

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER
20, rue Monsieur
PARIS VII^e

COTE DE CLASSEMENT N° 4485

PEDOLOGIE

ETUDE PEDOLOGIQUE DES POLDERS DE BOL ET BOLGUINI

par

E. GUICHARD, G. BOUTEYRE, B. LEPOUTRE

OFFICE DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE DE RECHERCHES TCHADIENNES

SECTION PEDOLOGIE

ETUDE PEDOLOGIQUE DES POLDERS
DE BOL ET BOLGUINI

E. GUICHARD
Chargé de Recherches
- ORSTOM -

G. BOUTEYRE
Chef de travaux
des Laboratoires de
l'AGRICULTURE O.M.

B. LEPOUTRE
Maître de Recherches
- ORSTOM -

-MARS 1959-

- TABLE DES MATIERES -

PAGES :

I	:	INTRODUCTION
3	:	GENERALITES (Renseignements météorologiques Nature des fonds
6	:	CULTURE DANS LES POLDERS }blé (maïs
9	:	PHASES D'ASSECHEMENT DES POLDERS (BOLGUINI-BOL jusqu'en 56 P (BOLGUINI en 1958)BOL en 1958
12	:	ETAT PHYSIQUE DU SOL (descriptions de profils,)remarques
16	:	LA NAPPE (Etude physique - phases d'assèchement.)Conductivité des eaux
27	:	CONDUCTIVITE DU SOL - AVENIR DES POLDERS
32	:	RESULTATS D'ANALYSES -Granulométrie -Carbonates -Matière organique - C/N -Analyse chimique -pH -Phosphore -Bases totales -Bases échangeables -Sels solubles -Manganèse
47	:	STABILITE STRUCTURALE K-Is
51	:	ANALYSES PHYSIQUES -Capacité de retention -Point de flétrissement -Limite supérieure de plasticité
59	:	CONCLUSION
60	:	BIBLIOGRAPHIE
61	:	LOCALISATION DES PRELEVEMENTS DE TERRE ET D'EAU (Déc.1957)
ANNEXE	-	TABLEAUX D'ANALYSES.

- CARTES ET GRAPHIQUES en ANNEXE -

- Nº I - Carte générale du Lac TCHAD - I/I.000.000
- 2 - Carte d'ensemble des polders de BOL et BOLGUINI-I/50.000
- 3 - Carte du polder de BOLGUINI I/10.000.
- 4 - Carte de la corne Nord de BOLGUINI - Situation des prélèvements d'eau en 1958 - I/10.000.
- 5 - Phases d'assèchement du polder de BOLGUINI 1955-1956-1958
I/50.000
- 6 - Carte du polder de BOL - I/20.000.
- 7 - Profils de la nappe BOLGUINI transversales 30-35 et 45-51 bis.
- 8 - Profil de la nappe BOLGUINI -transversales 61-69 bis 79-86 et liaison avec le lac.
- 9 - Profils de la nappe - BOL - Jardin administratif
- 10 - Variation des niveaux de l'eau - le Lac
- le polder de BOL
- la nappe de BOLGUINI
- 11 - Mesures physiques Is - K
- 12 - Agrégats stables au benzène et matière organique.

I N T R O D U C T I O N

L'origine des polders remonte à une date assez reculée. Au début, les indigènes cultivaient des ouadis fermés, isolés du lac. Peu à peu s'est introduite la pratique d'irrigation par la méthode du chadouf et la culture du blé par des semences importées du Nord.

Le premier barrage artificiel remonte aux environs de 1914 lorsqu'on isola l'ouadi de BOLGUINI de GANATIR pour relier le poste de BOL à MAO.

GANATIR ainsi isolé du lac s'assècha et l'on y entreprit la culture. Par la suite les indigènes imaginèrent de barrer les petites cuvettes. Le polder de MADIROM date de 50 ans environ. L'Administration se proposa par la suite de faire de grands barrages pour constituer des polders de surface importante.

En 1951, elle construisit le barrage de BOLGUINI et en Octobre 1954 celui de BOL.

La culture consiste à effectuer trois cycles végétatifs par an dans les meilleurs cas : une fois blé et deux fois maïs; le blé occupant le sol de Décembre à Mars.

Les variétés utilisées sont Florence-Aurore, Aegylops (blés tendres) dans les polders, et blé dur en culture indigène.

Les résultats de la poldérisation semblent très intéressants, car ils mettent à jour des sols très fertiles perdus au milieu de sables dunaires. Les populations pourraient ainsi se développer dans cette zone de bordure de l'archipel.

Le problème consiste donc à savoir quel est l'avenir de ces polders, s'il est souhaitable d'en augmenter le nombre sans courir de risques et leur durée de culture.

En espérant que le problème des "mange-mils", qui dévastent les blés pourra être résolu en préconisant les blés barbus (aegylops) et celui des insectes qui attaquent la tige du maïs, le problème se ramène essentiellement à celui de la natronisation. Est-ce que ce danger existe et y a-t-il un moyen d'y pallier?

.../....

Les Services de l'Agriculture du Tchad et du Plan et de la Coopération se sont préoccupés de ce problème et ont demandé une étude pédologique orientée avant tout dans le sens de l'évolution.

Plusieurs prospections ont été entreprises :

- en Avril 1955 par B. LEPOUTRE et G. BOUTEYRE
- en Juin 1956 par G. BOUTEYRE
- en Décembre 1957 par B. LEPOUTRE et E. GUICHARD
- en Juin 1958 par E. GUICHARD.

Par ailleurs, dans le cadre prévu par la Commission Scientifique du Logone - Tchad, J. PIAS et E. GUICHARD ont exécuté une étude au 1/100.000e du pourtour du lac qui englobe ces deux polders.

N.B.- Les cotes altimétriques utilisées dans le présent rapport sont tirées :

- Monographie du lac (BOUCHARDEAU - LEFEVRE - 1957) - système IGN - 1956
- Cartes topographiques au 1/5.000e et au 1/10.000e dressées par l'ATGT pour le Service du G.R. du Tchad Mai 1958 : probablement système IGN 1956 (une estimation à l'échelle hydrologique de BOL permet de la penser).

GENERALITES

RENSEIGNEMENTS METEOROLOGIQUES (Monographie du Lac).-

a) Pluviométrie.-

La pluviométrie moyenne à BOL est de 400 m/m par an avec une année de fortes pluies en 1954 (700 m/m).

La saison des pluies à BOL, dure de Mai-Juin à Septembre-Octobre avec un maximum au mois d'Août.

b) Evaporation.-

La valeur moyenne est de 2,3 m par an. Elle augmente à mesure que l'on s'éloigne du Lac.

La variation de l'évaporation au cours de l'année montre l'existence de deux minima analogues pendant la saison fraîche et pendant la saison des pluies.

c) Température de l'eau.-

La température de l'eau du lac à 12 h. augmente de 20° à 35° (en surface) de Janvier à Juillet avec un minimum de 28° en Août et un deuxième maximum en Septembre-Octobre.

d) Température de l'air.-

La courbe des températures maxima de l'air pour l'année 1958 présente deux maxima à 39° en Mars et 37° en Octobre-Novembre et deux minima à 32° en Janvier et 31° en Août. Celle des températures minima présente deux maxima à 29° en Juin et à 27° en Septembre et deux minima à 16° en Décembre-Janvier-Février et à 25° en Août.

La position géographique correspond à la zone sahelo-saharienne, mais elle est perturbée par le micro-climat du lac Tchad.

e) Niveau du lac.-

Le niveau subit de profondes modifications si l'on se place à l'échelle géologique. Les travaux antérieurs de la Commission LOGONE-TCHAD - J. PIAS et GUICHARD - 55 à 57 - ont

montré que le lac avait subi des avancées au moins jusqu'à BONGOR, et dans les Bas-pays du Tchad, contrastant avec un assèchement presque total. Un deuxième assèchement a exondé les ouadis au Nord de BOL, et une reprise des vents venant du Nord-Est a fermé les seuils; ils se sont trouvés séparés du lac, après le retour des eaux.

A l'échelle actuelle des temps, le lac subit deux sortes de variations, relativement faibles.

1^o/- une variation de niveau, les années de fortes crues du CHARI. Ainsi le lac a atteint les cotes suivantes :

- 283,2	1957
- 282,9	1956
- 282,5	1955
- 282,2	1951
- 282	1953.

2^o/- une variation annuelle :

maximum en Décembre-Janvier - par suite de l'arrivée de la crue du CHARI

minimum en Juillet - basses eaux du CHARI

avec une dénivellée de 0,6 m environ entre un maximum et le minimum consécutif.

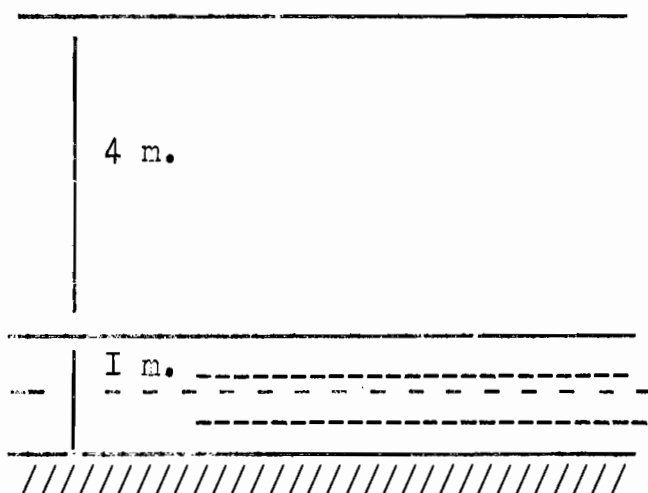
NATURE DES FONDS.-

Les travaux de la Commission LOGONE-TCHAD (GUICHARD Mai 1957) ont montré que le fond du lac est constitué d'une pénéplaine sableuse en forme dunaire (orientée N-O / S-E) dont les creux sont remplis par des argiles et les sommets parfois recouverts par elles. L'altitude des sommets dunaires diminue vers le Sud-Ouest, tandis que celle des fonds argileux diminue vers le Nord (pente générale de la cuvette). On trouvera sur le graphique N^o 8 la représentation de l'ensemble dune, niveau du lac, épaisseur des argiles, soit une dénivellée de 15 à 17 m environ entre le sommet de la dune et le bas-fond sableux. L'épaisseur des argiles a été déterminée graphiquement par des sondages faits à 150 m et 200 m du bord par BOUTEYRE et LEPOUTRE dans la section transversale du polder de BOLGUINI des poteaux 44 à 51.

.../....

SEDIMENTATION.-

L'examen des profils du sondage ultra-son au niveau de BOL a montré un deuxième écho horizontal parallèle à celui du fond des bras. Ces deux échos ont une différence de niveau, l'un par rapport à l'autre de 1 m environ. Nous avons pensé qu'il s'agissait de deux fonds argileux. Le niveau inférieur correspondrait à une période de retrait du lac avec assèchement; puis une argile molle de 1 m d'épaisseur se serait déposée par-dessus pendant la phase de dépôt actuelle.



Sur le graphique N° 7 dans BOLGUINI, on note du côté EST une pointe sableuse sous les argiles à 50 cm de profondeur.

Cette couche d'argile de 50 cm d'épaisseur correspondrait au mètre d'argile molle que l'on trouve sous les eaux, après dessiccation consécutive à l'assèchement.

L'avancée sableuse côté EST correspondrait à un colluvionnement éolien à partir de la dune par les vents du N.E. pendant la période d'assèchement.

D'autres observations ont montré que les argiles asséchées tendaient à passer à un état de durcissement de tendance schisteuse et à schistosité horizontale; et cette schistosité serait plutôt irréversible par réhumidification, ce qui favoriserait la circulation de l'eau de la nappe dans les espaces interlamellaires.

LA CULTURE DANS LES POLDERS

Les principales cultures pratiquées sont celles du blé et du maïs. Le mil chandelle ou "Ligui" est la plante qui s'installe en premier lieu lorsque le sol est encore très humide. Les cultivateurs défrichent les roseaux et sèment avec une nappe à 30-40 cm de profondeur. Les agriculteurs protègent la récolte contre les "mange-mil" par une surveillance serrée et des systèmes sonores.

CYCLES DE CULTURE.-

Dans les meilleurs cas, il est possible de faire trois récoltes par an. Bien souvent ce rythme n'est pas respecté, parce que les agriculteurs prennent du retard en cours d'année.

L'idéal pour arriver à boucler le cycle serait d'opérer de la manière suivante :

- 15 Octobre : semis du blé - récolte en Mars
- fin Mars : semis de maïs - récolte début Juillet
- fin Juillet: semis d'un 2ème maïs - récolte début Octobre.

MAIS.-

La première culture de maïs est faite dans les zones basses et bénéficie de l'humidité du sol qui remonte par capillarité, de la nappe jusqu'à la surface. On le sème à plat à 20 kg/ha. Il n'est pas nécessaire de faire les petits carrés, mais souvent les diguettes de la culture du blé précédent demeurent en place.

- La première culture se développe parfois sur des terres hautes, avec irrigation.

- La deuxième culture se fait en zone haute et n'a pas besoin d'être irriguée car elle bénéficie de la saison des pluies. Cependant, si la pluviométrie n'est pas suffisamment importante, la récolte risque de crever sur pied.

Les rendements se situent aux environs de 1 t/ha, avec les variétés communes locales.

Si les agriculteurs ont pris du retard, ils ne font qu'une culture de maïs et une culture de blé par an.

BLE.-

Dans la pratique, le blé est semé plus tard que le 15 Octobre. Lorsque le semis ne commence qu'en Décembre, on augmente le risque d'échaudage en Mars.

