

90283-211364

REPUBLIQUE DU SENEGAL

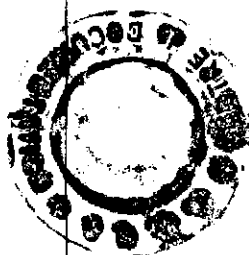
19/12/86

Remis par  
M. Folher

MINISTERE DE L'ENERGIE ET DE L'HYDRAULIQUE BRGM.

DIRECTION DE L'HYDRAULIQUE

POSE DE PIEZOMETRES ET ETUDE DE LA NAPPE  
PHREATIQUE AUTOUR DU LAC DE GUIERS  
(Sénégal)



N.B. 1) TEMEYESALA = site  
d'emplacement d'un  
profil piézométrique à  
proximité de notre station  
de pompage.

2) K mesuré essai Sefran  
niveau d'eau constant :  
 $4.50 \times 10^{-6}$  m/sec..  
Paille.

3) Rive Est ← salinité  
Rive Ouest.

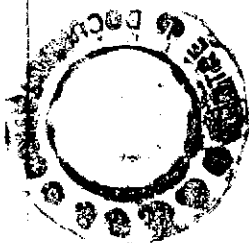
par

M. PLAUD

23/12/86

RAPPORT PRESENTE PAR LE BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES

DAK 66 - A 4



11164

## SOMMAIRE

### Pages

- RESUME .....	: 1
- SITUATION ET CADRE .....	: 3
- <u>Chapitre I</u> - GRADIENT HYDRAULIQUE DE LA NAPPE AUTOUR DU LAC	4
1.1. <u>Processus de réalisation d'un profil</u> .....	: 4
1.2. <u>Situation des profils</u> .....	: 5
1.3. <u>Résultats</u> .....	: 6
- <u>Chapitre II</u> - GEOCHIMIE .....	: 8
2.1. <u>Résistivités</u> .....	: 8
2.2. <u>Teneur en chlorures</u> .....	: 8
- <u>Chapitre III</u> - PERMEABILITE .....	: 11
3.1. <u>Conditions de validité</u> .....	: 11
3.2. <u>Hypothèses</u> .....	: 11
3.3. <u>Résultats</u> .....	: 13
- <u>Chapitre IV</u> - RELATIONS HYDROGEOLOGIQUES NAPPE/LAC .....	: 15
- CONCLUSIONS .....	: 18
- BIBLIOGRAPHIE .....	: 20
- LISTE DES DOCUMENTS ANNEXES .....	:

## RESUME

Par un marché financé par le Budget d'Equipement du Sénégal, Monsieur le Directeur de l'Hydraulique confiait au Bureau de Recherches Géologiques et Minières "l'étude de quelques points particuliers de la nappe phréatique du lac de Guiers, afin de déterminer le degré de salure de cette nappe, par sondages à la tarière, implantation de piézomètres et analyses chimiques".

Le lac de Guiers est rempli chaque année par la crue du fleuve Sénégal (au maximum à + 2,40 I.G.N.). Les berges contiennent une nappe qui a été reconnue salée à proximité de la rive. Actuellement, le lac n'est que partiellement exploité (cote + 0,60 I.G.N. à la fin de la saison sèche). On projette d'utiliser plus intensément ses eaux et d'amener son niveau d'étiage à la cote - 1 I.G.N. On peut craindre que, pour un niveau aussi bas, la nappe salée environnante soit drainée, ce qui risquerait d'entraîner une augmentation de la salure des eaux du lac, en fin de saison sèche, au moment où celui-ci ne contient que fort peu d'eau.

Dans le laps de temps permis par les crédits, il était évidemment exclus d'entreprendre l'étude générale de la nappe sur le pourtour du lac et de procéder aux nombreux essais pour déterminer quantitativement le volume d'eau de la nappe pouvant être drainé par le lac, en basses eaux.

Aussi l'Administration nous demanda-t-elle d'étudier la nappe sur quelques profils perpendiculaires au lac, en des points qui, après étude photogéologique, paraissaient être représentatifs des conditions d'ensemble. Sur ces profils, des trous furent

creusés jusqu'à la nappe puis nivelés. Des mesures de perméabilité par "essais LEFRANC" furent faites et les sondages choisis équipés en piézomètres.

Les mesures effectuées nous donnent le gradient de la nappe au mois de février. Il est impérativement nécessaire de faire d'autres mesures durant l'année et tout particulièrement en fin d'étiage. En effet, en février, le lac est à la cote + 2,00 I.G.N. et alimente donc la nappe. A l'étiage, le lac étant à la cote +0,60 doit drainer la nappe. Il faut également contrôler l'évolution de la salure de la nappe sous l'effet opposé de la recharge et de l'évaporation.

Le présent rapport consigne donc les travaux faits, les observations ainsi que le gradient et la salure de la nappe à un moment donné.

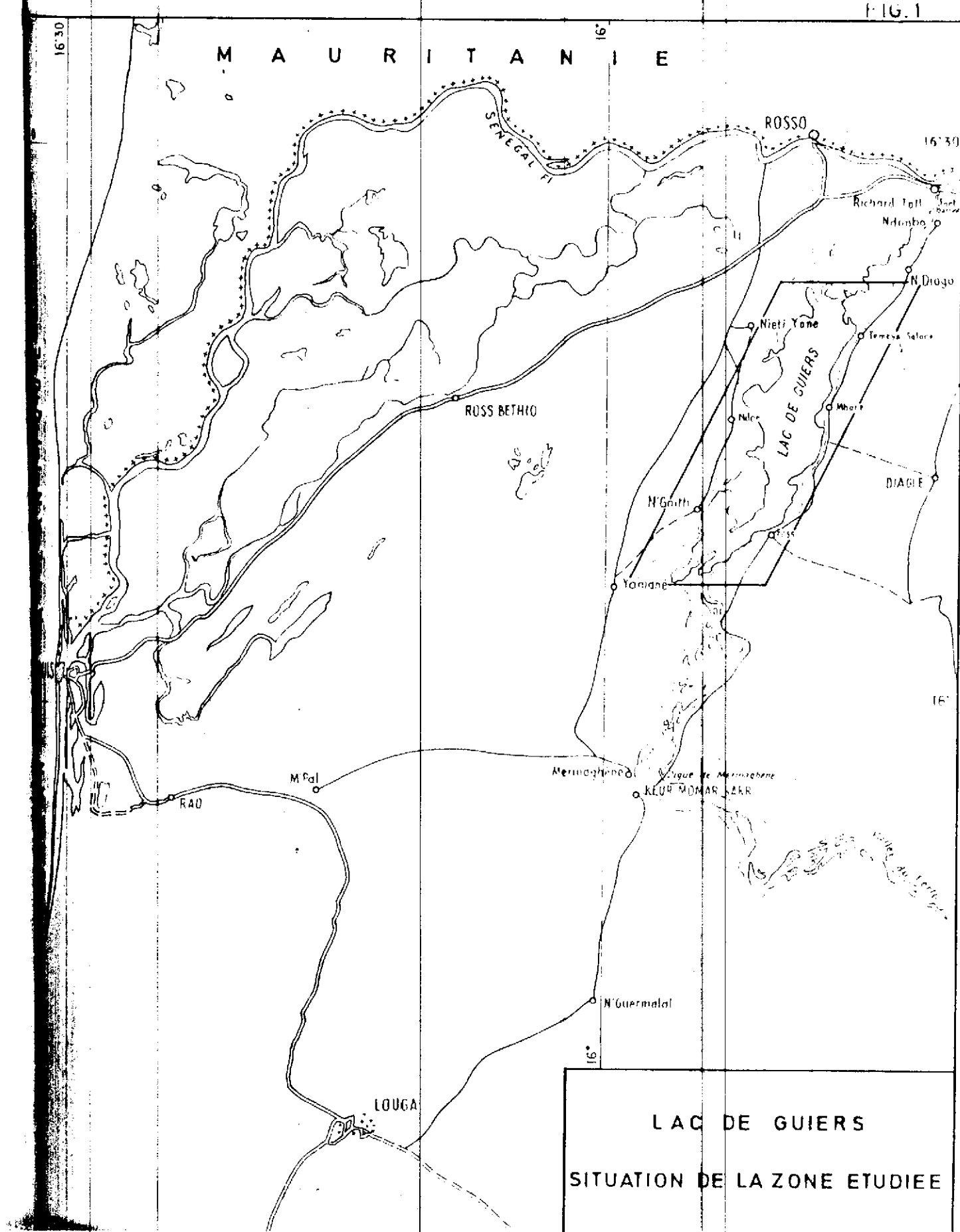
Nous avons tenté d'estimer par calcul les apports de la nappe à l'étiage et l'augmentation de salure qui en résulterait. Cependant les données de base sont beaucoup trop faibles pour qu'un tel calcul ait une valeur, même approchée. Nous pouvons cependant dire que l'augmentation de la salure due à l'évaporation est plus forte que ne peut l'être celle due au drainage de la nappe salée. Il n'en demeure pas moins qu'il est absolument nécessaire d'utiliser cet équipement pour des tournées d'observations et de prélèvements complémentaires ; eux seuls pourront permettre de s'assurer des hypothèses avancées et de prévoir, dans une certaine mesure, les conséquences de l'exploitation du lac jusqu'à la cote - 1.

