

COMMUNAUTÉ
RÉPUBLIQUE du TCHAD
Ministère de l'Agriculture

O. R. S. T. O. M.
CENTRE de RECHERCHES TCHADIENNES

ETUDE PEDOLOGIQUE
des OUADIS de NGOURI à NJIGIDADA

E. GUICHARD

Septembre 1961

61 - 44

Avenue Général Tilho - FORT-LAMY
Boite Postale 65 Téléphone 119

COMMUNAUTE

REPUBLIQUE DU TCHAD

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

OFFICE DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

ETUDE EDOLOGIQUE DES UADIS

DE GOURI A JIGIDADA

E. GUICHARD

- SOMMAIRE -
=====

	<u>PAGES</u>
- GENERALITES.	4
- INTRODUCTION.	5
- GEOLOGIE.	7
- CLIMATOLOGIE.	10
- HYDROLOGIE - HYDROGEOLOGIE.	15
- VEGETATION	18
- ETUDE PHYSIQUE DE LA NAPPE.	22
- CIRCULATION DE L'EAU :	33
PERMEABILITE PORCHET.	33
IRRIGATION.	37
OBSERVATIONS DIVERSES.	38
- ETUDE CHIMIQUE DE LA NAPPE :	39
RESULTATS ANALYTIQUES.	39
ETUDE GEOGRAPHIQUE DE LA SALINITE.	44
- LES SOLS.	52
- GRANULOMETRIE.	57
- MATIERE ORGANIQUE.	59
- pH.	63
- CONDUCTIVITE.	64
- SELS SOLUBLES DES PATES DE SOL.	70
- SELS SOLUBLES EXTRAITS A L'EAU CHAUDE.	75
- CARBONATES, SULFATES INSOLUBLES.	79
- BASES ECHANGEABLES - CAPACITE D'ECHANGE.	82
- STABILITE STRUCTURALE.	84
- AGRONOMIE.	86
- CARTOGRAPHIE.	89
- CONCLUSION.	91
- BIBLIOGRAPHIE.	98
- TABLEAUX D'ANALYSES.	99....112

- GRAPHIQUES ET CARTES -
=====

	<u>PAGES</u>
<u>GRAPHIQUES.-</u>	
Pluviométrie Cumulée NGOURI-MAO 1957-58-60.	13
" " BOL " " "	14
Variations du niveau du Lac Tchad - 1956-60.	17
Perméabilité PORCHET.	36
Conductivité - Concentration (solution de natron).	48
Eaux de nappes - Somme des cations - Conductivité.	49
" " (Na/S - Conductivité.	50
" " (Règles de WILCOX.	51
" " - Ca/S - Conductivité.	51
Pâtes de sol - Somme des cations - Conductivité.	71
" " - Sodium - Conductivité.	72
" " - Na/S - Conductivité.	73
" " - Ca/S - Conductivité.	74
Stabilité Structurale.	85
 <u>CARTES.-</u>	
Carte des ouadis et des prélèvements pédologiques.	1/50.000 ²
Carte pédologique.	"
Carte d'utilisation des sols.	"

- GENERALITES -

=====

L'étude pédologique des ouadis cultivés ou non de NGOURI à NJIGIDADA a été entreprise pour le compte de la République du TCHAD, Ministère et Service de l'AGRICULTURE.

La prospection sur le terrain a eu lieu du 2/7/60 au 10/7/60.

Un certain nombre de rapports O.R.S.T.O.M. ont déjà été publiés, intéressant la région du KANEM :

- Rapport CSLT - PIAS - GUICHARD : "Etude pédologique des rives du Lac Tchad de DJIMTILO à BOL et du sillon du BAHR el GHAZAL de MASSAKORY à MOUSSORO" avec 5 cartes au 1/100.000.
- Etude pédologique des polders de BOL et BOLGUINI. GUICHARD - BOUTEYRE - LEPOUTRE.
- Evolution de la salinité dans le polder de BOLGUINI en 1959 et 1960 - PIAS - BARBERY.
- Monographie du Lac - BOUCHARDEAU - LEFEVRE.
- Etude d'un polder expérimental dans la région de BOL - SOGETHA - 1961.

Ainsi que diverses études :

- Etude des mares permanentes au Nord d'YRA. GUICHARD.
- Etude des sédiments et de la salinité du Lac Tchad - GUICHARD.
- Etudes des ouadis ou polders à BOL et MASSAKORY - LEPOUTRE.

Nous remercions Monsieur GIRARD, Chef de Secteur de l'Agriculture du KANEM, pour tous les renseignements très intéressants qu'il a bien voulu nous communiquer.

- INTRODUCTION -

SITUATION GEOGRAPHIQUE.-

L'étude porte sur les ouadis situés entre NGOURI et l'Ouest de NJIGIDADA à cheval sur la piste routière reliant ces deux postes.

Ils se placent aux environs de 13° 40' de latitude Nord et 15° 20' de longitude Est; ils sont sensiblement sur la tangente Est du Lac, côté Nord. Les ouadis les plus éloignés sont à environ 26 km des premières eaux archipelisées du Lac et les plus proches à 5 km.

DEFINITION.-

Ils se différencient donc des polders qui sont coupés du Lac par des barrages artificiels; les ouadis en sont séparés par des seuils naturels ou des dunes.

Ce sont des petites vallées sans rivière ou parfois des petites cuvettes qui sont séparées entre elles par des dunes de sable ou des plateaux sableux. Les vallées sont assez étroites, 100 à 150 m. environ dans le fond et un tiers en plus entre les sommets. Les cuvettes sont un peu plus larges et on peut trouver des largeurs de 500 à 600 m.

La dénivelée entre le fond de l'ouadi et le sommet de la dune est de 15 à 20 m. environ. Une section transverse indique un profil en U très aplati.

Les vallées peuvent avoir 7 à 8 km de long; mais au Nord de la route de DIBININTCHI - NJIGIDADA et à l'Ouest de ce dernier, elles sont beaucoup moins longues (3 à 4 km).

SYSTEME DU LAC.-

Les ouadis et les dunes forment un système analogue à celui qui existe encore dans la zone archipelisée du Lac.

Les ouadis et les dunes sont sensiblement parallèles et orientés suivant l'axe N.O. - S.E.

.../...

Les ouadis sont séparés par les dunes et réciproquement.

Suivant la position géographique, la prédominance des dunes sur les ouadis se marque par le raccourcissement des vallées, l'apparition d'ouadis en boutonnière ou l'ennoisement sous les sables.

RELIEF DUNAIRE.-

A l'Est des ouadis LARA, le sommet des dunes est arrondi; à l'Ouest, les ouadis sont moins rapprochés et le relief dunaire a l'allure d'un plateau sableux sub-horizontale.

ENSABLEMENT - MORPHOLOGIE.-

Dans la région de NGOURI, les ouadis sont très ensablés et la largeur utile des fonds est très étroite.

Vers DIBININTCHI les sillons des ouadis sont très serrés et assez allongés.

Les ouadis KILIFA-KERET, MOLORI-NGUIDI sont allongés mais courts et isolés les uns des autres.

A l'Ouest de NJIGIDADA, les ouadis sont tortueux, assez longs au Sud et petits, en forme de cuvette, au Nord.

- GEOLOGIE -

=====

NATURE DES SOLS.-

Le système du Lac est constitué de deux catégories de terrains :

- 1^o - Des sédiments de dépôt lacustre, argilo-limonohumifères : alluvions lacustres récentes.
- 2^o - Des sables, remaniés par le vent.

SCHEMA DE FORMATION.-

La mise en place des dépôts s'est faite probablement au cours de périodes géologiques du quaternaire, humides et sèches correspondant, selon certains auteurs, à des périodes glaciaires et interglaciaires en Europe.

1^o - Au cours d'une période humide, des sédiments à prédominance sableuse se sont déversés et épousent un relief préexistant. Il y a déjà des points bas (cuvette du Lac actuel, bas pays du Tchad).

2^o - Pendant la période sèche suivante, correspondant à un retrait ou une disparition du Lac, les matériaux se différencient sous l'action éolienne et le matériau sableux demeure en place.

Celui-ci est mis en mouvement par des vents soufflant du Nord-Est; il se constitue une succession de barkhanes côte à côte qui déterminent des alignements N.O. - S.E. des côtes et des vallons. Dans l'axe du vent, on a un profil sinusoïdal dunaire qui se déplace vers le S.O. On n'obtient cependant pas un relief identique partout, ce qui s'explique par une variation dans l'action éolienne :

Au Sud-Ouest du Lac, sous les sédiments lacustres actuellement inondés on a observé un relief sinusoïdal très amorti (dunes peu élevées, période courte). Vers BOL, les dunes sont plus hautes et la période plus longue. Vers NGOURI, de nouveau système plus serré. Au N.E. de NGOURI, système plus ample.

Sur une autre parallèle passant par MAO ou par NTIONA (au Nord), dunes très hautes avec des dénivelées de plus de 50 m. (BOL 15 m.).

Entre MAO et NGOURI on ne distingue même plus les ouadis

3^o - Pendant la période humide suivante le Lac envahit les creux des interdunes et y dépose les sédiments argilo-humifères. Sous le Lac actuel, les sommets des dunes sont parfois entièrement recouverts par les sédiments, surtout à mesure que l'on s'éloigne de la zone archipelisée.

4^o - Puis succède une période plus sèche; le Lac tend à s'assécher ou à occuper sa surface actuelle.

Les vents soufflant du N.E. ne déplacent plus le système dunaire, qui est stabilisé par les sédiments argileux. Aussi son action se traduit par un ensablement; les ouadis sont ennoyés et là où la force du vent est la plus grande ils peuvent disparaître complètement; ailleurs ne subsistent que des cuvettes qui paraissent isolées; les vallées se rétrécissent en largeur et se ferment aux extrémités. Une section transversale dans ces ouadis allongés montre le versant Est abrupt, boulant, dont le mouvement est analogue à celui d'une vague sur la grève; à l'Ouest, la pente est douce car elle a été dégagée par le vent. Cette dissymétrie existe aussi dans le fond de l'ouadi, car on note souvent, si l'ouadi est étroit, une pente descendante des sédiments argilo-limoneux dirigée vers l'Est; la partie plane et la partie descendante vers l'Ouest sont cachées sous les sables.

5^o - Puis le Lac subit de petites variations :

Le niveau atteint la cote 287 marquée par un dépôt coquillier.

Le Lac s'assèche partiellement et les argiles se dessèchent et se fendent horizontalement et verticalement; ceci correspondrait au niveau schisteux observé dans les rejets des puits. Des langues de sable coulent des dunes et seront ensevelies sous les argiles plus récentes après le retour des eaux.

Puis ont lieu les dernières crues très récentes : débordement dans le BAHR el GHAZAL jusqu'à MOUSSORO, crue de 1956.

.../...

EPAISSEUR.-

Dans la région de BOL, nous avons estimé à 15-16 m. la dénivelée entre le sommet de la dune et le fond sableux sous les argiles.

L'épaisseur des argiles serait d'environ 4 m.

La hauteur d'eau sur les argiles à BOL était environ de 4 m. en 1957.

EFFLUENTS.-

En période de fortes crues, le Lac déborde dans le BAHR el GHAZAL.

A NGOURI on observe sur les photos aériennes un tracé ayant au début l'allure d'un cours de rivière avec des méandres nets; puis au Sud de MECHIMERE et aux environs de MOUSSORO, où il semble rejoindre le BAHR el GHAZAL, il se traduit par une continuité entre les ouadis.

Les sédiments sont des limons argileux carbonatés (dominance calcaire). On y trouve aussi quelques tests siliceux de diatomées mais infiniment moins que dans les argiles du fond du Lac (BOL).

Le matériau a souvent l'allure d'une croûte surtout en bordure des ouadis où s'effectue une attaque différentielle de l'érosion. Il couvre une surface importante dans les ouadis de la bordure Est du Lac, depuis ISEIROM jusqu'à OULIROM (près MASSAKORY).

D'après les quelques points cotés marqués sur les cartes au 1/200.000, il semble que la zone, comprise entre MASSAKORY - NGOURI et ouverte au N.E., est sub-horizontale dans les fonds, puis descend vers le N.E. en continuité de pente avec les bas pays du Tchad de la région de KORO-TORO; tandis que la zone qui commence vers NGOURI et située au Nord de MAO est plus élevée et a une pente descendante vers le S.O., c'est-à-dire vers le Lac. On peut admettre que le tracé de NGOURI ait été un effluent du Lac analogue au BAHR el GHAZAL.

- CLIMATOLOGIE -
=====

La région étudiée se situe en climat sahélo-saharien, caractérisé par une saison des pluies assez courte, Juillet - Août - Septembre, premières pluies mi-Mai, dernières parfois mi-October; une saison sèche prolongée; une saison froide, Décembre - Janvier - Février.

CLIMATOLOGIE.-

Voici les pluviométries annuelles de quelques stations :

Années	BOL	NGOURI	MAO
1950	458,4		480
51	230,3		255,9
52	373,5		518
53	313,5		463
54	698,8		349
55	295,6		331
56	481,8(2)		294,7
57	319,8	332,7	303
58	325	322,7	457,5
59	520,6	> 350 (1)	454,2
60	258	318,6	188,6

.../...

(1) - Juillet manque.

(2) - Chiffre officiel de la Météo - Dans la monographie du Lac : 376.

La pluviométrie est parfois assez variable suivant les stations.

1954 a été une année forte sur BOL, mais moyenne sur MAO.

1959 une année à plus forte pluviométrie sur toutes les stations.

1960 est déficitaire, mais se maintient à NGOURI.

La moyenne d'une station est variable suivant qu'on la calcule sur un grand ou un petit nombre d'années. Ainsi sur BOL :

277 mm	1946 - 1950
385	1951 - 1956
350,8	1957 - 1960
331	1946 - 1960

Voici un relevé des moyennes mensuelles pour la station de NGOURI pour les années 1957-58-59-60 :

Années	1957	1958	1959	1960
Avril	1,7			8
Mai	16,3			5,9
Juin	60,7	65,3		18,5
Juillet	122,5	87,2	manque	65
Août	59	100,5	295,3	138,9
Septembre	72,5	69,2	54,5	82,3
Total	332,7	322,2	> 350	318,6

TEMPERATURES.-

NGOURI en 1958 :

moyenne mensuelle	minimum	- 16,6	Février
"	"	1 ^{er} maximum	41,6 Avril
		2 ^e "	37,7 Novembre

MAO en 1958 :

moyenne mensuelle	minimum	23,9	Février
"	"	1 ^{er} maximum	41,9 Avril
		2 ^e "	38,5 Octobre

Les températures minima suivent une évolution régulière.

Les températures maxima, après une baisse en saison des pluies, passent par un deuxième maximum inférieur à celui de saison sèche, au cours de l'intersaison qui précède la saison froide.

LES VENTS.-

Les observations à NGOURI en 1958 montrent que les vents soufflent :

du N.E. d'Octobre à Avril

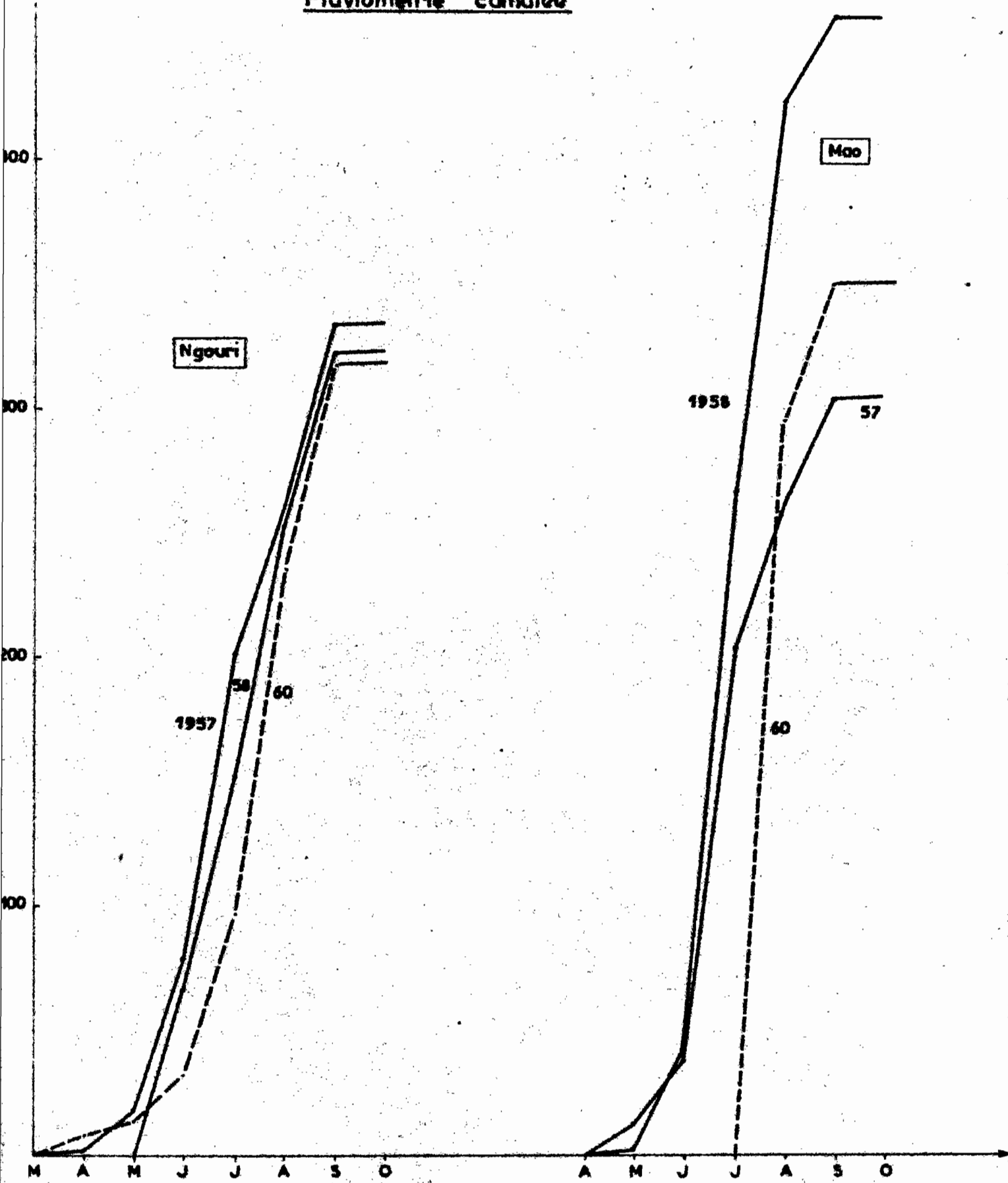
du S.O. de Mai à Septembre

EVAPORATION.-

Les résultats enregistrés pour l'année 1959 sont de 3,1 à 3,4 m. (Piche et Bac Colorado) à BOL Dune et de 2,3 m. (Colorado) à BOL Lac.

100 pluviométrie mm.

Pluviométrie cumulée



Ngouri

Mao

1957

1958

58

60

57

60

M A M J J A S O A M J J A S O

500 pluviométrie mm

Pluviométrie cumulée

400

1959

50

300

58

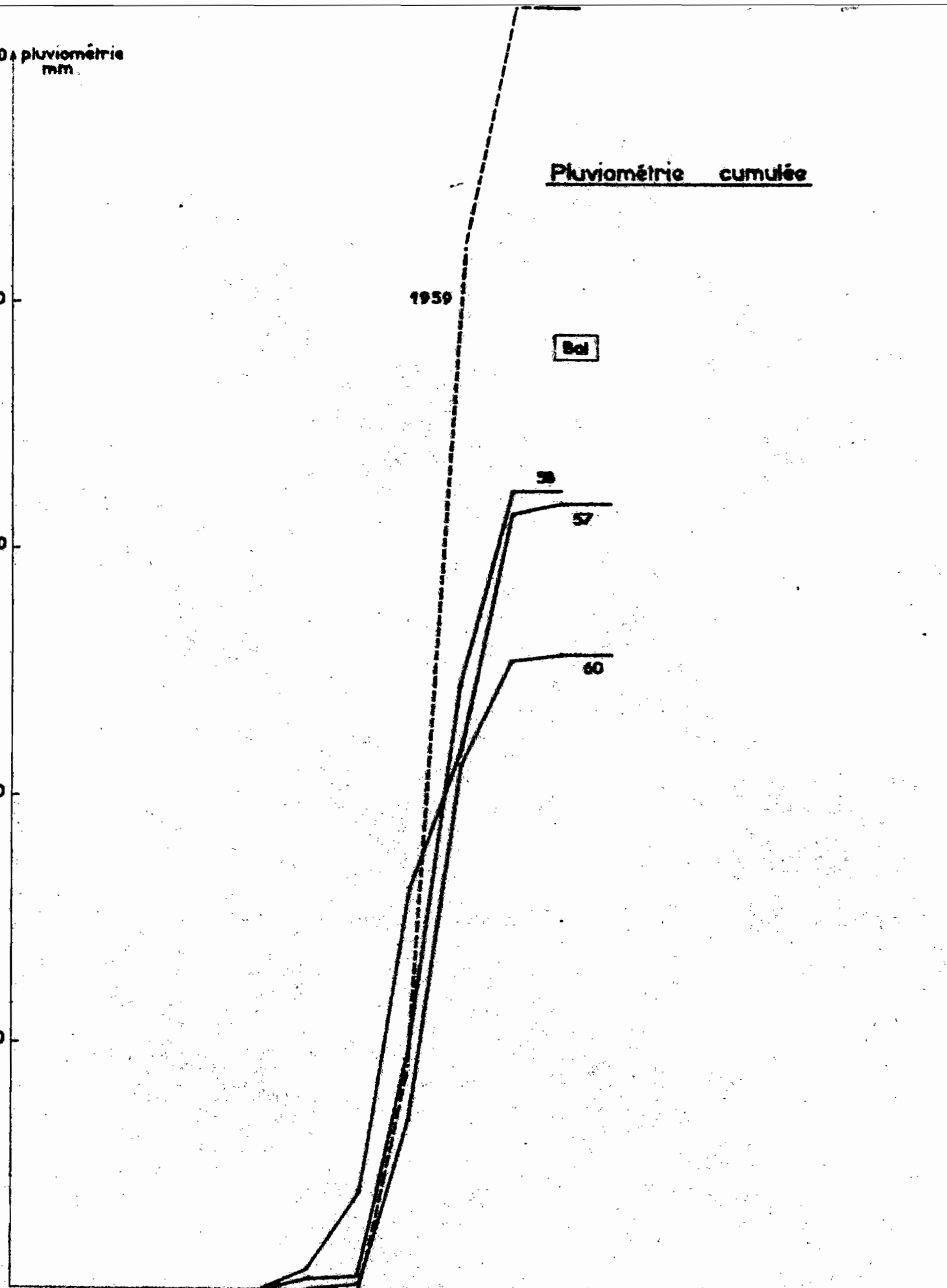
57

200

60

100

A M J J A S O N



- HYDROLOGIE - HYDROGEOLOGIE -

=====

NIVEAU DU LAC.-

Le niveau du Lac est la résultante des apports et des pertes.

Le CHARI est la principale source d'apports.

Les autres rivières qui s'y jettent apportent 5 % du total et les pluies de 10 à 20 %.

Les pertes proviennent de l'évaporation des infiltrations.

VARIATION DU NIVEAU.-

Annuelle -

Le niveau du Lac passe par un maximum en Décembre - Janvier et par un minimum en Juillet. La dénivelée entre un maximum et un minimum consécutif est de 0,6 à 1 m.

Interannuelle -

On observe une élévation du niveau maximum depuis 1942 jusqu'en fin 1956, puis une baisse et une stabilisation de ce niveau depuis fin 1958 jusqu'à fin 1960 aux environs de la cote 282,6 (I.G.N. 1956).

ETUDE DE LA NAPPE.-

Différentes études ont été faites sur la nappe et de nombreux résultats sont consignés dans le rapport PIAS - BARBERY - "Evolution de la salinité dans le polder de BOLGUINI en 1959 - 60". La nappe est alimentée par les eaux de pluie et par le Lac et circule en s'éloignant du Lac.

Dans le polder de BOLGUINI, le niveau piézométrique est sensiblement parallèle à la surface du sol.

La vitesse d'écoulement est de 30-40 cm/heure à travers les dunes à la sortie du Lac.

.../...

Dans le polder de BOLGUINI le niveau piézométrique passe par un maximum pendant la saison des pluies et un minimum pendant la saison sèche.

