

90283.2

11364

19/12/86

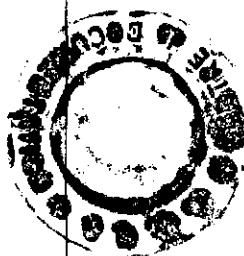
Renvis par
M. Folken

REPUBLIQUE DU SENEGAL

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) TENEYESALA = site
d'emplacement d'un
profil géognétique à
proximité de notre station
de pompage.

2) K mesuré essai Sebrane =
niveau d'eau constant :
 $4 - 5,0 \times 10^{-6} \text{ m/sec.}$
Faible.

3) Salinité
Rive Est < salinité
Rive Ouest.

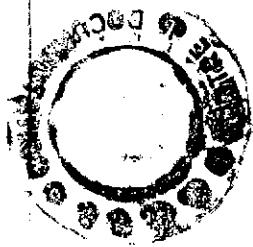
par

M. PLAUD

23/12/86

RAPPORT PRÉSENTÉ PAR LE BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES

DAK 66 - A 4



11164

SOMMAIRE

	<u>Pages</u>
- 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	20

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.

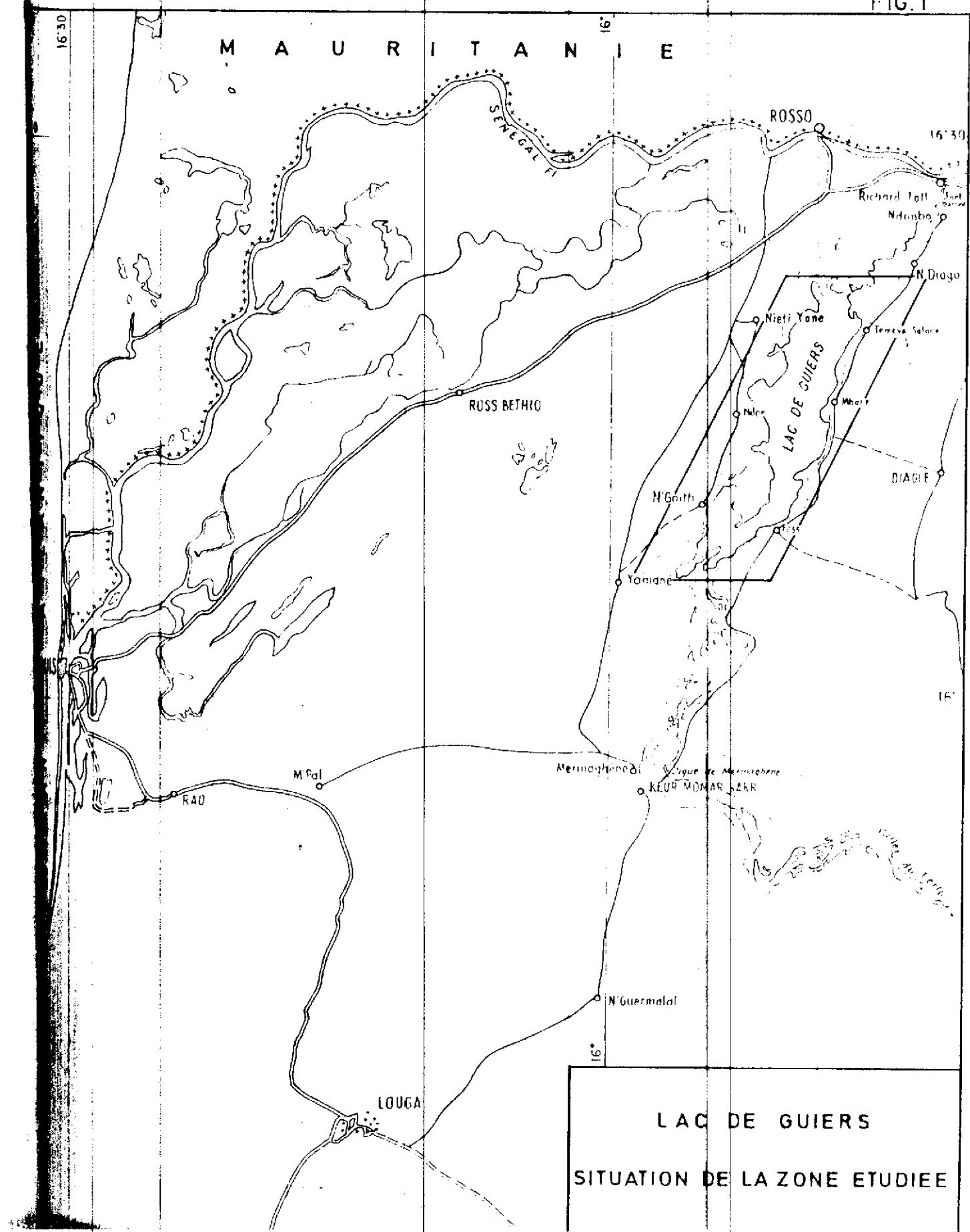
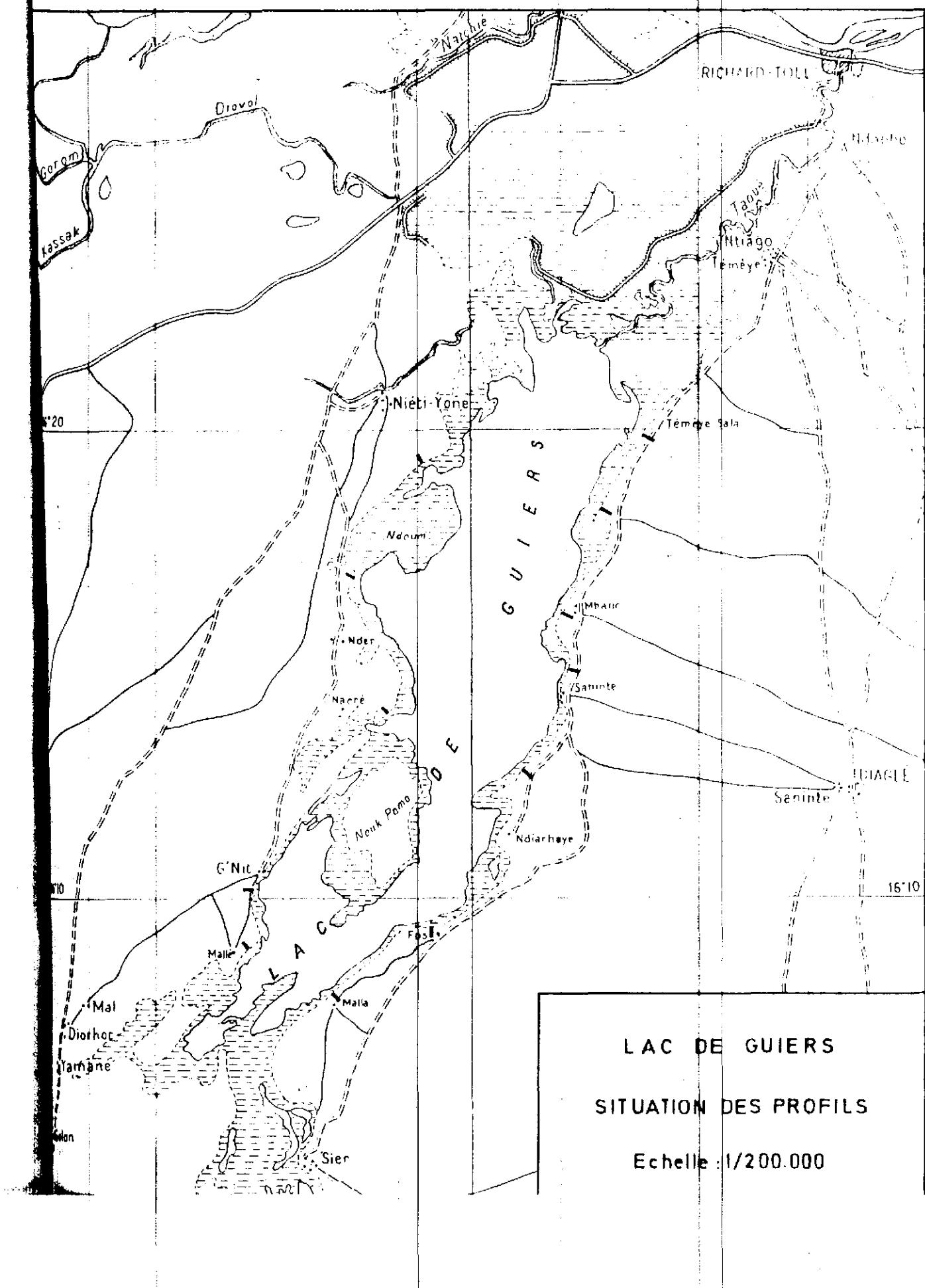


