	1.50 m IGN	1.50 m IGN
Février	1.50 m IGN	1.50 m IGN
Mars	1.40 m IGN	1.40 m IGN
Avril	1.08 m IGN	1.08 m IGN
Mai	0.63 m IGN	0.63 m IGN
Juin	0.18 m IGN	0.16 m IGN
Juillet	0.72 m IGN	0.72 m IGN
Août	1.70 m IGN	1.70 m IGN
Septembre	2.06 m IGN	2.06 m IGN
Octobre	1.91 m IGN	1.91 m IGN
Novembre	1.55 m IGN	1.55 m IGN
Décembre.	1.50 m IGN	1.50 m IGN

Les prélèvements qui ont servi aux calculs sont les suivants :

- Canal Cayer :  $5 \cdot 10^8 \text{ m}^3/\text{an.}$
- Agriculture (SAED + SENDA + cultures trad.) :  $1.125 \cdot 10^8 \text{ m}^3/\text{an.}$
- Bitail :  $1.4 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{an.}$
- SONEES :  $2.25 \cdot 10^8$  —

NB : La consommation de l'agriculture est estimée en considérant une surface irrigable de 7500 ha. à raison de  $15000 \text{ m}^3/\text{ha.}$

$$\Rightarrow 15000 \frac{\text{m}^3}{\text{ha}} \times 7500 \text{ ha} = 1.125 \cdot 10^8 \text{ m}^3/\text{an.}$$

La consommation totale s'élève alors à :  
 $(5 \cdot 10^8 + 1.125 \cdot 10^8 + 1.4 \cdot 10^6 + 2.25 \cdot 10^8) = 8.389 \cdot 10^8 \text{ m}^3/\text{an.}$   
 soit une consommation moyenne mensuelle de :  
 $\underline{70 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{mois}}$

Remarque : Comme on peut le constater, le niveau du lac de Guiers n'est jamais supérieur à celui du plan d'eau à Richard-Toll. Tout au plus, lui est-il égal à certains mois de l'année. Les vannes du pont-barrage ne seront donc jamais fermées dans l'année.

Ceci s'explique par le faible volume initial emmagasiné, à cette cote, et à l'importance des prélèvements. Les pompes se font en quelque sorte à partir du fleuve, le lac ne constituant qu'un passage obligé.

NB : Les cotes ont été calculées pour le 1<sup>er</sup> du mois

2. Exploitation du barrage de Diama à  
la cote de + 2.50 m IGN

Mois	Cote du plan d'eau à R.T.	Cote de l'eau au lac.
Janvier	2.50 m IGN	2.50 m IGN
Février	2.46 m IGN	2.46 -
Mars	2.22 m IGN	2.22 -
Avril	1.71 m IGN	1.72 <sup>***</sup> -
Mai	1.11 m IGN	1.15 <sup>***</sup> -
Juin	0.41 m IGN	0.51 <sup>***</sup> -
Juillet	0.75 m IGN	0.75 -
Âût	1.10 m IGN	1.70 -
Septembre	2.08 m IGN	2.08 -
Octobre	1.91 m IGN	1.91 -
Novembre	2.05 m IGN	2.05 -
Décembre.	2.50 m IGN	2.50 -

\*\*\* : Mois de fermeture (cote du lac supérieure à celle du fleuve).

Les prélèvements qui ont servi aux calculs sont les suivants :

- Canal du Coyer :  $5 \cdot 10^8 \text{ m}^3 / \text{an.}$
- Agriculture ( SAED + SENDA + ag. trad. ) :  $2.25 \cdot 10^8 \text{ m}^3 / \text{an.}$
- Bétail :  $1.4 \cdot 10^6 \text{ m}^3 / \text{an.}$
- SONEES :  $2.25 \cdot 10^8 \text{ m}^3 / \text{an.}$