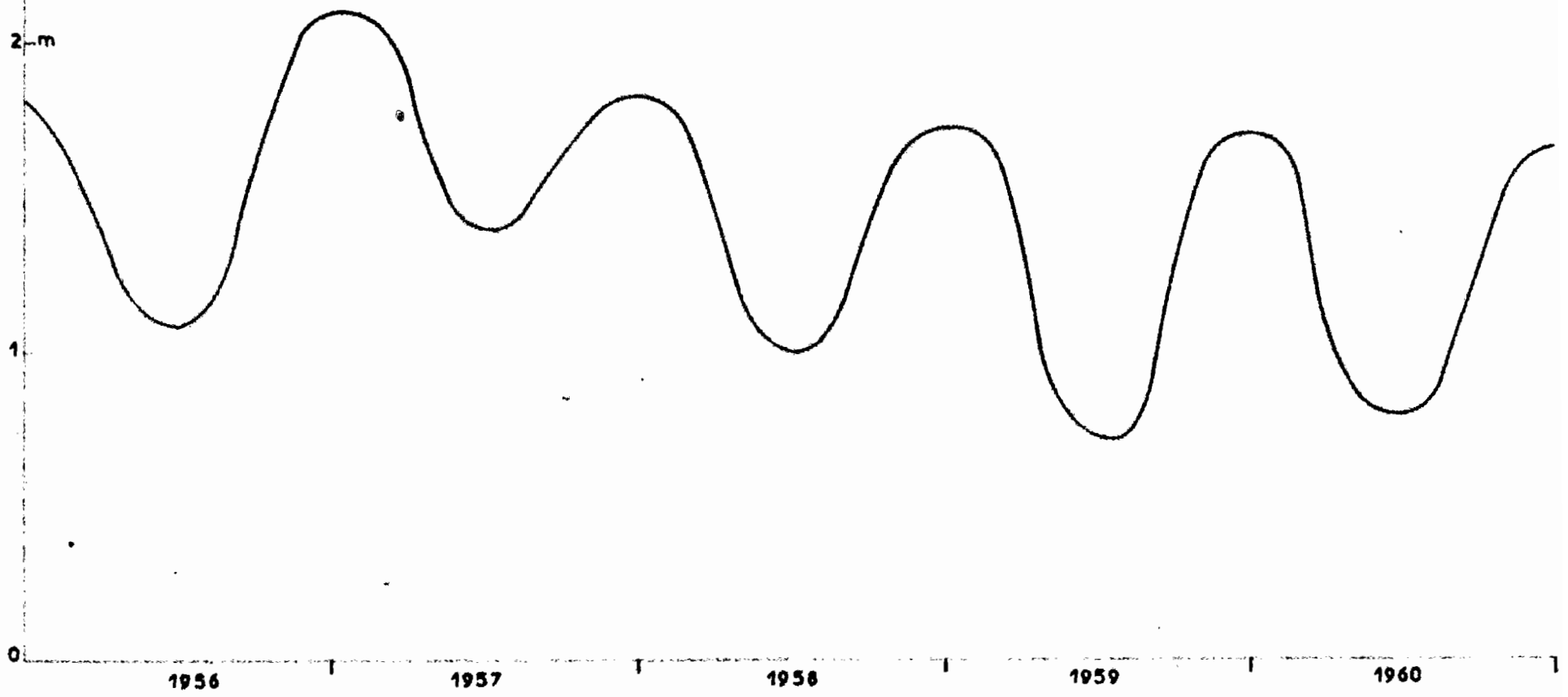
Le début de l'onde de crue du Lac dans BOLGUINI commence théoriquement à se manifester 3 mois après le début de celle du Lac par une remontée du niveau piézométrique fin Octobre avec un maximum étale en Avril-Mai-Juin. En réalité, les répercussions du Lac sont masquées par une baisse plus forte du niveau de la nappe après la fin des pluies et par l'accélération de l'évaporation consécutive à l'irrigation des semis de blé et de maïs.

L'influence des pluies sur les variations du niveau piézométrique est supérieure à celle du Lac.

D'après le rapport SOGETHA sur le polder de BOLGUINI (500 ha), pluviométrie annuelle (0,3 m. + 0,3 m. bassin versant), évapotranspiration annuelle 2 m. sur 300 ha cultivés, 1,5 m. sur 200 ha en jachère, les apports des pluies par an sont de $3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ et les pertes par évapotranspiration de $9 \cdot 10^6 \text{ m}^3$. Si l'on considère que le niveau de la nappe n'a pas varié dans le polder pendant la période annuelle considérée, la différence des entrées dans le polder moins les sorties du polder (par la nappe) est positive et égale à $6 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$ pour la cote de nappe 277,25 m.; ceci conduit à un excédent des entrées dans le polder de 190 l/s. Si l'on veut maintenir le niveau de la nappe à une cote plus basse, on sera amené à pomper la différence du nouvel excédent entrées moins l'excédent entrées de la cote 277,25. Les calculs pour maintenir la nappe à un niveau donné se passent ainsi de connaître les valeurs des infiltrations entrées et des infiltrations sorties et n'utilisent que leur différence. En particulier, on ne connaît pas le débit de la nappe, ni la proportion des apports nappe et pluviométrie.

↑
hauteur
à l'échelle
de Bol.

Variation du niveau du lac Tchad
(échelle de Bol)



0 de l'échelle = 280.87 (I G N 1956)

- VEGETATION -
=====

DUNES.-

Sur les dunes et les plateaux sableux, la végétation arbustive est une savane très claire et par places les arbres disparaissent. Vers DIBININTCHI, on note Acacia senegal, Leptadenia spartium. La strate herbacée est constituée par des Aristidées, Hyparrhenia, Cymbopogon. Vers NJIGIDADA domine la strate herbacée avec Leptadenia spartium.

PROFIL COTE OUEST.-

KOLOBO : Voici un exemple de profil rencontré dans l'ouadi

Début de pente :

Leptadenia spartium

Acacia tortilis

Maerua crassifolia

Hyphaene thebaïca et repousses

Plus bas :

Callotropis procera

Zizyphus

Zone de contact des sables et des limons de l'ouadi :

Capparis

Boscia senegalesis

Acacia seyal

Salvadora persica

PROFIL DANS LE SENS N.O. - S.E.- (Nord ouadi KOLOBO)

Pente :

Leptadenia spartium - strate herbacée

.../...

Bas de pente :

Couronne de *Hyphaene thebaïca*, surtout en
repousses

Puis zone de contact sable et limon :

Balanites aegyptiaca

Boscia senegalensis

Strate arborée haute : limon.

Zizyphus ou *Zizyphus* et *Acacia scorpioides*

EXEMPLES SUR LIMON.-

Ouadi KOLODJOLUM :

Zizyphus

Acacia scorpioides

} dense

Ouadi YRA :

Zizyphus

Acacia scorpioides

Acacia seyal

Boscia senegalensis

Balanites aegyptiaca

Callotropis procera

Ouadi FIDAME :

Acacia scorpioides

Zizyphus

Ouadi NGAYARI :

Kigelia africana

Maerua crassifolia

Zizyphus

.../...

OUADI NATRONE OU A CROUTE.-

La partie natronée de l'ouadi est stérile.

En bordure :

Salvadora persica en buisson

Dans les pentes un peu moins salées :

Boscia senegalensis

Exemple : (Ouadi YOUNTRA-MARI) :

Au voisinage de sol natroné stérile : Naga, type
BAHR el GHAZAL.

Acacia seyal

Salvadora persica

Capparis

Maerua crassifolia

VEGETATION D'OUADIS A NAPPE PROCHE OU EN SURFACE.-

Il s'agit d'ouadis à l'Ouest d'une ligne LORA-KILIFA.

Dans les portions d'ouadis à nappe assez profonde
mais sol humide :

Callotropis procera (jachère)

Cynodon dactylon (tapis recouvrant le sol)

Avec nappe vers 0,8 m. :

Cynodon dactylon

Sporobolus pyramidalis (en touffe de 50cm.
de haut)

Nappe vers 50 cm :

Cynodon

Sporobolus

Stipa australis

.../...

Nappe de 50 à la surface et eau sur le sol :

Phragmites vulgaris

Stipa australis

Pour mémoire : bras du Lac : *Cyperus papyrus*.

On observe encore : *Imperata cylindrica* (jachère),
Juncus sp., *Chloris*, *Cyperus* sp.

EXEMPLES.-

Sud de l'ouadi de NJIGIDADA :

Sporobolus très dense exclusif, 1 m. de haut,
pas de tapis sur le sol.

Ouadi YORO - natroné, envahi par l'eau (mares sté-
riles);
autour : *Cynodon*, *Sporobolus*, *Cyperus*.

Ouadi ROMBOU :

Cynodon, *Sporobolus* : sur les bordures.

Phragmites, *Stipa* : vers le centre (eau en
surface).

CARTE D'UTILISATION DES SOLS.-

Sur la carte d'utilisation des sols on peut voir
l'évolution de la végétation en fonction de la position
géographique qui est en relation avec différents facteurs
que nous étudierons plus loin : profondeur de la nappe,
salinité, etc.

- ETUDE PHYSIQUE DE LA NAPPE -

Nous avons exécuté un grand nombre de prélèvements d'eau soit dans des puits, soit dans des trous de sonde et mesuré les niveaux. Il y a lieu de faire quelques remarques préliminaires avant de comparer les chiffres de profondeur.

Dans les trous de sonde on observe assez souvent une remontée de 30 cm parfois, et nous avons noté la profondeur finale du niveau piézométrique, au bout de quelques dizaines de minutes.

Dans les puits, du fait des irrigations, il faut noter le niveau matinal.

Les puits sont à des cotes variables et comme il n'existe pas de carte topographique les chiffres de profondeur ne doivent être considérés que comme des ordres de grandeur.

PROFONDEUR GENERALE DE LA NAPPE.-

La nappe est comprise entre la surface (> 0 , sol inondé) et 5 m. de profondeur, respectivement de l'ouadi BILI à l'Ouest aux ouadis de NGOURI à l'Est.

REPARTITION DES PROFONDEURS EN FONCTION DE LA SITUATION GEOGRAPHIQUE.-

Nous distinguons 4 zones :

1^o - Dans les ouadis au Nord de BARI, c'est-à-dire les ouadis de la région de NGOURI, la nappe est comprise entre 3,5 et 5 m. (prélèvements d'eau de 7 à 17).

2^o - Dans les ouadis compris entre YOUNTRA et GUEREKEDI, la nappe est comprise entre 2 et 3,5 m.

3^o - Dans les ouadis :

LORA - LIRAROM
KILIFA - NGOUDOKI
MOLORI - YUULOM
DOUGOULA

la nappe est comprise entre 0,5 et 2 m.

.../...

Les variations de profondeur de la nappe ne sont pas nettes du fait que certains puits sont dans le fond des ouadis, d'autres sur les bords. La nappe est cependant plus près de la surface dans les ouadis KILIFA-KALARI que dans les ouadis situés au Sud.

La nappe suit grosso modo la surface topographique; certains ouadis sont plus bas au centre que sur les bords.

VARIATION DE LA PROFONDEUR A PETITE ECHELLE.-

Dans la région de MAO la nappe est souvent moins profonde que dans les ouadis de la région de DIBININTCHI; et cependant, d'après quelques points cotés, il semble que l'altitude des fonds de ouadis à MAO soit plus élevée.

Dans des cuvettes au Nord d'YRA, il existe des mares permanentes.

VARIATIONS DANS LE SENS TRANSVERSAL.-

Voici quelques chiffres de prélèvements exécutés dans le sens transversal :

2 . 3	:	2,6	2,6
5 . 4	:	2	1,7
29 . 28	:	2,4	2,4
42 . 43	:	3	3,3
44 . 45	:	1,7	2,6
71 . 72 . 73	:	1,2	1,1 1,2

Sur la transversale 5 . 4, le puits n° 5 est plus haut que le trou n° 4; le fond de l'ouadi a une pente descendante vers l'Est.

Sur la transversale 29 . 28 les prélèvements sont sensiblement au même niveau; le fond est horizontal. De même en 42 . 43.

.../...

En 44 . 45, le puits 45 est situé 1 m. plus haut environ que le puits 44.

En 71 . 72 . 73, 72 et 73 sont des trous sur un plan horizontal, 71 est un puits un peu plus haut.

En résumé la nappe suit sensiblement la surface topographique. Cependant si l'on veut obtenir des renseignements plus précis, il faut avoir des puits cotés.

PROFONDEUR ET SALINITE.-

Au prélèvement n° 6, natroné, la nappe est à 2,5 m.; plus profonde que plus au Nord dans l'ouadi où les sols ne sont pas natronés. Deux remarques cependant : la frange capillaire en 6 monte jusqu'en surface; le prélèvement n° 6 est dans un trou de sonde noté après stabilisation; mais celle-ci n'est peut-être définitive qu'après plusieurs heures.

En 20 (sol natroné) la nappe est plus proche qu'en 18 et 19 (non salés).

Dans l'ouadi de NJIGIDADA, la nappe est la plus profonde là où les sols sont les plus salés (n° 28). Mais il s'agit probablement ici d'une natronisation par culture, alors que dans les cas précédents il s'agissait d'une natronisation ancienne.

En résumé, la relation profondeur-salinité doit être étudiée en liaison avec la hauteur de la frange capillaire.

RELATION ENTRE LA PROFONDEUR DE LA NAPPE, LA PLUVIOMETRIE ET LE NIVEAU DU LAC.-

La pluviométrie et le niveau du Lac sont deux facteurs associés jouant sur le niveau de la nappe.

Il existe une variation de niveau de base de la nappe liée à celle du Lac conditionnée par la variation de charge entre le Lac et la nappe.

.../...

Il existe une variation de niveau (complémentaire) liée aux pluies.

Si l'on supposait un niveau constant du Lac intermensuel et interannuel, l'on observerait un niveau de base de la nappe constant et en plus un crochet vers le haut résultant des pluies.

En réalité, le phénomène est difficile à étudier, car le niveau du Lac subit des modifications intermensuelles et interannuelles qui sont transmises à la nappe avec un décalage de temps; de plus, la quantité d'eau tombée d'une année à l'autre est variable.

a) Ouadi de NJIGIDADA :

Nous avons noté dans le rapport du Lac C.S.L.T. page 29, que l'ouadi de NJIGIDADA était encore en eau en Juin 1955 et asséché en 1956. Or la pluviométrie de 1954 a été exceptionnellement forte et celle de 1955 faible. Le niveau du Lac fin 1953 et fin 1954 était encore relativement bas et, si son influence s'était manifestée en 1955 à NJIGIDADA, elle s'y serait encore manifestée en 1956.

De même nous retrouvons de l'eau dans cet ouadi en Juin 1960 après une pluviométrie élevée de 1959 alors que le Lac était haut en fin 1956, puis étale les années suivantes à une cote moins élevée.

Nous en concluons que pour un niveau du Lac assez élevé, des pluies assez fortes font apparaître de l'eau en certains points de surface de certains ouadis.

b) Ouadis à l'Ouest de LORA-KILIFA :

Dans ces ouadis nous avons observé soit une nappe très haute, soit une nappe au-dessus de la surface du sol. Or l'on voit nettement sur les photos aériennes les traces d'anciennes cultures plus étendues. De plus le Chef de canton prétend que ces ouadis étaient plus largement cultivés il y a 6 ans (environ), et d'une façon continue pendant 40 ans (?). D'après les niveaux du Lac reconstitués par A. BOUCHARDEAU le Lac a remonté depuis 1942 de la cote 281 m. environ, soit une augmentation de 2 m. par rapport au niveau actuel.

.../...

Il semblerait donc que ces ouadis aient pu être cultivés autrefois quand le Lac était plus bas, car la nappe était relativement basse et les pluies même fortes n'arrivaient pas à maintenir le niveau piézométrique à une hauteur gênante.

Depuis, le niveau (de base) de la nappe s'est élevé consécutivement à celui du Lac et les pluies parfois très fortes ont inondé partiellement certains ouadis.

La conséquence de l'envahissement par l'eau et du rapprochement de la surface du niveau piézométrique est l'invasion des ouadis par des graminées, des Cyperacées qui nécessitent un travail d'entretien ou de défrichage. Nous verrons par la suite si l'abandon ou le retrait de la culture dans ces ouadis sont dus seulement à l'envahissement par les herbes, conséquence de la remontée de la nappe.

c) Interprétation des photos aériennes :

Les photos aériennes ont été prises fin Mars 1951. 1950 a été une année de forte pluviométrie : 458 mm à BOL.

On y distingue nettement les parties natronées blanches, sèches en 1951 :

Sud et milieu de l'ouadi LOGOUM.

Ouadi YORO.

Début Juillet 1960, on y observe encore de l'eau. Dans l'ouadi LIRAROM, surface natronée blanche, sèche en 1951; en 1960, tapis de Cynodon, Sporobolus avec des traces de mares qui viennent juste de s'assécher.

De la même manière on repère assez bien sur les photos les zones cultivées. Elles sont nettement plus étendues qu'en 1960.

d) Influence de l'évolution de la nappe sur la culture dans les différents ouadis :

1^o - Quand le Lac est bas, c'est-à-dire la nappe basse dans les ouadis :

- Vers NGOURI, la nappe est profonde, supérieure à 5 m., et la culture irriguée tend à disparaître par suite d'un effort trop grand pour puiser l'eau. On se contentera des cultures de saison des pluies : maïs, ligui.

.../...

- Vers NJIGIDADA, la profondeur de la nappe est satisfaisante pour permettre en général la culture.

2° - Quand le Lac est haut, l'influence des pluies est importante :

- Vers NGOURI, la nappe à 3,5 - 5 m. permet la culture moyennant un certain effort.
- Vers NJIGILADA, les ouadis sont envahis par les eaux et les herbes.

Vers DIBININTCHI, la culture est possible dans les deux cas.

- EAUX de NAPPES -

Nº	Prof. m.	Ca meq/l.	Mg	K	Na	S	Na/S %	Ca/S %	Conduct. mmhos/cm
1	2,2	1,25	0,75	0,1	0,25	2,35	9,8	53	0,22
3	2,6	1,4	0,8	1,3	17	20,5	83	6,9	2,1
5	2	1,65	0,4	0,6	1,1	3,65	30	45	0,4
6	2,5	13	0,4	6	47	66,4	71	19,5	4,9
7	3,5	1,5	0,5	0,2	0,3	2,5	12	60	0,27
8	4,5	2	0,25	0,4	0,25	2,9	8,6	69	0,32
9	5	1,2	1,4	0,05	0,2	2,85	7	42	0,18
10	4,6	3,5	0,7	0,08	0,45	4,7	9,6	75	0,53
11	5	2,2	0,2	0,2	1	3,6	28	61	0,42
12	4	1,3	< 0,08	0,05	0,2	1,6	12,5	81	0,18
13	4	1,6	< 0,08	0,1	0,3	2	15	80	0,23
14	3	1,1	< 0,08	0,05	0,2	1,35	15	81	0,15
15	2,5	1,35	< 0,08	0,02	0,15	1,5	10	90	0,17
16	5	3,1	< 0,08	0,1	2	5,1	39	61	0,63
17	4	1,45	0,2	0,2	0,45	2,3	20	63	0,26
18	3,7	4,1	1,2	2,6	1,7	9,6	18	43	1,04
19	3	1,8	0,2	0,5	0,45	3	15	60	0,36
20	2,5	13	3,3	55	280	351	80	3,7	23,5
21	3,7	1,45	0,5	0,3	1	3,2	31	45	0,32

.../...

No	Prof. m.	Ca meq/l.	Mg	K	Na	S	Na/S %	Ca/S %	Conduct. mmhos/cm
22	4	1,7	0,75	0,2	0,35	3	12	56	0,27
23	3,7	1,4	0,9	0,2	0,25	2,8	9	50	0,24
24	3,1	2,2	0,5	0,6	2,3	5,6	41	39	0,53
25	4	1,6	0,5	0,2	0,25	2,5	10	64	0,25
26	3,1	2,1	0,9	0,2	0,2	3,4	6	62	0,33
27	3,4	1,3	0,9	0,3	0,3	2,8	11	46	0,23
29	2,4	4,3	1,5	0,5	3,4	9,7	35	44	1
30	2	35	21,6	39	225	321	70	11	20,9
31	2,8	2,2	0,8	1,3	2	6,3	32	35	0,69
32	3	19	3,3	9,5	18	50	36	38	3,65
33	3,6	3,2	1,4	1	3,3	8,9	37	36	0,9
34	3,5	2,6	0,4	<0,02	0,6	3,6	16,6	72	0,4
35	3,3	2,6	1,2	0,5	3,2	7,5	43	35	0,76
36	2,8	0,9	0,75	2,2	6,8	10,6	64	8,5	0,97
37	3,5	1,45	0,5	1,1	1,9	5	38	29	0,51
38	3	1,2	0,4	0,4	0,6	2,6	23	46	0,31
39	3	1,6	0,6	0,3	0,3	2,8	10,7	57	0,26
40	4	1,5	1	0,04	0,3	2,8	10,7	54	0,25
41	3,3	1,5	<0,08	<0,02	0,3	1,8	16,7	83	0,22
43	3,3	19	1,2	4,6	33	58	57	33	4,2
44	1,7	9,6	3	0,7	5,8	19	30	51	1,5

No	Prof. m.	Ca meq/l.	Mg	K	Na	S	Na/S %	Ca/S %	Conduct. mmhos/cm.
46	3	1,2	< 0,08	< 0,02	0,2	1,4	14	86	0,15
47	1,8	1,7	1	0,08	0,2	3	6,7	56	0,53
48	2,4	0,9	0,6	0,08	1,1	2,7	41	33	0,32
49	2	4	1	0,1	5,8	10,9	53	37	1,06
50	2	1,65	< 0,08	0,02	0,5	2,2	23	75	0,28
52	2,5	1,65	< 0,08	< 0,02	0,6	2,2	27	75	0,24
53	1,2	1,2	< 0,08	0,05	0,2	1,5	13	80	0,18
55	> 0	1,55	0,08	0,1	0,5	2,4	25	65	0,31
56	1,4	1,25	< 0,08	< 0,02	0,75	2	37,5	62	0,23
57	0,9	5	0,6	0,02	3,2	8,8	36,5	57	0,9
58	> 0	70	60	830	2130	3090	69	2,2	52,5
59	0,5	0,3	< 0,08	0,1	0,4	0,8	5	37	0,2
61	2,6	3,5	0,8	0,8	16	21,1	76	16,6	1,93
62	0,4	1,15	< 0,08	< 0,02	0,65	1,8	35	64	0,18
64	0,6	3,1	< 0,08	1,5	4,4	9	49	34	0,9
66	> 0	4,3	2,6	1,4	8	16,3	49	25	1,44
67	0,6	0,7	< 0,08	0,05	0,09	0,9	11	83	0,11
69	0	22,5	4	10	133	170	76	13	11,35
70	2	1,45	0,4	0,1	0,5	2,5	20	58	0,24
71	1,2	1,45	< 0,08	0,05	0,65	2,1	32,5	69	0,23
73	1,2	3,8	1,2	0,4	8,7	14,1	62	27	1,48

No	Prof. m.	Ca meq/l.	Mg	K	Na	S	Na/S %	Ca/S %	Conduct. mmhos/cm
74	1,5	1,1	< 0,08	0,1	0,3	1,5	20	74	0,23
75	0	1200	40	750	3600	5590	64	21,5	96,5
76	1,5	1,35	< 0,08	0,08	0,5	2	25	67	0,24

No	Prof. m.	CO ₃ meq %	CO ₃ H	Cl	SO ₄	S	Conductivité
2	2,6	0	3,5	0	0	3,5	0,27
6	2,5	"	16	2	51	69	4,92
20	2,5	"	40	5	315	360	23,5
26	3,1	"	3	0	0	3	0,33
28	2,4	"	10	1	41	52	3,45
42	3	"	5	1	78,5	84,5	5,32
45	2,6	"	2	0	0,85	2,85	0,28
51	1,1	"	3	0	0	3	0,31
54	1,2	"	3	0	0	3	0,2
60	> 0	"	14	0	10,2	24,2	1,86
68	> 0	"	160	350	1250	1760	48,25
72	1,1	"	non dosé	0	11,1	11,1	0,96
4	1,7						29,5
63	0,5						6,22
65	1,1						21,4

- CIRCULATION de L'EAU -

=====

I - PERMEABILITE PORCHET -

THEORIE ET TECHNIQUE.-

On étudie la vitesse de filtration de l'eau dans un trou au-dessus du niveau piézométrique. On creuse à la tarière un trou de 10 cm de diamètre et de 20 à 30 cm de profondeur. On le remplit d'eau et on suit en fonction du temps la variation d'épaisseur de la hauteur mouillée. On porte sur un graphique en coordonnées semi-logarithmiques les temps en minutes en abscisses ordinaires et les hauteurs mouillées (+ le demi-rayon du trou) en ordonnées logarithmiques.

unités choisies = $\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ minute} = 1 \text{ cm.} \\ \text{unité logarithmique} = 12,5 \text{ cm.} \end{array} \right.$

On obtient ainsi une courbe dont la partie finale est une droite et c'est sur cette portion que l'on mesure la vitesse de filtration . K. La valeur de K est obtenue par le calcul ou en comparant la droite du graphique avec un abaque de référence.