FIG. 2



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 souape 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 tube 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

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 Temmeye-Sala : 4 trous
- à mi-chemin entre Temmeye-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)
CÔTE OUEST	Niéti Yone	0,31	0,6	269
	N'Der	0,076		100
	Est Naéré	0,26		344
	G'Nit	1,74		363
CÔTE	Mallé	0,48		201
	Temmeye Sala	1,08		100
	M'Bane nord	0,61		106
	M'Bane Sud	0,52		100
SUD	Sud Saninte	0,88		100
				70

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.

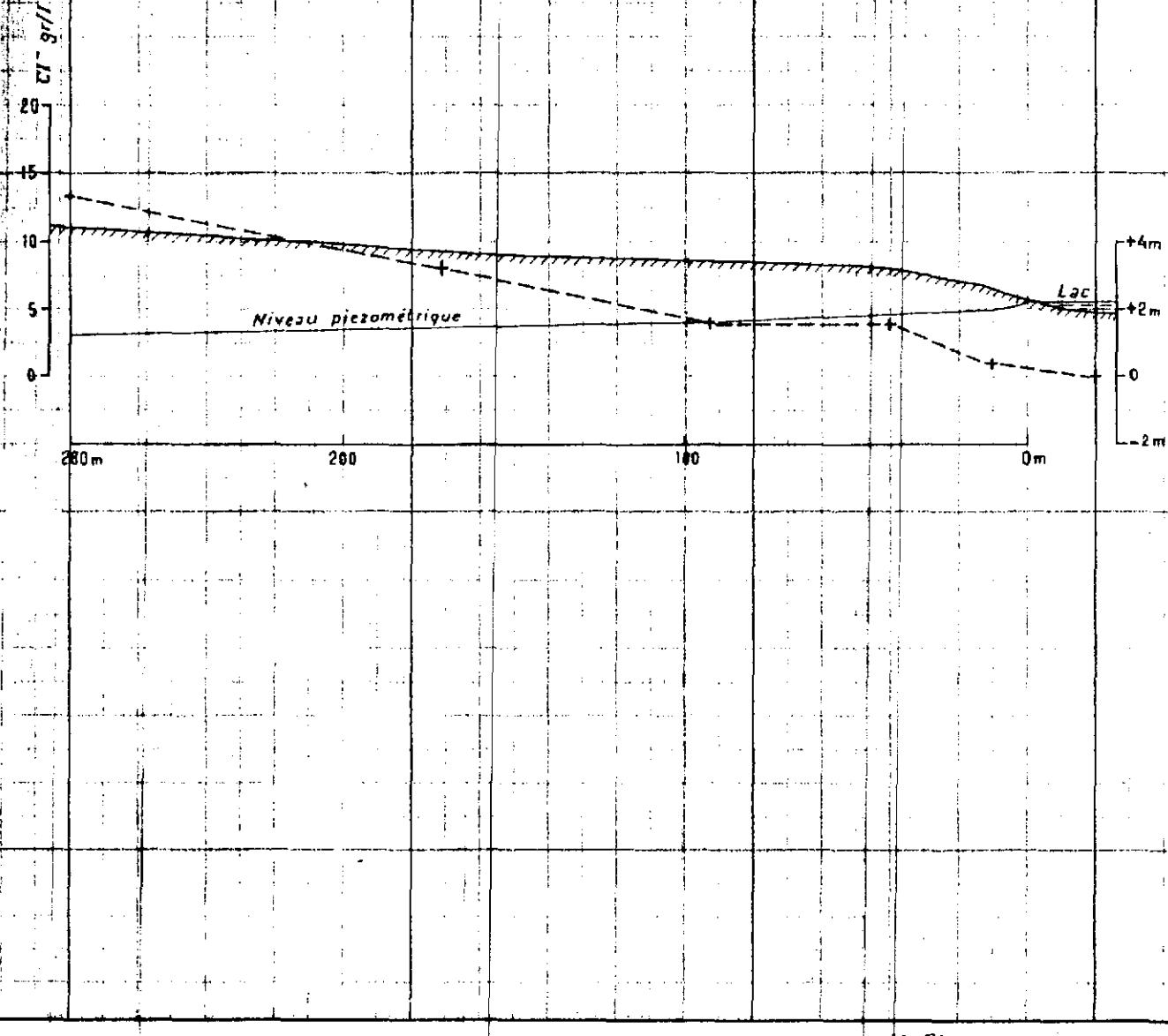
2.2. Teneur en chlorures

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 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 Cl^- de 70 mg/l (voir tableau 1 page suivante). Dès les premiers dix mètres, la nappe accuse une teneur en 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 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 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 Cl^- est généralement inférieure à 0,5 g/l. Sur tous les profils, l'augmentation du taux de Cl^- est sensible en fonction de l'éloignement de la rive, avec cependant

TABLEAU I - COTE OUEST

Secteurs		Résistivités (R) Ω m - Chlorures Cl g/l						
	N°	LAC	T18	T19	T20	T21	T22	
Nieti Yone	R	26	14	0,80	0,70	0,46	0,36	
	Cl ⁻	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			
Naéré	Cl ⁻	0,18	0,52	3,33	2,73			
	N°	LAC	T10	T11	T12	T13	T14	P15
	R	36	0,36	0,86	1,70	1,06	4,6	0,84
G'Nit	Cl ⁻	0,03	7,10	3,19	2,13	3,37	0,71	3,55
	N°	LAC	P1	P2				
	R	47	0,86	0,46				
Melle	Cl ⁻	0,018	3,55	8,46				
	N°	LAC	T5	T6	T7	T8	P9	
	R	18	11	0,42	0,44	0,56	0,38	
	Cl ⁻	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 Temmeye-Sala où la teneur en 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) Ω m - Chlorures Cl g/l				
	N°	LAC	T37	T38	T39	T40
Temmaye Sola	R	30	17	19	30	20
	Cl ⁻	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	
M'Bane Sud	N°	LAC	T29	T30	T31	
	R	19,3	13	3,50	0,78	
Sud Saninte	N°	LAC	P33	P34	P35	P36
	R	35	45	18	14	3,4
Foss	N°	LAC	P44	P45	P46	
	R	45	42	27	2,4	
Malla	N°	LAC	T41	T42	T43	
	R	45	50	42	39	
	Cl ⁻	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 crête à large indice de vide ($> 10\%$).

3.1. Conditions de validité

- Le sommet de la crête 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 crête 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 crête.
- Les terrains sont homogènes et isotropes.