Les cultivateurs cultivent soit en zone basse, soit en zone haute avec irrigation. Mais ils ont tendance à préférer la première solution car elle demande beaucoup moins de travail. C'est ainsi que de nombreuses parcelles sont abandonnées quand la nappe atteint 1,50 m.

Même en culture basse, ils emploient la méthode des petits carrés, car les mottes de terre, après le défrichement, sont sèches et ils les écartent pour trouver l'humidité du sol.

La méthode des petits carrés leur permet l'irrigation en culture haute. Les carrés, bordés par une diguette de 10 à 15 cm de haut, ont une petite surface de 1 m². La nappe d'eau introduite y a toujours la même épaisseur, en haut ou en bas des pentes. Sans diguette, l'eau ruisellerait sur la pente, et les parties hautes seraient moins irriguées que les parties basses. D'autre part, l'érosion par l'eau est ainsi limitée au maximum. Cependant, cette pratique a l'inconvénient de diminuer la surface de culture de 1/3 ou de 1/4.

Les diguettes ne sont pas cultivées, tandis que par ailleurs, certains agriculteurs utilisent la surface au maximum

La pratique de la diguette est imputable à deux raisons:

I^o/- Dans certains cas, la terre de surface est rejetée sur les bords parceque trop natronée; c'est ainsi, qu'au jardin du Paysannat nous avons fait 3 prélèvements de terre, et mesuré la conductivité de la pâte de sol; La diguette est plus salée que le carré

0 - 2 cm du fond du carré = 4,6

0 - 15 cm du fond du carré = 4

sur la diguette 0 - 10 = 12,5

Dans certains ouadis au Nord de BOL, la terre natronée blanche de surface est raclée et emportée à l'extérieur du polder et l'on cultive en-dessous.

.../....

2^o/- Le plus souvent, le but est de rechercher la terre humide en profondeur. Ce qui conduit parfois à de véritables entonnoirs (dans la corne Nord de BOLGUINI) de 40 à 50 cm de profondeur, dont le fond peut contenir à peine 4 ou 5 poquets de semences.

L'irrigation se pratique à l'aide du chadouf qui permet de surélever l'eau dans un canal à contre-pente, après quoi, l'eau circule par gravité de carré en carré.

Le rythme des irrigations est de une fois tous les huit jours dans la première partie du cycle, puis une fois tous les quinze jours, jusqu'à vingt jours de la récolte.

Le rendement est de 15 - 20 q/ha, mais le rendement réel est de 30 q (compte tenu des diguettes inutilisées).

La variété employée dans les polders de BOL et BOLGUINI est un blé tendre de force, non barbu : Florence-Aurore.

L'Aegylops, blé barbu et tendre est cultivé avec le précédent et les blés du KANEM dans les autres ouadis. Le rendement de l'Aegylops n'est que de 8 à 10 q/ha.

Chaque cultivateur peut entretenir une sole de 25 ares et produire environ 5 q de blé et 5 q de maïs pour trois cycles par an. (I)

.../...

PHASES D' ASSECHEMENT DES POLDERS

BOLGUINI ET BOL JUSQU'EN 1956.-

Le polder de BOLGUINI a été créé en 1951 par un barrage l'isolant de BOL BERIM. Il était sensiblement à sec en Juin 1954. Il a été remis presque entièrement en eau au cours de la saison des pluies 1954 (Pluviométrie exceptionnelle de 700 m/m)

En Avril 1955, le polder de BOLGUINI est presque tout entier sous l'eau, sauf la corne Nord et l'anse Sud-Ouest où était alors établi le jardin administratif du poste de BOL. La corne Nord est exondée jusqu'à hauteur du village de MATAFO. Seule la partie Est de la zone asséchée a été bornée et les surfaces ainsi délimitées sont attribuées aux autochtones. Dans la partie centre et Ouest, l'eau est encore peu profonde et le défrichement commence. Une seule transversale totalement exondée avait pu être prélevée à cette date : il s'agit de celle qui passe par les poteaux qui portent actuellement les numéros 44 à 51. Une petite cuvette est encore en eau au Nord de cette ligne. Au Sud l'eau affleure de plus en plus et occupe presque toute la largeur de l'ouadi, ne laissant qu'une bande de 10 à 30 mètres le long de la dune Ouest où les cultures commencent à s'installer.

Le polder de BOL vient d'être barré depuis quelques mois et pratiquement aucune terre n'est encore sortie de l'eau.

En Juin 1956, la majeure partie de BOLGUINI est exondée. Le polder aurait retrouvé son état d'assèchement de 1954. Les parties basses sont marécageuses. Le reste est activement borné et défriché. Par contre, les zones déjà exondées l'année précédente sont un peu abandonnées, surtout le bord Ouest et un peu la corne Nord, là où la nappe devient trop profonde. Les transversales au Nord de celle de l'année précédente peuvent être parcourues entièrement à sec.

Le fond du polder de BOL commence à apparaître. En particulier, l'anse située au pied du poste de BOL est asséchée sur une largeur de l'ordre de 400 mètres. Les autochtones s'installent sur la partie dure. Ils défrichent et brûlent la végétation (papyrus et roseaux) après l'avoir plus ou moins arrachée. On se trouve en présence d'une épaisseur considérable de cendres et de débris végétaux mal calcinés. }

.../....

En approchant du fond de la cuvette on arrive à une zone où seule la partie supérieure de l'argile est consolidée en une croûte peu épaisse qui cède parfois sous le pied.

POLDER DE BOLGUINI EN JUIN 1958.-

En 1958 il n'est pas entièrement cultivé, car une partie du sol a été abandonnée par les cultivateurs et une autre partie est encore trop humide (cf. graphique N° 5).

Au Nord de la ligne des poteaux 36 à 43, c'est-à-dire les 600 m Nord de BOLGUINI sont abandonnés. De même au Sud de la ligne des poteaux 497, 498, 508, 509, c'est-à-dire l'extrémité Sud du polder.

Les cultivateurs abandonnent le terrain car ils prétendent que le sol est trop natroné ou trop sec.

En fait, dans les deux cas la nappe est assez loin du sol. Par exemple :

- | | |
|----------------------|-------------------|
| - poteau N° 4 | nappe 1,5 m |
| - poteau N°s II - I5 | nappe 1,4 - 1,8 m |
| - poteau N° 34 | nappe 1,6 m |
| - poteau N° 35 bis | nappe 2 m |
| - poteau N° 497 | nappe 1,2 m |

Cependant, à l'extrémité Nord de BOLGUINI au Nord des poteaux 5 et 6, il existe une zone basse où la nappe est peu profonde: 0,6 - 0,8 m et peu salée 0,8. Mais elle n'est pourtant pas cultivée.

A l'Ouest du double barrage de BOLGUINI, l'eau ne s'est pas encore entièrement évaporée; elle forme une nappe (cote 277,8 le 4 Avril 1958) pas très étendue, mais elle se prolonge à l'intérieur par une zone triangulaire où l'eau est très proche de la surface. Le sol est envahi par les joncs, papyrus, phragmites.

En définitive, on peut estimer que 200 ha seulement sont cultivés dans le polder de BOLGUINI pendant la campagne de blé, Décembre 1958 - Mars 1959.

.../....

POLDER DE BOL (Juin 1958).-

Le barrage a été terminé vers le 20 Octobre 1954.

Son assèchement a été continu et il n'a pas été remis en eau par les crues du lac de 56 et 57, grâce à une surélévation de la digue.

En Juin 1958 il n'est pas encore entièrement asséché. Devant chaque barrage stagnent encore des nappes qui sont isolées entre elles et à des cotes différentes (graphique N° 9) :

- 1er barrage - 280,10 - 30.5.58
- 2e barrage - 278,7 - 30.5.58
- 3e barrage - 278,4 - 16.5.58

double barrage BOLGUINI, côté polder de BOL : 278,15 - 4.4.58.

Au centre, le sol est trop mou pour permettre d'y pénétrer car la nappe est très proche de la surface.

La partie Nord du polder s'est asséchée en premier et, on peut cultiver actuellement 400 à 500 m de large; par ailleurs, les agriculteurs utilisent une ceinture autour du polder (sauf aux environs des barrages) de 50 à 100 m de large. Au jardin administratif, au pied du poste de BOL, le sol est utilisable jusqu'à 400 m du pied de la dune.

En définitive, on peut estimer que 200 ha ont été cultivés pendant la campagne de blé : Décembre 1958 - Mars 1959.

Voici la progression que nous avons observée dans les étapes d'assèchement et de travail du sol :

blé	maïs	" ligui" mil	joncs phragmites	eau et terre sans végétation	eau de surface d'assèche- ment.
surface du sol plus aérée.	nappe à 50 cm. sol humide	chandelle nappe à 40 cm.	papyrus 3 à 4 m de hauteur nappe à 20 cm.	nappe de 0 à 5 cm.	

ETAT PHYSIQUE DU SOL

Il est impossible de faire une carte pédologique des polders, basée sur la granulométrie comme nous avons l'habitude de le faire par ailleurs au TCHAD. Car il n'existe pas de différences assez nettes sur le terrain. Par contre, dans le programme de travail de 1959, J. PIAS se propose de dresser une carte de salinité.

Les prélèvements de terre ont été réalisés d'une manière systématique en utilisant le lotissement existant dans BOLGUINI. Nous avons choisi de prélever à côté des poteaux numérotés (2 m au Sud pour 1958) et au centre de quelques parcelles N^{os} 13, 14, 15, 16. Dans le polder de BOL, nous nous sommes repérés sur les poteaux en ciment numérotés.

DESCRIPTION DE PROFILS.-1955 -

Profil au poteau N^o 5I bis.-

Jachère récente, repousses de DOUM très proches.

- 0 - 20 cm - Horizon gris - sableux fin - cohésion faible - structure à tendance grumeleuse.
- 20 - 50 cm - Horizon gris-brun, structure polyédrique - cohésion moyenne - beaucoup plus argileux - présence de traînées sableuses entre les blocs argileux.
- 50 - 70 cm - Horizon sableux avec petites tâches rouille assez nombreuses.
- 70 - 100 cm - Horizon de transition où alternent des couches argileuses et des couches sableuses.
- 100 - 130 cm - Horizon argileux - humide - noir - paraît très homogène.
- 130 - 210 cm - Horizon argileux gris-noir à tendance bleutée - eau à 140 cm - C'est typiquement un horizon de GLEY.
- 210 - 260 cm - Horizon argileux plus brun - d'allure plus sèche.
- 260 cm - Sable assez fin, d'une granulométrie très comparable à celui de la dune voisine.

.../....

Le même type de profil se retrouve sur toute la bordure de l'ouadi. Les variations résident dans l'épaisseur de sable vers 50 - 80 cm (il peut être totalement absent, en particulier sur la rive Ouest).

La profondeur du sable sous-jacent varie beaucoup: elle diminue quand on s'approche des dunes et augmente vers le centre de l'ouadi où la masse argileuse atteint une épaisseur de l'ordre de 4 m ou 4,50 m. Les moyens en notre possession n'ont pas permis d'atteindre une profondeur supérieure à 3,20 m à 100 - 150 m des bords de l'ouadi (cf. graphique N° 7)

Quand on descend vers la partie basse du polder, l'horizon de Gley se rapproche de la surface, en même temps que la nappe. Au milieu du polder il n'atteint pas nécessairement la surface car il est souvent surmonté d'un horizon hétérogène, riche en matière organique.

Profil près du poteau N° 46.-

L'eau est à 25 cm de profondeur. Végétation fournie avec surtout des Joncacées, des Convolvulacées, Echinochloa (pyramidalis?) et Cassia sp.

0- 25 cm - Horizon brun-noir, humide - Nombreuses racines.

Cet horizon est composé de petits blocs anguleux, souvent durs, qui résistent à l'écrasement entre les doigts. Leur dimension est de l'ordre de 3 à 8 m/m. Leur surface est souvent brillante, un peu convexe. Près de la surface ils sont quelquefois recouverts d'une pellicule rouille d'hydroxyde de fer. Les blocs sont parfois reliés entre eux par un ciment faible.))

ki
25- 80 cm - Horizon noir - Formé de masses très dures de forme tout à fait variable. Elles peuvent être écrasées à la main quand elles sont encore dans l'eau. Elles apparaissent comme feuilletées grossièrement avec un litage irrégulier. Le dessèchement, en fait, des blocs très résistants qui finissent par se déliter et s'arrondir un peu sous l'effet de la culture. En place dans l'horizon ils sont séparés par des éléments plus petits, aussi durs qu'eux et par des particules beaucoup plus plastiques, riches en matière organique brune.

.../....

60-170 cm - Horizon de Gley gris-bleuté - Coloration intense -
Masse argileuse homogène - Très plastique.

170-320 cm - Horizon noir argileux - Argile en masses compara-
bles à l'horizon de 25 à 80 cm.

320 cm - Sable

Dans les zones cultivées depuis un certain temps, l'horizon comprend des masses grisâtres assez claires, dures, dont la légèreté surprend. Il s'agit sans doute, d'un matériau identique à celui de l'horizon de 25-80 cm qui aurait été desséché de façon plus poussée.

Certaines zones nouvellement exondées en Avril 1955 présentaient une surface brune avec des auréoles blanchâtres autour des micro-buttes ou des mottes. Il s'agit de la remontée des sels solubles qui se concentrent en surface sous l'influence de l'évaporation.