RESULTATS.-

Les valeurs de K obtenues par cette méthode sont les suivantes en m/s. Les mesures ont été faites à proximité immédiate de prélèvements de sol, en surface, de 0 à 25 cm environ :

.../...

Nº	K
9	$5 \cdot 10^{-6}$
22	10 "
15	28 "
1	45 "
8	50 "
7	200 "

Les mesures nº 15, 1, 8 et 7 représentent des sols de limons cultivés à culture irriguée blé, ligui, ou non irriguée maïs, ligui (mesures sur sols secs). Nous prendrons comme valeur de K pour ce type de sol : $50 \cdot 10^{-6}$ m/s.

La mesure nº 9 représente un sol natroné carbonaté. C'est le type stérile abandonné par la culture, blanc sur photo aérienne, avec pellicule de natron sur quelques cm et humide en dessous par frange capillaire; la nappe mesurée dans un trou de sonde est à 2,5 m.

La perméabilité est 10 fois moins grande que dans un sol cultivé.

La mesure nº 22 a été faite au centre et dans la partie renflée de l'ouadi MOLORI. La nappe est à 1,4 m. dans un trou de sonde; la remontée est lente; le profil est très humide jusqu'à la surface.

La perméabilité est deux fois plus grande que dans un ouadi natroné, mais grosso modo peu différente de celle de ce dernier.

Nous avons tenté un PORCHET sur plateau sableux entre ROIBOU et NJIGIDADA; un trou de 30 cm de profondeur et 10 cm de diamètre se vide en 45 secondes; ce qui nous donne une vitesse de filtration de l'ordre de $1300 \cdot 10^{-6}$ m/s, c'est-à-dire une perméabilité excessivement forte.

.../...

COMPARAISON AVEC D'AUTRES SOLS - MEME METHODE.-

Par référence aux mesures faites en France :

- Les deux premiers sols sont classés : peu perméables.
- Les sols de limons cultivés : perméabilité moyenne à forte.

Nous avons réalisé des perméabilités PORCHET dans la zone LONA-KABIA :

- Sur les limons, type ERE, KIM, etc... :
160 . 10^{-6} m/s.
- Sur sols beiges sableux : 12 à 44 . 10^{-6}
- Sur naga ou argiles à nodules : 0,03 . 10^{-6} =
impermeable.

La perméabilité des sols de limons cultivés est analogue à celle de terrains sableux dans le Sud.

COMPARAISON DE METHODES.-

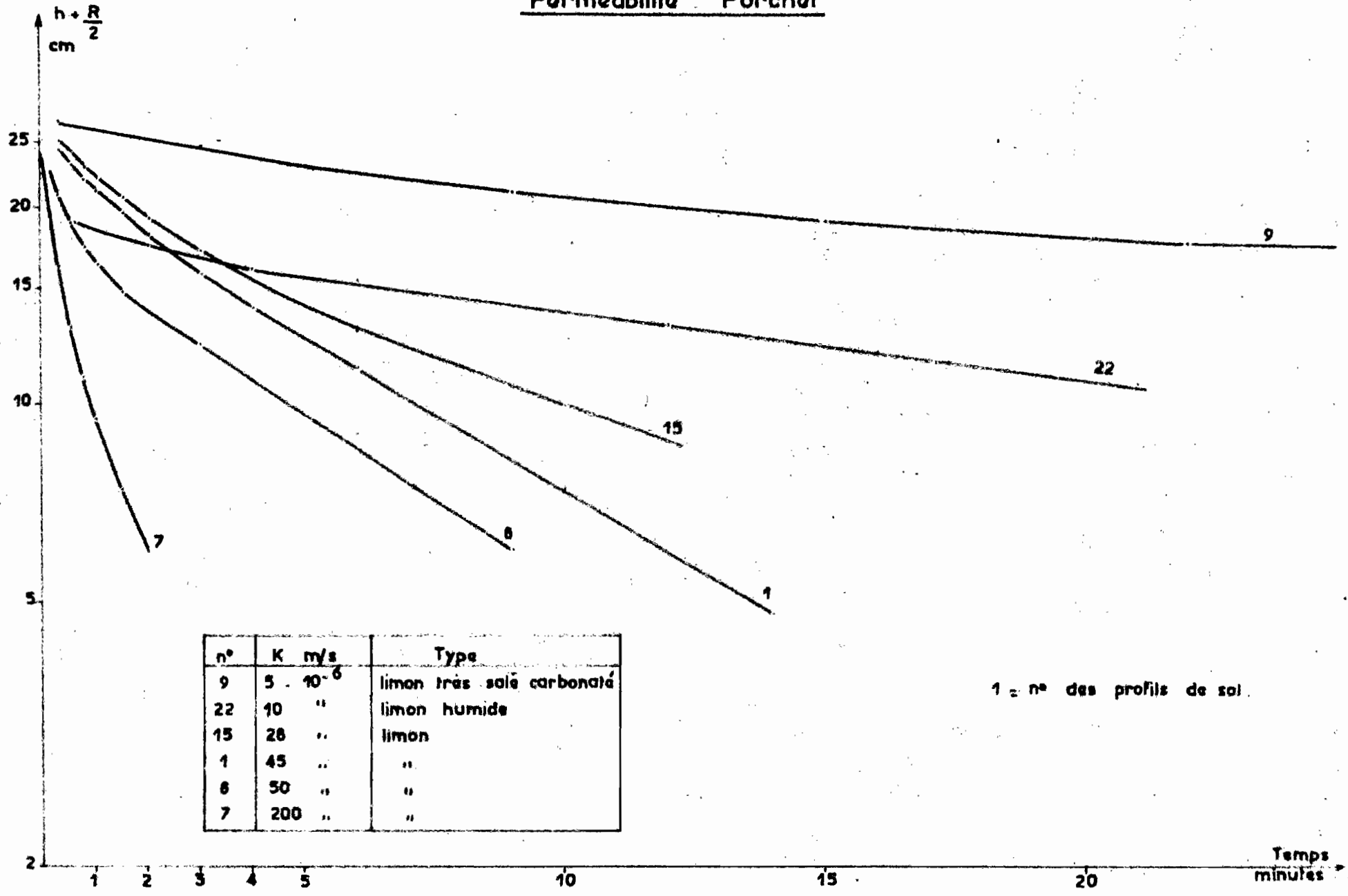
Des perméabilités ont été faites sur le polder de BOLGUINI par Messieurs PIAS-BARBERY par la méthode de MUNTZ; ils obtiennent environ 420 . 10^{-6} m/s. Bien que les sols de BOLGUINI soient plus perméables que ceux-ci, la méthode MUNTZ donne des résultats plus forts.

La SOGETHA a fait des perméabilités par la méthode MENARD; elle obtient en surface environ 27 . 10^{-6} m/s. Cette méthode donne des résultats plus faibles que la méthode PORCHET.

D'après les observations pédologiques, les sols de la région de BOL sont plus perméables que ceux de NGOURI-NJIGIDADA.

.../...

Perméabilité Porchat



n°	K m/s	Type
9	$5 \cdot 10^{-6}$	limon très salé carbonaté
22	10	limon humide
15	28	limon
1	45	"
6	50	"
7	200	"

1 = n° des profils de sol.

II - IRRIGATION -

Nous avons fait un essai de perméabilité par irrigation en essayant de se placer assez près des conditions naturelles.

A partir d'un puits situé à 5 m. d'un "carré" de culture, nous versons dans le canal la quantité d'eau nécessaire pour obtenir la hauteur d'eau au-dessus du sol dans les conditions pratiquées par les agriculteurs. Cette hauteur a été de 5,5 cm. Le "carré" de culture mesure 1,2 x 0,6 m. (intérieur des diguettes). Carré et canal sont secs; le carré n'a pas encore servi. La pente du canal est de 2 à 3 %.

On verse au début du canal 5 seaux de 20 l., soit 100 l. d'eau, pendant 2 minutes.

Dans un "carré" voisin, on verse directement l'eau sur le sol sans passer par le canal, soit 40 l. d'eau.

Le volume calculé d'eau au-dessus de la surface intérieure du "carré" est de $12 \times 6 \times 0,55 = 40$ l.

La préinfiltration dans le "carré" (avant que celui-ci soit plein) est donc faible et la moitié environ de l'eau s'est infiltrée dans le canal. Il est à remarquer cependant que dans cette mesure le canal ne sert qu'une fois et que dans la pratique courante les pertes dans le canal diminuent fortement à mesure que le nombre de "carrés" à irriguer augmente.

RESULTAT.-

Lorsque le "carré" est vide, l'eau s'est infiltrée jusqu'à 12 cm de profondeur, et ceci pendant 45 minutes. Le temps 0 est compté à partir du moment où le carré est plein.

La vitesse de filtration est donc de $45 \cdot 10^{-6}$ m/s, du même ordre de grandeur que dans les mesures de perméabilité PORCHET sur ce type de sol.

REMARQUES.-

L'eau continuera à s'infiltrer dans le sol jusqu'à ce qu'on obtienne l'équilibre entre les différentes forces (gravité, diffusion, évaporation, etc.).

La perméabilité est moins grande après un certain nombre d'irrigations car il se produit un "glaçage" à la surface du sol.

III - OBSERVATIONS DIVERSES -

La perméabilité du sol semble donc assez bonne pour permettre aux eaux de pluies de s'infiltrer quand le niveau de base de la nappe n'est pas trop haut.

Il existe quelques petites cuvettes dans les ouadis dont le sol est analogue à une argile noire tropicale. Ces cuvettes sont probablement inondées en saison des pluies et forment des petites mares.

La vitesse de circulation de l'eau de la nappe à travers les sables de dune a été estimée par MM. FIAS et BARBERY à 30 - 40 cm/heure.

Il serait intéressant de connaître les vitesses de circulation à travers les limons feuilletés que l'on trouve dans les rejets de puits à hauteur de la nappe phréatique.

Nous verrons dans le chapitre de la salinité des eaux qu'il existe une circulation des eaux à travers les sables et que c'est peut-être elle qui conditionne la circulation dans les ouadis.

- ETUDE CHIMIQUE DE LA NAPPE -
=====

I - RESULTATS ANALYTIQUES -

CONDUCTIVITE. -

Nous avons analysé la conductivité sur un grand nombre d'échantillons d'eaux de puits et de surface. La conductivité est mesurée au laboratoire avec le conductimètre Philips et les résultats sont exprimés en millimhos/cm.

Les chiffres trouvés varient énormément de 0,1 à 100. Nous sommes donc amenés à les reporter graphiquement en coordonnées logarithmiques. Expérimentalement, il a été trouvé des relations ou des corrélations entre la conductivité et différents facteurs.

CONDUCTIVITE - CONCENTRATION. -

En 1958 nous avons étudié la relation entre la conductivité et la concentration d'une solution de natron, qui est exprimée dans le graphique cité plus loin.

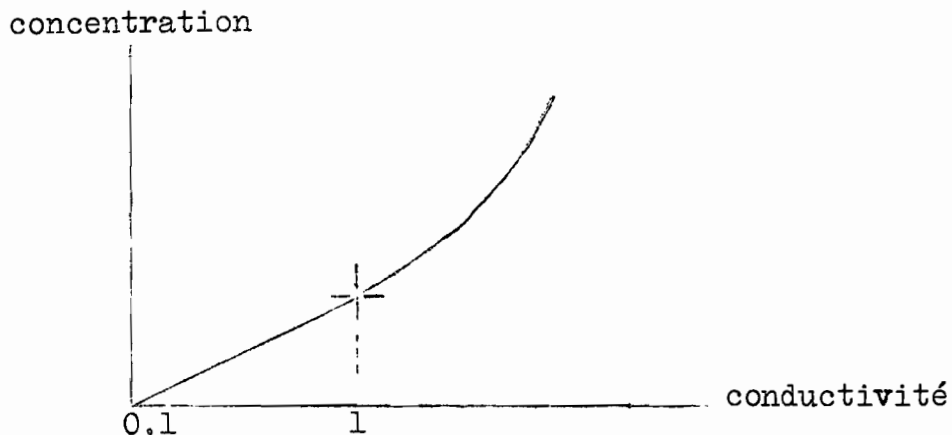
Pour des valeurs de conductivité comprises entre 0,1 et 1, conductivité et concentration sont proportionnelles dans le rapport :

$$\frac{\text{conductivité (mmhos/cm)}}{\text{concentration en } \text{‰}} = \frac{C}{[C]} = 2$$

Pour les valeurs de conductivité comprises entre 1,7 et 12,4 ... le rapport décroît progressivement de 1,8 à 1,4.

.../...

En coordonnées ordinaires, ces données peuvent s'exprimer schématiquement :



CONDUCTIVITE - SOMME DES CATIONS.-

Il existe une relation expérimentale entre la conductivité et le somme des cations, S (meq/litre).

Nous avons représenté la courbe moyenne des points par une droite qui n'indique pas une proportionnalité rigoureuse entre conductivité et S. De plus les points à S ou C élevées s'écartent notablement de la droite (cf. graphique). Mais pratiquement on peut dire qu'il y a proportionnalité entre S et C dans le rapport $S = 20 C$ (pour $C < 20$)
Pour $C \leq 1$ on peut estimer d'après la formule précédente

$$S = 20 [C]$$

Les valeurs de S sont très variables : de 0,9 à 5590 meq/l correspondant respectivement à C de 0,11 à 96,5.

NATURE DES CATIONS.- (cf. graphique)

Ca - Mg - K - Na.

On remarque que :

pour les conductivités faibles Ca est prédominant.

" " " élevées Na " "

Mg et K sont en général relativement faibles.

.../...

Les rapports Na/S % et Ca/S % mettent en relief les remarques précédentes.

Cependant si on représente graphiquement Na/S et Ca/S en fonction de la conductivité, les corrélations respectives, si elles existent, ne sont pas très étroites. Il faut se livrer à un calcul statistique pour déterminer l'existence de la corrélation et la nature de la courbe. Pratiquement nous avons tracé des courbes approximatives. Retenons que Na varie en raison directe de la conductivité et Ca en raison inverse.

CATIONS ET ANIONS.-

Sur trois échantillons seulement nous avons pu faire les cations et les anions; les sommes cations et anions sont peu différentes.

Nº	Sca	San
6	66,4	69
20	351	360
26	3,4	3

ANIONS.-

Nous avons testé CO_3 , CO_3H , Cl, SO_4 ; on estime que les nitrates sont inexistants.

CO_3 est inexistant, ainsi que d'ailleurs dans les sels solubles des pâtes de sols.

.../...

Voici un tableau des résultats rangés dans l'ordre des conductivités croissantes (anions en meq/litre).

N°	Conductivité	Cl	CO ₃ H	SO ₄	S
54	0,2	0	3	0	3
2	0,27	0	3,5	0	3,5
45	0,28	0	2	0,85	2,85
51	0,31	0	3	0	3
26	0,33	0	3	0	3
72	0,96	0	non dosé	11,1	11,1
60	1,86	0	14	10,2	24,2
28	3,45	1	10	41	52
6	4,92	2	16	51	69
42	5,32	1	5	78,5	84,5
20	23,5	5	40	315	360
68	48,25	350	160	1250	1760

Nous constatons :

- que les chlorures sont inexistantes aux faibles conductivités < 2,5 environ.
- que les sulfates également lorsque C < 0,5 environ.
- et qu'alors les anions représentés sont seulement les bicarbonates.
- que tous les anions augmentent avec la conductivité.
- mais que les sulfates deviennent rapidement prédominants (C > 3,5).

.../...

- que les bicarbonates restent supérieurs aux chlorures jusqu'à des conductivités élevées (au moins $C = 23,5$).

- comme les prélèvements effectués ont une conductivité en général inférieure à 24, disons que les anions représentés sont CO_3H et SO_4 avec prédominance de CO_3H aux faibles conductivités ($< 2,5$) et de SO_4 au-dessus.

VALEUR DES EAUX D'IRRIGATION.-

Les plantes ne peuvent pas absorber une eau contenant plus de 300 meq/l., soit une conductivité de 30.

La SOGETHA prend comme limite supérieure admissible une concentration des sels de 1 ‰, soit environ une conductivité de 2.

D'après les règles de WILCOX établies par les Américains mettant en relation $\frac{Na}{S}$ et C, on peut classer les eaux d'une manière générale d'après le graphique cité plus loin.

Il apparaît que les eaux des puits sont en général bonnes et utilisables sauf pour toutes les eaux de conductivité supérieure à 3.

I - ETUDE GEOGRAPHIQUE DE LA SALINITE -

EAUX DE CONDUCTIVITE SUPERIEURE A 3.-

Voici un tableau des eaux de conductivité supérieure à 3 :

	N°	C	Observations
	28	3,4	Culture de ligui - limon classique.
Sols	32	3,6	" de blé - " "
cultivés:	42	5,3	Culture de blé - limon classique.
	43	4,2	(C de pâte de sol = 17 en surface)
	4	29,5	Natroné non cultivé.
Sols	6	4,9	" "
stériles	20	23,5	" "
secs	30	20,9	" "
	63	6,2	" "
	65	21,4	" "
	58	52,5	Sol natroné - non cultivé - stérile.
Eau de	68	48,2	" " " "
surface	69	11,3	" " " - jonc phragmites.
	75	96,5	" " " - stérile.

On remarque que la plupart des sols où les eaux ont une conductivité supérieure à 3 ne sont pas cultivés. Ils le sont pour une conductivité de 3 à 5. On ne remarque cependant pas sur le terrain dans ce cas de traces particulières de salure. Pour les échantillons 42 et 43, le sol a une conductivité en surface de 17 (pâte de sol) ce qui serait théoriquement fort.

Il apparaît donc que les sols peuvent être cultivés à des valeurs de conductivité de nappes supérieures aux valeurs admises (jusqu'à 5 au moins) si les conditions sont favorables (bon drainage, rapport Na/S pas trop élevé, absence de cl. etc.)

.../...

VARIATION DE LA SALINITE DANS LE SENS TRANSVERSAL.-

a) Salinité plus forte à l'Est.

<u>N°</u>	<u>:</u>	<u>C</u>	<u>:</u>	<u>Pente descendante du sol</u>
2. 3	:	0,27	2,1	:
5. 4	:	0,4	29,5	:nette vers l'Est.
29.28	:	1.	3,45	:plat.
71.72.73	:	0,2	0,96	1,5:nette vers l'Est de 71 à 72,
	:			: puis plat.

b) Salinité analogue entre Est et Ouest.

54.53 : 0,2 0,18 :

c) Salinité plus forte à l'Ouest.

42.43 : 5,3 4,2 :sol plat. nappe horizontale.
44.45 : 1,5 0,3 :pente vers Ouest, mais nappe.
:horizontale.

On peut en conclure que la salinité est probablement liée à la topographie (cf PIAS - BARBERY) et que les nappes circulent vers les points les plus salés; les points les plus salés étant les plus bas.

VARIATION DANS LE SENS LONGITUDINAL.-

Dans les ouadis de la région de DIBININTCHI la nappe est plus salée au Nord qu'au Sud. Mais parce que les parties Sud des Ouadis sont natronées, cette natronisation ancienne est peut-être due cependant à des différences de topographie.

SALINITE DE NAPPES DE SOLS NATRONES.-

En se rapportant au tableau précédent relatif aux conductivités > 3 on conclut facilement que les nappes de sols natronés sont salées.

.../...

SALINITE DE NAPPES VOISINES DE SOLS NATRONES.-

Nº	C
31	0,7
36	0,97
37	0,5

Le prélèvement Nº 31 est au pied de dune et à la limite d'un sol natroné au Nord. Sa position est analogue à celle d'un puits au pied de dune de KAYA (prospection des rives du Lac, PIAS - GUICHARD).

Le nº 36 est au pied de dune Ouest et entouré de sols natronés au Nord, Sud et Est.

Idem pour le nº 37.

On en conclut que les nappes des sols salés n'influent pas sur ces puits (sauf par légère diffusion) probablement parce que les eaux de nappes circulent dans le sens puits → sols salés (vers Nord ou vers Est). Comme il existe aussi des sols salés dans des ouadis au Sud de ces puits, on peut penser que les nappes circulent dans les dunes de sable.

SALINITE DES NAPPES DE SOLS CULTIVES.-

Ces nappes ne sont pas salées sauf pour quelques exemples déjà vus.

SALINITE DES NAPPES DE SOLS ABANDONNES PAR CULTURE.-

Nous avons choisi quelques ouadis abandonnés par la culture; où l'on en repère facilement les traces; la nappe y est au dessous de la surface du sol; le sol est recouvert d'un tapis de Cynodon, Sporobolus, etc...

.../...

Ce sont les ouadis :

	<u>Nº</u>	:	<u>C</u>
<u>NGOUNOKI à KALORI</u>	51	:	0,31
	52	:	0,24
	53	:	0,18
	54	:	0,2
	55	:	0,3
<u>MOLORI à NGUIDI</u>	56	:	0,23
	57	:	0,9
<u>NJIGIDADA</u>	62	:	0,18
	64	:	0,9
<u>MOTOA</u>	47	:	0,5
<u>LORA</u>	72	:	0,96
	73	:	1,48

Il est parfaitement clair que les nappes ne sont pas salées et conviennent à l'irrigation.

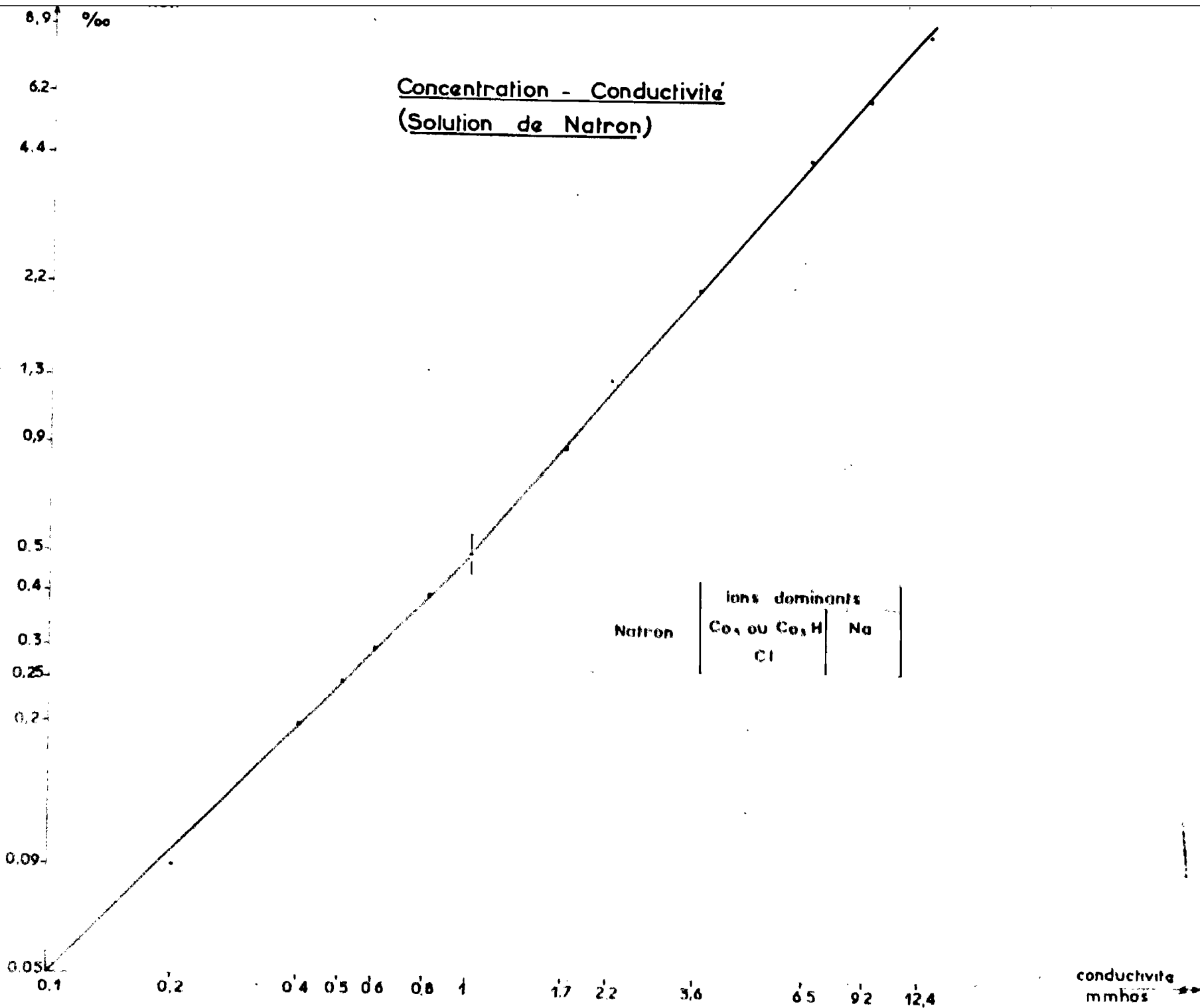
On remarque ainsi que les agriculteurs cultivent des sols où les nappes sont plus salées que les normes admises et d'autre part abandonnent des sols où les nappes ne sont pas salées.