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

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

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

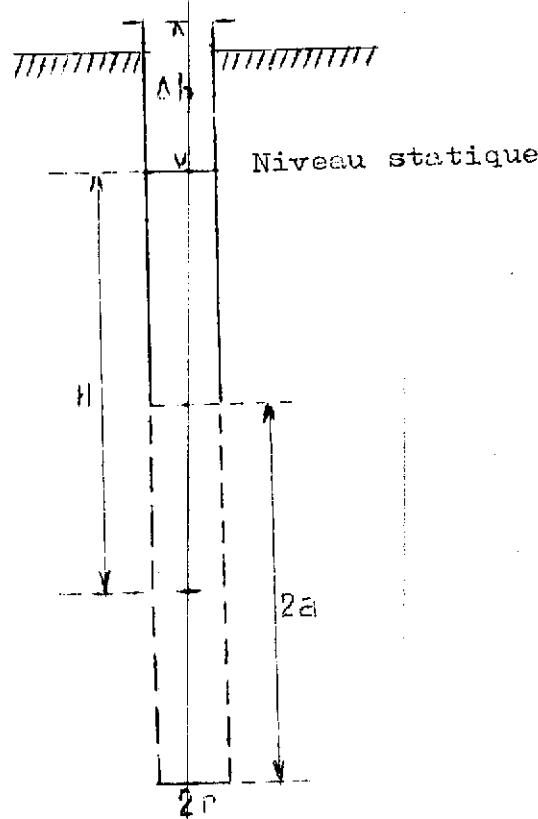
Q = débit en m^3/s

Δh = charge en m
avec $a^2 = a^2 - r^2$.

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
CÔTE	Nieti Yone	$5,10 \times 10^{-6}$	
	N'Der	$2,5 \times 10^{-6}$	
	Naéré	$1,5 \times 10^{-6}$	
	G'Nit	$2,9 \times 10^{-6}$	$2,8 \times 10^{-6}$
	Mallé	$1,90 \times 10^{-6}$	
EST	Temmeye Sula	$4,4 \times 10^{-6}$	
	M'Bane nord	3×10^{-6}	
	M'Bane sud	$7,1 \times 10^{-6}$	$3,3 \times 10^{-6}$
	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 crête 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 avions pour cela assimilé la courbe de la crue du lac et la courbe de sa décrue à 2 portions de sinusoides. 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 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 $0,06 \text{ g/l}$ de 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 ³
+ 2,40	795×10^6
+ 0,60	315×10^6

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

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

- Le reste est repris par évaporation et infiltration. Nous considérerons l'infiltration comme négligeable par rapport à l'évaporation, soit $(795 \times 10^6 - 315 \times 10^6) - 60 \times 10^6 = 420 \times 10^6 \text{ m}^3$

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

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

Le taux de 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 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 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 soufflage.

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 Téll
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 Temmeye 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