NB : Les besoins d'irrigation de l'agriculture sont estimés en considérant une surface maximum irrigable de 15000 ha, à raison de  $15000 \text{ m}^3 / \text{ha.}$

La consommation totale serait alors de :

$$5 \cdot 10^8 + 2.25 \cdot 10^8 + 1.4 \cdot 10^6 + 2.25 \cdot 10^8 = 9.514 \cdot 10^8 \text{ m}^3 / \text{an}$$

soit une consommation moyenne mensuelle

$$\text{de : } \underline{79 \cdot 10^6 \text{ m}^3 / \text{mois}}$$

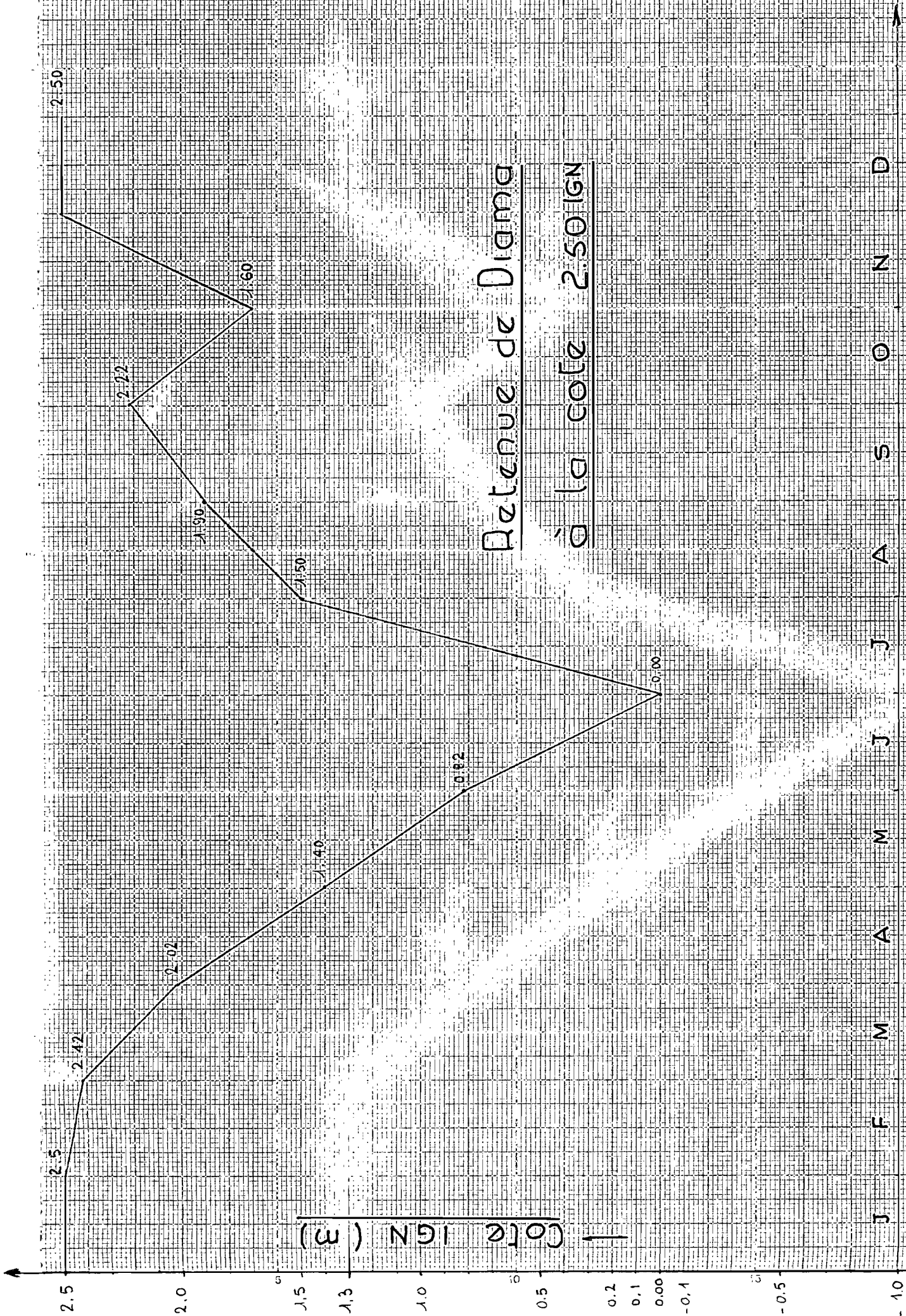
Remarque : Dans ce cas-ci, le niveau du lac de Guiers n'est supérieur à celui du plan d'eau à Richard-Toll qu'aux mois d'Avril, Mai et Juin. Les vannes du pont-barrage de Richard-Toll seront donc fermées au cours de ces 3 mois.