REMARQUES.-

Une première remarque s'impose dans nos observations sur le terrain : lorsque la nappe n'est pas trop proche de la surface, les horizons supérieurs sont secs et sans liaison capillaire avec la profondeur. L'humidité provenant de la nappe s'arrête donc à 40, 30 ou 10 cm. (variations au cours de l'année). Ceci est également vrai d'une autre manière lorsque la nappe est près de la surface et que le sol vient d'être défriché sur les roseaux depuis peu. La partie supérieure est alors constituée de mottes sèches organico-végétales mélangées avec de la terre qu'il faut écarter avant le semis.

Les horizons supérieurs 0-20 cm ont une couleur plus foncée, indice d'une plus grande richesse en matière organique, que la terre en profondeur, de couleur grise lorsqu'elle est séchée à l'air.

Les horizons supérieurs ont une structure plus fine lorsqu'ils sont humides et le sol a une apparence de terreau. Par contre, lorsqu'ils sont secs ils forment de petits polyèdres, qui sont le résultat de bris successifs des mottes originelles.

Les horizons de profondeur ont parfois une structure polyédrique. Dans les puits, l'argile de profondeur est fortement schistée, laissant des espaces libres entre les plans où

.../...

circule l'eau de la nappe. Il semble que cet état soit le résultat de la dessiccation de l'argile.) oui

On trouve parfois dans le sol à une profondeur variable des petits cailloux de schistes durcis, polyédriques et noircis. Il est difficile de dire s'ils sont dus à l'action du feu en profondeur lors du défrichement, ou à une action de dessiccation par assèchement.

Lorsque l'on marche sur une zone nouvellement défrichée on a l'impression d'un matelas élastique. Le sol est gorgé d'eau en profondeur et mélangé avec les racines en voie de décomposition en surface, ce qui lui confère une allure spongieuse, analogue aux tourbes.

Entre la phase d'assèchement où la nappe est à 0-5 cm et celle où poussent les roseaux, le sol se dessèche en surface en même temps qu'il se retracte. Il se constitue ainsi des blocs cubico-polyédriques reposant sur une argile molle encore gorgée, qui s'effondrent sous le pas.

A l'extrémité Nord de BOLGUINI, nous avons noté des fentes de retrait analogues à celles des argiles noires. Elles sont remplies par des petits polyèdres de terre sèche de 2 cm. Les fentes de retrait limitent de gros blocs de terre et donnent au terrain un aspect tourmenté encore accentué par les entonnoirs de culture des agriculteurs.

LA NAPPE

I.- ETUDE PHYSIQUE

NAPPE GENERALE - PROFONDEUR.-

Le problème de la nappe est assez mal connu; on ne peut qu'émettre certaines hypothèses car la question n'a pas été étudiée d'une manière assez précise.

Il existe tout autour du lac dans les ouadis cultivés, de nombreux puits qui nous permettent de situer sa profondeur. Dans le polder de BOL, elle se trouve actuellement assez près de la surface; dans le polder de BOLGUINI, elle peut atteindre 1,5 à 2 m. D'après le rapport de M. GIRARD, elle se trouve à 1 - 1,5 m dans les ouadis du canton de DIGUIDADA; à 3 - 4 m dans le canton de DIBINENTCHI; à 2,5 - 3 m dans le canton de MAO; à 5 m dans le canton de N'TIOUNA à 30 km au Nord de MAO (carte N° I).

Il apparaît donc que sa profondeur augmente à mesure que l'on s'éloigne du lac; sauf dans la région de DIBINENTCHI et NGOURI où elle est déjà très profonde. Si l'on veut admettre que la nappe s'y trouve à une profondeur de 1 - 1,5 m comme à DIGUIDADA, il faut supposer que le fond des ouadis est à une cote plus élevée que celle de DIGUIDADA de 1,5 à 3 m. Ceci est confirmé par le fait que dans la région de NGOURI il y a beaucoup de "croûtes calcaires" dans le fond des ouadis. Nous avons remarqué avec J. PIAS qu'elles se trouvaient par ailleurs dans les parties hautes des ouadis.

ORIGINE - CIRCULATION.-

Il est probable qu'elle est alimentée par le lac et en partie, par les eaux de pluies et de ruissellement.

Les eaux de pluies qui tombent sur le polder s'évaporent en grande partie. on ne connaît pas l'importance des eaux de ruissellement sur les dunes et à l'intérieur de celles-ci, et quelle fraction arrive dans les ouadis.

La circulation de la nppe à partir du lac vers l'extérieur a été mise en évidence par une expérience faite à MASSAKORY en 1934 par POCHARD. Trois puits ont été creusés jusqu'à la nappe dans le cours du BAHR EL GHAZAL. Le puits du

.../....

milieu a été alimenté par 25 kg de Cl Na et la courbe du taux de sol en fonction du temps, montre que la quantité de sel augmente beaucoup dans le puits le plus loin du lac et très peu dans le puits le plus proche (diffusion).

ETUDE DES PROFILS DE NAPPE A BOL ET BOLGUINI.-

Nous possédons un certain nombre de profils de nappe qui ont été notés au cours de différentes campagnes de prospections effectuées par BOUTEYRE, GUICHARD, LEPOUTRE.

Grâce au plan coté de l'A.T.G.T., il a été possible d'établir des profils suffisamment précis qui indiquent l'allure du niveau piézométrique. Les transversales dans BOLGUINI sont calquées sur le plan de lotissement du polder, c'est-à-dire qu'elles sont peu différentes de la plus courte largeur. Nous avons effectué 4 transversales dans BOLGUINI sur les lignes des poteaux : 30-35, 44-51, 62-69, 79-86 (cf. graphiques N^{os} 7 et 8).

VARIATION DU NIVEAU PIEZOMETRIQUE SUR UNE SECTION.-

a) Variation de profondeur en fonction du temps.-

Les profils aux poteaux 44-51, 62-69 et à BOL montrent que la nappe baisse en fonction du temps.

Nous avons reporté sur un même graphique, les niveaux du lac de début 55 à fin 58 (monographie du lac), la courbe d'assèchement du polder de BOL (A. BOUCHARDEAU) et les niveaux de la nappe sur la transversale 44-51, les 4/55, 6/56, 6/58 (cf. graphique N^o 10).

On s'aperçoit que bien que le niveau moyen du lac s'élève de début 55 à Mars 57, le niveau piézométrique baisse dans les puits.

On sait d'autre part, qu'au cours d'une année le niveau dans les puits ne reste pas constant. Mais il n'y a eu aucune mesure précise de faite. Il faut se contenter d'approximations fournies par J. GIRARD (tirées de renseignements de M. MOSRIN et de quelques observations personnelles. Il semblerait que le niveau dans les puits s'élève rapidement de 25 cm entre le 15 décembre et le 15 Janvier après quoi les variations de niveaux sont peu sensibles et il n'est pas possible de situer à quelle date se trouve le minimum et de dire s'il existe un autre maximum et un autre minimum dans l'année.

.../...

Comme la dénivelée entre un maximum du lac et le minimum consécutif est d'environ 0,60m, on pourrait penser que celui correspondant dans les puits serait de 0,40m environ.

Par contre, on note une certaine analogie entre l'abaissement du plan d'eau d'assèchement dans le polder de BOL et la nappe dans BOLGUINI.

On est conduit à penser que lorsqu'une nappe est assez proche en distance d'une surface d'assèchement, l'influence de celle-ci sur la nappe est prépondérante, c'est-à-dire que si l'on supposait le niveau du lac invariable au cours de l'année, le niveau de la nappe suivrait la baisse de la surface d'assèchement. Il existe donc une distance à partir de laquelle une surface d'assèchement est sans influence sur la nappe. Alors celle-ci ne suit plus que les oscillations périodiques du niveau du lac. On peut dire alors, que la nappe a atteint son niveau d'équilibre.

On s'aperçoit sur le graphique N° 10 que ce profil d'équilibre est atteint d'une manière asymptotique. La baisse de niveau est presque identique pendant 1 an (4.55 - 6.56) à celle des deux années suivantes (6.56 - 6.58).

Du point de vue pratique, la nappe dans les ouadis tendrait à atteindre son niveau d'équilibre mais il est probable que l'irrigation nécessaire à la culture, crée un abaissement supplémentaire, et pour cette raison, certains polders seraient remis en eau périodiquement, le niveau piézométrique étant alors estimé trop profond par les cultivateurs.

b) Variation de la forme du niveau piézométrique.-

Les graphiques nous montrent que lorsque la nappe est proche de la surface, elle a tendance à être horizontale ou convexe, à convexité tournée vers le haut. Lorsqu'elle est profonde elle devient concave, à concavité tournée vers le haut.

D'autre part, lorsqu'elle est près de la surface, elle épouse les formes du relief avec un certain décalage; tandis que lorsqu'elle s'approfondit elle n'est plus influencée par le relief.

.../....

Lorsqu'une surface d'eau d'assèchement pénètre dans le sol, le niveau piézométrique s'abaisse avant de remonter.

D'une manière générale, dans une section transversale à partir du lac et à travers les dunes, la nappe de l'ouadi remonte à travers le sable pour se raccorder au lac, ce qui explique la concavité tournée vers le haut.

La dénivelée entre le lac et la nappe à 1,50 m dans le polder est importante : de l'ordre de 5 m.

VARIATION DU NIVEAU PIEZOMETRIQUE EN DISTANCE.-

Si l'on compare deux sections transversales, par exemple, section des poteaux 44 - 51 avec la section dans le jardin administratif de BOL, et leur évolution en fonction du temps, on s'aperçoit qu'en 2 ans, de 1956 à 1958 le niveau a baissé de 50 cm dans BOLGUINI alors qu'il n'a baissé que de 25 cm dans BOL.

La baisse est plus importante pendant le même intervalle de temps en 44 - 51, car en même temps que le niveau baissait, les eaux d'assèchement s'éloignaient de la section : double perte de charge, alors qu'à BOL la perte de charge par éloignement des eaux était négligeable. Plus l'on s'éloigne d'une surface d'assèchement, plus vite la nappe atteint son niveau d'équilibre.

Remarque sur le graphique d'assèchement du polder de BOL.-

La courbe tirée de celle de A. BOUCHARDEAU (graphique N ° 10 - courbe du milieu -), montre que les bosses représentent la somme : élévation du niveau du lac + pluviométrie sur le polder + ruissellement + bassin versant dunaire, compte tenu des variations de l'évaporation. La partie hachurée représente la somme : pluie + ruissellement + bassin versant.

LES INFILTRATIONS.-

Ces quelques observations nous montrent que les composants du bilan : évaporation d'une part, pluviométrie - ruissellement - bassin versant d'autre part, ne sont pas suffisantes à expliquer l'équilibre constaté, et il faut admettre un mouvement d'eau en provenance du lac par des infiltrations à travers les dunes et naturellement aussi à travers les barrages.

.../....

Il est facile de constater rapidement l'importance des infiltrations. En automne 1954 à la fermeture du polder, la hauteur d'eau au-dessus du sol était de 4 m environ.

L'évaporation jusqu'à Juin 1958 est d'environ 8 m.

Pendant cette période, la pluviométrie augmentée des eaux de ruissellement et du micro-bassin-versant apporte au polder 1,5 à 2 m d'eau. Soit un total avec l'eau initiale de 5,5 à 6 m. La différence avec l'eau qui peut être évaporée montre que les infiltrations sont de l'ordre de 2 à 2,5 m soit presque la moitié de la somme, eau initiale + eau des précipitations. Les infiltrations sont fonction de la différence de niveau entre la cote du lac et la cote du plan d'eau dans le polder. Elles augmentent avec la baisse de celui-ci.

En définitive, la variation du niveau d'eau dans le polder ou du volume résiduel en fonction du temps, est une courbe d'allure asymptotique.

Des études de nappe seraient intéressantes à faire en posant par exemple, des échelles dans les puits, de même que des études de bassin versant, pour la connaissance du ruissellement.

o
o o

II.- CONDUCTIVITE DES EAUX

CONCENTRATION ET CONDUCTIVITE.-

Voici quelques chiffres obtenus au laboratoire en automne 1957 montrant la relation entre la conductivité et la concentration en sels. On part de natron blanc que l'on dissout à l'eau chaude et que l'on filtre pour éliminer les impuretés.

Une partie est évaporée à l'étuve à 105° pour connaître la concentration initiale par pesée. Puis l'on dilue une partie aliquote, un certain nombre de fois et sur chaque fraction on mesure la conductivité à 25° C.

...../.....

conductivité en millinhos/ cm	concentration en 0/00
12,4	8,9
9,2	6,2
6,5	4,4
3,6	2,2
2,2	1,3
1,7	0,9
1	0,5
0,8	0,4
0,6	0,3
0,5	0,25
0,4	0,2
0,2	0,09
0,1	0,05

CONDUCTIVITE DU LAC A BOL.-

Les prélèvements d'eaux du lac aux environs de BOL en Décembre 1957 et en Juin 1958 ont donné les chiffres de conductivité suivants :

Situation	1957	1958
- Débarcadère ORSTOM	0,15	0,16
- Débarcadère District	0,15	0,15
- 1er barrage	0,12	0,15
- 2ème barrage	0,13	0,15
- 3ème barrage	0,14	0,17
- Etranglement N. du 3ème barrage	0,17	0,20

Il apparaît :

- que la conductivité va en croissant légèrement à mesure que l'on pénètre vers l'intérieur des bras.

- que la conductivité varie au cours de l'année et en particulier, avec le niveau du lac. En effet, en Décembre 1957, le lac était à la cote 282,6 et en Juin 1958 : 282; soit une différence de niveau de 0,60 m. La conductivité augmente au fur et à mesure que le niveau baisse. Cette notion avait été mise en relief par les travaux antérieurs de la Commission LOGONE - TCHAD sur le lac.