## SITUATION ET CADRE (Fig. 1 et 2)

La lac de Guiers est un défluent du fleuve Sénégal. Il occupe la basse vallée du Ferlo. La digue de Merinaghène, sur la vallée du Ferlo, sépare du lac proprement dit une partie sud qui est quasiment asséchée.

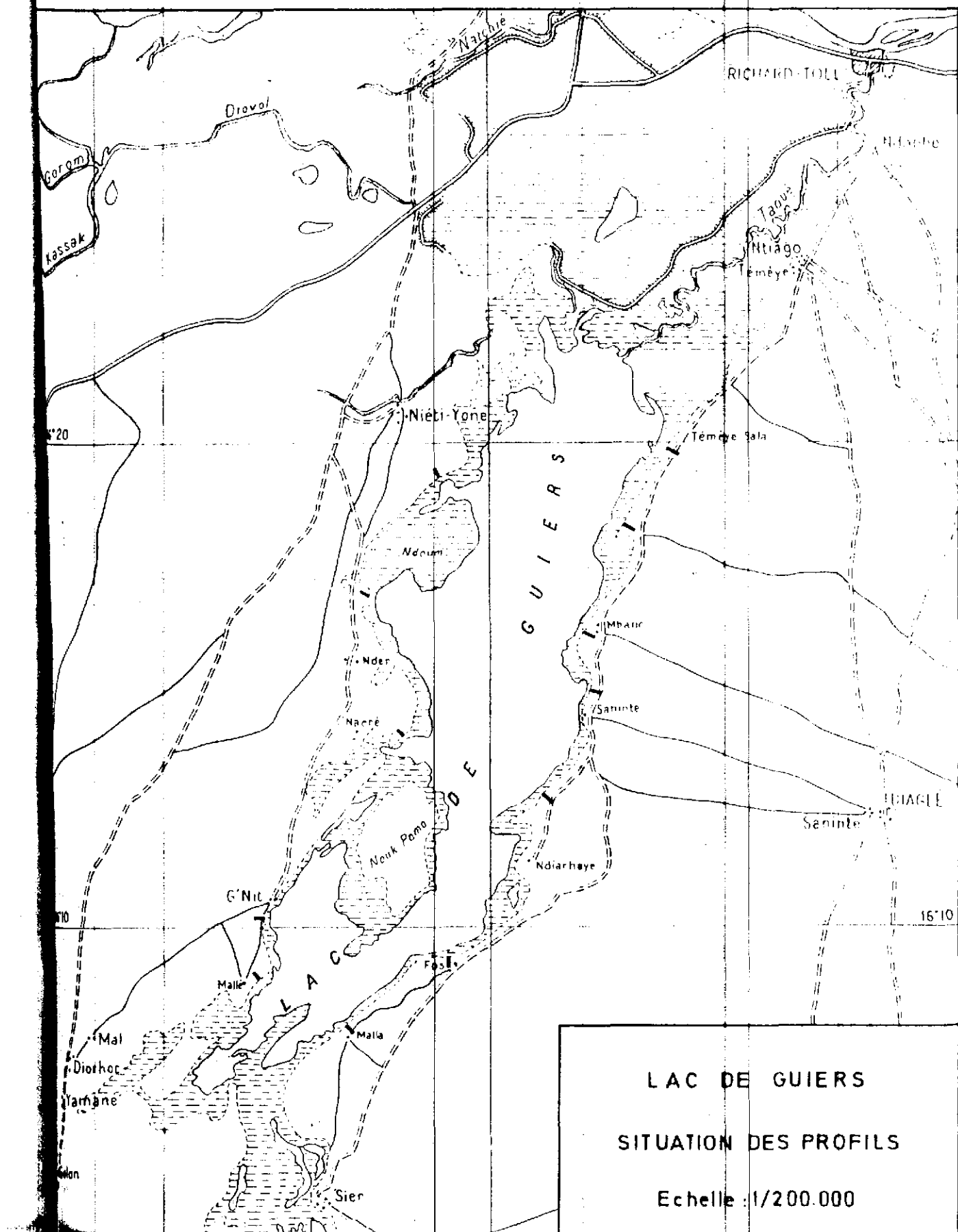
Lors de la crue du fleuve Sénégal (juillet-novembre), les eaux remplissent le lac par l'intermédiaire de la Taoué. La digue de Merinaghène empêche une trop large propagation de ces eaux vers le Sud où elles seraient reprises par l'évaporation. Le pont-barrage de Richard Toll est fermé après la crue empêchant la fuite des eaux lors de la baisse du fleuve Sénégal et évitant les contaminations par les eaux marines qui remontent à hauteur du Richard Toll dès le mois de mars.

L'eau de crue du fleuve, qui remplit le lac, est très douce (70 mg/l de résidu sec) et cette très importante réserve est actuellement en partie utilisée pour l'irrigation du casier rizicole de Richard Toll. De plus les riverains et leur bétail viennent s'y alimenter car la nappe phréatique sur le pourtour du lac est fortement salée. C'est cette nappe qui est étudiée.



LAC DE GUIERS  
SITUATION DE LA ZONE ETUDIEE

FIG. 2



## Chapitre I - GRADIENT HYDRAULIQUE DE LA NAPPE AUTOUR DU LAC

Compte tenu des renseignements recueillis par l'interprétation des photographies aériennes et par une reconnaissance de terrain, nous avons déterminé différents secteurs d'étude. Nous avons essentiellement recherché des zones où le rivage du lac était franc, c'est-à-dire non marécageux et où la nappe ne risquait pas d'être perturbée localement par la présence de marigots et de mares, tant en ce qui concerne son niveau piézométrique que sa salure.

Dans chaque secteur, nous avons foncé des piézomètres ou creusé des trous à la tarière, disposés selon des profils perpendiculaires à la rive du lac, profils qui ont en moyenne de 100 à 300 m. Bien que nous n'ayons pas connaissance de l'allure des courbes isopièzes, nous pouvons penser que les profils leur sont sensiblement perpendiculaires.

### 1.1. Processus de réalisation d'un profil

L'emplacement de chaque trou étant balisé, nous avons procédé au nivellement par rapport au niveau du lac. Chaque trou a ensuite été creusé à la tarière jusqu'à la nappe. Un tube d'acier, crépiné sur 1,20m et ouvert aux deux extrémités, y a été introduit et le fonçage a continué par battage à la soupape à l'intérieur du tube (les tubes avaient un diamètre de 50-60 ou 60-70 mm). La partie crépinée a été chemisée par une toile fine en nylon de manière à éviter l'ensablement du piézomètre. Chaque tubage a été descendu de 0,50 m à 1,50 m sous la nappe (cf Annexe I : Caractéristiques des trous ou piézomètres).



Chaque trou a été équipé, au moins momentanément, en piézomètre, pour permettre le repos du niveau piézométrique sans risque d'effondrement et le prélèvement d'échantillons d'eau. Les échantillons de terrains ont été pris à la descente tous les 0,5m ou chaque fois qu'une couche nouvelle apparaissait.

Les piézomètres restés en place ont été scellés au sol par un anneau de béton, numérotés, munis d'un bouchon fileté et la margelle peinte en blanc et rouge.

Une fois le profil réalisé, nous avons mesuré le niveau piézométrique, ce qui nous a permis de déterminer le gradient hydraulique apparent de la nappe pour un instant bien défini.

## 1.2. Situation des profils

### 1.2.1. Sur la côte ouest

Les travaux se sont poursuivis du 15 janvier au 2 février. 5 profils ont été réalisés.