### 3. Exploitation à la cote + 0.8 IGN

Nous avons envisagé ce cas car c'est la cote réellement obtenue à Diama, si on désirait exploiter le barrage à la cote + 1.50

sans que la digue mauritanienne ne soit réalisée.

Mois.	Cote du plan d'eau à R.T	Cote de l'eau au lac Guiers
J	0.8 m IGN	0.8 IGN
F	0.8 -	0.8 -
M	0.7 -	0.7 -
A	0.38 -	0.39 -
M	-0.07 -	0.08 -
J	-0.54 -	-0.27 -
J	0.02 -	0.02 -
A	1.00 -	1.00 -
S	1.36 -	1.36 -
O	1.21 -	1.21 -
N	0.85 -	0.99 -
D	0.8 -	0.84 -



Retenue de Diamé  
à la cote 2.50IGN

Cote IGN (m)

Remarque: On constate cependant que la situation reste la même que par rapport à la cote + 1.50 IGN, c'est-à-dire sans fermeture à aucun mois de l'année.

Nous signalons aussi que sans la construction de cette fameuse digue rive droite, toute exploitation du barrage à la cote 2.50 IGN est impossible.

Nous précisons en outre que nous n'avons pas tenu compte des prélèvements de la CSS dans nos estimations car elle devrait désormais pomper directement à partir du fleuve.

## D. Impacts sur l'environnement

Avec la construction des barrages de Diama et de Manantali, la perturbation du contexte hydrologique du lac aura sans doute beaucoup de conséquences, tant sur le plan de l'écosystème que sur celui de son microsystème en particulier le microsystème biologique.

Ces conséquences peuvent être de toutes sortes : développement de maladies parasitaires, pollution, inondation, mais aussi pour être moins pessimiste, le développement attendu de l'agriculture, de la pêche, etc. etc

Dans ce chapitre, nous allons simplement nous contenter de les énoncer, en les expliquant au mieux, renvoyant au chapitre "Recommandations" à venir, les mesures à prendre pour atténuer, à défaut de pouvoir les annihiler, les effets de celles les plus indésirables.

### D.1. Maladies parasitaires:

L'après-barrage correspond comme nous l'avons déjà dit, à une importante réserve d'eau en permanence dans le lac. Cette stagnation des eaux favorise comme on le sait le développement de toutes sortes de maladies.

Dans la situation actuelle, c'est à dire avant les barrages, par contre la forte variation



annuelle du niveau du plan d'eau réduit toute possibilité de prolifération des maladies.