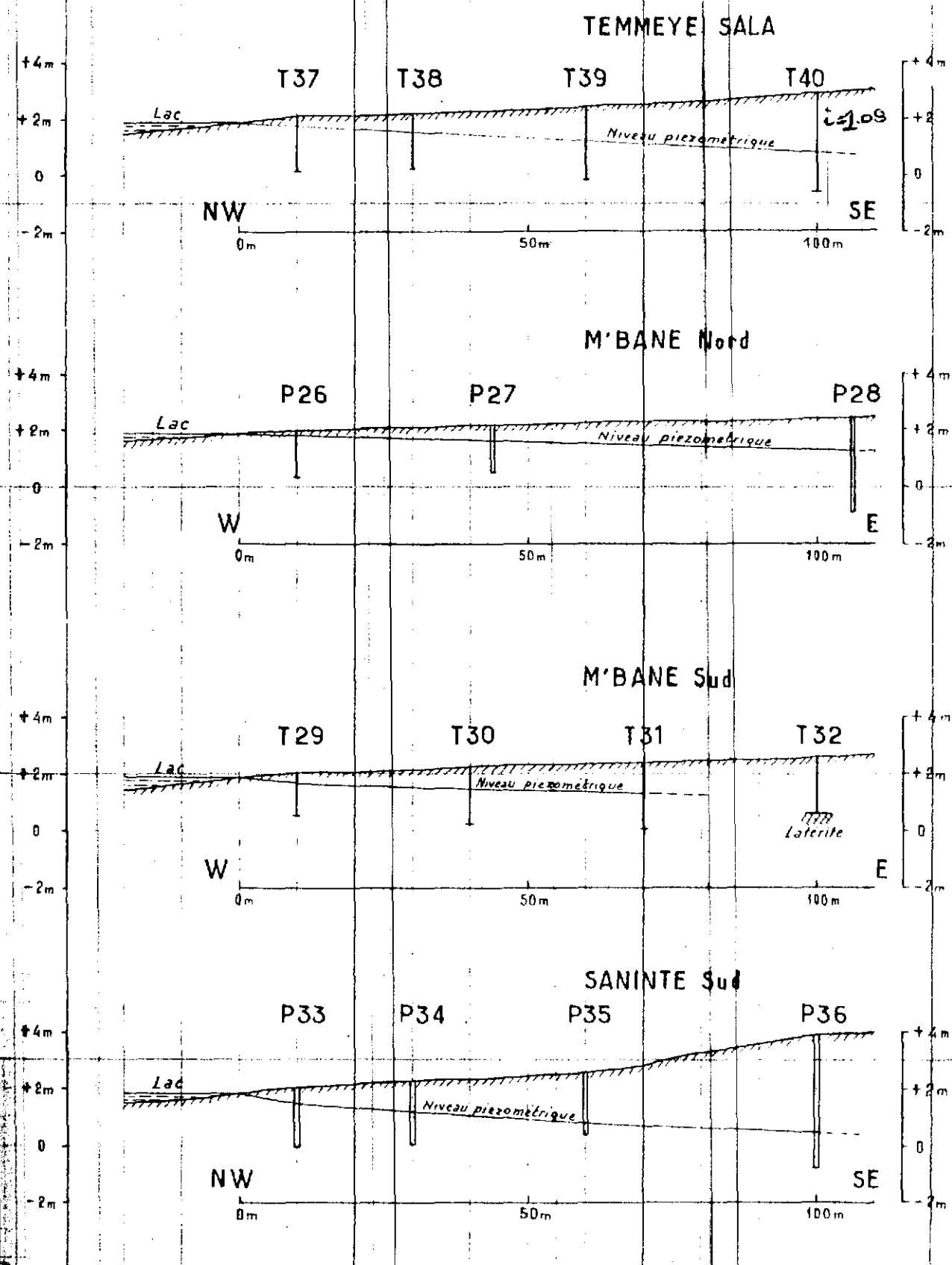
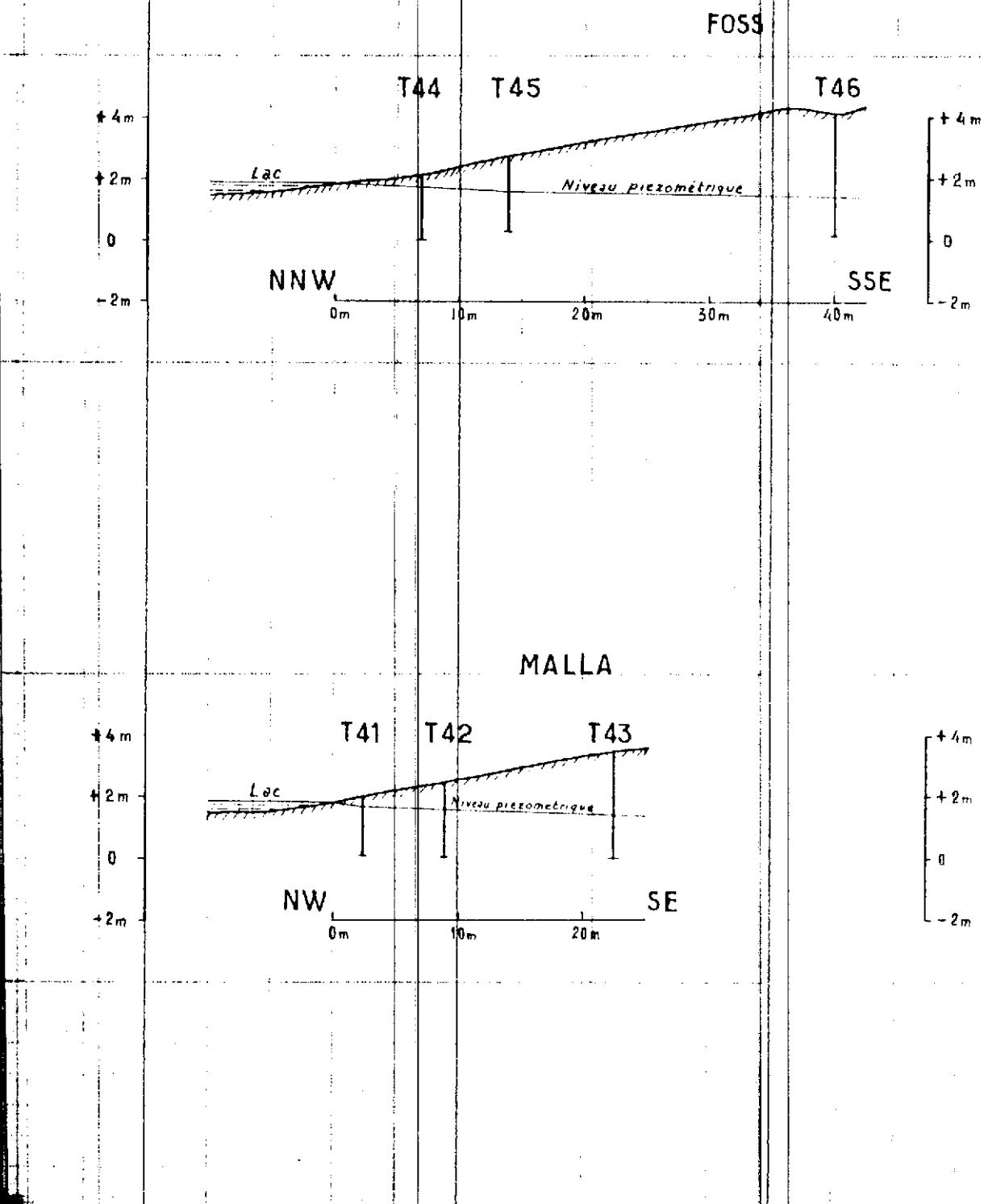


FIG. 7

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	Diamè- tre m/m	Profon- deur m	Hauteur de la partie aér. m	Cote du sol I.G.N.	Cote du fond I.G.N.	Cote du niveau piézomé- trique IGN	Cote du niveau du Lac IGN	Distan- ce 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

Naéré	T10	26.1.66	80	1,40		+ 2,106	+ 0,702	+ 1,982	2,005	10
	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	1,78	+ 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
	T37	9.2.66	80	2		+ 2,17	+ 0,17	+ 1,81	+ 1,93	10
Temmeye Sala	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	"	200