Nous distinguerons du Nord au Sud (fig.2)

- à 3,5 km au S.SE du village abandonné de Nieti-Yone : 5 trous à la tarière
- à 2,5 km au N.NE du village de N'Der : 3 piézomètres (P 23 P 24 et P 25)
- à 3 km à l'Est du village de Naéré : 6 trous dont 2 équipés en piézomètre (P 12 - P 15)
- à 500 m au Sud du village de G'Nit : 8 trous dont 2 équipés en piézomètre (P1-P2); 5 trous furent abandonnés avant d'arriver à la nappe; la présence sous le sable des dunes d'un niveau de graviers latéritiques consolidés, extrêmement dur et épais, empêche toute progression
- à 800m à l'est du village de Malla : 5 trous dont 1

### 1.2.2. Sur la côte est

Nous distinguerons du Nord au Sud 7 profils exécutés du 3 au 15 février :

- à 200 m au Sud du village abandonné de Temmeyer-Sala : 4 trous
- à mi-chemin entre Temmeyer-Sala et M'Bane : 3 piézomètres ( P 26 - P 27 et P 28)
- à M'Bane : 2 trous arrêtés par la cuirasse latéritique
- sur la rive gauche du marigot à 2,5 km au Sud de M'Bane : 4 trous
- à mi-chemin entre N'Diarhaye et Saninte : 4 piézomètres (P 33 - P 34 - P 35 et P 36)
- à la verticale du village de Foss : 3 trous
- à la verticale du village de Malla : 3 trous .

### 1.3. Gradient hydraulique - Résultats (fig. 4 à 7)

Gradients calculés entre le 1er et le dernier piézomètre de chaque profils

	Lieux	Gradient hydraulique %	Moyenne %	Longueurs des profils (m)
COTE OUEST	Niéti Yone	0,31	0,6	269
	N'Der	0,076		100
	Est Naéré	0,26		344
	G'Nit	1,74		363
	Mallé	0,48		201
COTE NORD	Temmeyer Sala	1,08	0,6	100
	M'Bane nord	0,61		106
	M'Bane sud	0,52		100
	Sud Saninte	0,88		100

Durant les travaux, la cote de la surface du lac à Sahinté se situait entre + 2,06 et 1,90 I.G.N. (1). Les profils que nous avons exécutés montrent qu'à ce moment la nappe draine le lac, tant sur la côte ouest que sur la côte est, avec des gradients hydrauliques s'échelonnant entre 1 et 17‰ (moyenne : 5 à 10‰).

Il est donc nécessaire de suivre, grâce aux piézomètres implantés, l'évolution du gradient hydraulique de la nappe en fonction de la cote de la surface du lac, ceci afin de mettre en évidence l'inversion éventuelle de celui-ci. En effet il est primordial de savoir si, dans les conditions actuelles d'exploitation, cette inversion se produit et surtout à quel moment.

---

(1) Les cotes I.G.N. sont obtenues en enlevant 0,37 m des valeurs lues directement sur l'échelle de crue. Ce terme correctif nous a été communiqué par la M.A.S.

## Chapitre II - GEOCHIMIE

Afin de juger de l'état de salure de la nappe, nous avons prélevé des échantillons d'eau dans chaque trou ou piézomètre, ainsi que dans le lac, à la verticale de chaque profil.

Nous avons mesuré

- leur résistivité
- leur teneur en chlorures (cf Tableaux 1 et 2).

### 2.1. Résistivité

Nous avons utilisé un résistivimètre CHAUVIN-ARNOUX alimenté par piles 4,5 volts.

D'une façon générale, les valeurs de la résistivité des échantillons prélevés décroissent au fur et à mesure que l'influence de l'eau du lac diminue. Cela traduit une augmentation de la salinité et un lessivage partiel des terrains en bordure du lac. Nous remarquons également des résistivités plus fortes sur la côte est que sur la côte ouest.

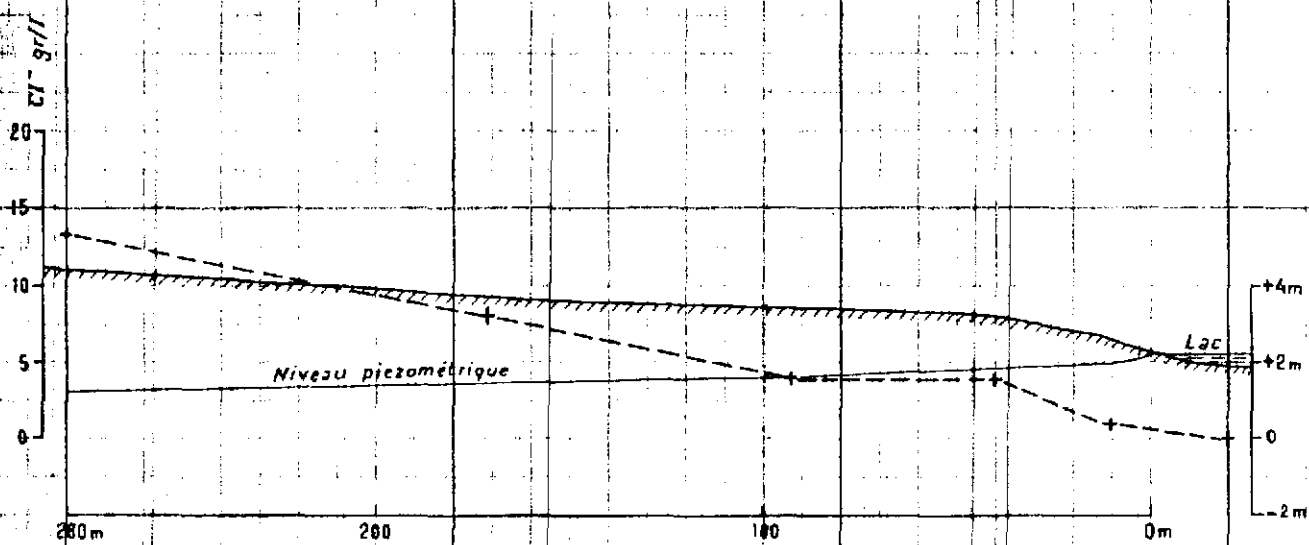
### 2.2. Teneur en chlorures

Nous avons dosé les chlorures par la méthode de MOHR. Les résultats viennent confirmer ceux obtenus par les mesures de la résistivité.

Un gradient de salure apparaît très nettement dans les secteurs où aucun phénomène local ne vient perturber le profil. Nous prendrons comme exemple le profil de Nieti Yone sur la côte ouest (fig. 3)..

## PROFIL DE NIETI YONE

Evolution de la salinité de l'eau de la nappe en fonction de l'éloignement du lac



Le gradient est également mis en évidence sur les profils de :

- G'Nit
- M'Bane nord
- M'Bane sud
- Foss
- Malla
- Saninte sud.

Par contre il est moins apparent sur les autres profils car dans la majorité des cas, le découpage de la côte ne nous a pas permis d'éliminer totalement l'influence de certains marigots ou digitations du lac qui s'insinuent entre les formations dunaires, parallèlement à la côte. C'est le cas en particulier de N'Der où l'on note une diminution du taux de  $\text{Cl}^-$  sur le P 25 et du profil de Naéré au niveau du P 14.

Sur la côte ouest, l'eau du lac a une teneur moyenne en  $\text{Cl}^-$  de 70 mg/l (voir tableau 1 page suivante). Dès les premiers dix mètres, la nappe accuse une teneur en  $\text{Cl}^-$  de 0,5 g/l à 1,5 g/l selon les secteurs, avec un maximum de 7 g/l à l'Est de Naéré. Dans les 90 m suivants, la teneur en  $\text{Cl}^-$  varie de 3 à 8 g/l avec un maximum de 18,8 g/l à Mallé.