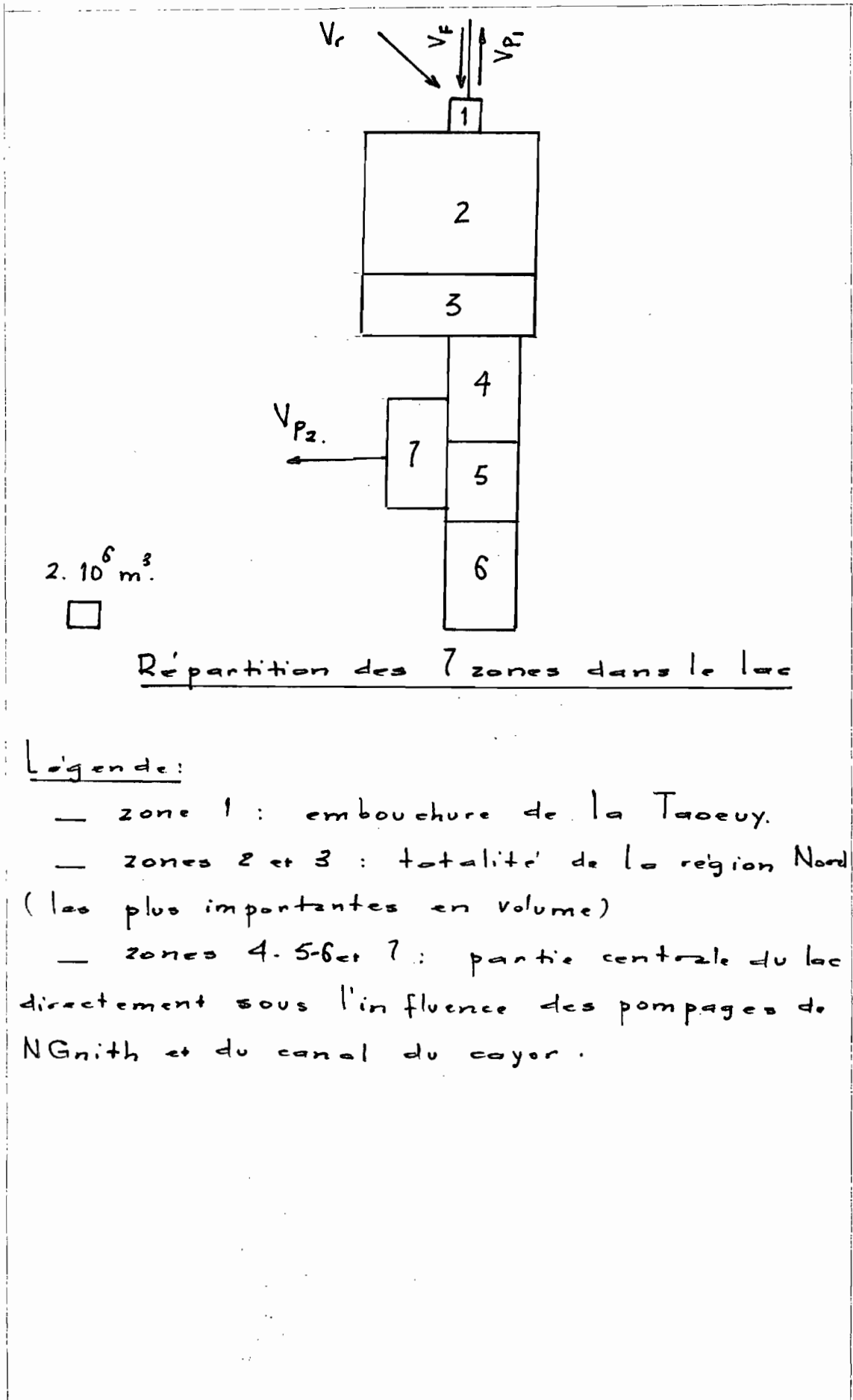
En outre, avec les différents aménagements hydroagricoles prévus dans la zone après l'érection de ces barrages, les déplacements de populations et l'attrait de main-d'œuvre étrangère, vont entraîner l'immigration de populations pouvant venir de zones infestées en amont du lac.