	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

de M. LIAUD

le 31 Echantillons envoyés le 26 Mai 1966

Bulletin d'Analyse n° 1

Annexe 1

75

Echantillons reçus au laboratoire

Le 26 Mai 1966

Echantillon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	8010	8011	8012	8013	8014	8015	8016	8017	8018	8019	8020	8021	8022	8023	8024	8025	8026	8027	8028	8029	8030	8031	8032	8033	8034	8035	8036	8037	8038	8039	8040	8041	8042	8043	8044	8045	8046	8047	8048	8049	8050	8051	8052	8053	8054	8055	8056	8057	8058	8059	8060	8061	8062	8063	8064	8065	8066	8067	8068	8069	8070	8071	8072	8073	8074	8075	8076	8077	8078	8079	8080	8081	8082	8083	8084	8085	8086	8087	8088	8089	8090	8091	8092	8093	8094	8095	8096	8097	8098	8099	80100	80101	80102	80103	80104	80105	80106	80107	80108	80109	80110	80111	80112	80113	80114	80115	80116	80117	80118	80119	80120	80121	80122	80123	80124	80125	80126	80127	80128	80129	80130	80131	80132	80133	80134	80135	80136	80137	80138	80139	80140	80141	80142	80143	80144	80145	80146	80147	80148	80149	80150	80151	80152	80153	80154	80155	80156	80157	80158	80159	80160	80161	80162	80163	80164	80165	80166	80167	80168	80169	80170	80171	80172	80173	80174	80175	80176	80177	80178	80179	80180	80181	80182	80183	80184	80185	80186	80187	80188	80189	80190	80191	80192	80193	80194	80195	80196	80197	80198	80199	80200	80201	80202	80203	80204	80205	80206	80207	80208	80209	80210	80211	80212	80213	80214	80215	80216	80217	80218	80219	80220	80221	80222	80223	80224	80225	80226	80227	80228	80229	80230	80231	80232	80233	80234	80235	80236	80237	80238	80239	80240	80241	80242	80243	80244	80245	80246	80247	80248	80249	80250	80251	80252	80253	80254	80255	80256	80257	80258	80259	80260	80261	80262	80263	80264	80265	80266	80267	80268	80269	80270	80271	80272	80273	80274	80275	80276	80277	80278	80279	80280	80281	80282	80283	80284	80285	80286	80287	80288	80289	80290	80291	80292	80293	80294	80295	80296	80297	80298	80299	80300	80301	80302	80303	80304	80305	80306	80307	80308	80309	80310	80311	80312	80313	80314	80315	80316	80317	80318	80319	80320	80321	80322	80323	80324	80325	80326	80327	80328	80329	80330	80331	80332	80333	80334	80335	80336	80337	80338	80339	80340	80341	80342	80343	80344	80345	80346	80347	80348	80349	80350	80351	80352	80353	80354	80355	80356	80357	80358	80359	80360	80361	80362	80363	80364	80365	80366	80367	80368	80369	80370	80371	80372	80373	80374	80375	80376	80377	80378	80379	80380	80381	80382	80383	80384	80385	80386	80387	80388	80389	80390	80391	80392	80393	80394	80395	80396	80397	80398	80399	80400	80401	80402	80403	80404	80405	80406	80407	80408	80409	80410	80411	80412	80413	80414	80415	80416	80417	80418	80419	80420	80421	80422	80423	80424	80425	80426	80427	80428	80429	80430	80431	80432	80433	80434	80435	80436	80437	80438	80439	80440	80441	80442	80443	80444	80445	80446	80447	80448	80449	80450	80451	80452	80453	80454	80455	80456	80457	804