.../...

En définitive, on peut noter comme valeur de conductivité à BOL : 0,15 à 0,20 millimhos/cm.

CONDUCTIVITE EN FONCTION DE L'ASSECHEMENT DE BOL.-

A la fermeture du barrage, la conductivité initiale des eaux enfermées dans le polder était comprise entre 0,15 et 0,20 (cote du plan d'eau Octobre 1954 : 282).

Au fur et à mesure de l'assèchement, l'eau se concentre dans le polder et la conductivité augmente :

Localisation	1957	1958
- 1er barrage	0,23	0,25
- 2ème barrage	0,48	0,45
- 3ème barrage	0,6	0,45
- Etranglement N. du 3e barrage	0,9	
- 1,5 km N. du jardin administratif	3,2	
- Double barrage de BOLGUINI		1,6
- Km 0,8 N. du double barrage côté Ouest		0,8

Il apparaît d'après les deux tableaux précédents :

- 1^o/- que la conductivité est variable suivant les points du polder et semble maximum à 1,5 km au N. du jardin administratif côté Ouest, et élevée au jardin administratif.
- 2^o/- Qu'elle se situe vers 0,9 par ailleurs.
- 3^o/- Qu'aux niveaux des barrages, elle n'est que deux à trois fois supérieure à celle du lac, tandis qu'elle est six fois supérieure vers le 3ème barrage et 20 fois supérieure à 1,5 km au N. du jardin administratif.

Voici les cotes des derniers plans d'eau résiduels :

- double barrage	278,15	:	4.4.58
- 1er barrage	280,10	:	30.5.58
- 2ème barrage	278,70	:	30.5.58
- 3ème barrage	278,40	:	16.5.58

.../....

EAUX D'ASSECHEMENT ET EAU DE NAPPE.-

Comparons les N^{os} de prélèvements 13 et 22 (1957 et les N^{os} 29 et 50 (1958) qui sont sensiblement voisins sur le terrain surtout pour les deux derniers(cf. carte N^o 6) :

I 9 5 7		I 9 5 8	
N ^o	Conductivité	N ^o	Conductivité
13	3,2	22	1,4
29	0,9	50	0,3
Eau d'assèchement		Eau de nappe	

En six mois, le polder s'est asséché en ces deux points et la nappe en 1958 était à 0,2 m (22) et 0,35 (50).

On s'aperçoit que la conductivité de l'eau de la nappe) est plus faible que la conductivité de l'eau de surface.

De même, lors des prospections générales avec J. PIAS, nous avons prélevé de l'eau de surface dans le point bas à l'extrémité Nord de BOLGUINI. Cette eau avait une conductivité de plusieurs fois l'unité alors qu'actuellement la nappe se situe à 0,7 - 0,9 millimhos/cm.

Voici comment interpréter ces phénomènes :

Supposons une section verticale du polder dans le sens transversal et imaginons des courbes de conductivité du haut vers le bas :

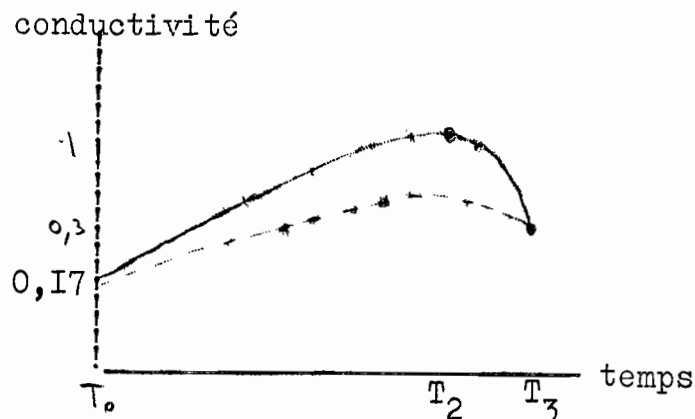
- A l'origine (T₀) la conductivité est de 0,17 en surface et au fond du polder, comme nous l'avons observé par nos mesures de conductivité du lac (GUICHARD - Mai 1957), la masse de l'eau étant homogène. Dans les argiles, on peut imaginer que la conductivité baisse progressivement vers la profondeur, à partir de l'origine du phénomène de concentration qui est la surface des eaux, car le sol met un certain temps à se mettre en équilibre avec l'eau.

- A l'instant T_1 (assèchement moitié) la conductivité des eaux d'assèchement a augmenté d'une valeur supérieure à la moitié de 0,17 à 1, soit 0,7 par exemple, par suite des apports d'eau d'infiltration au fur et à mesure de l'assèchement. En profondeur dans le sol, la conductivité baisse par rapport aux mêmes niveaux en T_0 .
- Même raisonnement pour T_2 (assèchement). La valeur de la conductivité, peu avant l'assèchement, atteint par exemple, 1 dans ce qui reste d'eau en surface (3,2 au N° 13).
- T_3 Ensuite l'eau d'assèchement ayant disparu, l'eau de nappe continue à baisser, mais la conductivité finit par ne plus augmenter pour décroître à une certaine profondeur (peut-être très près de la surface) car l'action de l'évaporation diminue puis devient inférieure à l'action "diluante" des eaux d'infiltration qui arrivent du lac à la conductivité de 0,17. A l'instant T_3 nous avons donc la valeur 0,3

Profondeur	conductivité			
	T_0	T_1	T_2	T_3
+ 4 m !.....	<u>0,17</u>			
+ 2 m !.....	<u>0,17</u>	0,7		
0 !.....	<u>0,17</u>	0,7	<u>1</u>	
- 0,3 m !.....	<u>0,13</u>	0,3	0,4	<u>0,3</u>

Les chiffres soulignés ont été observés :

Voici une représentation graphique de la conductivité en fonction du temps (de même graphique analogue de la conductivité en fonction de la profondeur).



ETUDE GEOGRAPHIQUE DE LA CONDUCTIVITE.-

a) Polder de BOLGUINI.-

En se référant au tableau de conductivité des eaux, la valeur en millinhos/cm est comprise en général entre 0,5 et 1.

Il est à remarquer que nous n'avons pas de points partout dans BOLGUINI mais une étude systématique est entreprise en ce moment par PIAS et BARBERY.

Par contre, la conductivité de la nappe est nettement plus élevée à l'ancien jardin administratif de BOLGUINI : 2 à 4.

Sur les sections transversales, la conductivité croît à partir des bords vers le centre. Quand la nappe est assez profonde, c'est le point le plus bas de la nappe qui est le plus salé; sur les bordures, la nappe est renouvelée par des eaux moins salées et la dilution est plus forte qu'au centre.

Lorsque la nappe stagne à proximité de la surface, s'il existe une bosse dans la topographie, la nappe se relève vers le haut; en ce point le mécanisme de concentration des sels joue au maximum, et la conductivité y est nettement plus élevée.

Le problème de la forte salure de la nappe dans l'ancien jardin administratif demeure à expliquer.

b) Polder de BOL.-

Les prélèvements n'existent que sur la bordure car il n'est pas possible encore, vu l'état d'assèchement, de faire des transversales.

De la même manière que dans BOLGUINI, la conductivité est comprise entre 0,5 et 1.

Par contre, au jardin administratif et jusqu'à 3 km au Nord côté Ouest du polder, la nappe est beaucoup plus salée (1 à 3). Le problème est analogue à celui de l'ancien jardin administratif dans BOLGUINI.

c) Evolution dans le temps.-

Il est difficile de savoir si les différences de conductivité de la nappe entre Décembre 1957 et Juin 1958 sont significatives. En première approximation, disons qu'elle n'a pas varié.

CONDUCTIVITE DU SOL

METHODE D'ANALYSE.-

100 gr de terre séchée à l'air sont mélangés avec un certain volume d'eau mesuré, jusqu'à ce que la terre atteigne un état bien défini. La pâte coule lentement sur une surface lisse, elle se détache facilement de la spatule, il n'y a pas exudation d'eau en creusant un sillon dans la pâte. Cet état est sensiblement le même que celui de la limite supérieure de plasticité d'Atterberg.

Une partie de l'eau est extraite du sol par la trompe à vide et recueillie. Cette méthode donne les sels solubles de pâtes de sols. C'est celle que nous avons utilisée pour mesurer la conductivité et pour les dosages des cations.

GENERALITES SUR LES PHENOMENES DE REMONTEE.-

Lorsqu'une nappe se trouve assez proche de la surface son niveau piézométrique se prolonge vers le haut par une frange capillaire qui peut atteindre la surface du sol. Vu l'importance de l'évaporation en saison sèche, il y a donc un mouvement ascendant de l'eau vers la surface et élévation des sels.

Il se produit donc une concentration des sels qui est maximum en surface et qui diminue en profondeur. Cette concentration maximum de surface apparaît nettement dans la croûte blanche que l'on observe dans les ouadis natronés blancs tout autour du lac, de MASSAKORY à NGUIGMI. Dans ces ouadis les pluies auraient tendance à faire redescendre en profondeur une partie des sels dans la mesure où la gravité n'est pas contre-carrée par l'aspiration de l'évaporation et la diminution de perméabilité due à une dégradation de la structure. En définitive, la résultante de la remontée et de la pluviométrie est favorable à la remontée, ce qui permet l'accumulation du sel en surface.

Dans les polders, le problème se complique : la perméabilité du sol est plus grande par suite de la non dégradation de la structure et le volume des précipitations artificielles plus important.

Il nous a été donné de remarquer vers CHEDRA (Massakory - Moussoro) dans les carrés de culture de blé, l'accumulation de natron blanc sur les diguettes qui ne sont

.../...

pas irriguées tandis que le fond du carré ne blanchit pas.

Cependant, lorsque l'eau d'irrigation n'atteint pas la frange capillaire de la nappe, il y a remontée par évaporation et redescente successive avec chaque irrigation dont la résultante est en définitive une accumulation en surface. C'est ce que montrent les chiffres d'analyses : la conductivité de 0 à 15 cm est supérieure à celle de 40 - 50 cm.

Il serait intéressant cependant, d'étudier l'évolution de la salinité avec les irrigations, à partir d'une nappe de conductivité connue.

CONDUCTIVITE DU SOL.-

Sur la section des poteaux 30 à 35 bis, la conductivité en surface et celle de profondeur sont plus fortes au centre que sur les bords.

De même, pour la section 44 à 51 avec une baisse au milieu en surface et une baisse au Bord Est en profondeur.

Pour la section 497-502, la conductivité en surface est plus faible au milieu que sur les bords.

En fait, le phénomène est complexe et il est difficile de trouver une relation. La durée, pendant laquelle l'eau stagne sur le sol et celle pendant laquelle la frange capillaire affleure, est très importante. Entre deux points, sur les bords et au centre, la salinité originelle de la terre, la remontée à partir de la nappe, les irrigations ne sont pas les mêmes. Cependant, on peut penser qu'en surface, la salinité de la terre va en croissant à partir du moment où la terre était sous 4 m d'eau et au bout de 5 ans de culture, car tous ces phénomènes jouent dans le même sens.

VARIATION GEOGRAPHIQUE DE LA CONDUCTIVITE.-

La conductivité relative est assez élevée dans le Nord du polder de BOLGUINI; assez faible sur les bordures; très élevée dans l'ancien jardin administratif.

Dans BOL, elle est faible sur les bordures, élevée au jardin administratif (salinité originelle d'exondaison, suivie d'une stagnation de la frange capillaire.)

.../....

VARIATION DE LA CONDUCTIVITE EN FONCTION DE LA CULTURE.-

La conductivité varie avec la durée d'exondaison des terres, ce qui correspond pour les hautes terres à l'importance des irrigations.

BOL étant plus jeune que la corne Nord de BOLGUINI, est moins salé. L'ancien jardin administratif de BOLGUINI a été exondé en même temps que la corne Nord, mais il a été irrigué abondamment avec l'eau de la nappe.

Voici un tableau des prélèvements sur la ligne des poteaux 45 à 5I dans BOLGUINI entre 6.56 et 6.58 à 0 - I5 et 40 - 50 cm montrant les valeurs de conductivité :

N ^{os} poteaux		45	46	47	48	49	50	5I
6.58	) Surface 0-I5	5,1	6,6	7,2	3,8	1,8	6,5	3
	) profondeur 40-50	1,3	2,5	3,1	3,7	3,2	2,7	5,5
6.56	) Surface 0-I5	1,6	3,7	4,3	3,6	3	2,7	5,4
	) profondeur 40-50	1,7	2,1	3,7	3,5	3,6	3,5	5

En première approximation, on remarque qu'il y a assez peu de variation à 40 - 50 cm en 2 ans, mais en surface, la conductivité a augmenté parfois du simple au double.

Voici également les prélèvements le 4/I955, montrant l'importance de l'épaisseur du prélèvement, c'est-à-dire la tendance à l'accumulation du sel en surface :

N ^{os} poteaux	45	46	47	48	49	50	5I
	0-10 3,7	0-25 3,5	0-10 4,3	0-20 4,1	0-20 3,6	0-5 8,1	0-25 4,4
	10-30 3,2		10-30 2,8	20-40 3,3	20-40 3,6	40-50 2,9	40-50 3,6

.../....

Voici une autre série de résultats en Juin 1956 dans les parcelles de l'agriculture à 0-20 cm et 40-50 cm :

N ^{os} poteaux	25 et 20	26 et 21	27 et 22	28 et 23	29 et 23 bis
0-15 cm	4,6	3	6	7,1	10
40-50 cm	3	4,3	4,8	4	9,3

Les parcelles 29 et 28 ont été cultivées en coton et très irriguées par un puits et une pompe situé dans ces parcelles ce qui correspond à une plus grande irrigation entre 29 et 23.