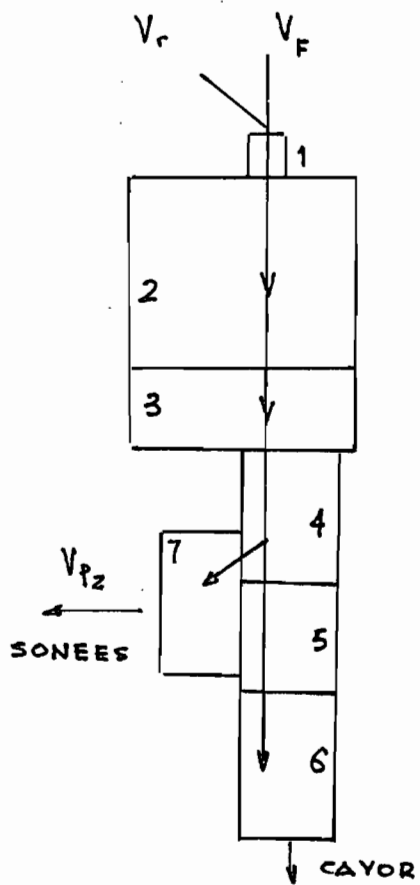
### 0.2. Circulation des eaux et pollution :

Les rejets des terres irriguées de la Compagnie Sucrière Sénégalaise seront essentiellement responsables de la pollution du fleuve et partent de celle du lac dont il assure le remplissage. Ceci accroît bien sûr les risques de développement des maladies parasitaires avec la disponibilité en permanence d'importantes quantités d'eau dans le lac, comme nous vous l'avons dit précédemment.

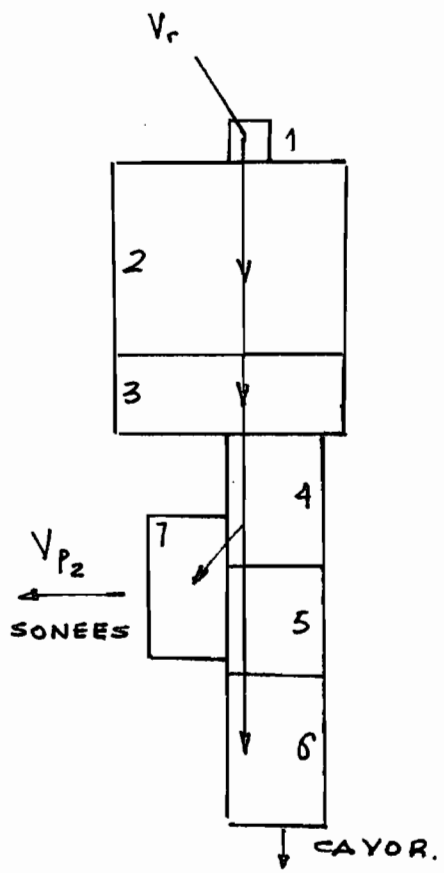
Pour illustrer notre propos, à savoir la "propagation" de la pollution dans le lac, nous proposons dans ce qui suit une étude sur la circulation des eaux du lac dans sa situation actuelle d'évolution.

Afin de mieux saisir l'importance du flux et du reflux des masses d'eau dans l'ensemble du lac, le plan d'eau a été subdivisé en 7 zones comme le montre le schéma qui suit





Phase 1: Remplissage.



Phase 2:  $V_{P2} +$   
cancel Cayor.

### D.3. Développement de l'agriculture et de la pêche.

L'agriculture traditionnelle autour du lac s'est toujours limitée, par le passé, à la culture sous-pluie. Cette dernière décennie a vu cependant (sécheresse, c'est-à-dire déficit pluviométrique oblige), des tentatives de reconversion dans les cultures de décrue.

Nous nous autorisons donc à croire qu'avec les barrages, on devrait mobiliser toutes les ressources en eau y compris par conséquent le lac pour irriguer le maximum de terres possibles. Nous pensons en particulier aux sols situés sur la rive Ouest du lac et incluent la cuvette de Nder, la zone inondable dans la partie Nord (exploitable en riziculture), sans compter les expansions notables de la C.S.S et de la SAED notamment dans la rive Est du lac et autour de la Teoue, et le développement probable du maraîchage.