Sur la côte est, l'eau du lac a une teneur moyenne en  $\text{Cl}^-$  de 140 mg/l et nous avons constaté que l'eau de la nappe était beaucoup moins salée que sur la côte ouest. En effet, dans les dix premiers mètres, la teneur en  $\text{Cl}^-$  est généralement inférieure à 0,5 g/l. Sur tous les profils, l'augmentation du taux de  $\text{Cl}^-$  est sensible en fonction de l'éloignement de la rive, avec cependant

TABLEAU I - COTE OUEST

Secteurs	Résistivités (R) $\Omega$ m - Chlorures Cl g/l							
Nietti Yone	N°	LAC	T18	T19	T20	T21	T22	
	R	26	14	0,80	0,70	0,46	0,36	
	Cl <sup>-</sup>	0,18	1,24	3,91	3,91	8,16	13,13	
N'Der	N°	LAC	P23	P24	P25			
	R	26	10	0,84	0,92			
	Cl <sup>-</sup>	0,18	0,52	3,33	2,73			
Naéré	N°	LAC	T10	T11	T12	T13	T14	P15
	R	36	0,36	0,86	1,70	1,06	4,6	0,84
	Cl <sup>-</sup>	0,03	7,10	3,19	2,13	3,37	0,71	3,55
G'Nit	N°	LAC	P1	P2				
	R	47	0,86	0,46				
	Cl <sup>-</sup>	0,018	3,55	8,16				
Malle	N°	LAC	T5	T6	T7	T8	P9	
	R	18	11	0,42	0,44	0,56	0,38	
	Cl <sup>-</sup>	0,05	0,53	9,23	18,81	4,97	9,58	

des maximums très nettement inférieurs à ceux de la rive ouest (5,3 g/l au lieu de 18,8 g/l). Notons que les maximums enregistrés sont, à M'Bane nord et sud, dans une zone où un niveau de cuirasse latéritique affleure ou a été rencontré. Nous ne pouvons expliquer ce phénomène ni savoir si ladite latérite est responsable de cette teneur plus élevée.

Un profil cependant fait exception à l'augmentation en fonction de l'éloignement de la rive : celui de Temmeyer-Sala où la teneur en  $\text{Cl}^-$  varie peu (de 0,14 à 0,19 g/l) et d'une façon anarchique.

C'est dans ce secteur que nous obtiendrons d'ailleurs la plus forte perméabilité en ce qui concerne la côte est.

L'examen de ces résultats (voir tableau 2 page suivante) montre donc que les risques de contamination viennent essentiellement de la nappe de la rive ouest, nappe hautement salée.



TABLEAU 2 - COTE EST

Secteurs	Résistivités (R) $\Omega$ m - Chlorures Cl g/l					
Temmaye Sola	N°	LAC	T37	T38	T39	T40
	R	30	17	19	30	20
	Cl <sup>-</sup>	0,140	0,19	0,160	0,140	0,18
M'Bane Nord	N°	LAC	P26	P27	P28	
	R	19,2	3,8	0,7	0,68	
	Cl <sup>-</sup>	0,18	0,60	3,90	5,32	
M'Bane Sud	N°	LAC	T29	T30	T31	
	R	19,3	13	3,50	0,78	
	Cl <sup>-</sup>	0,17	1,18	1,77	3,55	
Sud Saninte	N°	LAC	P33	P34	P35	P36
	R	35	45	18	14	3,4
	Cl <sup>-</sup>	0,10	0,140	1,06	1,18	1,77
Fosse	N°	LAC	P44	P45	P46	
	R	45	42	27	2,4	
	Cl <sup>-</sup>	0,140	0,140	0,28	0,57	
Malla	N°	LAC	T41	T42	T43	
	R	45	50	42	39	
	Cl <sup>-</sup>	0,140	0,25	0,28	0,28	

### Chapitre III - PERMEABILITE

Si une certaine quantité d'eau salée risque dans certaines conditions d'être drainée par le lac, il faut évaluer son volume. Cela nous a conduit à mesurer la perméabilité des sables aquifères.

Dix essais de perméabilité ont été effectués par injection d'eau selon la méthode due à MANDEL (1). L'emploi de cette méthode nécessite la pose d'un piézomètre muni d'une crépine à large indice de vide ( $> 10 \%$ ).

#### 3.1. Conditions de validité

- Le sommet de la crépine doit se trouver à une profondeur assez grande sous la surface de saturation pour que celle-ci se déforme le moins possible durant l'injection.

- La hauteur de la crépine doit être faible par rapport à la puissance de l'aquifère.

#### 3.2. Hypothèse

- La surface libre de la nappe est horizontale.
- Les vitesses de l'eau sont considérées comme nulles au niveau de celle-ci.
- Elles sont uniformes sur la surface de la crépine.
- Les terrains sont homogènes et isotropes.

---

(1) Ingénieur en Chef des Mines (Annales des Ponts et Chaussées 1943) - *Amélioration des essais Le Franc*.

Si nous mesurons le débit injecté, à charge constante, la perméabilité du milieu nous est donnée par la formule suivante :

$$I = \frac{Q}{\Delta h \times 4\pi} \left[ \frac{I}{2c} \log. \frac{a+c}{a-c} - \frac{I}{2H} \right]$$

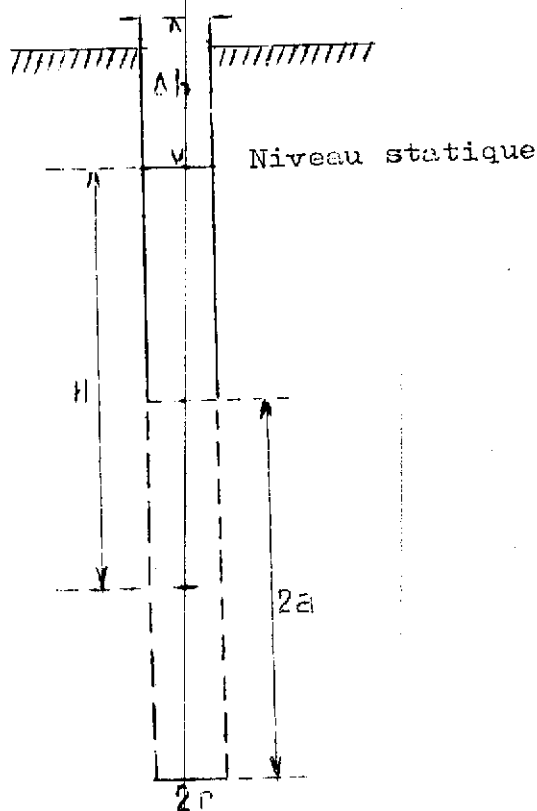
$Q$  = débit en m<sup>3</sup>/s

$\Delta h$  = charge en m  
avec  $c^2 = a^2 - r^2$ .

La crépine de forme cylindrique est assimilée à une source ellipsoïdale ayant pour grand axe la longueur  $2a$  de la crépine, en m, et pour petit axe le diamètre du tube  $2r$  en m également.

$H$  est la distance du centre de la source au niveau piézométrique en m.

Nous avons effectué les essais avec un piézomètre de 2 m muni d'une crépine de 1 m de hauteur et d'un diamètre de 0,05 m.



### 3.3. Résultats

	Secteurs	K en m/s	Moyenne
COTE OUEST	Nieté Yone	$5,10 \times 10^{-6}$	$2,8 \times 10^{-6}$
	N'Der	$2,5 \times 10^{-6}$	
	Naéré	$1,5 \times 10^{-6}$	
	G'Nit	$2,9 \times 10^{-6}$	
	Mallé	$1,90 \times 10^{-6}$	
EST	Temmeye Sala	$4,4 \times 10^{-6}$	$3,3 \times 10^{-6}$
	M'Bane nord	$3 \times 10^{-6}$	
	M'Bane sud	$7,1 \times 10^{-6}$	
	Foss	$3,8 \times 10^{-6}$	
(&)	Malla	$1,8 \times 10^{-5}$	
(&) - résultat aberrant			

Ces résultats représentent de faibles perméabilités. Ils sont très homogènes tant sur la côte ouest que sur la côte est du lac.

Un essai, celui de Malla, donne cependant une valeur aberrante, qu'il semble difficile de retenir. En effet, le sommet de la crépine se trouvait à une distance trop faible de la surface de saturation. Celle-ci a été déformée par l'injection, ce qui explique la valeur anormalement élevée obtenue.

L'aquifère semble avoir une perméabilité légèrement plus forte sur la côte est que sur la côte ouest.

Il est probable que ces terrains ont effectivement une faible perméabilité mais sans doute aussi les chiffres obtenus sont-ils inférieurs à la réalité. En effet, la méthode employée présente l'inconvénient, dans les roches de faible perméabilité, de sous-estimer K. Il n'était cependant pas possible d'effectuer des essais de pompage qui auraient donné des résultats plus proches de la réalité. La nature faiblement perméable des formations est confirmée par le faible lessivage de la nappe, dans la rive même du lac, malgré une recharge en eau douce de plusieurs mois.