La parcelle 27 a été peu irriguée et les autres ne l'ont pratiquement pas été et ont été peu cultivées.

AVENIR DES POLDERS.-

La culture des polders par irrigation avec les eaux de la nappe amène donc une élévation de la salinité. Certains points se salent plus vite que d'autres pour des raisons mal connues. D'autre part, les points où la nappe stagne près de la surface, de sorte que la frange capillaire atteint le sol, auraient tendance à se saler davantage. Dans l'état actuel des choses, il faut donc abaisser le niveau de la nappe par pompage jusqu'à 1 m - 1,20 m de profondeur au moins, et évacuer l'eau à l'extérieur des polders. Ce chiffre s'entend, lorsque la nappe est au plus haut. On pourra préciser par la suite la profondeur de ce niveau quand on aura fait des profils hydriques dans le sol qui permettront de connaître mieux l'épaisseur de la frange capillaire.

D'autre part, afin de cultiver les terres hautes, il sera bon d'amener de l'eau du lac de conductivité faible et, si possible, d'irriguer également les terres basses avec cette eau.

Il reste encore à savoir si l'on ne sera pas obligé de mettre en oeuvre de trop gros moyens de pompage, pour maintenir la nappe au niveau nécessaire, en fonction du volume d'eau d'irrigation. Il est probable que l'on peut trouver un compromis entre les moyens à employer, la profondeur du niveau à maintenir, le volume des irrigations et l'utilisation rationnelle des surfaces.

.../....

Au point de vue théorique, il faudrait qu'après la fermeture du barrage, les eaux dans le polder soient évacuées par pompage le plus rapidement possible, car cette masse d'eau à évaporer est néfaste, créant la salinité originelle de la terre. Puis on mettrait en place un réseau d'irrigation et de drainage.

Le choix des polders à mettre en valeur devra être précédé par une étude de la topographie des fonds assez détaillée, par exemple avec sondeur ultra-son, afin de ne pas choisir des ouadis comme NO et TCHINGAM qui n'arrivent pas à se vider et où la perte de sol à cultiver est trop importante, par suite de l'existence de fosses trop profondes.

.../....

RESULTATS D'ANALYSES

GRANULOMETRIE.-

Les analyses mécaniques de 1958 ont été exécutées au Laboratoire de l'ORSTOM à BONDY.

La méthode utilisée est la suivante :

- Destruction de la matière organique par $H_2 O_2$. Pas de désaturation avec ClH pour les échantillons non carbonatés. Dispersion par le pyrophosphate de sodium puis prélèvements par la méthode pipette de ROBINSON.

Voici les classes granulométriques :

! Argile	: 0 à 0,002 mm	!
! Limon fin	: 0,002 - 0,02	!
! Limon grossier	: 0,02 - 0,05	!
! Sable fin	: 0,05 - 0,2	!
! Sable grossier	: 0,2 - 2	!
!	:	!

Les taux d'argile sont de l'ordre de 50 à 60 % avec quelques échantillons plus élevés (46I : 80% - 23I - 232 : 70%) et un échantillon faible (I9I à 30%). Il n'y a pas de différences nettes entre la surface et la profondeur, du moins toujours dans le même sens.

Les taux des limons sont faibles, inférieurs à 20 % sauf pour l'échantillon N° I9I qui en contient 40%.

Les échantillons à proximité de la dune sont généralement un peu plus sableux par suite de colluvionnement.

Comme nous le verrons aussi dans le paragraphe de la matière organique, nous rangerons ces sols dans la catégorie des sols argilo-humiques.

Les analyses de 1955 ont été faites d'une part, à la Cotha et d'autre part, certains échantillons identiques ont été traités en même temps au BA ILLI par G. BOUTEYRE.

.../...

Par rapport aux résultats de 1958, on remarque que les taux d'argile de la Cotha sont inférieurs d'environ la moitié, tandis que ceux des limons et sables augmentent. Les analyses au BA-ILLI avaient été faites sans destruction de la matière organique par l'eau oxygénée (difficultés de conservation). Une ébullition assez poussée était censée détruire les agrégats. Des analyses analogues avaient montré également qu'il n'est pas possible d'obtenir des résultats constants, et correspondant à la méthode internationale.

On peut penser que, vu le taux élevé de matière organique et celui d'argile (connu par les analyses de 1958 avec destruction de la matière organique) la solidité des agrégats est extrêmement grande. En effet, la matière organique joue le rôle d'un lien puissant. De plus, la dessiccation de l'argile la transforme en un schiste, en quelque sorte, qui après réhumidification reprend très difficilement son état initial. D'ailleurs, les préparations d'échantillons en ce qui concerne le tamisage à 2 m/m, et d'autant plus les préparations pour analyses de K et Is, sont très difficiles quand la terre est sèche.

L'on peut donc penser ^u que les analyses Cotha correspondent à une méthode sans destruction de la matière organique. Dans ce cas, il reste dans les catégories sables et limons des agrégats non détruits qui viennent fausser les résultats.

Voici une observation analytique intéressante : En 1957, nous avons prélevé au fond du lac à BOL en face du débarcadère ORSTOM, au milieu de l'ouadi, sur 1 m d'épaisseur une vase molle dont une partie a été conservée humide dans un bocal étanche, et une autre séchée à l'air. Nous avons fait au laboratoire l'analyse mécanique sans destruction de la matière organique, avec une faible ébullition sur les deux échantillons. Puis l'échantillon desséché a été retrempé dans l'eau pendant une douzaine de jours, puis agité 6 heures, et légèrement écrasé avec un agitateur.

.../....

Voici les résultats obtenus :

Traitement	Argile %	Limon %	Sable fin %	Sable grossier %	TOTAL
Echantillon prélevé humide	69	10,7	8	1	98
Echantillon desséché	28	17,7	18	24	96,7
Echantillon desséché réhumidifié - agité	62	13	10,8	1	95,9

On arrive donc à retrouver à peu près l'état initial après une réhumidification prolongée. La première ligne ne donne pas les valeurs vraies car il faut retrancher la matière organique. Nous avons fait la correction d'humidité sur l'échantillon humide pour le rendre comparable à la terre desséchée.

Cependant, du point de vue agronomique, il est probable que la plante se comporte dans ce sol comme s'il n'avait que 20 ou 30% d'argile. Les analyses physiques de perméabilité montrent que l'écoulement de l'eau est aussi rapide ou l'est davantage que dans un sol sableux à sables grossiers. Par contre, les valeurs des bases échangeables extraites de la manière habituelle, ont une meilleure signification du point de vue de l'utilisation par la plante. Il faudrait donc mettre au point une méthode d'analyse mécanique qui tienne compte des réalités pédologiques et agronomiques.

CARBONATES.-

L'analyse des carbonates utilise la méthode du calcimètre BERNARD. En général, les échantillons ne sont pas carbonatés (L'absence de chiffre dans le tableau des résultats indique qu'il n'y a pas de carbonates dans l'échantillon), sauf quelques-uns qui contiennent de 3 à 10 % de carbonates exprimés en $CO_3 Ca$; et 20 % pour les N^{os} 302 - 342; 50% pour le N^o 462. Il s'agit dans la majorité des cas d'horizons de profondeur. Cependant, la présence de carbonates dans les échantillons n'augmente pas le taux des cations échangeables et solubles.

MATIERE ORGANIQUE.-

a)- Accumulation et destruction.-

Les taux de matière organique sont en règle générale très élevés. Ils n'ont aucune comparaison avec ceux de surface en d'autres points du Tchad. Voici quelques chiffres de référence dans les alluvions de la vallée du LOGONE à BONGOR :

- sable de butte 0,5 %
- argile à nodules calcaires 1 %
- argiles récentes 2 %
- limon 2 - 5 %

Dans les polders, la matière organique que l'on observe correspond, en chaque point, à un stade de l'évolution.

Au cours de la période de dépôt de l'argile dans le lac, une certaine quantité de matière organique liée à l'argile a été apportée avec elle. Puis se déposent également du plancton et de la matière végétale en suspension dans l'eau; et surtout les flots de papyrus qui sombrent périodiquement, produisent une accumulation variable en chaque point et à chaque niveau. On peut donc s'attendre à trouver une certaine hétérogénéité dans le sens vertical et dans le sens horizontal.

Nous avons quelques exemples qui nous permettent de chiffrer les teneurs en surface juste avant l'assèchement des polders. Cela correspond aux échantillons que nous avons prélevés dans la vase molle du fond du lac aux environs de BOL en 1957, soit environ 10%. De même pour les échantillons N^{os} 29 et 28 prélevés en 1958 dans BOL, de 0 à 20 cm dans l'argile ou vase molle au milieu des roseaux, avant leur décomposition : 13 et 13,3 %. (carte N^o 6). De même pour un échantillon 1956, en surface à 460 m à l'Est du jardin administratif de BOL dans la vase molle : 9 %. Par contre, le N^o 51 en 1958 correspond à une terre qui vient à peine de s'assécher et où ne s'est encore développée aucune végétation : 18 %. Ce chiffre est plus élevé.

On peut donc admettre, en gros, un taux de 10 à 13 % au moment de l'exondaison et jusqu'au moment du défrichement dans la vase molle de surface.

.../...

Au moment où les eaux se retirent, une grande quantité de matière végétale se développe : Papyrus, joncs, Phragmites, que les cultivateurs défrichent au bout d'un certain temps. Ils coupent les tiges, très peu profond, en arrachent une partie et y mettent le feu après séchage. Les cendres sont plus ou moins éparpillées sur le sol par les agriculteurs et par les vents. Le prélèvement N° 5 en surface (1956) dans le polder de BOL, près du jardin administratif, contient 2,4 % de matière organique dans les cendres.

Mais les racines et les rhizomes ne sont pas enlevés : c'est une masse spongieuse qui commence à se décomposer. Elle forme une couche irrégulière de 40-50 cm d'épaisseur mélangée aux 10 cm supérieurs du sol. La décomposition se poursuit en même temps qu'un nouveau développement végétatif de joncs, Phragmites se produit, suivi d'un deuxième défrichement avant culture. Un prélèvement dans cette masse tourbeuse en décomposition mélangée avec de la terre (N° 4 en surface, BOL), s'élève à 50 % de matière organique.

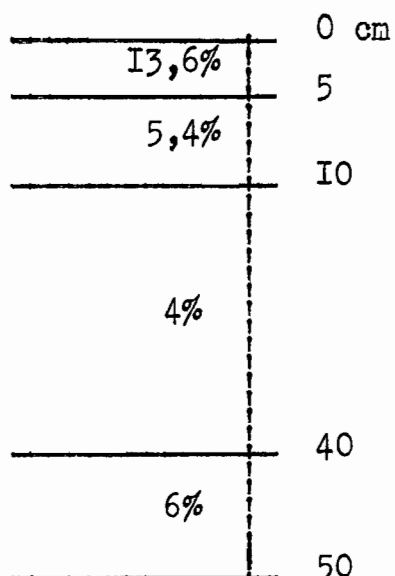
Au moment des premières années de culture, la quantité de matière organique est encore très forte, environ 20 % dans le polder de BOL pour les prélèvements 1958, effectués sur la ceinture du polder.

Finalement, en 1958 on tombe à 12 % dans les parties de BOLGUINI les plus anciennement exondées, et environ 4 % à la limite de la dune.

b) Répartition en 1955.-

Sur la ligne des poteaux 44 à 51, (BOLGUINI) les prélèvements en surface et en profondeur n'ont pas toujours été faits au même niveau afin d'essayer de donner, en même temps, une idée de la répartition dans le sens vertical. En supposant que la proportion de matière organique est la même à chaque profondeur d'un bout à l'autre de la section, voici quelle serait sa répartition dans le sol.

.../....



On peut donc enregistrer l'existence d'un minimum entre 10 et 40 cm.

Ce minimum se retrouve dans d'autres profils, mais pas toujours à la même profondeur et de la même épaisseur. En fait, il est difficile de le situer car il aurait fallu découper les profils en tranches de 5 ou 10 cm. Cette répartition en profondeur pourra être étudiée par la suite d'une manière plus précise.

Sur la ligne des poteaux 61 à 69 bis, on note une diminution sur les bords, à proximité de la dune, correspondant à la partie la plus haute du polder.

Poteaux...	63	69	69 bis
0-20 cm	9,7	10	6,7
	C e n t r e		Bordure

c) Répartition en 1956.-

Dans la parcelle du Service de l'Agriculture, entre les poteaux 24 et 29 et les poteaux 19 à 23 bis, signalons une grande hétérogénéité en surface et en profondeur.

- Sur la ligne des poteaux 45 à 51 et à 40-50 cm de profondeur, le taux de matière organique est sensiblement constant dans la section transversale (de l'ordre de 7%) sauf sur les bords où les effets de colluvionnement de sable se sont fait sentir.

- Sur la ligne des poteaux 61 à 69 bis, en se référant au graphique du profil, on peut noter une relation

.../....

entre les valeurs élevées de la matière organique dans les parties basses, et inversement :

N ^o s poteaux	62	63	64	65	66	67	68	69	69 bis
(0-20 cm)	5,7	8,5	16,0	5	5,2	9,5	11,4	5	6

d) Répartition en 1958.-

Les prélèvements ont été faits à des profondeurs constantes 0-15 cm et 40 - 50 cm.