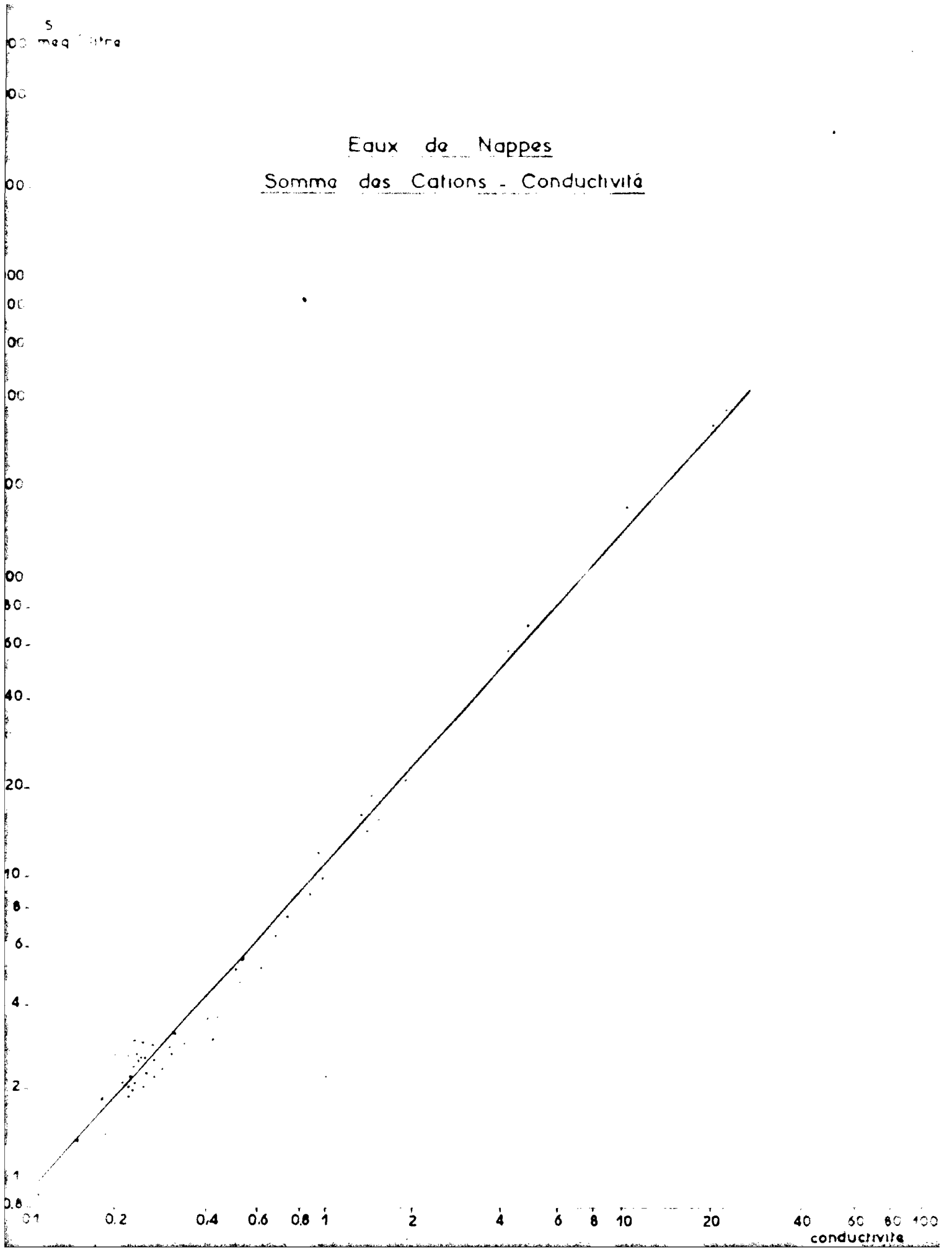
Nous en concluons que la salinité de la nappe n'est pas en cause dans l'abandon de certaines terres de culture.

REMARQUE. -

D'après les observations PIAS - BARBERY à BOL, la nappe est plus salée en fin de saison des pluies qu'en fin de saison sèche, par suite du lessivage par les pluies. Il est probable que le phénomène est analogue ici, mais il ne devrait pas empêcher la culture irriguée de blé car la salinité retombe rapidement en Novembre-Décembre, ni celle de ligui de saison sèche, ni celle non irriguée de maïs de saison des pluies.

Concentration - Conductivité
(Solution de Natron)

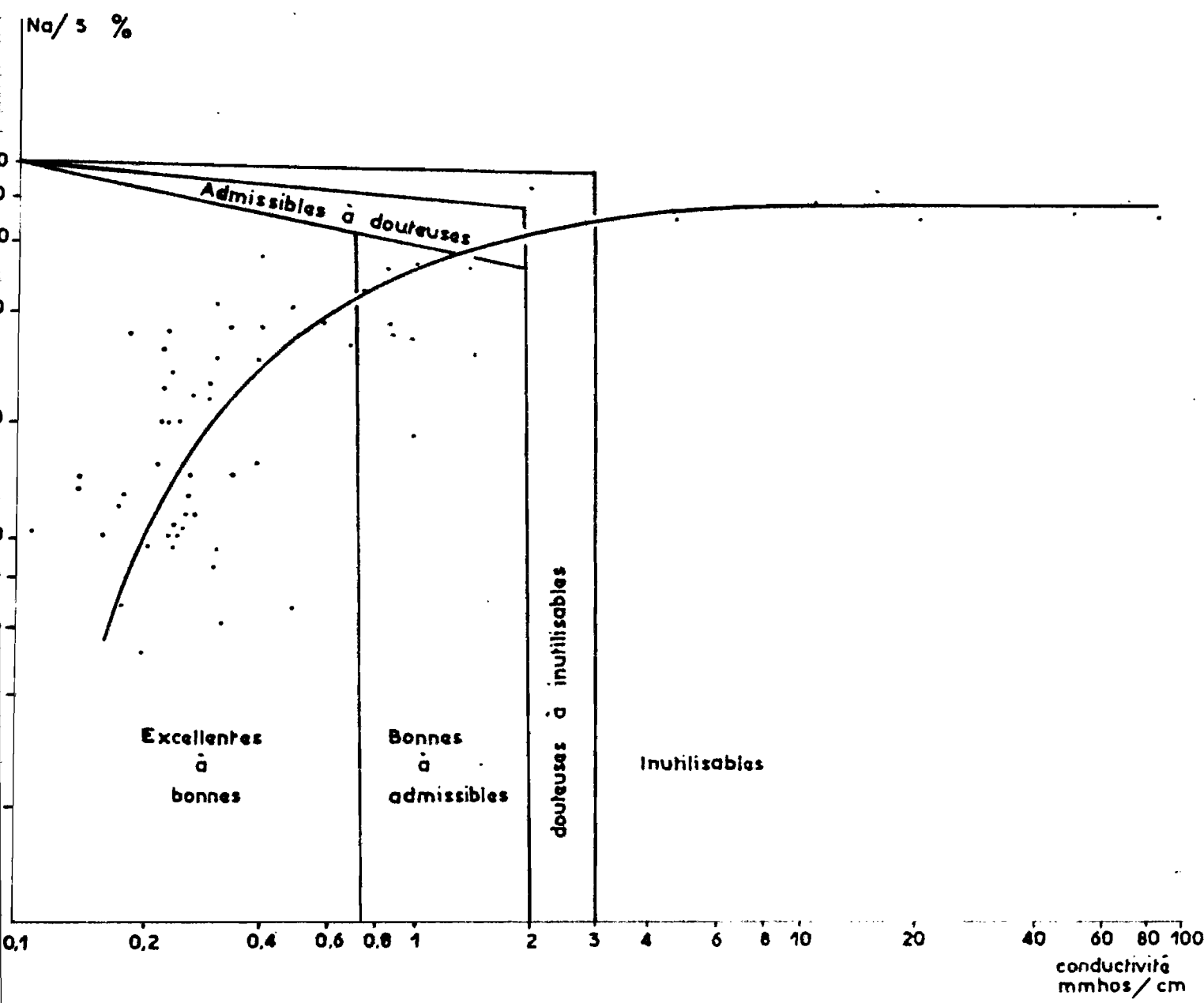




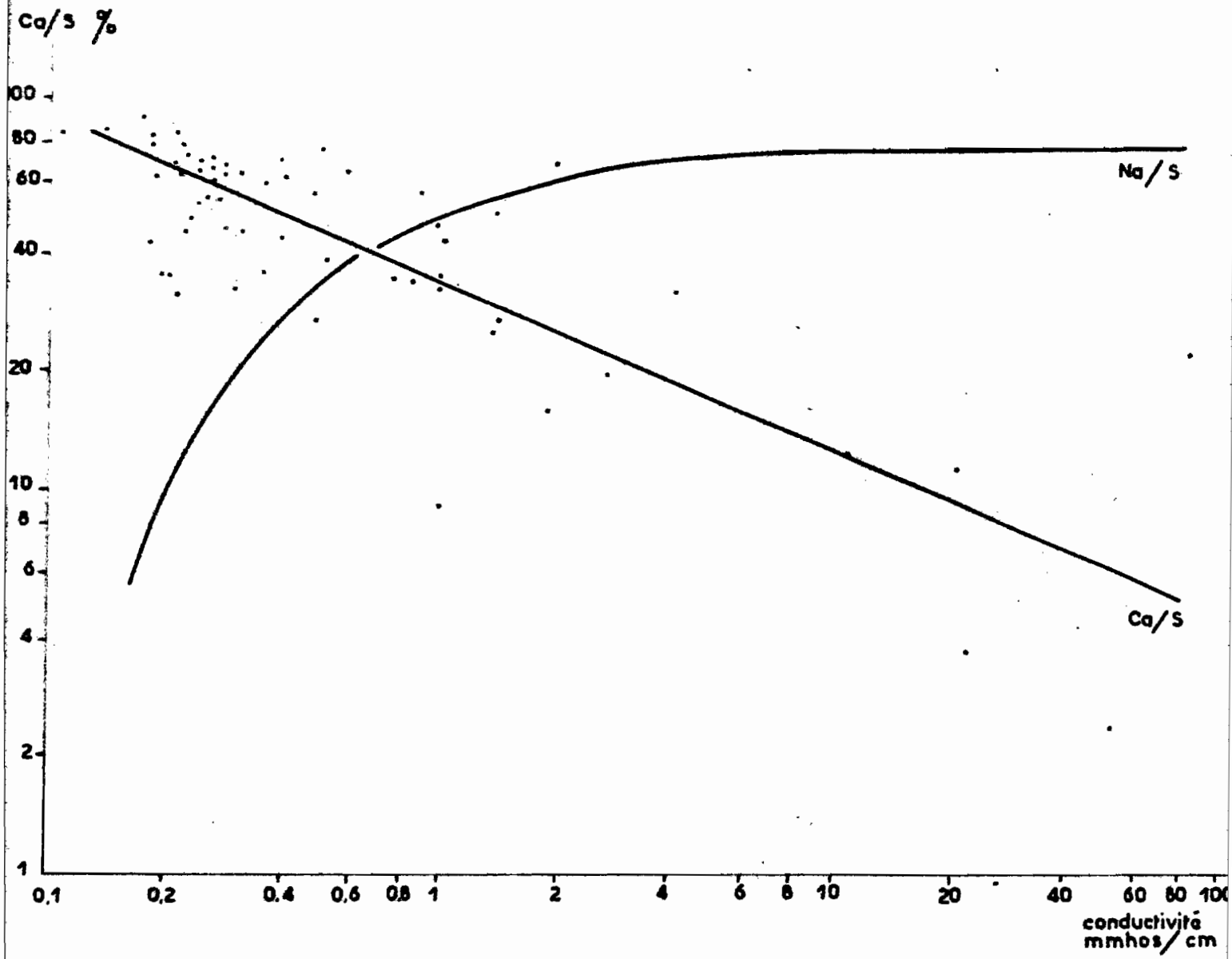
Eaux de Nappes

Na/S - Conductivité

Règles de Wilcox Valeur des eaux



Eaux de Nappes
Ca/S - Conductivité



- LES SOLS -
=====

LES SOLS BRUNS STEPPIQUES.-

Ce sont des sols sableux, très perméables, pauvres en éléments nutritifs, mais cependant utilisés pour les cultures de saison des pluies. Ils couvrent une grande surface.

BORDURES D'OUADIS.-

a) Bordure Est :

La pente est abrupte et le sable boulant; il est remis en mouvement par le vent et il a donc moins de tenue, de compacité que le sommet de la dune ou que les bas de pente colluvionnaires. Ce sol se différencie donc essentiellement du sol de dune par les propriétés physiques.

b) Extrémités :

1 - Le début des pentes est marqué par un ensablement et le sol est plus tassé que sur dune. La résistance à la pénétration y est nettement plus élevée.

2 - En fin de pente à la limite des limons, se forme une pseudo-croûte de type limoneuse en surface (profil sol n° 7), par suite du contact limon-sable et du transport par les pluies vers le bas des sables les plus fins. Ce sol est nettement plus tassé que les précédents, résiste à l'enfoncement et a une apparence glacée en surface; en profil pédologique la compacité apparaît peu : compacité faible, structure polyédrique fine et particulière, apparence terreuse et non quartzeuse, grise.

c) Bordure Ouest :

On observe une pseudo-croûte de type sableuse. La pente est plus douce qu'à l'Est; l'action du vent produit un certain glaçage; les eaux de ruissellement transportent vers le bas les parties fines des sables.

.../...

Aussi, avant la limite sable-limon, parfois en terrasse, on observe ce type de sol, marqué par le ravinement. Il est sensiblement analogue à la "croûte" déjà décrite précédemment, mais sableux : profil n° 29 - Ouadi LANDOU (remarquer l'abondance de sable fin en surface).

CROUTE LIMONEUSE.-

a) Typique :

Au profil n° 24. On la trouve également entre BOLOSIDI et NGOURI (cf. PIAS - GUICHARD, rives du Lac). C'est une croûte blanc sale, relativement compacte, ressemblant un peu à la craie par ses propriétés d'happer à la langue. Elle résiste différentiellement à l'action de l'eau ou du frottement en produisant un microrelief. Ce produit remanié a une apparence terreuse.

b) Dérivée :

- Dans les ouadis BARI et YRA au profil n° 4.
- Ouadi ZINKI (peu au Nord de eau n° 37).
- Ouadi LO (peu au Nord de eau n° 36).
- ADRINGA (voisin de eau n° 31).

LIMON EN PLAQUETTES.-

Prélèvements n° 53, 83, 143, 183.

Ce sont les rejets de puits que l'on trouve en général au niveau de la nappe. Ce matériau léger et grisâtre est analogue au point de vue physique aux argiles feuilletées dans les puits de BOL. Il a une allure schisteuse, lamellaire avec des fentes importantes verticalement et horizontalement. Il laisse facilement circuler l'eau entre les feuilletés; il n'est pas très riche en argile mais contient beaucoup de limons.

LIMONS PEU SALES.-

Ces sols sont intermédiaires entre les sols de limons peu ou pas natronés et les sols natronés blancs, stériles. Ils ont une apparence de naga; ils sont abandonnés par la culture et la végétation naturelle est représentée par *Salvadora persica*, *Capparis*, *Maerua*; ils sont secs, peu compacts, de couleur beige clair, à structure polyédrique fine. Ils ont parfois une nappe à frange capillaire non reliée à la surface de sorte que le lessivage est prédominant et les sels redescendent à moyenne profondeur (50 cm); ce phénomène a été rencontré dans les sols du BAHR el GHAZAL.

Ils sont peu nombreux dans la surface cartographiée :

Ouadi YRA

YOUNTRA MARI (n° 10)

NGAYARI

NTIARA partie Sud (natron par places)

KAROUA partie Sud

LIMONS TRES SALES CARBONATES.-

Ce sont les sols qui apparaissent en blanc sur les photos aériennes. Ils sont abandonnés par la végétation naturelle à plus forte raison par la culture.

La salure est probablement ancienne et n'est pas due à la culture mais s'est faite dans les conditions naturelles : continuité de la nappe avec la surface pendant une longue période de telle sorte que les phénomènes de remontée sont prédominants.

Au profil n° 3, de 0 à 5 cm environ on observe une poussière blanche, sèche, de natron : efflorescences salines.

En dessous, humide jusqu'à la nappe, humidité croissante :

5 - 180 (brun purineux)

180 - 250 (gris-noir)

Vers la nappe (noir) - odeur de SH₂

Structure continue.

.../...

Au profil n° 9, couleur kaki à bleu-noir à la nappe.
Structuré jusqu'à 1,2 m., puis structure continue
et pâteuse :

de 5 - 40 polyédrique fine
40 - 120 polyédrique 1 cc., géométrique,
angles vifs

Ces sols sont très peu perméables (cf. K laboratoire
et PORCHET) : c'est le résultat de l'action des sels sur la
structure.

Aussi il serait difficile de les régénérer si on
imaginait un lessivage artificiel.

Il est facile de voir sur la carte pédologique leur
extension géographique (prélèv. n° 3, 9, 32).

Ils sont situés au Sud ou dans les parties Sud des
ouadis cultivés, c'est-à-dire entre les ouadis cultivés et
le Lac.

LES LIMONS.-

Ce sont des sols limono-argileux, gris à gris-brun
en surface, plus foncés en profondeur, à bonne structure fine
grumeleuse ou grenue à particulaire; ils ont une bonne per-
méabilité. Ils sont peu salés ou, s'il y a salure, elle est
due à la culture.

Ils sont cultivés : par irrigation
ou en saison des pluies
ou abandonnés par la culture. Dans ce cas, on note une nappe
plus proche de la surface, une plus grande compacité et une
moins bonne structure.

Les limons cultivés s'étendent de LORA à NGOURI.
" " abandonnés par la culture le sont en
partie dans les ouadis à l'Ouest de LORA - KILIFA.

MARES.-

Quelques sols à allure d'argile noire tropicale se
trouvent dans des petites cuvettes qui sont inondées en saison
des pluies.

.../...

CONCLUSION.-

a) Sol brun steppique et dérivés sur les dunes et les pentes.

b) Dans les ouadis, le matériau est un limon argileux qui est commun à tous. Il est de nature différente dans la région de BOL, où il est de dominance argileuse (50 à 80 %) avec en général très peu de limon.

Par rapport à BOL, on note aussi une évolution de la structure sous l'action de la culture, qui passe de motteuse, tourbeuse, grossière au défrichement à fine grenue particulière, après une longue culture : c'est le résultat des actions mécaniques. L'affinement des édifices structuraux ne gêne en rien cependant les propriétés physiques qui demeurent excellentes.

Les limons soumis à l'influence de la nappe évoluent selon le schéma suivant :

1 - Limons peu ou pas salés : cultivés en saison sèche ou en saison des pluies, nappe à profondeur satisfaisante souvent dans limon schisté en plaquettes (rupture de frange capillaire).

2 - Limons abandonnés par culture : peu salés. Nappe trop proche. Les propriétés physiques évoluent défavorablement.

Risque de natronisation croissante allant jusqu'à la stérilité complète par suite de continuité de la nappe avec la surface. Certains ouadis sont en partie inondés, donc non cultivables.

3 - Limons très salés (et naga) : sols stériles.

Natronisation ancienne par suite d'une nappe à profondeur défavorable. Sols inutilisables.

- GRANULOMETRIE -
=====

METHODE. -

L'analyse mécanique est faite sans destruction de la matière organique par suite des difficultés de conserver l'eau oxygénée. On procède à un chauffage prolongé pour détruire les agrégats.

Le total à 100 comprend néanmoins la matière organique comme si elle avait été détruite.

Les résultats sont donnés en % de terre séchée à 105°.

La dispersion est faite au pyrophosphate de soude et les prélèvements à la pipette ROBINSON.

Le pourcentage de terre fine est de 100.

RESULTATS. -

Les prélèvements correspondent à des sols de ouadis.

Le prélèvement n° 29, à une pseudo-croûte sur sable en bordure de ouadi : c'est un sol sableux à dominance de sable fin.

Les prélèvements n° 4 et 24 sont des croûtes limoneuses qui ne se différencient pas au point de vue granulométrie des autres échantillons.

Les sols des ouadis sont en général des limons argileux

à 20 - 30 % d'argile.

20 - 30 % de limon.

La granulométrie est assez hétérogène même pour des sols d'un même ouadi ou même à peu de distance dans cet ouadi : exemple 30, 31, 32, 33, 34.

.../...

On observe parfois une augmentation du taux d'argile à grande profondeur (1,2 ou 2,5 m.) exemple n° 3, 9, 20, 34, qui est probablement dû à des stratifications d'âges différents. Ces échantillons sont pauvres en sables grossiers.

Les échantillons 53, 83, 183 de rejets de puits au niveau de la nappe, limon en plaquettes, sont assez homogènes.

Dans la région de BOL, les sols sont plus argileux et contiennent peu de limons.

- MATIERE ORGANIQUE -
=====

METHODES.-

Carbone : Méthode ANNE.
Azote : " KJELDHAL.

MATIERE ORGANIQUE EN SURFACE.-

Les taux de matière organique ne dépassent pas 5 %.
Ils sont en général de 2 à 3 %; c'est en surface qu'ils sont
les plus élevés.

L'échantillon de croûte limoneuse n° 24 est
naturellement pauvre : 0,4 %.

L'échantillon n° 29, sableux, est relativement
bien pourvu : 1,7.

Il ne semble pas y avoir de variation particulière
en fonction de la situation géographique.

Les échantillons natronés de surface, 0 - 5 cm,
qui sont des efflorescences salines, en réalité au-dessus
du sol, sont naturellement pauvres.

Les sols très natronés ont des taux plutôt bas.

N°	31	92	322
Profondeur cm	5 - 20	5 - 15	5 - 15
M. O. %	0,85	0,35	1,7

.../...

Les sols abandonnés par les cultivateurs, faiblement salés ou non, ont des taux comparables aux sols cultivés.

161	201	221	231	261	311	331	341
0-5	0-10	0-5	0-10	0-10	0-10	0-10	0-10
4,6	3,1	4,5	3,8	5	4,6	1,5	1,5

L'abandon de ces terres n'est pas dû à une baisse trop forte du taux de matière organique.

VARIATION DE LA MATIÈRE ORGANIQUE DANS LE PROFIL.-

Les taux de matière organique sont les plus élevés en surface.

Voici quelques exemples, où la baisse est peu importante entre les deux premiers horizons.

191	192	231	232	301	302	311	312
0-10	50	0-10	30-40	0-10	20-30	0-10	20-30
2,2	1,7	3,8	3,5	3,5	3,7	4,6	5,2

331	332	341	342
0-10	20-30	0-10	20-30
1,5	1,5	1,5	1

.../...

Mais en général le taux de matière organique baisse d'une façon importante en profondeur.

11	12	13	14
0-5	5-10	30-40	60-70
4	3,7	1	0,85

A une grande profondeur l'on remarque parfois une remontée notable du taux de matière organique.

31	32	33	34	92	93	94	95	96
5-20	50	100-120	250	5-15	50-60	120-130	250	290
0,85	0,85	0,85	1,9	0,35	0,35	0,7	1,7	4

201	202	203
0-10	50	130
3,1	0,85	1,2

Cette remontée est due à une moins grande vitesse de minéralisation en profondeur qu'en surface ou au fait qu'à l'exondaison le taux de profondeur était plus élevé que celui du reste du profil ou au lessivage des humates sodiques solubles.

.../...

EVOLUTION DU TAUX DE MATIERE ORGANIQUE DANS LE TEMPS.-

D'après les observations et les analyses effectuées dans les sols des alluvions lacustres, on peut résumer l'évolution de la matière organique :

- dans le Lac, 10 %; 50 % pendant l'assèchement au moment où le polder est envahi par les herbes; après défrichage et culture on tombe à 20 % au bout de 1 an; puis vers 12 % l'année suivante; cette valeur se maintient en palier pendant quelques années, puis s'il n'y a pas remise en eau on peut descendre à 2 - 3 %. La remise en eau (MADIROM) fait remonter le taux (cf. analyse Sols du Lac, PIAS - GUICHARD 7 %).

MATIERE ORGANIQUE ET FERTILITE.-

La remise en eau traditionnelle des polders par les agriculteurs au bout d'une certaine période de culture (10 ans) peut être nécessitée par une baisse de la fertilité due à la baisse du taux de matière organique, mais ceci n'est pas absolument démontré.

En effet, dans cette région il n'y a pas de remise en eau et les sols cultivés semblent donner de bons résultats. Il serait bon de comparer la production (rendement, nombre de rotations par an) avec les polders de BOL.