Quant à la pêche, l'accroissement du potentiel de recharge après la construction du barrage de Diamakora portera la superficie moyenne du lac à 27000 ha, ce qui créera de nouveaux habitats aquatiques engendrant un accroissement de la biomasse ichthyologique et une augmentation de la récolte annuelle potentielle. Celle-ci atteindra 2.700 tonnes de poisson, soit un gain annuel de 500 tonnes par rapport à la situation précédente.

Bien sûr cette cohabitation d'activités<sup>si</sup> diverses ne manquera pas d'engendrer des conflits sociaux de toutes sortes. Des conflits d'intérêt en particulier entre éleveurs - agriculteurs ; éleveurs - agricultures - agro-industries etc. Cette même propension aux activités multiples, pourrait justement rendre « élatrice » l'existence de pâturages aptes à promouvoir un développement véritable de l'élevage dans la zone.

Cette idée nous amène à penser que l'élevage pourrait être l'un des éléments susceptibles de subir les contre coups inévitables des bonnes conditions d'évolution du lac après les barrages, pour ne pas dire tout bonnement qu'il serait traité en parent pauvre.

#### D.4. Impact sur les terres riveraines :

C'est assurément là l'un des points les plus importants et les plus originaux de notre étude. Car s'il est essentiel de bien maîtriser les variations du plan d'eau du lac pour que ses différents utilisateurs sachent chacun en ce qui le concerne à quoi s'en tenir, il est tout aussi important de déterminer l'impact de ces "oscillations" sur les terres riveraines.

La délimitation des zones d'inondation (puisque c'est là le phénomène le plus déterminant auquel nous avons pensé) est clairement montrée sur la carte (incomplète il est vrai) du

lac. Il faut dire qu'on ne devrait pas craindre pour des inondations catastrophiques même pour une cote de remplissage de +2.5 IGN car le lit du lac est relativement encaissé par rapport à ses environs immédiats. En outre jusqu'ici le lac n'a jamais dépassé la cote +2.25 m IGN. C'est dire que à l'après-barrage, même avec la cote maximale d'exploitation de +2.50 on est en droit de ne pas s'attendre à de telles inondations et que juste une redistribution des terres riveraines permettrait de résoudre au moins en partie le problème.

Ces inondations "douces" si on peut les appeler ainsi, permettraient même d'exploiter certaines terres comme pâturages à défaut de pouvoir les utiliser comme terres de labour.

Dans le même souci de ne pas être pris au piège de ces inondations, la tendance très connue et hélas très souvent partagée des paysans à trop s'approcher du lac devrait être empêchée; les cultures aux terrains appropriés étant irriguées par drains ou par canaux à partir du lac.

## E. Conclusion globale à l'étude.

L'étude du cadre physique du lac de Guiers, la compréhension de son fonctionnement hydrologique et l'analyse de quelques unes des situations (les plus importantes) qu'il a connues dans un passé récent et qu'il continue d'ailleurs de connaître, nous ont permis de faire ressortir les points suivants:

— les études de variation du niveau d'eau du lac nous ont servi à mieux appréhender les nouveaux cycles hydrologiques du lac selon les cotes d'exploitation de la retenue de Diama.

En effet avant les barrages, les vannes du pont-barrage de Richard Toll étaient ouvertes du 20 Juillet au 20 Novembre chaque année. Il en sera tout autrement après les barrages.

Car à la cote d'exploitation + 1.5 IGN au niveau de Diama, la fermeture des vannes ne se fera plus à aucun mois de l'année.

Rappelons que cette cote d'exploitation suppose au préalable l'édification de la digue rive droite (côté Mauritanie) du fleuve.

S'il n'en n'était pas ainsi, cette exploitation ne pourrait se faire qu'à la cote 0.8 IGN. Dans ce cas, on observerait les mêmes at-

titudes qu'à la cote 1.5 IGN, à la différence près que, évidemment, le volume stocké dans le lac serait assez nettement inférieur.