Dans BOLGUINI, au centre des parcelles I3 à I7 (N^os I à 5) la teneur en surface varie assez peu (I0 - I2 - 9,2 - I4 - I2,4); le N^o I (I0 %) est relativement faible car il se trouve près du bord; le N^o 3 (9%) est un peu faible; en profondeur, la teneur est moins élevée et la répartition plus hétérogène.

Sur la ligne des poteaux 30 à 35, le taux en surface est pratiquement constant : I2 %.

/ 4,3 / - I2 - I2,5 - I3 - I2 - I2 - I2,6

le N^o 6 (4,3) est près de la dune et mélangé à du sable de colluvionnement. En profondeur, teneur moins élevée et hétérogénéité plus grande.

Voici la répartition de surface sur la ligne 44 à 5I :

Poteaux ..	44	45	46	47	48	49	50	5I
MO %	4	I2	I2,3	II,4	7,4	9	I2,4	8,2

4 et 8,2 % correspondent aux bordures; 7,4 et 9 % à des points relativement plus hauts.

En profondeur, meilleure homogénéité (sauf poteau 45)

Poteaux ...	45	46	47	48	49	50	5I
MO %	2	7,4	8,I	6,8	9	6	7

A BOL, au jardin administratif sur la ligne Ouest-Est, voici la répartition :

Année	profondeur	pied de dune	100m	200m	300m	325m	400m	460m
1958	0 - 20 cm	9	10	16,4	12,6		11,2	14
	40 - 50 cm	5	6,7	9,2	23,5		12,4	
1956	0 - 30 cm					49,5		
	30 - 50 cm					15		
	0 - 20 cm							9 (vase)

En résumé, en 1958 dans BOLGUINI la répartition de la matière organique est sensiblement homogène en surface, 12 % avec une teneur plus faible au bord des dunes. En profondeur elle est plus hétérogène et à un taux moins élevé : 7 %.

Dans BOL, au jardin administratif, la teneur en surface est presque la même que dans BOLGUINI. Par ailleurs, dans BOL, en ceinture autour du polder, elle est de 20% environ.

c) Evolution.-

Sur la ligne des poteaux 44 à 51, nous avons des prélèvements qui portent sur 3 ans (1955, 1956 et 1958). Malheureusement, ils ne sont pas toujours à la même profondeur et lorsqu'ils le sont il peut toujours y avoir une erreur, due au mode de prélèvement. Il ne faut donc pas attacher une signification trop rigoureuse aux chiffres.

.../....

Voici le tableau de comparaison entre 1956 et 1958 :

N ^o s poteaux....		45	46	47	48	49	50	51
1956	0-15 cm	2,4	8,2	6,4	6,2	8	6	9,7
	40-50 cm	2,7	7,3	8	6	7	7	8,7
1958	0-20 cm	12	12,3	11,4	7,4	9	12,4	8,2
	40-50 cm	2	7,4	8,1	6,8	9	6	7,1
1955	40-50 cm						6,4	6

Le taux de matière organique ne varie pratiquement pas en profondeur en 2 ans (ou 3 ans) et reste de l'ordre de 7%.

En surface, probablement pas, de variation mais on ne peut pas tirer de conclusion nette car, à certains poteaux le taux de matière organique est plus fort en 1958 qu'en 1956.

Sur la ligne des poteaux 61 - 69 bis, en comparant les points où les prélèvements ont été faits à 0-20 cm, on peut noter une évolution faible de 55 à 56 avec une baisse du taux de matière organique :

N ^o s poteaux ..	63	69	69 bis
1955	9,7	10	6,7
1956	8,5	4,9	6

Dans le jardin administratif à BOL, l'évolution entre 1956 et 1958 est également peu importante.

D'une manière générale, l'évolution de la matière organique en surface se passe de la manière suivante :

dans le lac, jusqu'au moment de l'exondaison, il y a accumulation atteignant un taux de 10%. Puis les diverses

.../....

formations végétales élèvent cette valeur à un moment donné jusqu'à 50 %. Après mise en culture et défrichage, au bout d'un an, elle descend à 20%, (ceinture de BOL, excepté jardin administratif), pour s'arrêter un an après aux environs de 12 - 13% (BOLGUINI, jardin administratif de BOL). Cette valeur se maintient encore quatre ans après.

EVOLUTION DU RAPPORT C/N ET DE L'AZOTE.-

L'évolution du C/N dans BOLGUINI entre 1956 et 1958 sur la ligne des poteaux 45 à 51 est pratiquement nulle en surface et en profondeur.

N° s	Poteaux	45	46	47	48	49	50	51
Année	Profondeur							
1956	0 - 15 cm	10,8	12,3	11	10	12	10	10
	40 - 50 cm	8,9	12,4	13	11	11	11	12
1958	0 - 20 cm	12,5	12	11,3	11,3	12	14	10,6
	40 - 50 cm	10	10,3	13,8	11	13	11,5	11,5

Par contre, on observe une augmentation du rapport C/N entre 1955 et 1956 aux poteaux 48 et 49 à 0 - 20 cm.

N°s	Poteaux	48	49
Année	1955	5,7	7,8
Année	1956	10	12

Ce qui correspond par la même occasion à une baisse du taux d'azote.

Il en est de même aux poteaux 63 et 66 de 0 à 20 cm environ.

N°s	Poteaux ...	63	66
Année	1955	8	6,6
Année	1956	11	10

N.B.- Les valeurs faibles de C/N en 1955 correspondent également à des valeurs de matières organiques plus faibles que la normale.

D'une manière générale, le rapport C/N évolue comme le taux de matière organique. Dans les eaux du lac, il est de 10, pour 0,6 % d'azote et 10 % de matière organique. Dans les terres nouvellement exondées, au bout de un an de culture où le taux de matière organique est de 20 %, il s'élève à 14 - 15, avec 0,8 % d'azote. Comme le pH reste largement supérieur à la neutralité, il s'agit bien d'une matière organique brute, non décomposée. Au bout de six ans de culture, en 1958, il est tombé à 11 - 12 pour un taux de matière organique de 12 à 13%, avec 0,6 % d'azote. Etant donnée la richesse globale de ce sol, il n'y a pas lieu de craindre une évolution défavorable de cette matière organique.

ANALYSE CHIMIQUE (1958).

pH

Le pH à l'eau distillée est de l'ordre de 7 à 8

On peut noter un pH de 5 correspondant à 20% de matières organiques. Les valeurs plus fortes ne correspondent pas obligatoirement à un taux de sels solubles plus élevé. Le pH d'une manière générale, est satisfaisant et il n'a pas varié depuis 1955.

Phosphore

Les teneurs en $P_2 O_5$ total de l'ordre de 2 à 3 %, sont nettement plus élevées que la valeur admise comme correcte, de l'ordre de 1 %.

Bases totales

La somme des bases totales est de l'ordre de 50 à 60 milli - équivalents/100 gr. Le taux de calcium est élevé : 20 à 30 méq/100 g; il peut atteindre 60.

Le magnésium..... 10 à 20 méq.

Le potassium 5 à 10 méq.

Le sodium est plus variable 5 méq.
(avec des taux maxima de 40 méq.)

.../....

Bases échangeables

Elles ont été extraites avec une solution normale d'acétate d'ammonium après lessivage des sels solubles par 500 cc d'eau chaude. Cette méthode est nécessaire sinon l'extraction représente la somme : bases échangeables + sels solubles. En 1955, les bases échangeables ont été extraites sans lavage préliminaire des sels solubles. Elles sont en général, plus élevées que celles de 1958, sans qu'on ne puisse rien dire sur leur évolution.

- Les teneurs en Ca^{++} sont élevées, de l'ordre de 35 milliéquivalents en surface et 20 en profondeur. Ces différences entre la surface et la profondeur, proviennent du fait que le calcium migre vers le haut, par remontée, comme le sodium. Dans la plaine d'inondation du LOGONE les taux de Ca^{++} sont nettement moins importants : 15 à 20 méq. dans les argiles à nodules calcaires (50 % d'argile), et 10 - 12 méq dans les argiles récentes (60 % d'argile).

- Le magnésium dans les sols précédents est de l'ordre de 6 à 7 méq. Dans les polders, il est plus élevé en surface qu'en profondeur. Dans les parties les plus récemment exondées, le taux est plus élevé : 5 à 9 méq; dans ce cas le rapport Ca/Mg est compris entre les valeurs courantes : 3 à 7 méq. Dans le polder de BOLGUINI dans la corne Nord, les taux de Mg sont plus faibles : 3 méq, ce qui entraîne un déséquilibre dans le rapport, Ca/Mg, devenu alors trop élevé.

- Le taux de potassium est très suffisamment élevé. On peut admettre que 0,5 méq, est une bonne moyenne pour les sols du TCHAD. Le potassium ne migre pas; on en trouve plus en surface qu'en profondeur car il s'accumule en grandes quantités sur le sol dans les cendres après brûlage des herbes : 1 à 3 méq.

- Le taux de sodium est relativement faible par rapport aux autres cations. 0,3 - 0,4 méq. Il est plus élevé sur la ligne des poteaux 497 à 502, correspondant à des sols plus salés.

- Quand le rapport Na/Ca % des bases échangeables dépasse 15 on commence à avoir affaire à des sols à alcalis. Dans le cas de nos prélèvements, on se trouve bien loin de cette limite, car le rapport varie de 1 à 3.

La différence entre les bases totales et les bases échangeables représente les réserves du sol. Dans les sols

Ca éch.

métropolitains le rapport $\frac{\text{Ca éch.}}{\text{Ca total}}$ est de l'ordre de 25 - 30%. Dans les sols des polders, ce rapport est très élevé; cependant, il peut tomber en certains points à 50 % environ.

- Le potassium se présente surtout à l'état de réserve.

- Le rapport pour le sodium est extrêmement faible. Mais en réalité, le sodium se trouve surtout à l'état soluble.

Sels solubles

Voici un tableau qui montre l'importance du taux de sodium dans les sels solubles extraits avec 500 cc d'eau chaude avant les bases échangeables et montre une augmentation du rapport :

$\frac{\text{Na Ech.} + \text{Na Soluble}}{\text{Na Total}}$ d'où la faible importance des réserves.

Situation	Profondeur	Na TOTAL	Na échangeable	Na Soluble
Centre parcelle N°13	0 - 10 cm	5,6	0,3	3,4
	40 - 50 cm	2	0,3	1
poteau 3I	0 - 15 cm	6,4	0,25	4,7
	40 - 50 cm	1,2	0,25	0,4

Les taux de sodium soluble extrait avec 500 cc d'eau chaude, sont de l'ordre de 4 à 10 fois ceux du sodium échangeable (cf. tableau en annexe)

Pour le potassium, il y en a pratiquement autant dans les deux cas.

Pour le magnésium, le taux du magnésium soluble est de 1/3 du magnésium échangeable.

.../....

Dans le calcium, la fraction soluble est toujours très largement inférieure à la fraction échangeable.

La somme des sels solubles extraits par pâtes de sols exprimée en méq/100g correspond sensiblement au chiffre de la conductivité en millimhos/cm.

La somme des cations, extraits par la méthode des pâtes de sol, est inférieure à la somme des cations extraits par lavage de la terre à 500 cc d'eau chaude (environ la moitié).

Cathions	Soluble à l'eau chaude soluble de pâtes de sol
Ca ++	2,4
Mg ++	2
K +	5
Na +	1,7

Plus le sol est salé, plus le sodium prédomine par rapport au calcium (et aussi par rapport aux autres cations). Ce rapport atteint son maximum dans la cristallisation des sels. Voici un tableau montrant la composition du natron (blanc ou noir) extrait du rapport C.L.T. PIAS et GUICHARD 1957 sur le lac :

		méq/100g	%
Cathions	Ca ++	6	0,12
	Mg ++	12,5	0,15
	K +	7,7	0,3
	Na +	<u>1304,3</u>	30
			30,57
Anions	Cl -	120	4,2
	CO ₃ ⁻⁻⁻ + CO ₃ H ⁻	<u>1252</u>	<u>37,8</u>
	NO ₃ ⁻ ; SO ₄ ⁻⁻⁻	traces	42,0
Résidu			1,3
Eau de constitution et hydratation			25

Dans les dosages de sels solubles, les anions qui prédominent sont les sulfates et les bicarbonates, tandis qu'il n'y a que très peu (presque des traces) de carbonates et de chlorures.

Manganèse

Voici un tableau des taux de manganèse total (oligo-élément) en 1958 - en parties par millions :

N ^{os}	ppm.
II	168
7I	448
I52	275
2I2	210
25I	414
362	663
402	246
46I	239
52I	255

Il faut penser qu'il n'y a aucun risque à craindre du côté de cet élément :

- ni carence, car les chiffres sont assez élevés
- ni toxicité, car nous sommes loin des cotes d'alarme, et de plus le pH élevé et la présence fréquente de carbonates sont des facteurs favorables de défense contre un excès.

STABILITE STRUCTURALE

La méthode d'analyse de la stabilité structurale utilisée a été mise au point par HENIN, COMBEAU et MONNIER.

Elle comporte la détermination de I_s et de K.

INDICE D'INSTABILITE STRUCTURALE I_s

Les agrégats sont des édifices de taille très variable selon les types de sol. Ils sont constitués par l'assemblage d'éléments inertes (sables et limons) reliés entre eux par des éléments fins colloïdaux (argile, matière organique, hydroxydes de fer et d'alumine).

Quand un échantillon de terre est placé dans l'eau, le liquide en pénétrant dans les canalicules tend à comprimer l'air qui s'y trouve et à provoquer la rupture des agrégats. D'autre part, une pré-imbibition par l'alcool donne aux agrégats une stabilité plus grande vis-à-vis d'une action ultérieure de l'eau.