AZOTE, C/N.-

Les variations du taux d'azote sont analogues à ceux de la matière organique. Le rapport C/N est en général inférieur à 10.

- pH -
==

METHODE.-

pH mètre.
Rapport sol/eau = 1/2,5.

RESULTATS.-

Les pH à l'eau sont compris en général entre 7 et 9.

Les sols très natronés ont des pH élevés, entre 9 et 10. La corrélation avec la conductivité n'est pas très étroite.

N°	30	31	91	92	93	102	321
pH	10	9,7	9,6	9,7	9,4	8,6	8,8
C	100	28,7	79,5	50	24	24	104

Les sols cultivés, profils n° 1, 2, 5, 6, 8, 12, 13, 14, 15, 18, 19 ont des pH compris entre 7 et 8.

Les rejets de puits ont des pH compris entre 6 et 7; ils ne contiennent pas de carbonates et ont une conductivité faible.

Les sols abandonnés par la culture, 11, 20, 21, 22, 23, 26, 27, 30, 31, 33 ont des pH analogues à ceux des sols cultivés.

Les variations du pH dans le profil ne sont nettes que dans les sols natronés dans le sens d'une baisse en profondeur.

- CONDUCTIVITE -
=====

METHODE.-

La méthode utilisée est celle de RIVERSIDE. On extrait à l'aide d'un appareil à vide la solution d'un sol porté à une humidité sensiblement égale au double de l'humidité équivalente, correspondant à la limite supérieure de plasticité d'ATTERBERG.

La conductivité est mesurée au conductimètre Philips et exprimée en millimhos/cm.

CONDUCTIVITE ET Na/T %.-

Les sols sont classés en différentes catégories suivant les valeurs de C et de Na/T % (rapport en % du sodium échangeable sur la capacité d'échange).

1 - Sols salés à alcalis = $C > 4$ - $Na/T \% > 15$.

Ce sont les échantillons n° 30, 31, 32; 91, 92, 93, 94, 95; 242.

Ce sont les sols que nous appelons natronés. Il faut y ajouter l'échantillon de profondeur de la croûte limono-carbonatée. D'après les observations pédologiques, le profil n° 32 devrait entrer dans cette catégorie.

2 - Sols à alcalis non salés = $C < 4$ - $Na/T \% > 15$.

·	·	·
·	N°	·
·	·	·
·	·	·
·	C	·
·	·	·
·	·	·
·	Na/T	·
·	·	·
·	·	·
·	·	·

.../...

L'extraction des bases échangeables de cet échantillon a été faite sans lessivage préalable des sels solubles.

L'échantillon n° 101 est entre les classes 2 et 4.

L'échantillon n° 291, pseudo-croûte sableuse, est aussi voisin d'un sol à alcali.

3 - Sols salés = $C > 4$ - $Na/T \% < 15$.

Les profils 1, 2, 12, 13, 14, 15, 18, 26, 28, 30, 31 et les horizons supérieurs des profils 5, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 26, 27, 33, 34, ce qui représente une bonne partie de nos prélèvements.

L'échantillon n° 102 est entre les classes 1 et 3.

4 - Sols ni salés ni à alcalis = $C < 4$ - $Na/T \% < 15$.

Les profils 6, 7, 8, 11, 17, 25 et les horizons inférieurs des profils 5, 16, 19, 20, 21, 22, 23, 27, 29, 33, 34.

CONDUCTIVITE ET PRODUCTION.-

Les Américains classent les plantes d'après leur résistance au sel.

$C = 0 - 4$ - toutes les plantes poussent.

$4 - 8$ - plantes sensibles souffrent.

$8 - 16$ - seules les plantes résistantes poussent.

> 16 - peu de plantes résistent.

D'autre part, ils admettent une diminution de rendement de 50 % pour

le blé à une conductivité de 9 environ

et de 8 pour le maïs.

Mais d'après des expériences en laboratoire (1958) nous pensons que les cultures poussent à des valeurs de conductivité plus élevées que celles-ci dans la mesure où l'on peut fournir au sol une quantité d'eau plus élevée.

.../...

Notons que c'est un problème indépendant du lessivage; si nous fournissons à un sol salé une plus grande quantité d'eau, ce n'est pas pour entraîner les sels hors de la portée des racines, mais pour diminuer la pression osmotique. Il est donc nécessaire d'étudier les rendements des récoltes en fonction de C mais aussi en fonction des quantités d'eau d'irrigation apportées pendant la culture.

SOLS CULTIVES ET CONDUCTIVITE.-

Voici un état des cultures au moment des prélèvements; C. I. (culture irriguée) signifie que l'on sait que le sol est cultivé par les traces des carrés anciens ou en préparation; jachère signifie que l'on cultivera en maïs de saison des pluies ou que le sol est abandonné.

N°	11	12	13	14	21	22	23
Profondeur:	0-5	0-10	30-40	60-70	0-5	5-10	50
C	9,7	8	4	2,3	6,5	3,9	4,7
Culture	Jachère				Semis maïs		

N°	51	52	61	62	81	82
Profondeur:	0-10	50	0-10	50	0-15	50
C	6,7	2,4	0,6	0,6	1,3	1,3
Culture	C. I.		Ligui - récolte		C. I.	

.../...

Nº	111	112	121	122	131	132
Profondeur	0-10	50	0-10	50	0-10	50
C	3,5	2,3	11,9	7	12,2	6
Culture	Jachère		Maïs 10 cm		Ligui-récolte	

Nº	141	142	151	152	171	172
Profondeur	0-10	50	0-10	50	0-10	50
C	17	7,3	12,8	4,5	2,6	3,4
Culture	C. I.		Ligui		Maïs Ligui	

Nº	181	182	191	192
Profondeur	0-10	50	0-10	50
C	6,5	5,3	5,2	0,7
Culture	Semis maïs Récolte ligui		Semis maïs	

Nous n'avons pas remarqué une mauvaise venue.

Les sols sont en général convenables, d'après les normes américaines; mais l'on voit (12, 13, 14, 15) que l'on peut cultiver pour des valeurs de C plus élevées.

.../...

SALURE SOL ET SALURE NAPPE DES SOLS CULTIVES.-

Pour ces sols, la nappe est :

N° sol	N° nappe	Profondeur	C
12	33	3,6	0,9
13	41	3,3	0,2
14	42	3	5,3
	43	3,3	4,2
15	44	1,7	1,5
	45	2,6	0,3

En général la salure de ces sols est en relation directe avec une nappe un peu salée (les profils 1, 2, 5, etc.. ont une nappe moins salée).

La culture peut donc se pratiquer sur des sols ayant une conductivité supérieure aux normes admises; mais certains de ces sols ont tendance à se saler et il arrivera un moment où ils devront être abandonnés par la culture. La salure du sol n'est pas obligatoirement liée à celle de la nappe et le facteur hétérogénéité locale est un facteur important par ses effets.

Le profil n° 16 est un exemple net de cette hétérogénéité, comparé à 17 distant de 200 m. Les nappes ne sont pas salées dans les 2 cas; 17 est cultivé et 16 vient d'être abandonné par la culture depuis peu; on trouve sur le sol de 16 des Callotropis et en surface une exsudation fine de natron blanc. La conductivité de cette poudre de surface est élevée, 53,5, mais diminue en profondeur. On peut admettre que ce sol a été abandonné pour cause de salinité.

.../...

VARIATION DE LA CONDUCTIVITE AVEC LA PROFONDEUR.-

La conductivité diminue en général avec la profondeur, en accord avec un phénomène de remontée prépondérant.

On peut remarquer quelques exceptions pour les profils n° 2, 7, 9, 17.

Pour les profils n° 10 et 24, le phénomène est différent. La remontée ne se fait pas jusqu'à la surface, par suite d'une nappe profonde et rupture de capillarité avec la surface. Il y a lessivage pendant la saison des pluies jusqu'à un niveau d'accumulation. Ceci a déjà été observé sur des sols du BAHR EL GHAZAL.

SOLS ABANDONNES PAR CULTURE ET CONDUCTIVITE.-

Il faut examiner les échantillons des ouadis : NGOUNOKI (20), ARI (21), MOLORI (22), NGUIDI (23), NJIGIDADA (26, 27, 28), LORA (30, 31, 33, 34).

Les profils n° 26 et 28 présentent sur le terrain les traces de natronisation, par culture probablement, mais déjà ancienne. Le sol au profil n° 20 est abandonné pour une même conductivité qu'au n° 19; mais par ailleurs, les conductivités sont trop élevées: des sols abandonnés sont en général plus compacts, moins perméables; les nappes pas salées.

A la lumière des résultats déjà obtenus dans les chapitres et paragraphes précédents il résulte que :

Une nappe non salée, mais trop haute avec frange capillaire atteignant la surface a provoqué dans les sols indiqués ci-dessus par un phénomène de remontée une salure des horizons supérieurs; en conséquence il y a eu une modification de la structure tendant vers l'imperméabilité et la compacité : les sols ont été abandonnés et envahis par les graminées.

Dans d'autres sols pour des raisons d'hétérogénéité locale (nappe plus profonde, meilleur drainage, etc.?) la salure du sol peut ne pas provoquer, pour l'instant, de modifications des propriétés physiques, ce qui permet de continuer à cultiver ces sols théoriquement non valables.

- SELS SOLUBLES DES PATES DE SOL -

METHODE.-

Les sels solubles ont été extraits des pâtes de sol comme il a été indiqué au paragraphe de la conductivité. Par suite du faible volume extrait il n'a été analysé que les cations par spectrophotométrie.

CONDUCTIVITE - SOMME DES CATIONS.- (graphique)

Les analyses effectuées montrent une assez bonne relation entre la conductivité des pâtes de sol et la somme S (meq % grammes) des cations. Elle peut s'exprimer ainsi avec

(C en millimhos/cm.
(S en milliéquivalent pour 100 g. de terre.

$$C = S$$

CONDUCTIVITE - Na et Ca.- (graphiques)

Il existe une relation directe entre Na en meq pour 100 g. et la conductivité.

Entre Ca et la conductivité, c'est probablement une corrélation, directe.

Entre Na/S % et C, c'est probablement une corrélation, directe, mais peu étroite.

Entre Ca/S % et C, c'est une corrélation inverse, assez bonne, meilleure que pour Na.

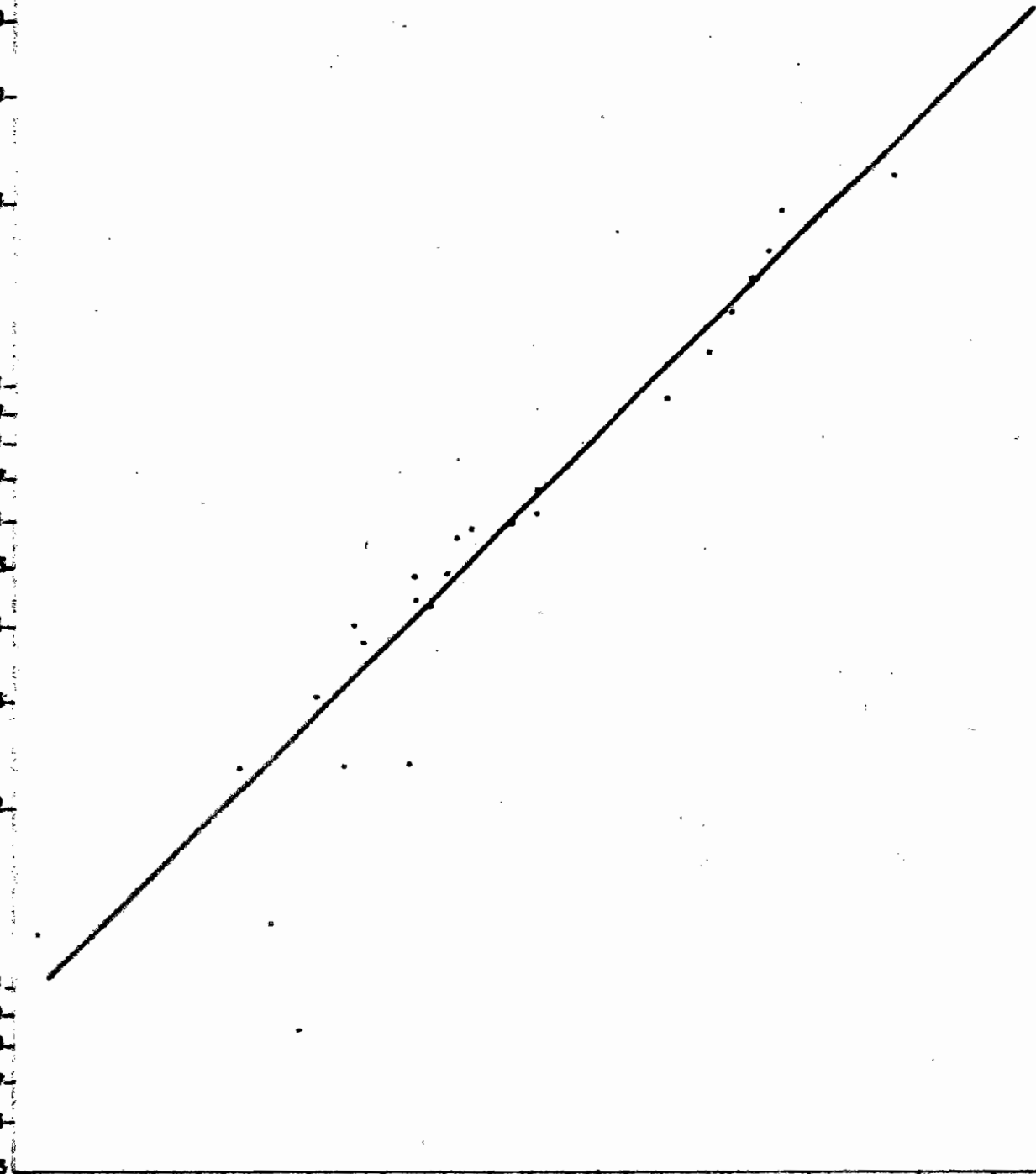
Les ions Mg et K sont peu nombreux; la somme Na + Ca étant en général comprise entre 75 et 95 %.

S
meq/100g

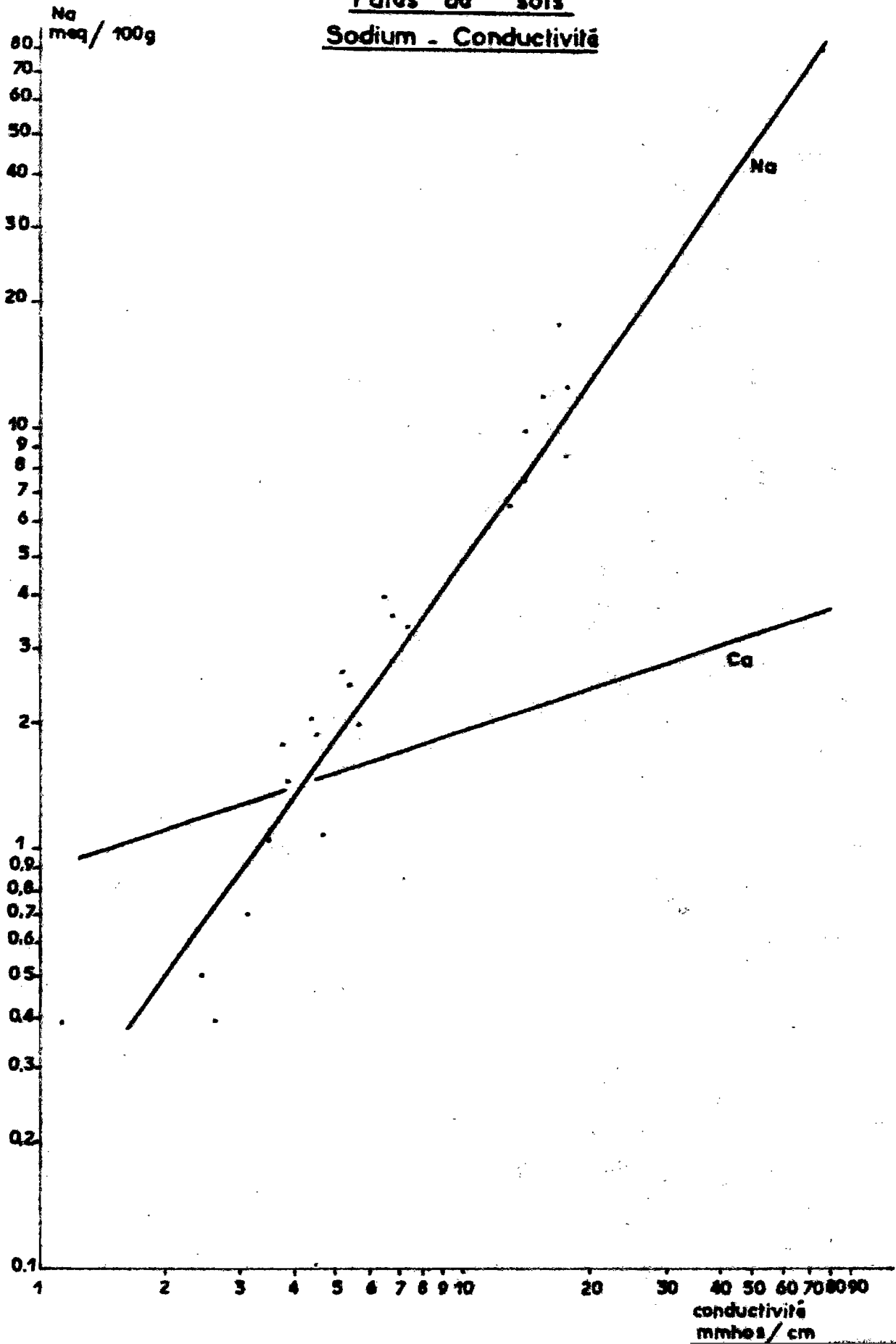
Pâtes de Sels
Somme des Cations - Conductivité

80
70
60
50
40
30
20
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 20 30 40
conductivité
en mmhos/cm



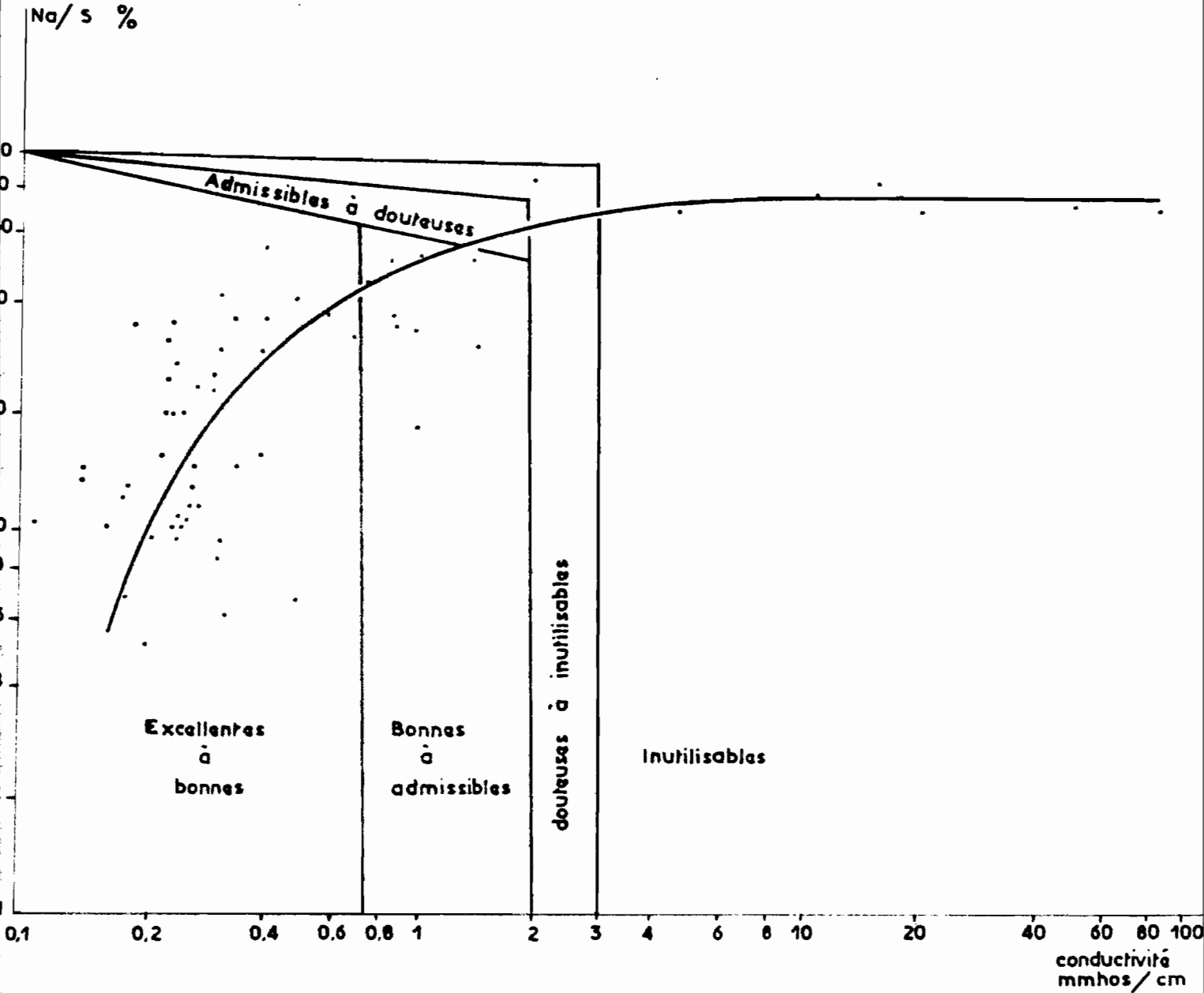
Pâtes de sols
Sodium - Conductivité



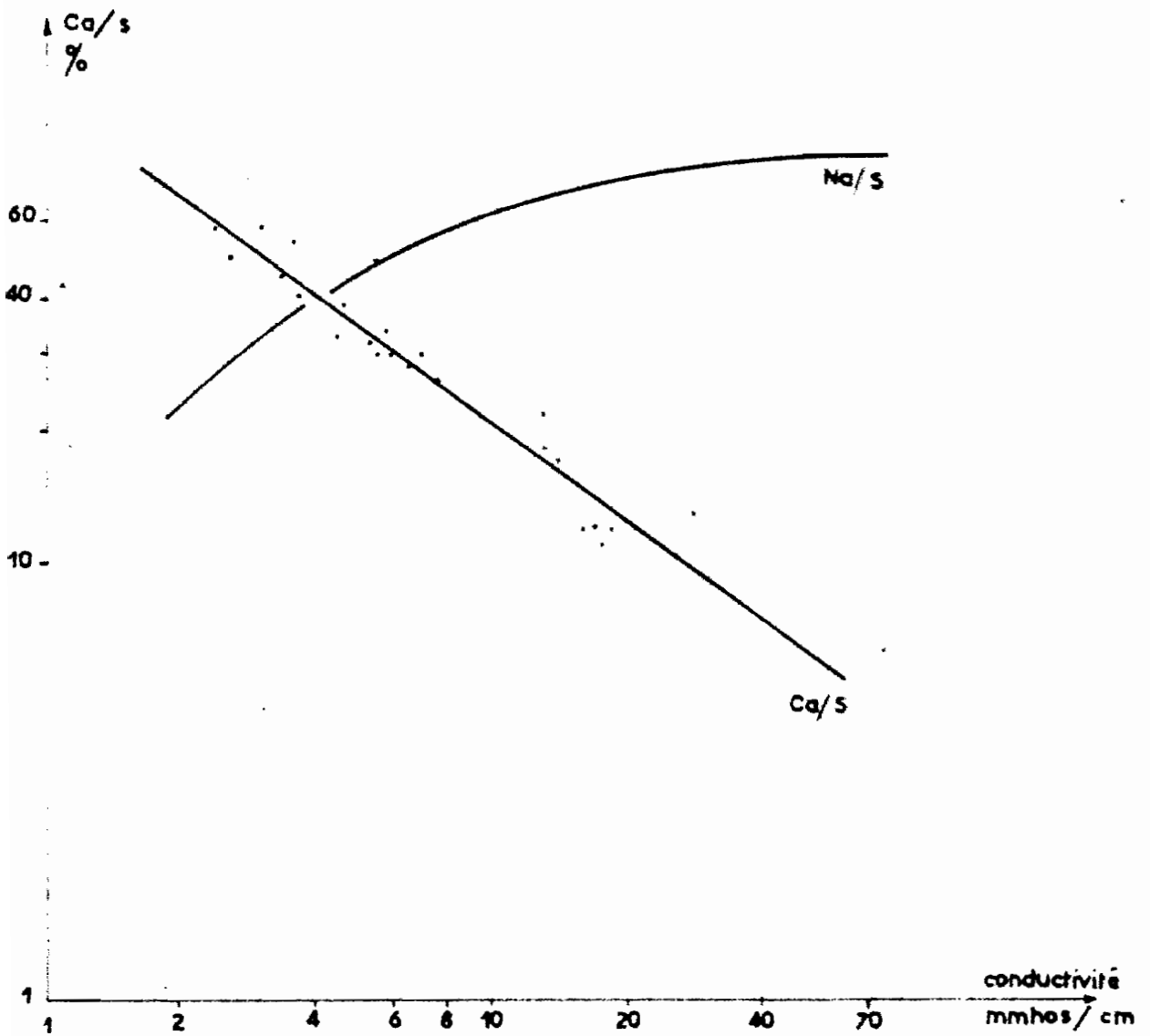
Eaux de Nappes

Na/S - Conductivité

Règles de Wilcox Valeur des eaux



Pâtes de sols
Ca/S - Conductivité



- SELS SOLUBLES EXTRAITS A L'EAU CHAUDE -

=====

METHODE. -

On lessive 20 g. de terre avec 1 l. d'eau distillée chaude (80-90°). Les résultats sont donnés en meq/100 g. de terre. Les cations sont dosés par spectrophotométrie et les anions par des méthodes chimiques : CO₃, CO₃H par SO₄ H₂ avec indicateur coloré; SO₄ par gravimétrie de SO₄ Ba.