À la cote + 2.5 IGN, par contre, cette fermeture devrait se faire, toujours d'après nos estimations, durant les 3 mois suivants : Avril, Mai et Juin.

— Il nous reste à déterminer les modes de drainage des terres riveraines.

Comme nous l'avons dit, les zones d'inondation contraignent à délimiter les espaces contigus au lac et irrigables, dont il s'agit de déterminer dès lors les modes de drainage. Selon la topographie du terrain, on peut être amené à opter pour la solution d'irrigation par canaux ou par drains. De même qu'on peut se voir 'obliger', si aucune de ces alternatives n'est satisfaisante, de retenir donc de rehausser localement le niveau de l'eau pour pouvoir résoudre le problème. Une étude économique sérieuse serait à ce titre, déterminante pour décider définitivement de l'option à retenir.

— Enfin, l'alimentation en permanence du lac de Guiers permettra de disposer d'un véritable réservoir d'eau douce pour la satisfaction de la demande en eau potable de quelques grandes agglomérations ; ceci est d'autant plus important que les nappes, lors-



qu'elles ne sont pas facilement accessibles, sont en général également très salées. Cette situation grave et inquiétante, résulte de pompages excessifs que ces nappes subissent et des retombées parfois insoupçonnées de la sécheresse sous forme d'intrusion marine.

Pour terminer, nous voudrions simplement nous permettre, de rendre un hommage mérité aux perspicaces chercheurs de l'OR.S.T.O.M dont le travail remarquable qui a conduit à la modélisation mathématique du comportement physique du lac, nous a beaucoup servi dans notre étude.

## F. Recommandations.

Les projets d'aménagement futurs du lac de Guiers, ne manqueront certainement pas de créer à court et moyen terme des perturbations tant au niveau naturel qu'humain.

Ceci nous incite à préconiser les recommandations suivantes :

— Compte tenu des données et modèles de gestion disponibles, il serait judicieux de gérer quantitativement le milieu. Qu'est-ce à dire ? Il s'agirait de définir une politique adéquate dans le but de sauvegarder équitabement les intérêts en présence : cultures, alimentation en eau par la SONEES, pêche, irrigation.

Une telle politique permettrait :

— de mettre fin, ou du moins d'atténuer la dégradation de la qualité des eaux du lac, qui met sérieusement en danger leur capacité productive

— de supprimer les graves effets négatifs que pourraient avoir les aménagements du fleuve sur la santé publique et en matière de pollution des eaux

— de satisfaire au mieux les populations environnantes.

— Nous avons fait état de multiples conflits d'intérêts, qui pourraient s'aggraver, entre

d'éleveurs - agriculteurs, éleveurs - agriculteurs - agroindustries, etc. Parce que ces conflits risquent de s'exacerber, alors que justement il est possible de les éviter, ou de les atténuer, nous recommandons, la parfaite intégration des activités de ces groupes, en :

— créant des zones de parcours du bétail et des territoires de cultures

— coordonnant le calendrier culturel des agriculteurs au calendrier pastoral des éleveurs

— Il nous apparaît également souhaitable d'ériger la région du lac en "zone d'intérêt rural" dans le but de privilégier davantage les activités de cultures.

— En ce qui concerne les problèmes de santé à venir suite aux barrages, la vigilance devrait être redoublée quant à une politique sanitaire de prévention et de suivi des populations locales.

— Nous estimons aussi nécessaire une concertation étroite entre tous les futurs utilisateurs du lac au sujet de leurs pompages respectifs. Dans ce même souci, tous les services et organismes, qui possèdent des données sur le lac (et même sur la basse vallée du Ferlo) devraient se communiquer mutuellement les références, pour une meilleure connaissance et partant une meilleure "gestion" du lac.