ANNEXE 2 b

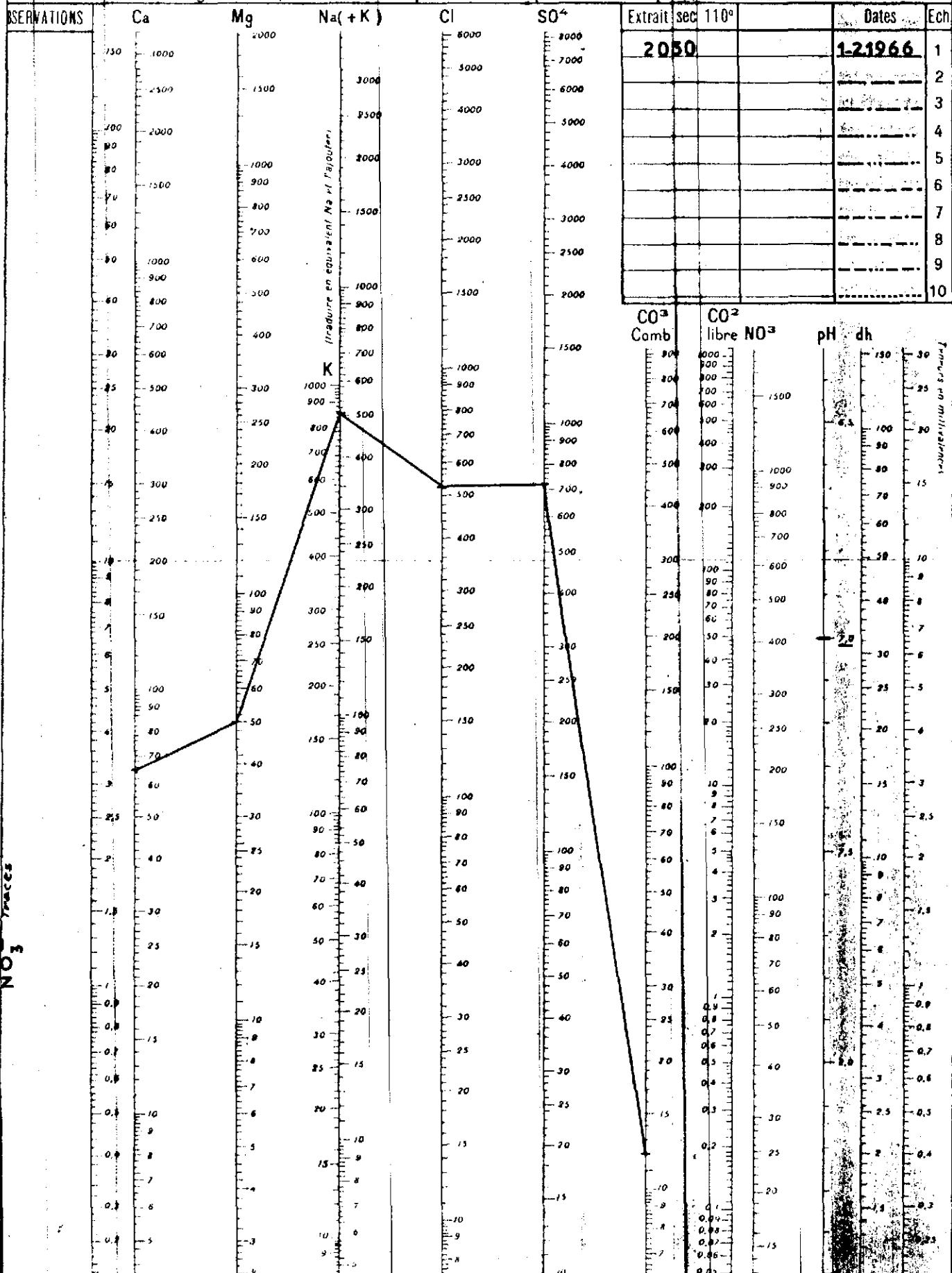
DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

Teneurs en milligrammes par litre

N° Provisoire
P 23

N° I.R.H.

NOM _____ N° DER _____



ANNEXE 2 C

DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

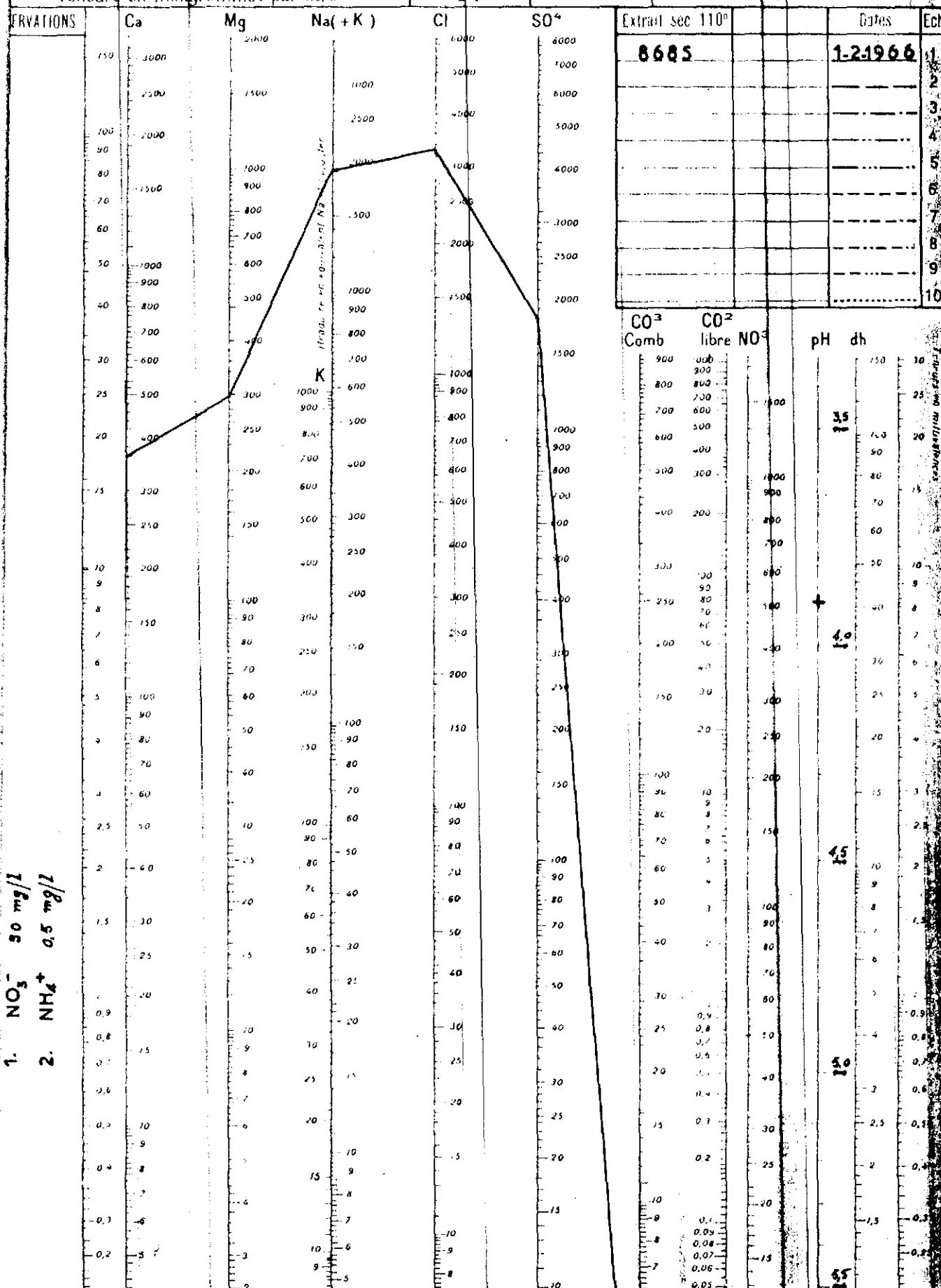
Teneurs en milligrammes par litre

N° Provisoire
P 24

N° I.R.H.