#### Chapitre IV - RELATIONS HYDROGEOLOGIQUES NAPPE/LAC

Bien que sortant nettement du cadre de cette mission, nous avons tenté d'évaluer le volume d'eau drainé par la nappe durant la crue du lac et la quantité d'eau restituée au lac par la nappe pendant la décrue. Nous avons pour cela assimilé la courbe de la crue du lac et la courbe de sa décrue à 2 portions de sinusoïdes. Cependant trop de paramètres sont inconnus ou trop approchés pour permettre de mener à bien ce calcul. Des bases aussi légères nous menaient à trouver des valeurs trop contestables.

Nous pensons que la surveillance périodique des piézomètres en fonction des fluctuations du lac et des dosages de chlorures également périodiques, fourniraient un point de départ à une évaluation graphique approchée, des quantités d'eau échangées.

Cependant si nous n'avons pu chiffrer avec exactitude l'importance de ces échanges, il n'en demeure pas moins qu'ils existent et que le danger de contamination s'accroîtrait pour un étiage à - 1. Dans les conditions actuelles d'exploitation, ils ne peuvent être que très faiblement responsables de l'augmentation de salure qui se produit de l'étiage à la crue. L'évaporation en effet, contribue très largement à provoquer la concentration des eaux du lac.

Connaissant avec une précision suffisante l'importance de ce facteur, nous avons calculé la teneur en  $\text{Cl}^-$  des eaux du lac à l'étiage + 0,6 en fonction de ce seul facteur.

Pour cela nous avons admis que l'eau du lac à la crue contenait 0,06 g/l de  $\text{Cl}^-$  (cette teneur étant supposée uniforme en profondeur).

Le volume du lac en fonction de la cote de sa surface nous a été fourni par G. MARSAC (1).

Cotes	Volumes m <sup>3</sup>
+ 2,40	$795 \times 10^6$
+ 0,60	$315 \times 10^6$

La quantité d'eau ainsi disponible entre la cote + 2,40 et + 0,60 (soit  $480 \times 10^6$  m<sup>3</sup>) se répartit de la façon suivante :

- Pompage pour le casier de Richard Toll 800.000 m<sup>3</sup>/jour du 1er juin à la mi-août (chiffre admis par J. ALVAREZ 1956), soit  $60 \times 10^6$  m<sup>3</sup>.

- Le reste est reprise par évaporation et infiltration. Nous considérerons l'infiltration comme négligeable par rapport à l'évaporation, soit  $(795 \times 10^6 - 315 \times 10^6) - 60 \times 10^6 = 420 \times 10^6$  m<sup>3</sup>

L'évaporation de ce volume d'eau provoque un apport en  $\text{Cl}^-$  que nous pouvons évaluer à :

$$420 \times 10^9 \times 0,06 = 252 \times 10^8 \text{ g}$$

Le taux de  $\text{Cl}^-$  de l'eau subsistant dans le lac à l'étiage + 0,60 s'élève à :

$$\frac{315 \times 10^9 \times 0,06 + 252 \times 10^8}{315 \times 10^9} = 0,14 \text{ g/l environ}$$

(1) in Ousmane FALL 1961, (Planche IX)

La vérification par analyses de l'eau du lac en différents points et à différentes profondeurs en fin d'étiage, permettra, en confrontant les résultats obtenus des chiffres calculés ci-dessus, d'estimer l'apport des nappes salées. Il est vraisemblable que celui-ci sera négligeable. En juin 1961 Ousmane FALL indique une teneur en  $\text{Cl}^-$  assez uniforme de 0,134 g/l, chiffre qui est même inférieur au taux calculé sans tenir compte du drainage de la nappe.



## CONCLUSIONS

La lac et la nappe phréatique constituent un système en constante évolution, ils sont dits en régime transitoire. Le gradient hydraulique de la nappe varie dans le temps en fonction du niveau des eaux dans le lac. Nos mesures du gradient ne sont donc que des valeurs instantanées qui font apparaître le lac en charge par rapport à la nappe. Ne connaissant pas les limites de fluctuations annuelles de la nappe, nous ne pouvons affirmer que cet état demeure jusqu'à l'étiage actuel (+ 0,6). Seule une étude de la nappe dans son ensemble et des mesures de niveaux faites jusqu'à l'étiage permettraient de le mettre en évidence.

En ce qui concerne la teneur en chlorures de la nappe, l'influence du lac ne se fait nettement sentir que dans une faible frange en bordure du lac. Elle est plus importante sur la côte est que sur la côte ouest. Si le gradient hydraulique s'inversait, il serait souhaitable de suivre l'évolution de la salinité de l'eau de la nappe dans les piézomètres, afin de pouvoir estimer l'importance de la contamination.

Cependant si un danger vient de la nappe, il ne nous semble pas être le plus grand car, dans l'état actuel des choses, l'évaporation provoque un apport en  $\text{Cl}^-$ , bien supérieur à celui dû à la nappe.

Nous insistons sur le fait que la pose de piézomètres n'est qu'un premier pas menant à une étude plus complète de la nappe. Il serait bon :

- d'élargir le cadre étroit fixé à cette étude,

- de suivre durant un cycle complet (d'étiage à étiage par exemple) :

- 1) - l'évolution du gradient hydraulique de la nappe; Ceci suppose l'implantation de nouveaux piézomètres dans des zones submergées en hautes eaux,
- 2) - l'évolution de la salinité :
  - a) dans la nappe en fonction de l'éloignement de la berge ,
  - b) dans le lac en fonction de la cote de sa surface,
- 3) - d'effectuer des mesures de perméabilité par pompage ou soupapage.

BIBLIOGRAPHIE

- B.R.G.M. 1962 : - Carte géologique du Sénégal au 1/500.000 et notice explicative.  
Arch. Service des Mines et de la Géologie  
Républ. Sénégal, DAKAR
- B.R.G.M. 1964 : - Notice explicative de la carte géotechnique au 1/500.000 par A. CORNET.  
Arch. Service des Mines et de la Géologie  
Républ. Sénégal, DAKAR
- B.R.G.M. : - Fichier des points d'eau du Bureau d'Etudes Hydrogéologiques, DAKAR
- B.R.G.M. : - Carte hydrogéologique du Sénégal au 1/500.000 et notice explicative.  
Arch. Service de l'Hydraulique, Républ. Sénégal, DAKAR (sous presse)
- DEGALLIER R. 1956 : - Géologie de la région de Richard Taïl  
Rapport D.F.M.G. A.O.F., DAKAR (inédit)
- 1962 : - Hydrogéologie du Ferlo septentrional (Sénégal) -  
Mémoires B.R.G.M. n° 19, PARIS
- FERRIS J.G. 1963 : - Cyclic water level fluctuations as a basis for determining aquifer transmissibility.  
U.S.A. Geological Survey Water-Supply, paper 1536 I, pp 305 - 318

- I.G.N. 1954 : - Couverture aérienne au 1/50.000 de la région du lac de Guiers.
- M.A.S. 1956 : - Bilan du lac de Guiers de 1935 à 1955 avec ou sans barrage de Merinaghène par G. ALVAREZ (bulletin n°84, clt 4243) (inédit)
- M.A.S. 1961 : - Complexe fleuve Sénégal-Taouye - Lac de Guiers - ses possibilités hydrauliques (textes et planches) par Ousmane FALL Arch. Service de l'Hydraulique, Républ. Sénégal, DAKAR (inédit)
- MAYER A. 1954 : - Les terrains perméables Actualités techniques, Dunod, PARIS
- SAINTON G. 1957 : - Etude géologique de la région du lac de Guiers. Rapport S.G.P.M. A.O.F., DAKAR (inédit)
- TERRES ET EAUX 1965 : - La méthode du trou à la tarière n°44, 1964-65, pp 16 à 28.