Par contre, une imbibition d'une terre pauvre en matière organique par un liquide non polaire et non miscible à l'eau, d'un pouvoir mouillant supérieur, conduit à une plus grande destruction des agrégats.

On détermine donc le taux d'agrégats stables à l'eau compris entre 0,2 et 2 m/m :

- sans pré-traitement (témoin)
- après pré-traitement à l'alcool, qui protège la structure
- après pré-traitement au benzène, qui détruit la structure (sauf pour les terres riches en matière organique).

Le pourcentage d'agrégats stables est la moyenne arithmétique des trois chiffres obtenus.

La taille des particules étudiées est très importante, car elle influe sur les conditions d'humectation. On utilise donc la terre séchée à l'air, passée au tamis de 2 mm à mailles carrées. Il est nécessaire de faire des prélèvements soigneusement échantillonnés.

.../....

Le second facteur de I_S est l'aptitude de la terre à se disperser. On détermine la fraction Argile + limon dans les trois cas. On ne retient que le cas de la dispersion maximum qui correspond le plus souvent au pré-traitement avec le benzène.

On retire des agrégats stables la plus grande partie des sables grossiers.

L'indice I_S est égal :

(Argile + limon) maximum

Moyenne des agrégats grossiers - 0,9 Sable grossier

Plus I_S est faible, plus le sol est stable.

TEST DE PERMEABILITE K.-

C'est l'étude du coefficient K de la loi de DARCY dans des conditions bien déterminées.

L'échantillon préparé de la manière précédente, est introduit dans un tube de section S (cm²). On y fait couler de l'eau après équilibre de 10 minutes sous une charge constante de H (cm). La colonne de terre a une hauteur expérimentale de L (cm). Au bout d'une heure il est passé une quantité d'eau Q (cm³) telle que :

$$K = QL/HS \text{ (cm/heure) = pente motrice ou test de perméabilité.}$$

On choisit des tubes à collerette de 16 cm de hauteur et de 3,2 cm de diamètre intérieur et on prend H = 14,5 cm. Le fond est fermé avec une toile et contient 2 cm de hauteur de graviers.

La terre est introduite en cinq fractions et tombe à chaque fois dans une hauteur d'eau au fond du tube de 2 cm; pour cela on place le tube dans un "becher" contenant de l'eau dont on fait varier le niveau au fur et à mesure du remplissage. L'habileté de l'opérateur consiste à éviter la formation d'anneaux plus riches en éléments fins et plus imperméables qui faussent l'allure du phénomène.

REPRESENTATION DES RESULTATS.-

L'étude sur les sols de France et des pays tropicaux a montré une corrélation entre K et I_S .

Si l'on trace la droite de log IO k en fonction de

.../....

$\log IO I_s$ d'équation.

$3 \log IO K + 2,5 \log IO I_s - 7,5 = 0$, il est possible de ranger les sols par catégories suivant leur position sur le graphique en les délimitant par des droites de pente inverse. La droite représente la moyenne des terres. Les analyses ont montré que l'on pouvait trouver les mêmes propriétés physiques pour des sols argileux et sableux. La granulométrie ne suffit donc pas à rendre compte des qualités physiques des sols.

ANALYSE DES RESULTATS DES SOLS DES POLDERS.-

D'une manière générale, les sols des polders se situent au-dessous de la droite avec un I_s faible et un K relativement élevé.

Le pourcentage des agrégats est sensiblement le même pour les trois traitements; l'action du benzène n'a que peu d'effet sur la baisse du taux d'agrégats. Ce qui correspond aux terres contenant beaucoup de matière organique, celle-ci renforçant la stabilité de l'édifice. La moyenne des agrégats est élevée : de 54 à 80 % avec un pourcentage 0,9 x sable grossier de 2 à 7 % avec quelques valeurs plus élevées (I4 à I7) et la dispersion faible ($A + E$ de 6 à 13 %) d'où l'on obtient un I_s faible. Ces sols ont une bonne stabilité structurale.

Le coefficient K correspondant n'est, cependant pas assez élevé pour amener les points sur la droite, c'est-à-dire dans la moyenne des sols (graphique N° II) On peut penser que la perméabilité est influencée par la quantité de bases échangeables ou de sols solubles, et que les mêmes sols désaturés auraient une perméabilité plus élevée.

Sur le graphique N° I2, nous avons rangé séparément les horizons de surface et de profondeur, et l'on étudie le taux d'agrégats avec pré-traitement au benzène sans retrancher les sables grossiers en fonction de la quantité de matière organique. D'une manière générale, les points des horizons de profondeur se situent sur une courbe qui a l'allure d'une droite telle que le taux d'agrégats est proportionnel au taux de matière organique. Pour les horizons de surface, il y a une hétérogénéité plus grande, avec quelques échantillons, nettement éloignés de la droite. D'autre part, la pente de la droite est moins grande.

La position générale des points sur le graphique N° II signifie qu'ils ont une stabilité structurale plus grande que

la moyenne des sols mais une perméabilité plus faible. Pour le montrer d'un point considéré on abaisse la perpendiculaire à la droite : le point de rencontre correspond à un des points de la moyenne des sols : celui-ci a un I_s plus élevé (c'est-à-dire une stabilité plus faible) et aussi un K plus élevé.

Nous avons essayé d'étudier les relations existant entre la surface et la profondeur et les relations entre deux horizons ou deux profils. Nous n'avons pas pu trouver de relations de K en fonction du rapport Na/Ca % des bases échangeables et du taux de sels solubles. Non plus de K en fonction de la conductivité, de même si l'on fait intervenir la matière organique.

Cependant, il semblerait que les points les plus anciennement exondés seraient tels que l'horizon de surface ait une structure qui se rapproche davantage de la moyenne, d'où une perméabilité plus grande que celle de l'horizon de profondeur (au-dessus de la cote 278,6). Ils correspondent à la périphérie des polders. Les autres (N^{os} 1,17,19,39) sont plus proches de la zone marécageuse, et se comportent d'une manière inverse.

Cette méthode nous permet donc de situer les sols des polders par rapport aux autres types de sols. Mais nous n'arrivons pas, pour l'instant, à établir des groupes suffisamment repérables par des notions déjà connues (sels solubles, bases échangeables, granulométrie, matière organique, pH).

ANALYSES PHYSIQUES

ANALYSES DIVERSES.-

Le poids spécifique réel du sol a été mesuré par la méthode du picnomètre :

N° 62	2,46
N° 34I	2,37

Il est relativement plus faible que dans d'autres types de sol : par suite de la présence de 12 % environ de matière organique (de densité : 1,5). On obtient 2,6 pour des sables de dunes ou de buttes, 2,7 pour des argiles à nodules calcaires ou des argiles à 70 %, 2,6 pour des limons.

Le poids spécifique réel obtenu par la méthode de KEEN-RACKOWSKI (cf. BRUNEL T. II page 310) est inférieur au précédent. Voici quelques exemples :

N° 7I	2
N° 72	2,12
N° 232	2,32
N° 46I	2,1

La méthode KEEN-RACKOWSKI permet de mesurer le poids spécifique réel, le poids spécifique apparent, l'augmentation de volume, la porosité, l'humidité du sol saturé d'eau en % du sol séché à l'étude.

On utilise un cylindre de laiton de 5 cm de diamètre et de 2 cm de haut environ, avec une toile métallique à ouverture de mailles de 0,02 m/m environ, placée à 1,6 cm de la partie supérieure. Le cylindre est percé de trous à sa partie inférieure. On remplit le haut de terre passée au tamis à ouverture de maille de 0,1 m/m. On tasse légèrement et d'une manière constante; on nivelle exactement la terre, sur le bord supérieur; on place la boîte dans un "becher" contenant de l'eau, de sorte qu'elle pénètre dans la terre par les trous. On laisse imbiber une nuit; ensuite, on découpe au rasoir la terre qui dépasse des bords.

.../....

Après les pesées nécessaires on obtient les résultats suivants :

N°	Poids spécifique apparent	Augmentation de volume de 100 cc de sol. %	Porosité en % de terre	Humidité du sol saturé en % de sol séché à 105°	
71	0,65	28	70	120	
72	1	32,6	61	87	
232	0,8	27	72	120	
461	1	50	65	130	
462	0,6	fentes et diminution de volume ?			
71	0,65	55	60	160	Après imbibition de cinq jours.

Le poids spécifique apparent tient compte de l'air enfermé dans la terre; l'influence du tassement n'est donc pas négligeable.

La porosité est le volume des vides exprimé en % du volume total de la terre. On remarque que cette valeur est élevée. DEMOLON cite le chiffre de 80% pour de la tourbe.

La micro-porosité est la fraction des vides capable de retenir l'eau après ressuyage sous vide; cette fraction des vides est remplie par l'eau, lors de la mesure de la capacité de rétention.

La macroporosité correspond au volume d'eau qui s'est écoulé après ressuyage sous vide.

La porosité est plus importante que dans les sols de la région d'ERE où elle se situe entre 50 et 60 %. Ces chiffres de porosité ainsi que les connaissances sur la stabilité des agrégats montrent la relation avec la vitesse de filtration. Au laboratoire, K est très élevé. Sur le terrain, les mesures

.../....

faites par J. PIAS et J. BARBERY (1959) par la méthode MUNTZ montrent la très grande vitesse d'infiltration, analogue à celle des sables grossiers.

L'augmentation de volume, représente la dilatation de l'argile et de la matière organique due au gonflement par l'eau. Plus leur taux est élevé, plus de gonflement est important. On s'aperçoit que le gonflement varie avec le temps et que l'on peut atteindre une augmentation de 50 %. Cette variation de volume sous l'action de l'eau explique le phénomène des fentes de retrait et des effondrements qui caractérisent les argiles à nodules calcaires et des fentes de retrait des argiles noires tropicales (difficulté d'application de la méthode de MUNTZ).

L'humidité du sol saturé en % de sol séché à 105° est de l'ordre de 120 et peut atteindre 160.

Cette notion est intéressante dans l'étude de la germination en terres salées.

CAPACITE DE RETENTION.-

On laisse imbiber la terre dans l'eau pendant 24 heures. Pour les sols des polders, il serait bon, par la suite, de remesurer cette valeur après une imbibition de plusieurs jours. (Difficulté de réhumectation). Puis on centrifuge à 6.000 t/mm (centrifugeuse JOUAN, centrifugation horizontale) pendant une heure. L'eau qui reste dans la terre correspond sensiblement à la capacité de rétention.

Voici les valeurs obtenues dans les cas de terre : tamisées à 2 m/m; puis avec des mêmes terres dessalées (le dessalement a été obtenu par lessivage avec 1 litre d'eau à 70°).

N °	Terres salées		Terres dessalées	
	Conductivité	Capacité de rétention par centrifugation	Capacité de rétention par ressuyage	Conductivité
72	1,5	26		
40I	4,5	34	41	0,28
7I	11,2	43	67	0,22
8I	13,6	45	51	0,22
10I	15,6	41,5	48	0,21
30I	23,2	41,5	52	
3II	25,3	48,5	43	0,35

Nous avons noté également les valeurs de la capacité de rétention par ressuyage, en posant la terre imbibée sur un sol humide en place et en laissant évoluer pendant 24 heures, en éliminant l'action de l'évaporation (couvrir l'échantillon par une boîte à tare).

La capacité de rétention augmente avec la conductivité (des pâtes de sol). La capacité de rétention par ressuyage est supérieure à la précédente. Le dessalement sem le avoir une influence sur la capacité de rétention. Nous utiliserons ces données pour l'étude du point de flétrissement.

POINT DE FLETRISSEMENT.-

Le point de flétrissement est égal à la quantité d'eau contenue dans la terre, juste nécessaire au démarrage de la germination.

Des analyses ont porté sur quelques échantillons dans l'ordre des conductivités croissantes. Nous avons employé un blé et un maïs dont la faculté germinative était de 91 % pour le blé et 98 % pour le maïs. On sait que le point de flétrissement est indépendant de la nature des graines. La méthode employée est la suivante : on pèse 10 g de terre séchée à l'air on ajoute un certain volume d'eau. On homogénéise. On sème 10 grains de blé en tassant légèrement pour obtenir un bon contact entre la terre et la graine. Le 3ème ou le 4ème jour on compte le nombre de graines qui ont commencé à germer. Par approximations successives, on approche de la valeur exacte. On ajoute l'humidité de la terre séchée à l'air. Point de flétrissement = humidité totale en % de terre séchée à 105°.

Voici quelques valeurs de comparaison obtenues dans la zone d'ERE :

- terres sableuses 4%
- limons 13%
- Argiles à nodules calcaires ... 15 à 17 %

L'erreur sur les terres sableuses est de l'ordre de 1%. Pour les terres argilo-humiques de 5 % environ.

.../....

Voici le tableau des résultats pour terres salées et dessalées :

N ^{os} échantillons	Conductivité de terre salée	Point de flétris- sement de terres salées	Point de flétris- sement de terre dessalée
72	1,5	25,0	31
40I	4,5	27	27
7I	11,2	37	
8I	13,6	40	29
10I	15,6	40	29
30I	23,2	47	
3II	25,3	58	30

Le point de flétrissement est donc directement en rapport avec la salinité des terres à partir d'un certain taux de sels. Les terres de BOL à 60 % d'argile et 10 % de matière organique, si elles n'étaient pas salées auraient un point de flétrissement constant de 30 % environ.

Le point de flétrissement augmente avec le taux de sels pour atteindre 50 à 60 %, à la conductivité de 25.

Aux valeurs de point de flétrissement indiquées, le pourcentage de démarrage de germination est de l'ordre de 90 à 100 %.