DISCUSSION. -

Cette méthode n'est pas satisfaisante, mais les résultats apportent certains renseignements.

Les ions CO₃H correspondent aux sels solubles de bicarbonate de calcium, magnésium, potassium, sodium. Le bicarbonate de calcium est mis en évidence dans les échantillons sans sulfate (n° 41, 71, 101, 111, 112, 212, 292). Il est présent dans la solution du sol, par suite du résultat de l'attaque de CO₃ Ca par le gaz carbonique ou en provenance de la nappe.

Les carbonates insolubles (Ca, Mg) ne sont probablement pas hydrolysés dans l'analyse et les carbonates dosés sont des carbonates solubles.

Il est intéressant de remarquer, surtout à partir du profil 16, l'abondance des sulfates. Il s'agit de sulfate de calcium, quand CO₃H, Mg, K, Na sont faibles. SO₄ Ca est un sel peu soluble et nous donnons ci-dessous les solubilités en g./l. :

: Cl ₂ Ca	: 590	:: SO ₄ Ca	: 2,3	:: CO ₃ Ca	: 0,018
: Cl ₂ Mg	: 620	:: SO ₄ Mg	: 520	:: CO ₃ Mg	: 0,106
: Cl K	: 347	:: SO ₄ K ₂	: 120	:: CO ₃ K ₂	: 1120
:	:	:: SO ₄ Na ₂ 10 H ₂ O	: 333	:: CO ₃ Na ₂ 10 H ₂ O	: 3000

La solubilité de $\text{SO}_4 \text{ Ca}$ étant de 33 meq/l., on peut théoriquement extraire dans 20 g. de terre toute quantité inférieure à 33 meq; ce qui correspond pour 100 g. de terre à 165 meq.

On s'aperçoit que les quantités extraites sont inférieures à 165 meq, mais on verra par la suite qu'il reste encore dans la terre du sulfate de calcium non extrait. On peut admettre que les sulfates de Mg, K, Na solubles sont extraits en totalité.

Il en résulte que l'extraction à l'eau des sels solubles totaux entraîne un sel peu soluble, $\text{SO}_4 \text{ Ca}$; cette extraction peut être longue si les quantités de $\text{SO}_4 \text{ Ca}$ sont importantes, et l'on doit tester la fin de l'opération avec $\text{Cl}_2 \text{ Ba}$ et non arrêter la filtration à un volume déterminé à priori : $\text{SO}_4 \text{ Ca}$ est alors considéré comme un sel soluble, mais sa détermination par cette méthode est peu précise s'il y a des quantités importantes de Cl, CO_3H , Mg, K, Na, et d'ions Ca fixés sur le complexe, car il y a des entrainements et des difficultés, en faisant la balance, d'établir la part de $\text{SO}_4 \text{ Ca}$.

Mais les résultats des sels solubles totaux obtenus sont valables pour CO_3H , SO_4 (de Mg, K, Na), Mg, K, Na.

RESULTATS.-

Les ions CO_3 et Cl sont inexistantes sauf pour les sols natronés.

Les ions CO_3H sont peu abondants, 4 à 5 meq, et leur taux est sensiblement constant quelles que soient les valeurs de C (analysées).

Les ions SO_4 sont abondants :

- a) dans les sols natronés - sulfate de soude et de potasse.
- b) dans les sols abandonnés { sulfate de calcium
parfois associé avec
sulfate de soude.

.../...

COMPARAISON AVEC METHODE DE PATES DE SOL.-

Pour Mg et K, il n'existe pas un rapport constant ou proportionnel à C entre ces ions extraits à l'eau chaude et ces ions extraits par la méthode des pâtes de sol.

Par contre, pour Na, il semble que l'on ait un rapport constant et indépendant de la conductivité (analysée) entre eau chaude et pâtes de sol, tel que :

$$\frac{\text{Na (total)}}{\text{Na (P. S.)}} = 2,4 \quad \text{si l'on admet que tout le sodium a été extrait.}$$

- SELS SOLUBLES -

N ^o	Pâtes de sol				Eau chaude			Rapports		
	Mg	K	Na	C	Mg	K	Na	Mg (T) Mg(PS)	K (T) K (PS)	Na (T) Na(PS)
132	0,6	0,1	2,4	6	6	1,5	6	10	15	2,5
142	0,5	0,6	3,4	7,3	2	5	8,5	4	8,4	2,5
143	0,6	0,2	1,5	3,7	1	0,6	2	1,7	3	1,7
151	0,2	0,4	6,8	12,8	2	2,7	16	10	6,7	2,3
181	0,2	0,1	4	6,5	3,5	1	5,5	17	10	1,4
182	1,3	0,03	2,5	5,3	10	0,5	5	7,7	17	2
191	0,4	0,01	2,7	5,2	5,5	0,5	7,5	12,4	50	2,8
201	0,6	0,01	2,1	4,4	5,4	0,2	7,4	9	20	3,5
211	1,1	0,2	7,6	13,2	10	2	19	9,1	10	2,5
251	0,1	0,03	1,8	3,6	20	1	5	200	33	2,8
261	4	2,5	8,5	17	21	9	21	5,2	3,5	2,5
262	1,7	0,4	2	5,5	10	2,4	6,5	5,9	6	3,3
271	0,1	1,5	3,5	6,9	3	7,5	6,3	30	5	1,8
311	1,3	1,9	15	18,5	1	8	39	0,8	4,2	2,6
312	0,1	1,1	10	14,3	40,4	5	29		4,5	2,9
323	0,4	1,5	11,4	15,8	1	6	27	2,5	4	2,4
331	3,6	0,2	12	17,5	12	1	25	3,3	5	2,1
332	0,6	0,03	0,7	3,1	6	0,4	2	10	13	2,8
341	2,1	0,06	17	28	30	1	34	15	17	2
								Moyenne...		2,4

- CARBONATES, SULFATES INSOLUBLES -

METHODES.-

Les Carbonates sont dosés par la méthode du calcimètre BERNARD.

Nous avons extrait quelques Sulfates indépendamment des sels solubles par lessivage avec ClH N jusqu'à épuisement.

RESULTATS CARBONATES.-

Il n'y a pas de carbonates dans les rejets de puits.

A BOL, les taux sont faibles et augmentent avec le temps. Dans cette région les taux sont élevés et nous en concluons que c'est une formation pédologique; précipitation à partir des cations de la nappe (Ca et Mg) d'une part et le CO₂ d'origine biologique (décomposition de la M.O.).

La croûte blanche carbonatée n'est pas caractérisée par ses carbonates car elle n'en a pas plus que les sols de limons (n° 24).

Les sols très natronés n'ont pas plus de carbonates que les limons; le taux décroît jusqu'à 0 en profondeur.

Dans les autres sols, les taux de carbonates ne sont pas les plus élevés en surface, mais d'une manière générale les carbonates sont accumulés dans les 50 premiers cm environ; au-dessous le taux diminue et tombe à 0.

Il y a peu de profil ne contenant pas de carbonates : en particulier la pseudo-croûte de sable.

CO₃ Ca et CO₃ Mg.-

Après avoir lessivé la terre avec 1 l. d'eau chaude, extrait les bases échangeables à l'acétate, lavé l'excès d'acétate à l'alcool, nous avons lessivé la terre avec ClH N, le filtrat servant d'une part au dosage de la capacité d'échange, d'autre part au dosage de Ca et de Mg par complexométrie.

.../...

Les taux de carbonates sont de 20 à 30 %.

Les taux de $\text{CO}_3 \text{ Ca}$ sont les plus élevés.

Les taux de $\text{CO}_3 \text{ Mg}$ sont importants.

D'une manière générale les taux de $\text{CO}_3 \text{ Mg}$ sont d'environ 20 % du total des carbonates.

Il serait donc préférable de pouvoir exprimer les carbonates séparément en $\text{CO}_3 \text{ Ca}$ et $\text{CO}_3 \text{ Mg}$ %.

DOSAGE DE $\text{SO}_4 \text{ Ca}$.

Sur quelques échantillons nous avons dosé les sulfates totaux extraits par lessivage avec ClH N jusqu'à ce que la terre ne contienne plus de sulfates.

Voici les résultats de ces sulfates totaux en meq/100 g. et d'autre part les taux de $\text{SO}_4 \text{ Ca}$ en %, calculés en retranchant les ions Mg, K, Na obtenus dans les sels solubles.

Nº	SO_4 meq/100 g.	$\text{SO}_4 \text{ Ca}$ % de terre
12	7,3	0,5 < 0,8
111	4,6	0,31
112	4,3	0,29
292	0	0
131	56,5	2,6
141	121,5	5,4
161	261,7	5,8
221	441,1	28,5
323	232,2	13,6
341	200,1	9,1

Pour les échantillons de 131 à 341, notre calcul pour $\text{SO}_4 \text{ Ca} \%$ est fait comme s'il n'y avait pas de $(\text{CO}_3\text{H})_2 \text{ Ca}$, ce qui peut nous donner des chiffres de 0,27 % au maximum trop forts : c'est tout à fait négligeable.

Les taux de sulfates extraits par cette méthode sont supérieurs (sauf pour 292) aux taux de sulfates extraits par les sels solubles : les sulfates supplémentaires sont donc du $\text{SO}_4 \text{ Ca}$.

Il est possible d'extraire du $\text{SO}_4 \text{ Ca}$ supplémentaire même pour un taux de $\text{SO}_4 \text{ Ca}$ dans le sol très faible qui pourrait être théoriquement extrait par la méthode de sels solubles eau chaude.

Il y a dans les sols du sulfate de calcium en quantité importante pouvant atteindre au moins 30 %.

- BASES ECHANGEABLES - CAPACITE D'ECHANGE -

METHODES.-

Les bases ont été extraites par lessivage à l'acétate d'ammonium après lavage préalable à l'eau chaude. Pour les échantillons n° 52, 53, 61, 62, 83, 183, 192, 202, 203, 222, 241, 252, 291, 343, il n'y a pas eu de lavage préalable. Les dosages ont été faits par spectrophotométrie.

La capacité d'échange est effectuée par distillation de NH_4 du filtrat obtenu en lessivant le sol par ClH N après extraction des bases échangeables et élimination de NH_4 en excès.

DISCUSSION - BASES ECHANGEABLES.-

Pour les échantillons contenant des carbonates les résultats de Ca et de Mg n'ont pas été reportés, car les valeurs de S sont supérieures à T.

Les résultats des bases après lavage préalable sont soumis à caution par suite d'entraînement possible des bases lors du lavage à l'eau chaude.

Les échantillons non lavés ont une conductivité comprise entre 0,5 et 1,5 et quelques sels solubles sont entraînés avec les bases.

Il en résulte que ces résultats sont peu utilisables.

RESULTATS.-

Dans les échantillons sans carbonate :

- les échantillons lavés sont saturés apparemment à 50 % environ.
- les échantillons non lavés : à 80-90 %.

.../...

En réalité, dans les échantillons avec ou sans carbonate, salés, ou peu salés, le complexe absorbant est saturé.

Le calcium est prédominant : 10 à 20 meq pour 100 g.; les autres cations sont peu importants sauf dans les sols natronés (3,9) et dans le sol à croûte limono-carbonatée (n° 24) où potassium et sodium représentent 80 % du complexe.

La capacité d'échange est de 25 meq environ, 30 à 40 pour les échantillons plus argileux.

Na/T % est en général inférieur à 15.

- STABILITE STRUCTURALE -

=====

METHODE.-

HENIN - MONNIER - COMBEAU.

RESULTATS.-

Les valeurs de K sont comprises entre 0,1 et 3 (0,07, 7).

Les valeurs de I_s , entre 0,2 et 11 (32).

Les points sont situés au-dessous de la droite de moyenne des sols définie dans la méthode. Une partie des points se trouve au-dessous de la droite passant par O' (mauvaise structure); une autre partie au-dessous de la droite passant par O (moyenne à mauvaise).

D'après la position des points sur le graphique, la droite O O' ne représente pas la moyenne des sols de NGOURI. De plus, la corrélation entre K et I_s semble mauvaise, car les points sont dispersés dans le plan.

Cependant on peut remarquer que les horizons très salés, 30, 31, 91, 92, se situent loin de O' : sols à très mauvaise structure. Certains profils qui ont déjà été signalés à propos des valeurs élevées de C, ont des horizons à mauvaise stabilité structurale : 161, 301, 311, 321, 331, 341.

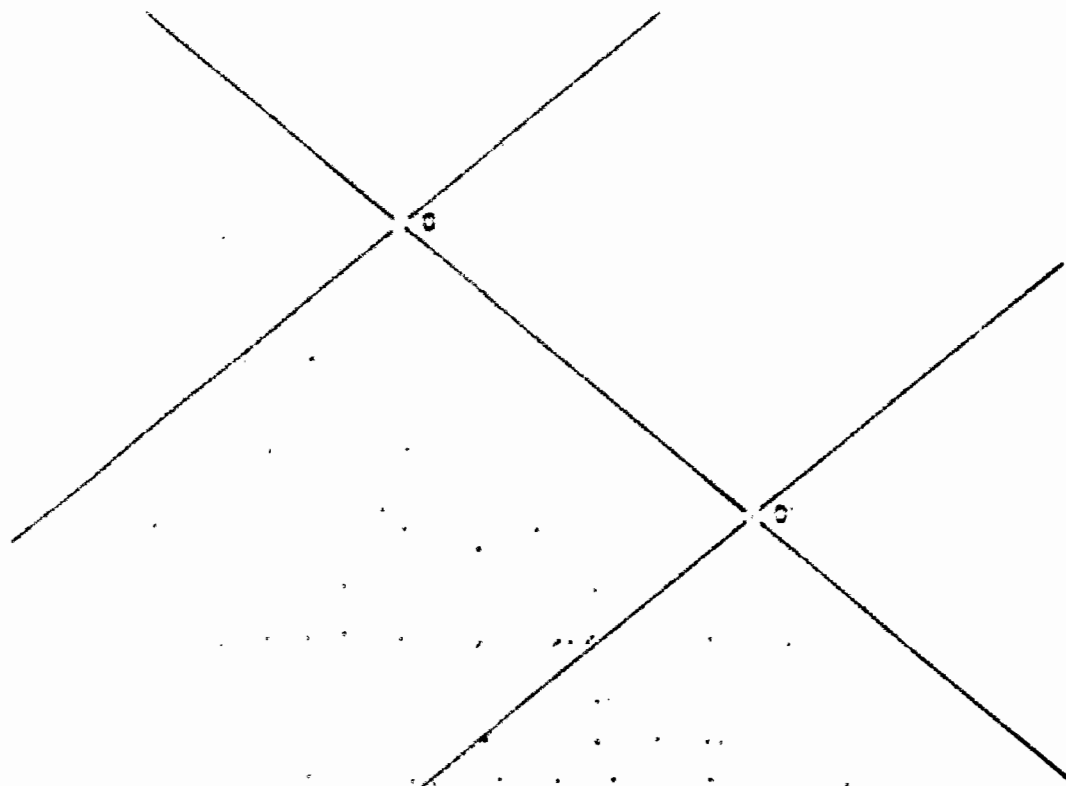
Quand on compare ces résultats à ceux obtenus en 1958 sur le polder de BOLGUINI :

K	compris entre	2	et	20
I_s	"	"		0,1 et 0,4

on s'aperçoit que la structure s'est fortement dégradée par suite de l'augmentation de la salinité. Cependant les propriétés physiques des sols cultivés, observées in situ, ne semblent pas mauvaises comme les analyses de structure voudraient le faire croire.

STABILITE STRUCTURALE

X
7
6
5
4
3
2
1
07



02 03 04 05 06 07 08 09 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 20 30 Is

- AGRONOMIE -

=====

Les cultivateurs de la région de NGOURI sont réputés excellents. Voici les principales cultures pratiquées.

SUR DUNE.-

Sorghum :

Un mil rouge appelé Kerom en Kanembou; se sème au début des pluies, en fin Juin; il a un cycle de 4 mois.

Pennisetum :

Argam : c'est un petit mil blanc; il ressemble au ligui. Il est semé également au début des pluies; cycle de 3 mois et demi.

Haricot :

Semé en Août. Cycle de 70 jours.

SUR BAS DE PENTE.-

Sorghum :

Hero : c'est un berberé. Il est de couleur rouge très clair mais appelé mil blanc. Semé début des pluies, cycle de 90 jours.

Pennisetum :

Argam.

CULTURES D'OUADIS.-

Ce sont les cultures de blé, maïs, ligui, accessoirement pigment, coton, etc... Ces cultures se font soit par irrigation, soit en saison des pluies. Il n'y a que le blé qui a une position fixe dans le cycle cultural; les autres cultures peuvent se faire en toute saison.

.../...

Blé :

Le blé a un cycle hivernal, car il craint l'échaudage au moment de l'épiaison si elle se situe pendant les fortes chaleurs. Aussi est-il semé en Novembre et arraché en Février (cycle 4 mois). Traditionnellement il n'a jamais été cultivé en saison des pluies.

Les variétés sont :

Blé du KANEM (dominant).

Quelques semences importées : Florence Aurore ou Aegylops.

On pratique la culture irriguée par la méthode bien connue des petits carrés et du shadouf.

Il serait intéressant d'avoir des chiffres de rendement ainsi que pour le maïs pour comparer avec BOL.

Maïs :

Le maïs a un cycle de 90 jours.

Il peut être cultivé en toute saison, c'est-à-dire en culture irriguée ou non pendant la saison des pluies. Pratiquement il est cultivé deux fois par an :

Mars - Mai = irrigué

Juillet-Septembre = saison des pluies.

Les surfaces ensemencées pendant la saison des pluies sont beaucoup plus importantes et couvrent alors des sols qui étaient en jachère pendant la tournée.

Ligui :

C'est un pennisetum. Il a un cycle court de 53 jours. Il peut être cultivé toute l'année mais il craint la sécheresse. Pratiquement, pendant la tournée, des champs étaient sur le point d'être récoltés et d'autres, ensemencés; les cultivateurs font deux cultures par an.

.../...

CARTE D'UTILISATION DES SOLS.-

Cette carte donne un état de la couverture du sol au moment de la tournée. Pour les sols cultivés, l'utilisation des sols est variable au cours de l'année : les sols irrigués peuvent être cultivés sans irrigation pendant la saison des pluies; de même la culture irriguée en saison sèche peut se déplacer; mais la somme culture irriguée plus culture non irriguée donne l'ensemble des sols cultivables.

- CARTOGRAPHIE -

=====

La carte pédologique a été dessinée d'après les observations de terrain et les photos aériennes. Les résultats analytiques servent à appuyer la cartographie, mais non de base car ils ne sont pas assez nombreux et ne permettent pas une extrapolation suffisante.

La carte d'utilisation de sol et la carte pédologique ont été dressées dans un souci d'intérêt agronomique.

Ces deux cartes sont liées entre elles comme on le voit dans le choix des tiretés.

C.P.	C.U.S.	Observations
Sol de limon	{ Culture irriguée { Culture non irriguée	= Sols cultivables. Différenciation pour donner l'état du sol au moment de la tournée (culture irriguée).
Limon très salé calcaire Limon peu salé calcaire (naga)	{ Sol stérile sec	Sol non cultivé pour raison de salure.
Limon envahi par les herbes ou les eaux	{ Tapis de cynodon { Jonc - inondé	Sols non cultivés pour raison d'inondation, de salure ou ?. Différenciation des sols inondés (jonc) et des sols humides (cynodon).

.../...

Ces deux cartes sont donc mi-explicatives; les renseignements complémentaires (abandon des sols) sont fournis par l'analyse.

Dans la carte des prélèvements, le nom de l'ouadi se trouve à droite de celui-ci; les prélèvements d'eau à gauche et les prélèvements de sol à droite, sauf lorsqu'il y a nécessité de présentation.

- CONCLUSION -

=====

Les ouadis sont des creux dunaires en partie remplis par des sédiments lacustres. Ils ne sont pas en communication avec le Lac (différents des polders); ouadi n'est pas le pluriel de oued (rivière).

Le système du Lac est un ensemble dunes-ouadis parallèles, orienté N.O. - S.E. qui se poursuit dans le Lac (N. et E.), formant la zone de l'archipel, et loin dans les terres avec tendance à l'ensablement des ouadis.

A l'échelle de notre étude, les ouadis de NGOURI sont très ensablés; ceux de DIBININTCHI serrés et allongés. A l'Ouest de LORA-KILIFA, l'ensablement est plus important; le relief dunaire prend l'allure d'un plateau sableux; les ouadis au Nord de NJIGIDADA-KILIFA sont droits et courts; à l'Ouest de NJIGIDADA tortueux ou en forme de cuvettes.

Le système du Lac s'est constitué au cours de périodes humides et sèches par remaniement éolien et dépôt de sédiments lacustres (cf. chap. géologie).

A BOE, la dénivelée dune-ouadi est de 12-13 m.; l'épaisseur des sédiments argilo-humifères de 4 m. environ; la profondeur d'eau moyenne du Lac de 4 m.

Nous avons observé deux exutoires du Lac, vérifiés ou supposés : le BAHR el GHAZAL en activité récemment et un exutoire fossile aux environs de NGOURI.

La région étudiée est soumise au climat Sahélo-Saharien, atténué par la proximité du Lac. Saison des pluies de 3 mois, Juillet-Août-Septembre avec 340 mm environ; saison froide Décembre-Janvier-Février propice à la culture du blé. L'évaporation est probablement de 3,2 m. par an. Les vents soufflent du N.E. d'Octobre à Avril.

.../...

Le niveau du Lac est un équilibre entre les apports du CHARI, les pluies, l'évapotranspiration et les infiltrations. Il varie sinusoidalement de 0,7 m. environ par an, avec maximum en Janvier et minimum en Juillet. Le niveau évolue en fonction du temps : le niveau maximum a augmenté de 1942 à fin 1956, puis baissé en 1957 et se maintient étale de fin 1958 à fin 1960.... à la cote 282,6 environ (système I.G.N. 1956).

Les études de nappes dans le polder de BOLGUINI montrent que la vitesse de circulation de la nappe dans le sable dunaire est de 30-40 cm/heure; le niveau piézométrique dans le polder est parallèle à la topographie; le niveau piézométrique passe par un maximum en saison des pluies et un minimum en saison sèche; l'influence des pluies sur les élévations du niveau est beaucoup plus nette que celle du Lac; les irrigations produisent une baisse du niveau piézométrique.

Les effets du Lac sur la nappe sont importants sur deux points : les débits et la hauteur du niveau de base. Les conséquences sont immédiates : la nappe est puissante et permet l'irrigation par pompage au shadouf; les ouadis aux environs de NJIGIDADA sont en partie inondés (influence complémentaire des pluies).

La végétation sur les dunes et sur les pentes est constituée de *Leptadenia spartium*, *Acacia senegal*, *Acacia tortilis*, *Maerua crassifolia*. Dans les ouadis très natronés, les sols sont stériles, mais *Salvadora persica* réussit à s'installer sur les bordures. Dans les ouadis cultivables de NGOURI et DIBININTCHI, sur les limons, on note la présence d'*Acacia scorpioïdes*, *Zizyphus*. Dans les ouadis à l'Ouest de LORA-KILIFA et à mesure que la nappe se rapproche de la surface, la végétation arbustive ayant disparu, on observe successivement les graminées et cypéracées suivantes : *Calotropis* *Cynodon*, *Cynodon Sporobolus*, *Stipa* *Phragmites*. Tous les ouadis sont couronnés en bas de pente par *Hyphaene thebaïca* en repousses.