# LISTE DES DOCUMENTS ANNEXES

	Pages
Fig.1 : Situation de la zone étudiée (éch.1/500.000).....	4
Fig.2 : Situation des profils (éch. 1/200.000) .....	4
Fig.3 : Profil de Nieti Yone : Evolution de la salinité de l'eau de la nappe en fonction de l'éloignement du lac...	9
Fig.4 : Profils de Nieti Yone ..... N'Der Naéré	fin du texte
Fig.5 : Profils de Mallé ..... N'Git Coupe schématique du lac de Guiers	"
Fig.6 : Profils de Temmeyer Sala ..... M'Bane nord M'Bane sud Saninte sud	"
Fig.7 : Profils de Foss ..... Malla	"
Tableau 1. : Cote ouest : Résistivités - Chlorures.....	10
Tableau 2. : cote est : Résistivités - Chlorures.....	11
Annexe 1 : Caractéristique des trous et piézomètres.....	fin du texte
Annexe 2 : (a à d) Analyses chimiques .....	"
Annexe 3 : Moyens mis en oeuvre pour l'opération.....	"

FIG 6

## PROFILS PIEZOMETRIQUES

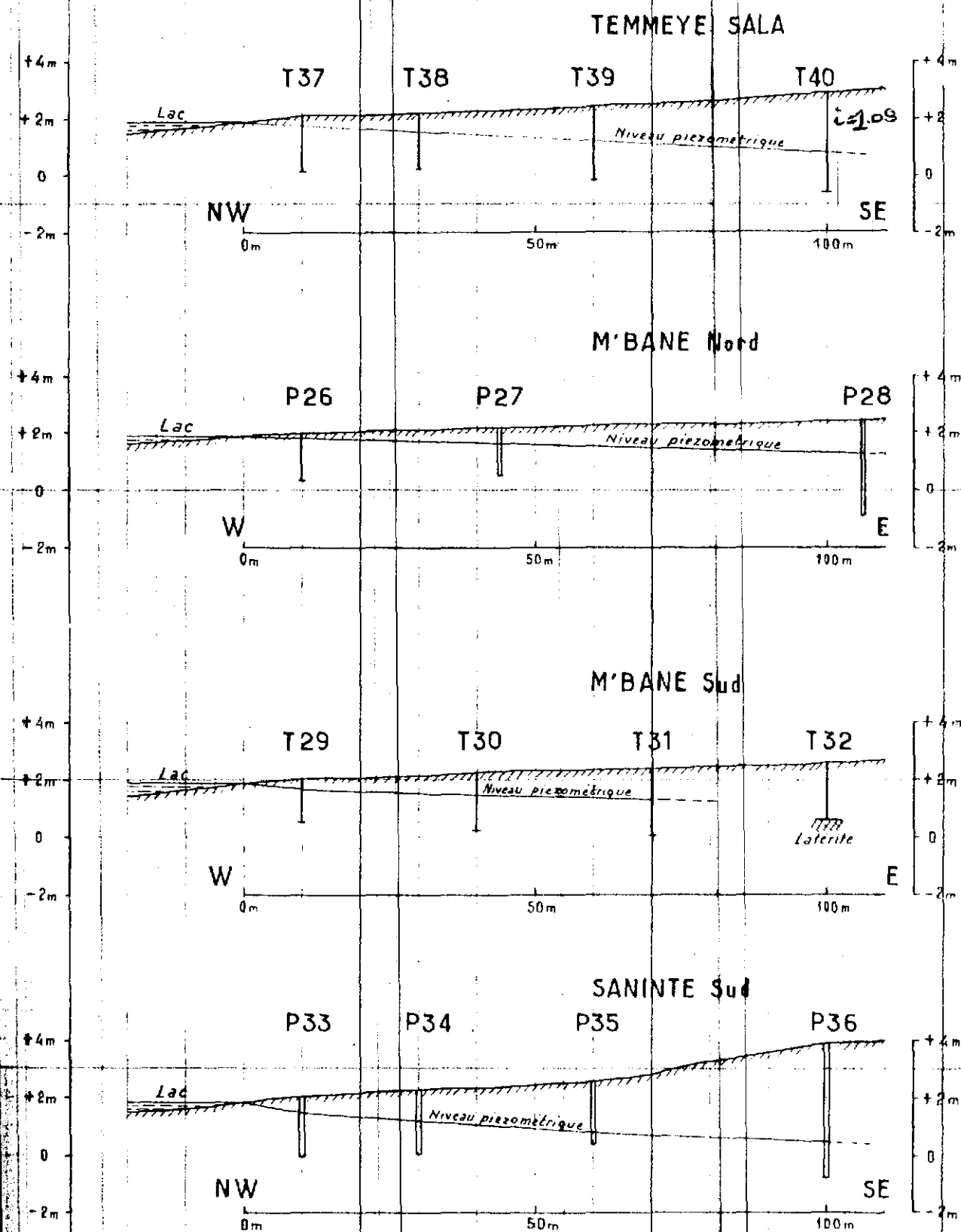
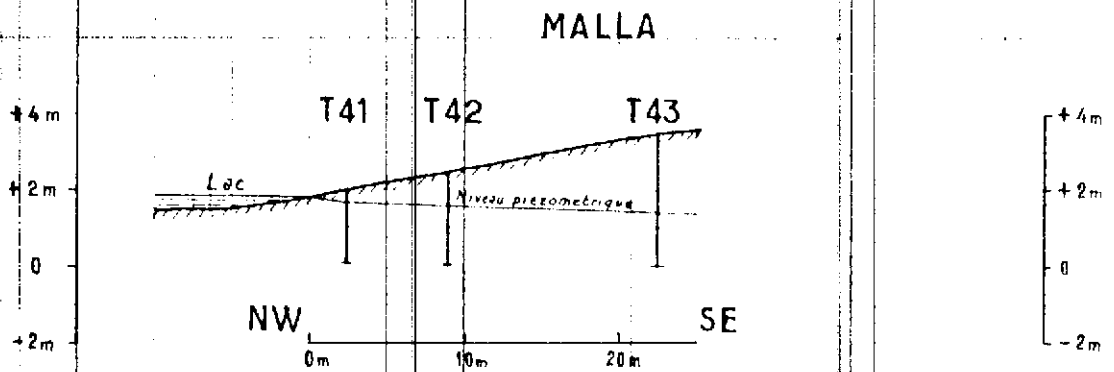
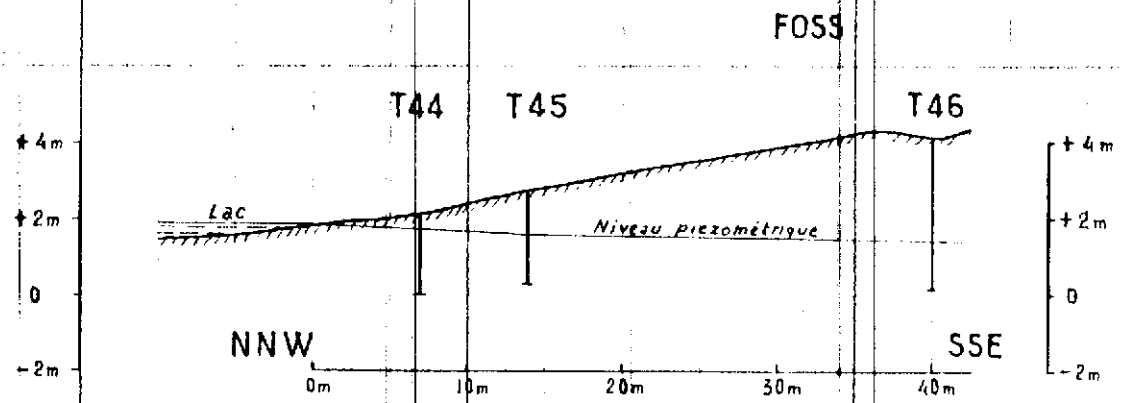


FIG. 7

PROFILS PIEZOMETRIQUES



A N N E X E I

CARACTERISTIQUES DES TROUS ET DES PIEZOMETRES



# ANNEXE 1 - CARACTERISTIQUE DES TROUS (T) ET PIEZOMETRES (P)

Secteurs	N°	Date	Diamètre m/m	Profondeur m	Hauteur de la partie aér. m	Cote du sol I.G.N.	Cote du fond I.G.N.	Cote du niveau piézométrique IGN	Cote du niveau du Lac IGN	Distance à la rive du Lac m
G'Nit	P1	15.1.66	60.70	4,5	0,96	+ 3,095	- 1,405	+ 1,515	2,06	23
	P2	"	60.70	6	1,29	+ 4,208	- 1,792	+ 0,308	"	92
	T2	"	80	3,20		+ 4,96	+ 1,76	sec	"	156
	T3	"	80	4		+ 6,408	+ 2,408	sec	"	219
	T4	"	80	6,80		+10,541	+ 3,74	sec	"	363
	T16		80	4,5				sec		
	T17		80	7,5				sec		
Malle	T5	25.1.66	80	1,50		+ 2,07	+ 0,57	+ 1,785	2,01	6
	T6	"	80	2,10		+ 2,375	+ 0,275	+ 1,695	"	21
	T7	"	80	2,60		+ 2,632	+ 0,032	+ 1,552	"	51
	T8	"	80	3,30		+ 2,772	- 0,528	+ 1,272	"	101
	P9	"	60.70	3,20	0,88	+ 2,215	- 0,985	+ 1,835	"	201