NOM

N° D.E.R.



ANNEXE 2 d

DIAGRAMME D'ANALYSE D'EAU

Teneurs en milligrammes par litre

N° Provisoire
P25

N° I.R.H.

NOM NIDER

OBSERVATIONS

Ca

Mg

Na(+K)

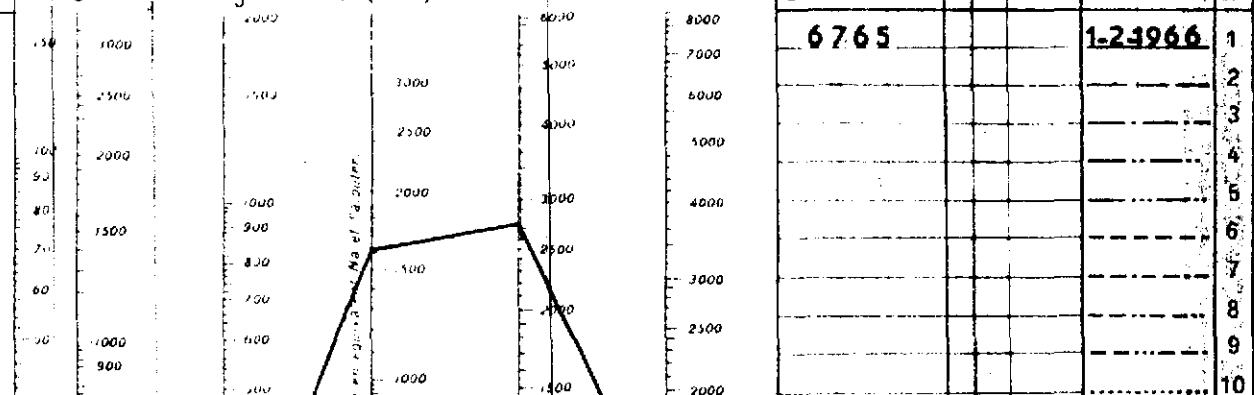
Cl

SO⁴

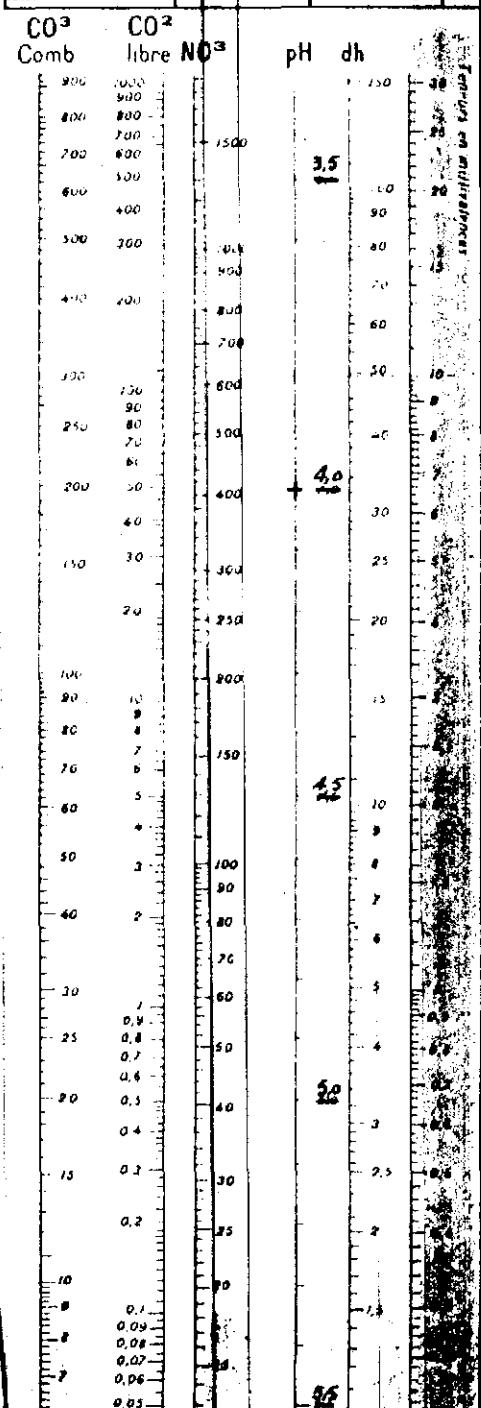
Extrait sec 110°

Dates

Ech



1. NO₃⁻ traces (0,20 mg/l)
2. NH₄⁺ 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 crêpines 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 nivellation
- 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
1 exemplaire 1380
1 exemplaire 1381
2 exemplaires
2 exemplaires 1382