La nappe phréatique début Juillet 1960 était comprise entre 5 m. de profondeur à l'Est (NGOURI) et

.../...

au-dessus de la surface à l'Ouest (NJIGIDADA). Dans les ouadis de NGOURI la nappe est comprise entre 3,5 et 5 m.; dans les ouadis LORA-YOUNTRA entre 2 et 3,5 m.; dans les ouadis LORA-LIRAROM, KILIFA-NGOUDOKI, MOLORI-YOULOM, DOUGOULA, entre 0,5 et 2 m.; à l'Ouest les sols sont inondés par endroits. Il s'ensuit que les premiers sont peu cultivés car la nappe est trop profonde; les derniers abandonnés car la nappe est trop élevée. Les sols de la troisième catégorie sont également abandonnés mais pour raison de salure et de dégradation des propriétés physiques du sol, conséquence d'une nappe trop rapprochée de la surface. Le niveau de la nappe s'est élevé depuis quelques années par suite de la remontée du Lac; aussi actuellement les fortes pluies sont particulièrement remarquées car elles mettent très longtemps à s'infiltrer.

Les mesures de perméabilité en place sur des sols secs non natronés indiquent une bonne circulation ($50 \cdot 10^{-6}$ m/s). Les sols humides ou natronés sont peu perméables. Les sols de NGOURI sont moins perméables que ceux de BOL. Un essai d'irrigation en place donne un résultat analogue aux mesures PORCHET.

Expérimentalement, nous trouvons une relation étroite entre conductivité et somme des cations dans les eaux de nappes : $S = 10 C$ (pour $C < 20$). Les corrélations entre Na/S et C , Ca/S et C ne sont pas très étroites. Na/S varie dans le même sens que C ; Ca/S varie en sens inverse. Les valeurs de S s'étalent de 0,9 à 5.590 meq/l. correspondant à des valeurs de C de 0,11 à 96,5. Les ions Mg et K sont peu abondants. Pour $C < 2,5$, CO_3H est dominant; pour $2,5 < C < 24$, SO_4 domine. Cl n'est représenté qu'aux fortes conductivités. CO_3 est inexistant.

Les eaux d'irrigation de cette région sont en général bonnes à utilisables car elles ont une conductivité inférieure à 3; mais les agriculteurs utilisent des eaux jusqu'à 5 de conductivité. Les échantillons prélevés de conductivité supérieure à 5 correspondent à des sols non cultivés, natronés secs ou natronés humides.

Les ouadis où la culture a été abandonnée n'ont pas de nappes salées.

.../...

Les sols de cette région se classent en deux catégories principales :

- sols bruns steppiques sur les dunes.
- sols limoneux peu humifères dans les ouadis.

L'influence de l'érosion ou du contact conduit à :

- des pseudo-croûtes sableuses.
- des pseudo-croûtes limoneuses.

L'influence de la salinité produit :

- des croûtes limoneuses blanches.
 - des nagas.
 - des sols très natronés
 - des sols faiblement natronés
 - des sols non natronés
-) natronisation ancienne - lessivage - accumulation de sel à faible profondeur.
-) natronisation ancienne - accumulation de sel en surface.
-) natronisation actuelle - abandonnés par la culture.
-) cultivés - mais précipitation de carbonates.

Les sols des ouadis par rapport à ceux des polders sont plus évolués; cette évolution se traduit de la manière suivante :

- 1 - Diminution de la taille des macro-agrégats par action mécanique du travail du sol. On passe de la structure motteuse à la structure fine.
- 2 - Diminution du taux de la matière organique.
- 3 - Augmentation des carbonates (Ca et Mg).
- 4 - Augmentation du sulfate de calcium
- 5 - Augmentation des sels solubles - terme extrême : sols très natronés.

) Précipitation de l'insoluble.

.../...

Les sols des ouadis sont des limons argileux, à granulométrie assez variable suivant les prélèvements. En profondeur le taux d'argile est souvent plus élevé. Les sols de la région de BOL sont argileux.

Les taux de matière organique sont de 2 % environ et ne dépassent pas 5 %. L'évolution de la matière organique avec l'exondaison est la suivante : 10 % à l'origine, 50 % au défrichement, 10 % pendant les premières années de cultures, 2 à 3 % au bout d'un temps de culture indéterminé mais très long.

Les taux sont plus élevés en surface qu'en profondeur. Vers 2 m. on note parfois une remontée (sols salés).

Les sols salés et les croûtes limoneuses sont pauvres en matière organique.

Les sols abandonnés par la culture ont des taux comparables à ceux des sols cultivés.

Le pH des sols est compris entre 7 et 8. Les sols très natronés ont des pH de 9 à 10. Les pH sont élevés car le complexe est saturé ou parce que les sols contiennent des sels solubles.

Nos échantillons sont classés en diverses catégories suivant les valeurs de C et de Na/T % :

- sols salés à alcalis : C > 4, Na/T % > 15
- sols à alcalis non salés : C < 4, Na/T % > 15
- sols salés : C > 4, Na/T % < 15
- sols ni salés, ni à alcalis: C < 4, Na/T % < 15

On peut cultiver du blé à conductivité supérieure à 9 et du maïs à conductivité supérieure à 8, sans baisse trop importante de rendements si on diminue la pression osmotique, c'est-à-dire si on augmente les quantités d'eau d'irrigation. (expériences en laboratoire).

.../...

Nous avons remarqué des sols cultivés avec des valeurs de C supérieures aux normes admises.

Les sols abandonnés ont effectivement une conductivité trop élevée.

Dans les sels solubles extraits des pâtes de sol, on a sensiblement l'équation : $S = C$ (somme des cations, conductivité). Les corrélations entre Na/S % et Ca/S % et C sont analogues à celles des nappes.

Dans les sels solubles totaux extraits à l'eau chaude, on ne trouve pas de CO_3 et de Cl sauf dans quelques sols natronés. Les quantités de CO_3H sont faibles (4 à 5 meq/100 g.) et sensiblement constantes, quel que soit C. Les ions SO_4 sont abondants : sulfate de soude et de potasse dans les sols natronés; sulfate de calcium parfois associé avec sulfate de soude dans les sols abandonnés. Le taux de sodium extrait à l'eau chaude est 2,4 fois plus grand que celui extrait par la méthode des pâtes de sol.

Presque tous les sols sont carbonatés (20 à 30 %). $CO_3 Ca$ est dominant; $CO_3 Mg$ est d'environ 20 % du total des carbonates.

Nous avons analysé des quantités de $SO_4 Ca$ pouvant atteindre 30 %.

Les bases échangeables sont peu faciles à doser mais on sait que le complexe est saturé; en général avec Ca, avec Na dans les sols natronés. La capacité d'échange est de 25 meq environ.

Les analyses de structure montrent une dégradation par rapport aux terres de BOL; cette dégradation est encore plus poussée dans les sols natronés. Cependant la corrélation entre K et I_s est mauvaise et, pratiquement, les sols cultivés n'ont pas une mauvaise structure.

.../...

Les agriculteurs cultivent sur dunes et sur bas de pente Kérom, Argam, haricot, méro. Dans les ouadis blé, maïs, ligui. Le blé en culture irriguée de saison froide; le maïs et le ligui en toute saison; le maïs sur des grandes surfaces en saison des pluies.

Pour terminer nous rappellerons les points suivants :

- 1^o - Les taux relativement bas de matière organique ont-ils occasionné une baisse de fertilité ? Pour le prouver il faudra faire une comparaison des rendements et des intensités de rotation avec les sols de BOL.
- 2^o - Il ne semble pas possible de modifier artificiellement la hauteur de la nappe : on perd obligatoirement à l'Est des sols à nappe profonde (NGOURI) et à l'Ouest, des sols inondés.
- 3^o - La nappe à une hauteur défavorable est la cause de l'abandon par la culture des ouadis NGOUNOKI, MOLORI, NGUIDI, NJIGIDADA, LORA; car elle permet les phénomènes de remontée; les sols se natronent et la structure se dégrade. Pour y remédier il faudrait empêcher la capillarité de venir jusqu'en surface et lessiver les sels solubles.

- BIBLIOGRAPHIE -

=====

- Etude pédologique des Rives du Lac Tchad de DJINTILO à BOL et du sillon du BAHR el GHAZAL de MASSAKORY à MOUSSORO. PIAS - GUICHARD.
- Evolution de la salinité dans le polder de BOLGUINI en 1959 et 1960. PIAS - BARBERY.
- Etude pédologique des polders de BOL et BOLGUINI. GUICHARD - BOUTEYRE - LEPOUTRE.
- Etude d'un polder expérimental dans la région de BOL. SOGETHA.
- Diagnosis and improvement of saline and alcali soils. 1954.
- Sédimentation du Lac Tchad. GUICHARD - C.S.L.T. 1958.
- Monographie du Lac Tchad. BOUCHARDEAU - LEFEVRE. 1957.
- Polder de BOL - débit d'infiltration - étude des vents. HYDROLOGIE 1959.
- Prospection agricole des ouadis du district du Lac et étude de leur possibilité de mise en valeur - rapport agriculture Tchad. GIRARD. 1959.
- Dynamique du sol. DEMOLON.
- Cahier des ingénieurs agronomes. 1957 - N° 115.
- Observations météorologiques.

ECHANTILLONS		11	12	13	14	21	22	23	
Profondeur (cm)		0-5	5-10	30-40	60-70	0-5	5-10	50	
<u>GRANULOMETRIE</u> %									
Sable grossier		37	38	21	26	23	14		
Sable fin		24	30	30	23	31	28		
Limon		17	13	25	18	23	30		
Argile		18	15	22	32	20	35		
<u>MATIERE ORGANIQUE</u> %									
Mat. org. tot.		4	3,7	1	0,85	2,9	2,7		
Carbone		2,5	2,15	0,6	0,5	1,7	1,6		
Azote		0,3	0,25	0,09	0,07	0,2	0,2		
C/N		8,4	8,6	6,8	7,1	8,5	8		
pH H ₂ O		7,7	7,6	7,6	8	7,8	7,8	7,5	
C extr. sat. à 25° en mmhos/cm		9,7	8	4	2,3	6,5	3,9	4,7	
SELS SOLUBLES	<u>Pâtes de sol</u>								
	Ca meq/100 g.								2,1
	Mg								0,5
	K								0,6
	Na								1,1
	S								4,3
	<u>Eau chaude</u>								
	Ca			4,5					
	Mg			0,4					
	K			1,3					
	Na			3,5					
	S			9,3					
	CO ₃			0					
	CO ₃ H			5					
Cl			0						
SO ₄			4,3						
S			9,3						
Carbonates en CO ₃ Ca%		17	17,3	32	3,1	9	11,7	30,7	
BASES ECHANGEABLES	Ca meq/100 g.								
	Mg								
	K		1,3	1,3	2,3		2,8	3	2,7
	Na		1,2	1,3	1,5		1,4	2,1	1,3
	S								
	Cap. Ech. (T)		13,5	12,3	14,7	23,9	19	22,9	15,9
Na/T %		aucun chiffre inscrit signifie inférieur à 15							
K cm/h		0,3	0,5	0,5	0,4	0,6	0,5	0,6	
I _s		2,8	2,5	2,5	3,8	2,1	2,2	1,1	

ECHANTILLONS	30	31	32	33	34	41	42
Profondeur (cm)	0-5	5-20	50	100-120	250	0-20	120
GRANULOMETRIE %							
Sable grossier	14	9	6	18	1	22	25
Sable fin	26	25	28	19	6	28	15
Limon	21	42	35	28	31	25	23
Argile	38	23	30	34	60	23	36
MATIERE ORGANIQUE %							
Mat. org. tot.		0,85	0,85	0,85	1,9	1,7	
Carbone		0,5	0,5	0,5	1,1	1	
Azote		0,1	0,07	0,05	0,1	0,1	
C/N		5	7,1	10	10	10	
pH H ₂ O	10,1	9,7	9	8,5	7,5	7,5	7,2
C extr. sat. à 25° en mmhos/cm	100	28,7	8	7,5	4,3		
Pâtes de sol							
Ca meq/100 g.							
Mg							
K							
Na							
S							
SOLS SOLUBLES							
Eau chaude							
Ca				2,5		3,5	15
Mg				5,8		0,8	1,4
K				3,3		1,4	4,5
Na				18		0,2	4,1
S				29,6		6,2	25
CO ₃				3		0	0
CO ₃ H				15,5		6	2
Cl				0		0	0
SO ₄				12,7		0	22
S				31,2		6	24
Carbonates en CO ₃ Ca%	20,5	25,6	29,3	7,3	0	12,7	0
BASES ECHANGEABLES							
Ca meq/100 g.					10,7		25,2
Mg					3,8		3,8
K	6,7	11,2	8,1	15,7	3,7	1,6	2,4
Na	5,6	9,1	6,7	11,6	2	0,9	1,7
S					20,2		33,1
Cap. Ech. (T)	13,9	28,2	22,7		48	19,5	36,8
Na/T %	40	32	30				
K cm/h	0,07	0,1	0,15	1	0,4		
Is	32	11	2,5	0,6			

ECHANTILLONS		51	52	53	61	62	71	72
Profondeur (cm)		0-10	50	rejets puits	0-10	50	0-15	60
<u>GRANULOMETRIE</u> %								
Sable grossier		17	18	6	34	29	37	17
Sable fin		38	27	18	21	33	34	34
Limon		25	29	41	22	22	16	26
Argile		28	25	34	20	15	9	21
<u>MATIERE ORGANIQUE</u> %								
Mat. org. tot.		2,2	0,86		2,4	1,2	3,5	1,5
Carbone		1,3	0,5		1,4	0,7	2	0,9
Azote		0,15	0,07		0,15	0,1	0,2	0,1
C/N		8,7	7,1		9,3	7	10	9
pH H ₂ O		7,6	7,5	7	6,8	6,9	7,5	7,6
C extr. sat. à 25° en mmhos/cm		6,7	2,4	1,6	0,6	0,6	1,9	3,7
SELS SOLUBLES	<u>Pâtes de sol</u>							
	Ca meq/100 g.							
	Mg							
	K							
	Na							
	S							
	<u>Eau chaude</u>							
	Ca	6					1,5	
	Mg	0,8					0,7	
	K	2					1,6	
	Na	4,7					<0,2	
	S	13,5					3,8	
	CO ₃	0					0	
	CO ₃ H	5					3	
Cl	1					0		
SO ₄	7,6					0		
S	13,6					3		
Carbonates en CO ₃ Ca%		22,7	32,5	0	0	0	1,75	6,2
BASES ECHANGEABLES	Ca meq/100 g.			15,4	12,1	10,5		
	Mg			2,8	3,3	2,2		
	K	1,7	1,5	0,6	1,3	0,4	1,4	1,6
	Na	1	1,1	1,5	0,6	0,6	0,6	0,7
	S			20,3	17,3	15,7		
	Cap. Ech. (T)	19,5	18,4	24,7	20,7	15,5	14,6	17,8
Na/T %								
K cm/h		0,3	1	0,2	1	1,5	0,7	1
Is		3,8	0,7	0,4	3	1	2	1,8

ECHANTILLONS		81	82	83
Profondeur (cm)		0-15	50	rejets puits
<u>GRANULOMETRIE</u> %				
Sable grossier		11	6	5
Sable fin		36	28	12
Limon		29	38	44
Argile		20	27	38
<u>MATIERE ORGANIQUE</u> %				
Mat. org. tot.		3,5	0,85	
Carbone		2	0,5	
Azote		0,2	0,07	
C/N		10	7,2	
pH H ₂ O		7,7	7,7	7,4
C extr. sat. à 25° en mmhos/cm		1,3	1,3	0,8
SELS SOLUBLES	<u>Pâtes de sol</u>			
	Ca meq/100 g.			
	Mg			
	K			
	Na			
	S			
	<u>Eau chaude</u>			
	Ca			
	Mg			
	K			
	Na			
	S			
	CO ₃			
	CO ₃ H			
Cl				
SO ₄				
S				
Carbonates en CO ₃ Ca %		17	2,3	0
BASES ECHANGEABLES	Ca meq/100 g.			
	Mg			
	K			
	Na			
	S			
	Cap. Ech. (T)			
	Na/T %			
K cm/h		1	1	0,2
Is		1,7	1,7	0,4

ECHANTILLONS	91	92	93	94	95	96	101	102
Profondeur (cm)	0-5	5-15	50-60	120-130	250	290	0-10	50
GRANULOMETRIE %								
Sable grossier	14	11	17	4	1	3	23	10
Sable fin	31	38	29	9	14	9	35	21
Limon	26	27	22	36	29	34	22	35
Argile	28	23	31	50	54	50	18	33
MATIERE ORGANIQUE %								
Mat. org. tot.		0,35	0,35	0,7	1,7	4	2,2	0,4
Carbone		0,2	0,2	0,4	1	2,3	1,3	0,25
Azote		0,06	0,04	0,06	0,1	0,2	0,18	0,5
C/N		3,4	5	6,7	10	11	7,2	5
pH H ₂ O	9,6	9,7	9,4	9	8,9	8,9	7,8	8,6
C extr. sat. à 25° en mmhos/cm	79,5	50	24	11,5	14,2	24	1,5	24
Pâtes de sol								
Ca meq/100 g.								
Mg								
K								
Na								
S								
Eau chaude								
Ca	4,5	4	2,5	2	4	3	2,4	3,5
Mg	0,8	1	1	1	1	1	0,6	1
K	28	19	9,7	4,1	5	9	1	6,5
Na	95	67	31	14	17	26	0,4	28
S	128	94	44,2	21,1	27	39	4,4	39
CO ₃	14	18	16	0	0	0	0	6
CO ₃ H	6	5	4	11	9	15	3	5
Cl	3	2	1	0	0	0	0	0
SO ₄	113	68	23	12,7	19,5	18	0	27
S	136	93	44	23,7	28,5	33	3	38
Carbonates en CO₃Ca%	15,2	15,3	10,7	0	0	0,84	20	26,7
BASES ECHANGEABLES								
Ca meq/100 g.				6,8	4,6	7,2		
Mg				2	<0,2	<0,2		
K	14,3	16	18,3	12	6,5	4,8	2,1	4,4
Na	5,3	5,8	5,2	5,9	3,5	1,7	1,7	3
S				26,7	14,6	13,7		
Cap. Ech. (T)	31,5	34	35	36,5	25,8	25	16,3	21,8
Na/T %	17	17	15	16	14	6,6	10	14
K cm/h	0,1	1	7	1,6	0,7	1	0,2	0,6
Is	6,8	1	0,2	0,9	1,3	0,8	1	1

ECHANTILLONS		111	112	121	122	131	132	
Profondeur (cm)		0-10	50	0-10	50	0-10	50	
<u>GRANULOMETRIE</u> %								
Sable grossier		6	11	21	16	19	28	
Sable fin		26	29	33	30	29	34	
Limon		36	30	24	43	31	22	
Argile		27	29	19	10	19	14	
<u>MATIERE ORGANIQUE</u> %								
Mat. org. tot.		4,6	1,2	3,1	1,3			
Carbone		2,7	0,7	1,8	0,75			
Azote		0,3	0,07	0,25	0,1			
C/N		9	10	7,2	7,5			
pH H ₂ O		7,5	7,9	7,9	7,9	8,1	7,8	
C extr. sat. à 25° en mmhos/cm		3,5	2,3	11,9	7	12,2	6	
SELS SOLUBLES	<u>Pâtes de sol</u>							
	Ca meq/100 g.						1,3	
	Mg						0,6	
	K						0,1	
	Na						2,4	
	S						4,4	
	<u>Eau chaude</u>							
	Ca		4	3,5	6	21	24	40
	Mg		1	0,8	1	2	2	6
	K		1,6	0,5		5,5	18	1,5
	Na		0,4	<0,2		4,5	2	6
	S		7	4,8		33	46	53,5
	CO ₃		0	0	0	0	0	0
	CO ₃ H		6	4	8	4	4	3
	Cl		0	0	0	0	0	0
	SO ₄		0	0	16	32	42,5	51
S		6	4	24	36	46,5	54	
Carbonates en CO ₃ Ca%		10,5	23	13,6	17	25	16,2	
BASES ECHANGEABLES	Ca meq/100 g.							
	Mg							
	K		1,7	0,6	1,9	1,6	0,9	0,8
	Na		1	0,9	1,7	0,8	0,9	0,9
	S							
	Cap. Ech. (T) Na/T %		31,8	22,3	18,7	19,7	19,1	20,4
K cm/h		1	1	0,7	0,8	0,5	0,6	
I _s		2	2	3	2	3	1,4	

ECHANTILLONS	141	142	143	151	152
Profondeur (cm)	0-10	50	rejets puits	0-10	50
<u>GRANULOMETRIE</u> %					
Sable grossier	8	20	15	9	9
Sable fin	38	26	46	31	26
Limon	34	31	21	35	36
Argile	16	22	16	22	28
<u>MATIERE ORGANIQUE</u> %					
Mat. org. tot.	3,8	0,85		3	
Carbone	2,2	0,5		1,7	
Azote	0,2	0,07		0,25	
C/N	11	7,2		6,8	
pH H ₂ O	8	8	6,4	7,8	6,7
C extr. sat. à 25° en mmhos/cm	17	7,3	3,7	12,8	4,5
<u>Pâtes de sol</u>					
Ca meq/100 g.		1,6	1,5	2,1	1,6
Mg		0,5	0,6	0,2	1,4
K		0,6	0,2	0,4	0,06
Na		3,4	1,5	6,8	1,8
S		6,1	3,8	9,5	4,8
<u>Eau chaude</u>					
Ca	67	13	3	14	
Mg	11	2	1	2	
K	7	5	0,6	2,7	
Na	28	8,5	2	16	
S	113	28,5	6,6	34,7	
CO ₃	0	0	0	0	
CO ₃ H	4	3	2	4	
Cl	0	0	0	0	
SO ₄	113	26,3	5	30	
S	117	29,3	7	34	
Carbonates en CO ₃ Ca%	12,8	34,5	0	2	0
<u>BASES ECHANGEABLES</u>					
Ca meq/100 g.			8,1		19,1
Mg			2,6		7,9
K	1,4	2,8	0,6	2	0,3
Na	1,1	1,9	0,3	1,2	0,6
S			11,6		27,9
Cap. Ech. (T)	25,1	17,3	15,2	28,9	33,8
Na/T %					
K cm/h	0,6	0,2	0,9	0,5	1,5
Is	3	1,5	0,2	3,7	1,6

ECHANTILLONS		161	162	163	164	171	172	
Profondeur (cm)		0-5	10-20	50	150	0-10	50	
<u>GRANULOMETRIE</u> %								
Sable grossier		5	10	24	4	45	33	
Sable fin		12	30	36	17	34	38	
Limon		62	47	23	32	9	15	
Argile		16	11	16	46	9	13	
<u>MATIERE ORGANIQUE</u> %								
Mat. org. tot.		4,6	1,7	0,7	0,5	3,1	1,2	
Carbone		2,7	1	0,4	0,3	1,8	0,7	
Azote		0,3	0,2	0,1	0,1	0,25	0,1	
C/N		9	5	4	3	7,2	7	
pH H ₂ O								
C extr. sat. à 25° en mmhos/cm		53,5	3,3	2,4	1,1	2,6	3,4	
<u>Pâtes de sol</u>								
SELS SOLUBLES	Ca meq/100 g.			1,3	0,5	0,5	1	
	Mg			0,4	0,25	0,2	0,05	
	K			0,01	0,03	0,2	0,1	
	Na			0,5	0,4	0,4	1,1	
	S			2,2	1,2	1,3	2,2	
	<u>Eau chaude</u>							
	Ca	39	44					
	Mg	110	7					
	K	3	0,3					
	Na	66	1,7					
S	218	53						
CO ₃	0	0						
CO ₃ H	2	1						
Cl	0	0						
SO ₄	217	51						
S	219	52						
Carbonates en CO ₃ Ca%		0	0	0	0	0	0	
BASES ECHANGEABLES	Ca meq/100 g.	19,8	12,9	5,8	5,2	4,9	3,2	
	Mg	3,6	0,5	1,2	2,3	1,3	0,3	
	K	1,2	0,3	0,04	0,1	0,4	0,02	
	Na	1	0,4	0,2	0,2	0,2	0,1	
	S	25,6	14,1	7,2	7,8	6,8	3,6	
	Cap. Ech. (T)	28,9	24,8	19,8	26,7	10,6	3,7	
	Na/T %							
K cm/h	0,6	0,3			1,4	0,5		
I _s	5	1,5			1,3	2,9		