	T10	26.1.66	80	1,40		+ 2,106	+ 0,702	+ 1,982	2,005	10
Naéré	T11	"	80	2,80		+ 3,012	+ 0,212	+ 2,062	"	33
	P12	"	60.70	3,50	1,22	+ 4,097	+ 0,597	+ 2,067	"	54
	T13	"	80	2,50		+ 2,982	+ 0,852	+ 2,012	"	118
	T14	"	80	1,50		+ 2,137	+ 0,637	+ 1,967	"	174
	P15	"	60.70	3,00	1,45	+ 2,807	- 0,197	+ 1,517	"	344
Niéti-Yone	T18	28.1.66	80	2,50		+ 2,325	- 0,175	+ 1,715	1,995	10,5
	T19	"	80	2,75		+ 2,795	+ 0,045	+ 1,575	"	37
	T20	"	80	3		+ 3,147	+ 0,147	+ 1,277	"	93
	T21	"	80	3,50		+ 3,412	- 0,088	+ 1,112	"	172
	T22	"	80	3,5		+ 3,982	+ 0,482	+ 0,912	"	269
N'Der	P23	2.2.66	50.60	2,92	1,70	+ 2,103	- 0,817	+ 1,578	+ 1,965	10
	P24	"	50.60	2	1,64	+ 2,299	+ 0,299	+ 1,544	"	40
	P25	"	50.60	2	1,50	+ 2,734	+ 0,734	+ 1,509	"	100
M'Bane	T	5.2.66	80	0,50		+ 2,553	+ 2,053	sec	+ 1,95	10
	T	"	80	1,50		+ 3,274	+ 1,774	sec	"	40

M'Bane nord	P26	4.2.66	60-70	1,70	1,04	+ 2,083	+ 0,383	+ 1,828	+ 1,955	11
	P27	"	60-70	1,70	1,62	+ 2,24	+ 0,54	+ 1,63	"	44
	P28	"	60-70	3,30	1,57	+ 2,452	- 0,848	+ 1,252	"	106
M'Bane sud	T29	7.2.66	80	1,5		+ 2,091	+ 0,591	+ 1,681	+ 1,94	10
	T30	"	80	2		+ 2,276	+ 0,276	+ 1,426	"	40
	T31	"	80	2,30		+ 2,394	+ 0,094	+ 1,369	"	70
	T32	"	80	2		+ 2,654	+ 0,654	sec	"	100
Saninte sud	P33	8.2.66	60-70	2	1,23	+ 2,05	+ 0,05	+ 1,50	+ 1,935	10
	P34	"	60-70	2,11	1,09	+ 2,252	+ 0,142	+ 1,272	"	30
	P35	"	60-70	2,17	1,03	+ 2,577	+ 0,407	+ 0,887	"	60
	P36	"	60-70	4,56	0,14	+ 3,847	+ 0,713	+ 0,617	"	100
Temmeye Sala	T37	9.2.66	80	2		+ 2,17	+ 0,17	+ 1,81	+ 1,93	10
	T38	"	80	2		+ 2,285	+ 0,285	+ 1,49	"	30
	T39	"	80	2,5		+ 2,46	- 0,04	1,215	"	60
	T40	"	80	3,5		+ 3,024	- 0,476	+ 0,83	"	100

	T41	10.2.66	80	2		+ 2,133	+ 0,133	+ 1,743	+ 1,925	2,3
Malla	T42	"	80	2,5		+ 2,622	+ 0,122	+ 1,672	"	9
	T43	"	80	3,5		+ 3,579	+ 0,079	+ 1,449	"	22,5
Foss	T44	10.2.66	80	2		+ 2,04	+ 0,04	+ 1,83	"	7
	T45	"	80	2,5		+ 2,83	+ 0,33	+ 1,62	"	14
	T46	"	80	4		+ 4,125	+ 0,125	+ 1,525	"	39

Tous les piézomètres sont crépinés sur 1,20 m à partir du fond.

A N N E X E 2

ANALYSES CHIMIQUES

G. M.  
268  
KAR

Demande d'Analyse n° 4

Bulletin d'Analyse n° 15-25-70

Annexe 22

de M. LAUD

Echantillon reçu au laboratoire

Echantillons envoyés le 20 Mai 1966

Le N° 2-3

Echantillon	N° 1		N° 2		N° 3		N° 4	
	Echantillon		Echantillon		Echantillon		Echantillon	
de	1		2		3		4	
origine	1		2		3		4	
prélèvement	1 Février 1966							
° IRH								
P H								
par litre	mg	meq	mg	meq	mg	meq	mg	meq
Cl	220	14,80	220	14,80	220	14,80	220	14,80
SO <sub>4</sub>	170	10,00	170	10,00	170	10,00	170	10,00
CO <sub>3</sub> H		0,40		0		0		0
CO <sub>3</sub>		0		0		0		0
NO <sub>3</sub>	100	0	50	0,00	100	0,00	100	0,00
F		0		0		0		0
SiO <sub>2</sub>								
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>								
Total anions		50,20		14,80		14,80		14,80
Ca	100	3,24	500	16,20	100	3,24	100	3,24
Mg	50	4,12	290	11,80	210	8,60	100	4,12
Na	470	20,45	1520	67,20	1000	43,50	100	4,12
K	50	1,45	110	3,00	200	5,00	100	4,12
NH <sub>4</sub>		0	10	0,20	100	4,00	100	4,12
Fe								
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>								
Total cations		29,20		94,20		100,00		29,20
Extrait sec	100		860		670			
Dureté	d° Fr	meq	d° Fr	meq	d° Fr	meq	d° Fr	meq

le 20 Mai 1966

A DAKAR, le 26 Mai 1966

Le Chimiste

Le Chef de laboratoire

## DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

Teneurs en milligrammes par litre

N° Provisoire

P 23

N° I.R.H.