— Il nous est apparu non moins nécessaire de mettre sur pied une cellule de contrôle des eaux du lac. Celle-ci aurait pour tâche de veiller à ce que les rejets d'eaux salées se fassent en dehors du lac afin de ne pas pénaliser les agriculteurs et les autres usagers

— Enfin, l'instauration d'un débat sur "qui fait quoi et que fait qui" autour du lac, et sous les auspices d'un comité de gestion avec l'Etat comme arbitre et tous les utilisateurs principaux comme membres, devrait avoir le mérite de situer le rôle de chacun et de tous, et de mettre un peu "d'ordre" dans l'exploitation

— Bien sûr, nous ne saurions terminer nos recommandations, sans apporter notre modeste contribution à la lutte contre l'évaporation phénomène terrible qui prive le lac de 79 % de son volume par an et dont les effets s'accroissent avec la sécheresse persistante.

— Eh bien, on réduirait cette évaporation de moitié en répondant, sur la surface du plan d'eau, un film mince d'alcool cétylique qui ne s'opposerait en rien à la dissolution de l'oxygène de l'air dans la masse liquide. Des expériences semblables ont été poursuivies au Texas (U.S.A) notamment et en Israël (où l'évaporation qui atteignait 1,50 m/an, serait réduite de 30 à 50% à la suite d'utilisation

d'hexadécanol.

— Une autre solution consisterait en l'implantation d'une digue à Sier pour diminuer la surface évaporante, laissant, à des drains aménagés convenablement selon la topographie du terrain, le soin d'alimenter les populations aval.

## Bibliographie.

1 — I.S.E. COLLOQUE MAI 1983 : Le lac de Guiers : problématique d'environnement et de développement.

2 — EPT. AUPELF COLLOQUE INTERNATIONAL COMMUNIQUE DE MRS COGELS et GAC : les barrages en terre et le développement des zones rurales en AFRIQUE EPT du 11 au 16 Avril 1983

3 — J.P. CARMOUZE : La régulation hydrogéochimique du lac Tchad, 1<sup>ère</sup> édition, ORSTOM 1976

4 — MAURICE PARDE : Fleuves et rivières, 5<sup>e</sup> édition Librairie Armand Collin, 1933

5 — PIERRE MICHEL : Les bassins des fleuves SENEGAL et GAMBIE, étude géomorphologique, Tome 1, 1<sup>ère</sup> édition, ORSTOM, Paris 1973

6 — D. IBIZA : Mesures de l'évaporation d'un lac en climat sahélien : Lac Bam (premiers résultats), cahier ORSTOM, série Hydrologie, volume 1X, n° 3, ORSTOM, 1972

7 — Journal le "SOLEIL", n° 3898 du 28 Avril 1983, DIRECTION TECHNIQUE DE LA SONEES, Approvisionnement en eau de Dakar perturbé en Juin.

8 — COGELS et GAC : Le lac de Guiers : fonctionnement et bilans hydriques. Évaporation

d'une nappe d'eau libre en zone sahélienne (Sénégal), 1<sup>ère</sup> édition, ORSTOM, série géologique volume XII, n° 1, 1981-82.

9 — GERSAR, Paris, Étude d'évaluation du barrage de Diama. Aout 1977 OMVS.

10 — M. ROCHE : Hydrologie de surface, 1<sup>ère</sup> édition, Gauthier - Villars, Paris 1963

11 — RRI (Dortmund) - TRACTIONNEL - STUCKY (Bruxelles) - SONED (Dakar), Étude d'exécution du barrage et de l'usine hydroélectrique de MANANTALI rapport final, Groupement Manantali, Ingénieurs Conseils, Décembre 1977

12 — Projet d'aménagement des berges du Nord-Est du lac de Guiers (Genie Rural. Ministère de l'Hydraulique)

13 — OULD HAMDINOU : Hauteurs limnimétriques dans la vallée de Bakel à Rouq.

OMVS 1973