ECHANTILLONS		181	182	183	191	192	201	202	203	
Profondeur (cm)		0-10	50	rejets puits	0-10	50	0-10	50	130	
<u>GRANULOMETRIE</u> %										
Sable grossier		13	11	4	15	8	16	8	5	
Sable fin		45	34	13	37	37	35	37	15	
Limon		20	37	36	25	33	33	28	23	
Argile		19	17	46	21	20	13	26	56	
<u>MATIERE ORGANIQUE</u> %										
Mat. org. tot.		3	1,2		2,2	1,7	3,1	0,85	1,2	
Carbone		1,7	0,7		1,3	1	1,8	0,5	0,7	
Azote		0,2	0,08		0,17	0,13	0,2	0,1	0,1	
C/N		8,5	8,7		7,6	7,5	9	5	7	
pH H ₂ O		7,9	8	6,4	7,9	7,7	7,7	7,8	6,7	
C extr. sat. à 25° en mmhos/cm		6,5	5,3	1,2	5,2	0,68	4,4	1,2	0,9	
SELS SOLUBLES	<u>Pâtes de sol</u>									
	Ca meq/100 g.	17	1,8		1,6		1,7			
	Mg	0,2	1,3		0,4		0,6			
	K	0,1	0,03		0,01		0,01			
	Na	4	2,5		2,7		2,1			
	S	6	5,6		4,7		4,4			
	<u>Eau chaude</u>									
	Ca	28	21		45,5		81			
	Mg	3,5	10		5,5		5,4			
	K	1	0,5		0,5		0,2			
	Na	5,5	5		7,5		7,4			
	S	38	35,5		59		94			
	CO ₃	0	0		0		0			
	CO ₃ H	5	4		3		3			
	Cl	0	0		0		0			
	SO ₄	36	31		56		92			
	S	41	35		59		95			
	Carbonates en CO ₃ Ca%		20	32	0	20,5	1,3	13,3	21,7	0
	BASES ECHANGEABLES	Ca meq/100 g.			11,4					17,7
Mg				1,8					4,1	
K		0,8	0,3	0,6	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2	
Na		1,2	0,7	1,2	0,9	2,8	0,9	2,5	2	
S				15					24	
Cap. Ech. (T) Na/T %		24,3	22,7	21,1	20,9	32,8	27,8	23,6	26,9	
K cm/h	0,7	0,3	0,5	0,7	0,2	0,5	2,5	1		
Is	3,1	1,7		2,5	1,7	1,8	0,9	0,5		

ECHANTILLONS	211	212	221	222	223	231	232
Profondeur (cm)	0-10	50	0-5	10-20	50	0-10	30-40
GRANULOMETRIE %							
Sable grossier	11	4	18	13	7	15	13
Sable fin	38	38	33	35	21	35	27
Limons	37	21	37	31	45	36	38
Argile	11	36	7	18	25	10	18
MATIERE ORGANIQUE %							
Mat. org. tot.	3,1	0,85	4,5	2,7	1,4	3,8	3,5
Carbone	1,8	0,5	2,6	1,6	0,8	2,2	2
Azote	0,2	0,09		0,2	0,1	0,25	0,25
C/N	9	5,5		8	8	8,8	8
pH H ₂ O	7,9	7,8	7,9	7,7	7,7	8	7,8
C extr. sat. à 25° en mmhos/cm	13,2	2,4	8,7	1,9	0,7	11,3	1,9
Pâtes de sol							
Ca meq/100 g.	1,9						
Mg	1,1						
K	0,2						
Na	7,6						
S	10,8						
Eau chaude							
Ca	72	4	109			110	4
Mg	10	<0,4	7			11	1,5
K	2	0,4	0,2			1,3	0,1
Na	19	0,1	15			25	1,7
S	103	4,5	141,2			147,3	7,3
CO ₃	0	0	0			0	0
CO ₃ H	3	4,5	2			3	4
Cl	0	0	0			0	0
SO ₄	106	0	142			144	3,4
S	109	4,5	144			147	7,4
Carbonates en CO₃Ca%	6,5	19,7	11,5	15,9	11,3	11,5	11,9
BASES ECHANGEABLES							
Ca meq/100 g.							
Mg							
K	0,3	0,1	0,1	0,1		0,3	0,3
Na	0,9	0,9	1,2	1,9		1,1	0,9
S							
Cap. Ech. (T)	28,7	21	19,7	26,6	23,3	26,3	33,8
Na/T %							
K cm/h	0,5	2,8	1	0,4	0,4	0,6	0,3
Is	1,6	0,7	1	2	0,6	1,7	1,7

ECHANTILLONS	241	242	251	252	261	262
Profondeur (cm)	0-10	50	0-10	30-40	0-10	30-40
GRANULOMETRIE %						
Sable grossier	37	19	16	12	20	24
Sable fin	20	21	34	30	25	31
Limon	26	35	34	31	15	37
Argile	16	24	12	25	35	7
MATIERE ORGANIQUE %						
Mat. org. tot.	0,4	0,35	4	1,4	5	1,2
Carbone	0,25	0,2	2,3	0,8	2,8	0,7
Azote	0,05	0,05	0,25	0,09		0,1
C/N	5	4	9,2	9		7
pH H ₂ O	8,7	8,8			7,2	6,8
C extr. sat. à 25° en mmhos/cm	0,5	4,4	3,6	0,5	17	5,5
SELS SOLUBLES	<u>Pâtes de sol</u>					
	Ca meq/100 g.			2,2	2,1	1,8
	Mg			0,1	4	1,7
	K			0,03	2,6	0,4
	Na			1,8	8,5	2
	S			4,1	17,2	5,9
	<u>Eau chaude</u>					
	Ca			74	114	100
	Mg			20	21	10
	K			1	9	2,4
	Na			5	21	6,6
	S			100	165	119
	CO ₃			0	0	0
	CO ₃ H			1	3	3
Cl			0	0	0	
SO ₄			102	158	121	
S			103	161	124	
Carbonates en CO ₃ Ca%	20,5	1,7	0	0,2	0,7	0
BASES ECHANGEABLES	Ca meq/100 g.					
				10		
				3,4		
	K	7,7	8,2	0,3	0,9	0,4
	Na	4,7	9,3		1,2	1
	S				14,8	
Cap. Ech. (T)	25	33,4	29,3	28,7	27	22
Na/T %	19	28				
K cm/h	1	1,5	1,2	0,5	1	0,5
I _s	0,2	0,4	0,8	1,4	1,3	1

ECHANTILLONS		271	272	281	282	291	292	301	302
Profondeur (cm)		0-10	50	0-10	50	0-10	50	0-10	20-30
<u>GRANULOMETRIE</u> %									
Sable grossier		15	8	12	17	25	40	14	11
Sable fin		28	12	28	28	53	43	36	29
Limon		32	23	33	35	2	7	30	45
Argile		22	56	24	19	8	8	16	11
<u>MATIERE ORGANIQUE</u> %									
Mat. org. tot.		3	1,2	2,7		1,7		3,5	3,7
Carbone		1,8	0,7	1,6		1		2	2,2
Azote		0,2	0,1	0,2		0,1		0,2	0,2
C/N		9	7	8		10		10	11
pH H ₂ O		7,9	7,2		8,3	7,2	7,9	8,1	8,1
C extr. sat. à 25° en mmhos/cm		6,9	1,5	48	12,5	0,9	0,8	18,7	14
<u>Fâtes de sol</u>									
SELS SOLUBLES	Ca meq/100 g.	2,1							
	Mg	0,1							
	K	1,5							
	Na	3,5							
	S	7,2							
<u>Eau chaude</u>									
SELS ECHANGEABLES	Ca	20	5,5	12	6		2,2	61	64
	Mg	3	<0,4	2	<0,4		<0,4	<0,4	4
	K	7,5	1,8	30	12		0,6	5	5
	Na	6,3	1,3	59	18		0,2	32	26
	S	36,8	8,6	103	36		3	98	99
	CO ₃	0	0	0	0		0	0	0
	CO ₃ H	4	6	7	5		3	4	3
	Cl	0	0	0	0		0	0	0
	SO ₄	33	3,4	89	30		0	93	93
	S	37	9,4	96	35		3	97	96
Carbonates en CO ₃ Ca%		17,7	0	31,6	10,9	0	0	12,7	14,5
BASES ECHANGEABLES	Ca meq/100 g.					3,4	5,4		
	Mg					1,8	1,2		
	K	2,3	1,4	2,6	8,7	0,5	0,4	1,1	1,3
	Na	0,8	1,7	1	0,9	1	0,2	1	1,1
	S					6,7	7,2		
	Cap. Ech. (T) Na/T %	23,1	26,5	22,9	29,9	8,3 12	8,6	22,4	25,3
K cm/h		0,5	2	0,4	0,7	1	1	0,3	0,5
I _s		1	0,6	1,6	0,7	4	1,3	5,5	2,3

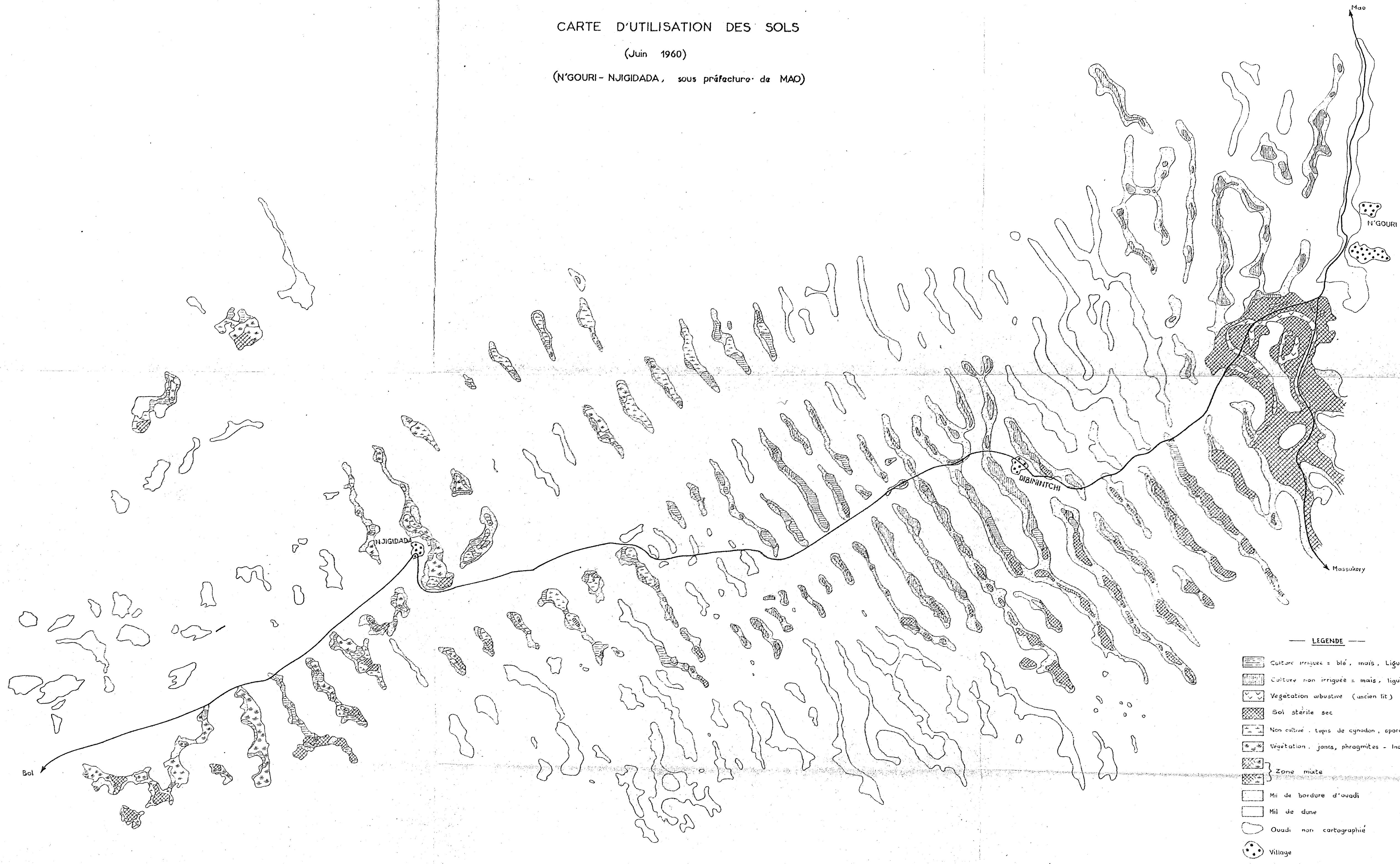
ECHANTILLONS		311	312	321	322	323	331	332	
Profondeur (cm)		0-10	20-30	0-5	5-15	25-35	0-10	20-30	
<u>GRANULOMETRIE</u> %									
Sable grossier		4	3	18	19	23	8	4	
Sable fin		21	21	26	35	28	33	32	
Limon		40	41	19	24	30	26	42	
Argile		30	30	36	20	8	21	20	
<u>MATIERE ORGANIQUE</u> %									
Mat. org. tot.		4,6	5,2		1,7	0,85	1,5	1,5	
Carbone		2,7	3		1	0,5	0,9	0,9	
Azote		0,2	0,2		0,1	0,1	0,1	0,1	
C/N		13	15		10	5	9	9	
pH H ₂ O		8,1	8,1	8,8	8,7	8,4	7,2	7,1	
C extr. sat. à 25° en mmhos/cm		18,5	14,3	114	74	15,8	17,5	3,1	
<u>Pâtes de sol</u>									
SELS SOLUBLES	Ca meq/100 g.	2,6	2,3		4,8	1,9	2	1,8	
	Mg	1,3	0,1		0,4	0,4	3,6	0,6	
	K	1,9	1,1		8,4	1,5	0,2	0,03	
	Na	15	10		62	11,4	12	0,7	
	S	20,8	13,5		75,6	15,2	17,8	3,1	
	<u>Eau chaude</u>								
	Ca	33	15			90	22	25	
	Mg	1	<0,4			1	12	6	
	K	8	5			6	1	0,4	
	Na	39	29			27	25	2	
	S	81	49			124	60	33,4	
	CO ₃	0	0			0	0	0	
	CO ₃ H	5	6,5			2	1,5	1,5	
	Cl	1,5	0			0	0	0	
SO ₄	72,5	38,5			120	58,5	36,5		
S	79	45			122	60	38		
Carbonates en CO ₃ Ca%		4,75	6,1	6,95	19,2	23,5	0	0	
BASES ECHANGEABLES	Ca meq/100 g.						15,6	17,4	
	Mg						4,8	2,8	
	K	2,1	2,2	0,4	1	1	0,5	0,1	
	Na	1,2	1,5	1	1,5	1	0,7	0,5	
	S						21,5	20,8	
	Cap. Ech. (T)	38,3	32,4		14,3	15,2	27,2	26,2	
Na/T %									
K cm/h		0,3	0,2	0,1	0,2	0,4	0,5	2	
I _s		3,6	5,8	10,5	4	1,3	7	1	

ECHANTILLONS		341	342	343	
Profondeur (cm)		0-10	20-30	100-120	
<u>GRANULOMETRIE</u> %					
Sable grossier		9	5	3	
Sable fin		34	32	11	
Limon		44	35	27	
Argile		11	27	58	
<u>MATIERE ORGANIQUE</u> %					
Mat. org. tot.		1,5	1	1	
Carbone		0,9	0,6	0,6	
Azote		0,15	0,1	0,09	
C/N		6	6	6,7	
pH H ₂ O					
C extr. sat. à 25° en mmhos/cm		28	7	1,36	
<u>Pâtes de sol</u>					
SELS SOLUBLES	Ca meq/100 g.	2,8			
	Mg	2,1			
	K	0,06			
	Na	17			
	S	22			
	<u>Eau chaude</u>				
	Ca	75			
	Mg	30			
	K	1			
	Na	34			
S	140				
CO ₃	0				
CO ₃ H	0,5				
Cl	0				
SO ₄	146				
S	146,5				
Carbonates en CO ₃ Ca %					
BASES ECHANGEABLES	Ca meq/100 g.			5,3	
	Mg			3,3	
	K	0,2		0,2	
	Na	1,9		1,8	
	S			11	
	Cap. Ech. (T)	25,6	25,2	22,1	
Na/T %					
K cm/h	0,5	1,2	0,6		
Is	5,2	2	0,7		

CARTE D'UTILISATION DES SOLS

(Juin 1960)

(N'GOURI - NJIGIDADA, sous préfecture de MAO)



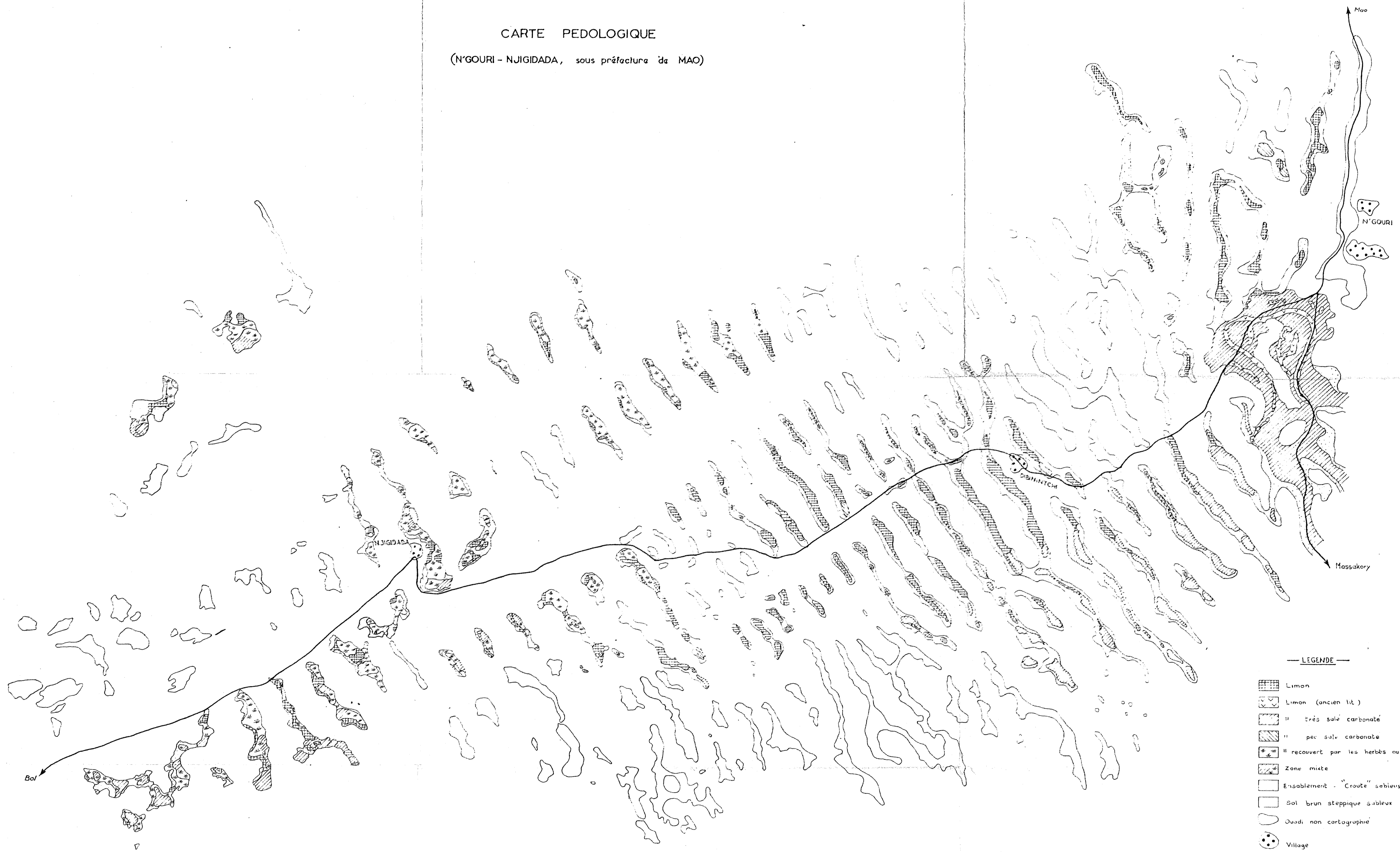
LEGENDE

- Culture irriguée : blé, maïs, Ligui
- Culture non irriguée : maïs, Ligui
- Végétation arbustive (ancien lit)
- Sol stérile sec
- Non cultivé : tapis de cynodon, sporobolus
- Végétation : juncs, phragmites - Inondé
- Zone mixte
- Mil de bordure d'ouadi
- Mil de dune
- Ouadi non cartographié
- Village



Echelle : 1/50 000 (environ)

CARTE PEDOLOGIQUE
 (N'GOURI - NJIGIDADA, sous préfecture de MAO)

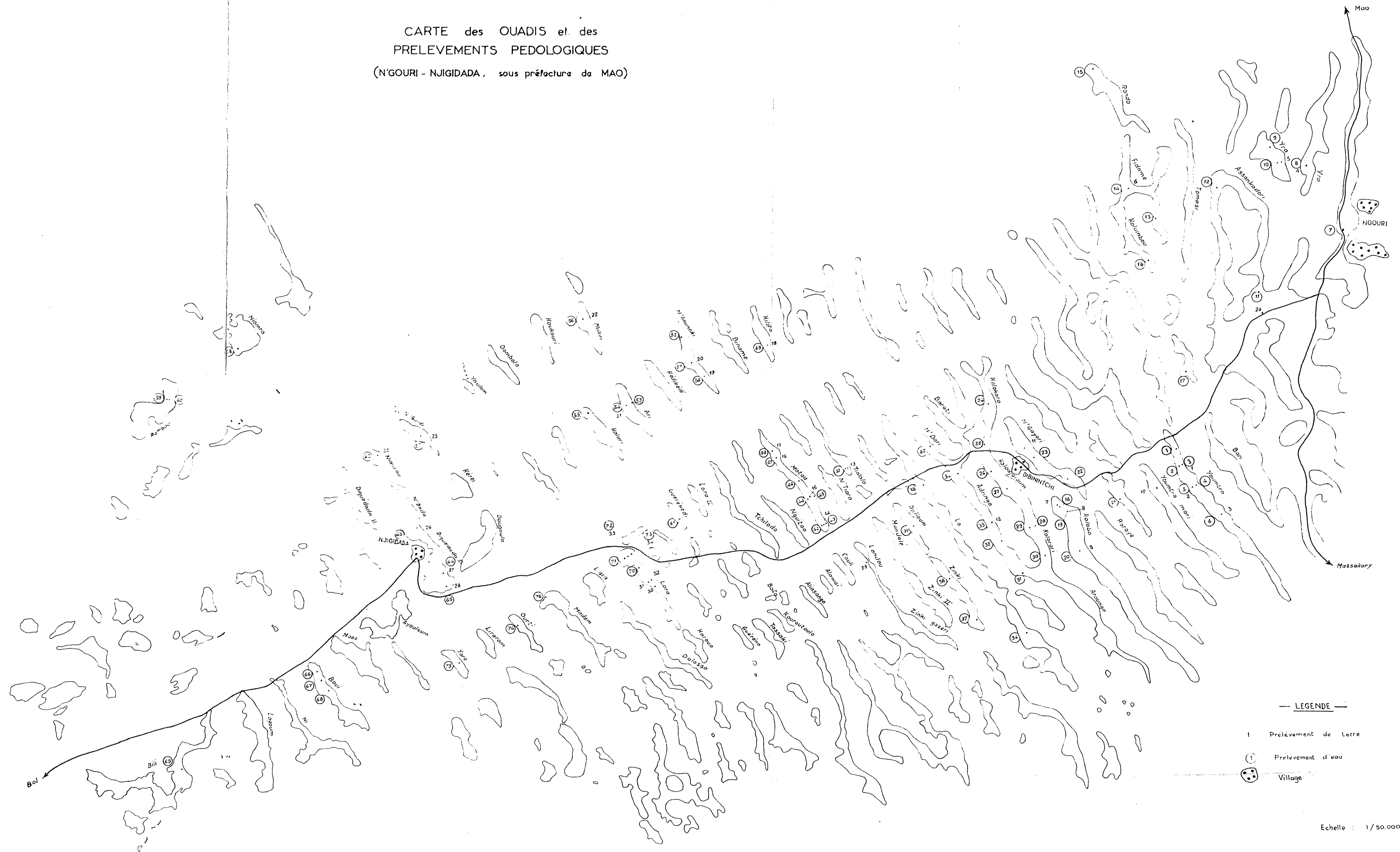


— LEGENDE —

-  Limon
-  Limon (ancien lit)
-  " très salé carbonaté
-  " peu salé carbonaté
-  " recouvert par les herbes ou les eaux
-  Zone mixte
-  Ensalement - "Croute" sabieuse
-  Sol brun steppique sableux
-  Oued non cartographié
-  Village

Echelle 1/50 000

CARTE des OUADIS et des
PRELEVEMENTS PEDOLOGIQUES
(N'GOURI - NJIGIDADA, sous préfecture de MAO)



— LEGENDE —

- 1 Prélèvement de Terre
- (1) Prélèvement d'eau
- (•••) Village

Echelle : 1/50.000 (environ)