NON

N'DER

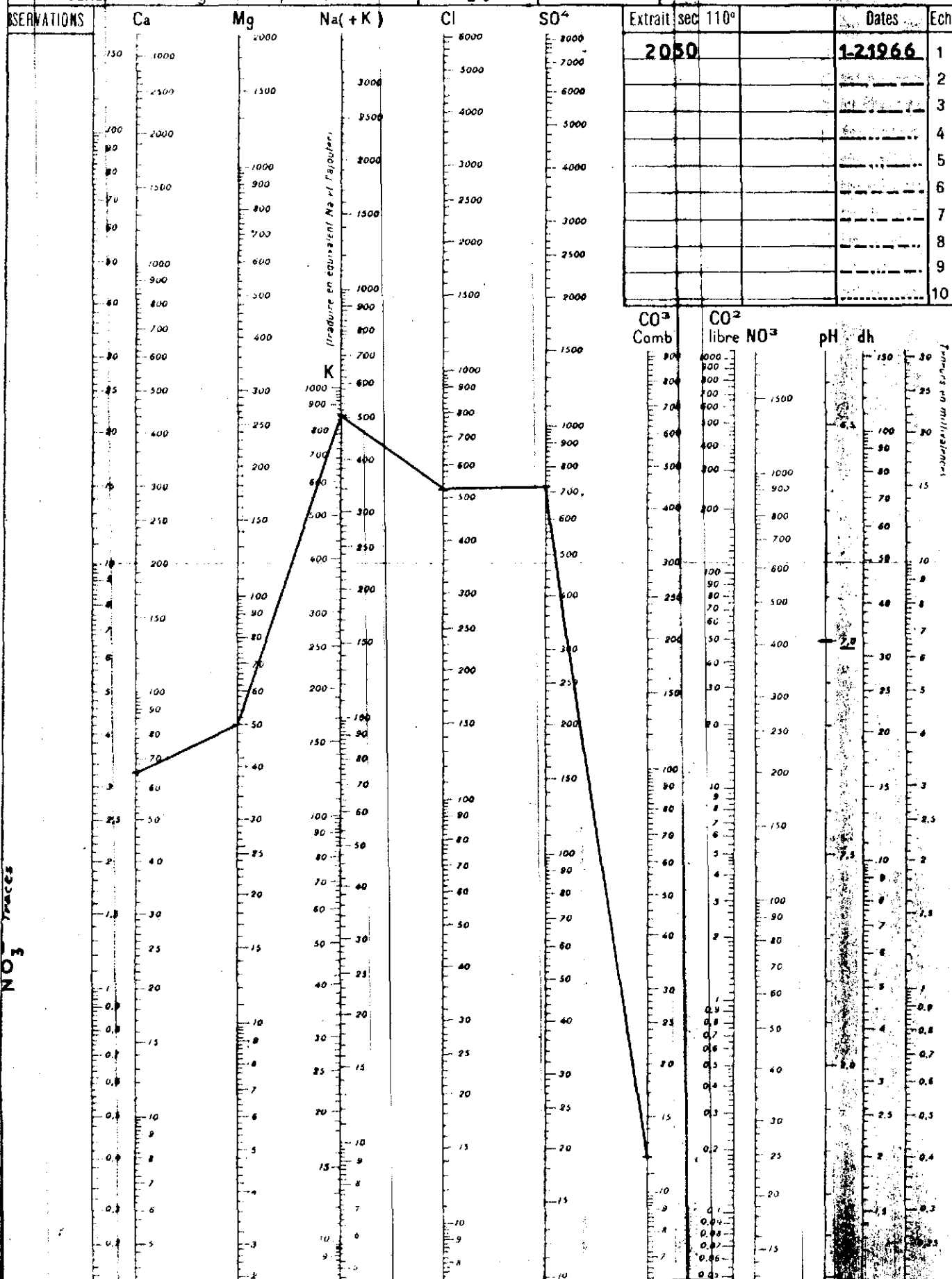


DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

Teneurs en milligrammes par litre

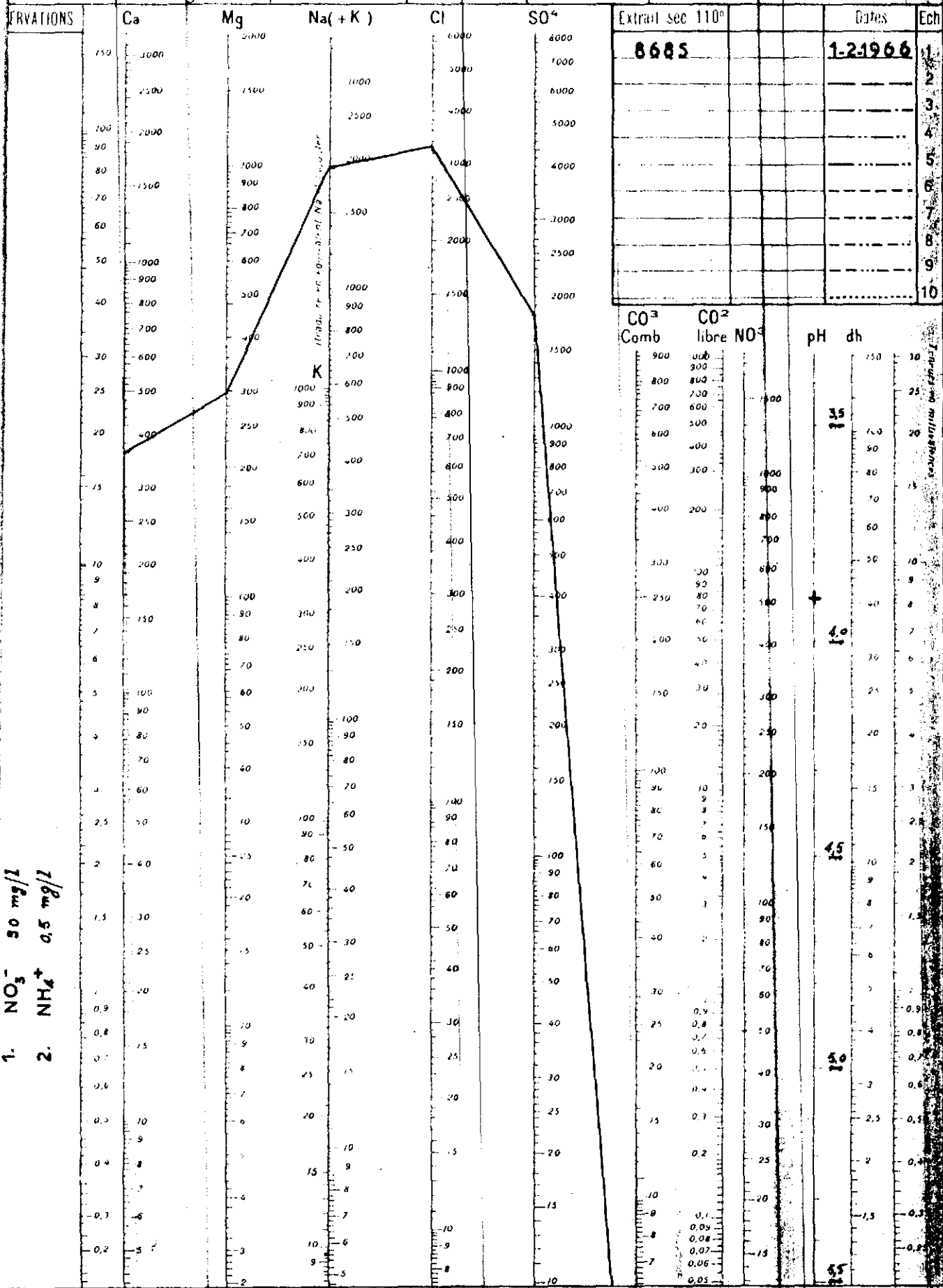
N° Provisoire

**P 24**

Nº 1. R. H.

NOM

**INDEX**





## ANNEXE 2 d

## DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

Teneurs en milligrammes par litre

N° Provisoire

P 25

N° I.R.H.

NOM

N° DER

OBSERVATIONS

Ca

Mg

Na (+ K)

Cl

SO<sup>4</sup>

Extrait sec 110°

Dates

Ech

6765

1-24966

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

CO<sup>3</sup>  
CombCO<sup>2</sup>  
libreNO<sup>3</sup>

pH dh

1. NO<sub>3</sub><sup>-</sup> traces (0,20 meq)  
2. NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 0,5 mg/l

A N N E X E 3

MOYENS MIS EN OEUVRE

### ANNEXE 3

Les moyens mis à notre disposition comportaient :

- 1 véhicule Land Rover
- 1 camion RENAULT 4x4 pour le transport du matériel
- 1 assortiment de tarières à main de différents diamètres
- 1 chèvre et 2 soupapes
- les tubes et crépines nécessaires à la pose d'une vingtaine de piézomètres
- 1 pompe.

Le personnel permanent de la mission comprenait :

- 1 hydrogéologue
- 1 prospecteur
- 1 chauffeur mécanicien
- 4 manoeuvres .

Les travaux de terrain ont comporté :

- le creusement de 42 trous à la tarière
- le fonçage et la fourniture de 15 piézomètres
- leur nivellement
- 10 essais de perméabilité
- le prélèvement de 59 échantillons d'eau
- et de 131 échantillons de terrain.

Les travaux de laboratoires ont comporté :

- des analyses complètes
- le dosage des chlorures
- l'analyse granulométrique des sables aquifères
- les mesures de porosité.

Destinataire

- Monsieur le Directeur du Service de l'Hydraulique  
Sénégal

20 exemplaires 1377

Copie

- B.R.G.M. - Paris Bibliothèque  
- B.R.G.M. - Paris Service Hydrogéologie  
- B.R.G.M. - Dakar Bibliothèque  
- B.R.G.M. - Dakar M. MESTRAUD  
- B.R.G.M. - Dakar M. MOUSSU  
- B.R.G.M. - Dakar B.E.H.  
- Monsieur DEGALLIER C.I.E.H. Paris  
- Monsieur BREMOND C.I.E.H. Dakar  
- Auteur  
- Service Archives Sénégal

3 exemplaires 1378  
1 exemplaire 1379  
3 exemplaires  
1 exemplaire  
1 exemplaire  
1 exemplaire  
1 exemplaire 1380  
1 exemplaire 1381  
2 exemplaires  
2 exemplaires 1382