LIMITE SUPERIEURE DE PLASTICITE ET GERMINATION.-

On se place à la limite supérieure de plasticité d'ATTERBERG qui correspond sensiblement à la quantité d'eau nécessaire, pour faire les pâtes de sol. Si l'on extrayait l'eau correspondante, on obtiendrait la valeur de conductivité dont nous avons parlé plus haut. Dans ces conditions, la quantité de sels solubles contenus dans les solutions du sol correspond réellement aux conductivités précédentes.

.../....

Voici l'évolution de la croissance pour 10 grans de blé en fonction du temps.

N ^{os}	eau %	Conduc- tivité	au 4e jour	au 6e jour	au 8e jour	au 16e jour
72	61	1,5		8 pousses 8cm		
40I	77	4,5		7 pousses 8cm		
7I	77	11,2	3 pousses démarrrent	8 pousses 8cm	10 pousses de 10 à 13 cm	10 pousses de 16 cm
8I	81	13,6	1 pousses 1cm	9 pousses 4cm		
10I	80	15,6	5 pousses "	10 pousses 6cm		
30I	84	23,2		2 pousses 2,5	(4 pousses 5cm (4 pousses 2cm)4 pousses 5 cm	(10 pousses de 12 cm
3II	83	25,3		2 pousses 0,5	(5 pousses 4cm	

En définitive, au bout de 15 jours les deux derniers numéros ont un retard de hauteur, égal aux 3/4 des autres numéros.

Le maïs a une sensibilité plus grande : au bout du 10e jour, les N^{os} 72,40I,7I,8I,10I ont 5 pousses sur 5 (de 12 cm de longueur); tandis que les N^{os} 30I et 3II n'ont que 3 pousses sur 5 (de 7 cm de longueur). En plus du retard, à la croissance, il y a une baisse de rendement.

Nous ne pouvons rien dire, quant au rendement final et à la qualité de la récolte. Mais ces essais nous permettent d'affirmer que les débuts de croissance dans les terres relativement salées dépendent de la quantité d'eau que l'on peut fournir au sol.

Les résultats précédents montrent qu'à partir du N^o 30I, c'est-à-dire au-dessus d'une conductivité de 15, la capacité de rétention (compte non tenu de l'évaporation) devient inférieure au point de flétrissement. Dans ces terres salées, on peut réussir à faire pousser le blé en augmentant les doses d'irrigation.

.../....

Au champ, la période difficile est la germination car la graine est près de la surface où l'évaporation est intense.

Les observations de Monsieur BARBERY, en Mars 1959, ont montré que les racines de blé suivaient la frange capillaire dans sa variation verticale. On trouve en Mars, des racines de blé à 60 cm de profondeur. A mesure que les racines s'enfoncent, elles font baisser le niveau supérieur de la frange capillaire.

Si l'on voulait cultiver des terres salées, on pourrait donc augmenter le nombre d'irrigations pendant une période d'environ 15 jours après quoi, les racines pénètrent dans des horizons plus humides où l'évaporation se fait moins sentir.

Rapellons également que le début de la période végétative du blé se situe pendant la saison fraîche où l'évaporation est la moitié de la valeur moyenne; que les nappes dans les puits sont assez élevées, donc la frange capillaire proche de la surface; que le maïs planté en zone basse bénéficie d'une quantité d'eau suffisante pour une conductivité d'au moins 15; que le maïs semble cependant, difficilement cultivable en terres hautes par irrigation à 25 de conductivité.

Les expériences précédentes nous permettent de penser que l'on pourrait cultiver du blé dans des sols plus salés, qu'il ne l'avait été admis d'après les résultats américains.

Mais, notons que si l'on augmente le nombre d'irrigations dans des terres déjà salées, on accélère le phénomène de salure. La véritable utilisation des terres déjà salées, si l'on prévoit l'avenir, ne consiste donc pas à employer cette méthode qui n'est qu'un palliatif, mais à dessaler les terres par irrigation avec les eaux du lac (et drainage correspondant)

Cependant, il serait intéressant de poursuivre l'étude des relations eau et salinité et le comportement de la plante par l'expérimentation in situ :

Etude de la variation du niveau piézométrique et de la frange capillaire en fonction du temps par des profils hydriques et des lectures d'échelle dans les puits; profils hydriques en fonction du temps, doses et fréquence des arrosages.

Du point de vue agronomique, essais de croissances et de rendements de cultures, en fonction de la salinité et des facteurs d'irrigation.

.../....

C O N C L U S I O N

Au cours de l'étude qui précède, nous avons constaté que les sols des polders de BOL et BOLGUINI présentent les qualités suivantes :

- grande richesse minérale; les rapports des éléments entre eux sont le plus souvent satisfaisants;
- taux élevé de matière organique, en bon état et pour laquelle il n'y a pas lieu de craindre une évolution défavorable par suite de pH toujours égaux ou supérieurs à la neutralité.
- la structure est très bonne et nous avons vu que les échantillons de salinité élevée ne se différencient pas des autres.

La dessiccation de l'argile, liée au taux élevé de matière organique stable a conduit à la formation d'agrégats extrêmement résistants à l'action de l'eau. Il est certain que c'est là une qualité essentielle pour la circulation de l'air et de l'eau dans le sol, d'où facilité d'irrigation sans risque d'engorgement.

Cependant, ces avantages sont fortement compromis par suite des phénomènes de salure qui se résument à trois :

- salure originelle due à la concentration sur place par évaporation de l'eau du polder (plus infiltrations).
- remontées, lorsque la nappe est trop proche de la surface (au-dessus de 1 m à 1,20 m).
- accentuation du phénomène par irrigations avec les eaux de la nappe.

BOLGUINI, plus ancien que BOL, est dans un état de salure plus avancé.

Dans l'état actuel d'exploitation des polders, on n'a aucun contrôle du plan d'eau; on ne peut pas lutter contre la salure, et on ne récupère pas correctement le polder.

.../....

On pourrait utiliser plus longtemps certains sols, déjà un peu salés, et en particulier, récupérer certaines parties déjà abandonnées de BOLGUINI, en augmentant les doses et les fréquences des arrosages.

La solution rationnelle pour ces polders consiste à :

- irriguer avec l'eau du lac, prélevée dans des endroits convenables (conductivité 0,15 - 0,17).
- pomper pour évacuer l'eau résiduelle et abaisser le niveau de la nappe.

Dans le cas de la création de polders nouveaux, dont le choix aura été déterminé après études bathymétriques, il faut évacuer par pompage l'eau du polder immédiatement après la construction du barrage. En poursuivant l'exploitation de la manière précédente on peut espérer y maintenir la culture pendant très longtemps dans des conditions favorables.

B I B L I O G R A P H I E

-
- Etudes pédologiques des rives du Lac TCHAD de DJIMTILO à BOL et du sillon du BAHR EL GHAZAL de MASSAKORY à MOUSSORO.
- J. PIAS - E. GUICHARD - ORSTOM. C.L.T. - 1957 -
 - Etude pédologique du Bassin alluvionnaire du LOGONE-CHARI
- ORSTOM - C.L.T. 1954 - ERHART - PIAS - LENEUF -
 - Sédimentation du Lac TCHAD
- E. GUICHARD - ORSTOM - C.L.T. 1958 -
 - Eaux du Lac TCHAD et mares permanentes au Nord d'IRA
- E. GUICHARD - ORSTOM - C.L.T. 1957 -
 - Monographie du Lac
- ORSTOM C.L.T. - A. BOUCHARDEAU - R. LEFEVRE 1957 -
 - Etude pédologique au 1/20.000e du Casier "A" Nord BONGOR
- G. BOUTEYRE - B. LEPOUTRE.
 - Les Sols de la Région d'ABTOUYOUR
- G. BOUTEYRE - Mai 1958
 - Etude pédologique du Bassin Versant expérimental de BARLO (GUERA)
- G. BOUTEYRE - Mai 1958 -
 - Annales Agronomiques N° 4 - Juillet - Août 1955
Etude de la Structure S. HENIN - O. ROBICHET - A. JONGERIUS.
 - Enquête dans la Région du KANEM -
- H.R. LAFAILLE - Décembre 1958 -
 - Rapport sur la mise en valeur des ouadis du District de MAO
- J. GIRARD - Janvier 1959. -
 - Méthode pour l'étude de la Stabilité Structurale des Sols
- S. HENIN - G. MONNIER - A. COMBEAU (extrait des annales agronomiques N° I - 1958).
 - Dynamique des Sols
- A. DEMOLON.
 - Diagnosis and improvement of Saline and alkali Soils
- United State Salinity Laboratory Staff - Département of Agriculture
February 1954
 - Rapport POCHARD - Nord TCHAD - 1934 -

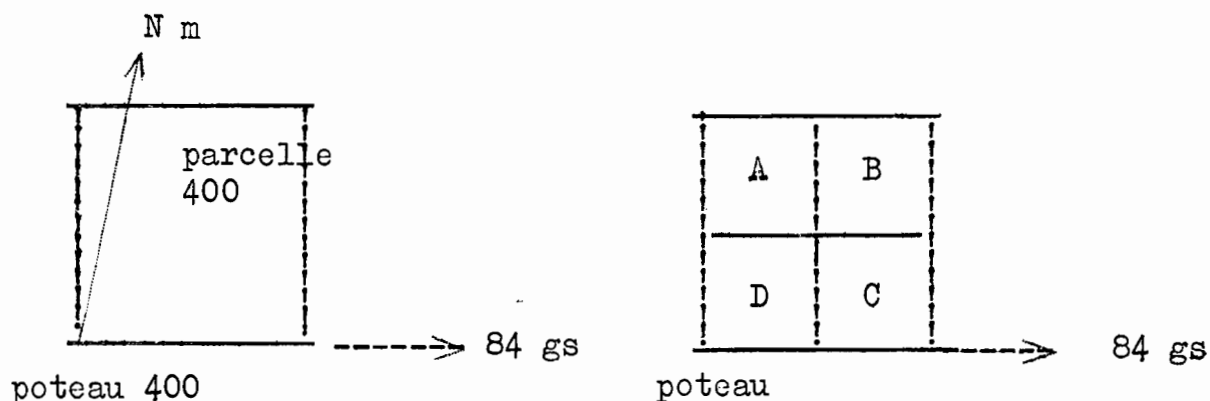
LOCALISATION DES PRELEVEMENTS DE TERRE ET D'EAU

(Fin Décembre 1957)

PRINCIPE DU LOTISSEMENT DU POLDER DE BOLGUINI.-

Le polder de BOLGUINI a été parcellé, en premier lieu, par M. GODEFROY (Génie rural) en 1954), puis avec l'aide de M. MOSRIN (Chef de district) Le polder est divisé en parcelles carrées de 100 ares orientées dans le sens longitudinal et transversal du polder.

Chaque parcelle est marquée par un poteau de bois numéroté. L'alignement transversal des poteaux est sensiblement de 84 grades. Chaque parcelle tire son numéro du poteau correspondant, suivant le schéma que voici :



POLDER DE BOL.- Elle est subdivisée ensuite en 4 parties : A B C D

Le polder de BOL n'était pas encore loti en Juin 1958. il existe seulement des bornes en ciment numérotées, sur la bordure du polder, à la limite de la terre cultivable et de la dune de sable.

PRELEVEMENTS DE TERRE DANS BOLGUINI et BOL.-

a) BOLGUINI.-

- N° 12 - 0-15 cm - parcelle 34 B. - à 550 m du Nord du polder - parcelle abandonnée.
- N° 13 - 0-15 cm - parcelle 4I B. voisine de la précédente - la culture recommence au Sud de cette parcelle.

.../....

- N^{os} 6-7-8 - jardin du paysannat - Km.5 de la limite Sud de BOLGUINI
(8 = 0-2cm à partir du fond du carré
(6 = 0-15cm à partir du fond du carré
(7 = 0-10cm sur le billon.
- N^o 4 - 0-15 cm à 3 km du début Sud de BOLGUINI à 100 m du pied de la dune - parcelle 287 D.
- N^o 5 - idem - parcelle 287 C.
- Ces deux numéros correspondent à des terres non natronées aux dires des cultivateurs.
- N^o I - 0-15 cm - ancien jardin administratif - parcelle 497 D. à 1 km du début Sud de BOLGUINI.
- N^o 2 - 0-15 cm - parcelle 497 A
- N^o 3 - 0-15 cm - parcelle 489 C

Les cultivateurs abandonnent ces terres car ils prétendent qu'elles sont trop salées.

b) BOL.-

- N^o 9 - 0-15cm à l'extrémité Nord, côté OUEST du polder à 150 m de la dune.
- N^o II - 5-15cm - idem -
à 450 m de la dune.

PRELEVEMENTS D'EAU.-

a) BOLGUINI.-

- N^o 32 - parcelle 4I B. (correspond à terre N^o13)- nappe I,50 m - puits.
- N^o I8 - jardin du paysannat - puits à 15 m de la route.
- N^o I9 - jardin du paysannat - 20 m. plus ^{3 à 6} (aux environs de prélèvements de terre 6,7,8) nappe 0,4 m puits.
- N^o I7 - parcelle 286 A - à 5 m. de la route - puits - nappe à 1 m.
- N^o I6 - parcelle 489 C - trou, nappe à 30 cm
- N^o I4 - parcelle 497 D à 60 m du bord du polder - puits nappe à 1 m.
- N^o I5 - idem - parcelle 497 A. nappe à 30 cm - trou.

.../....

b) B O L.-

- N° 13 - - à 1500m au Nord du N°5 - au bord de la route dans l'eau de surface d'assèchement.
- N°s 5
à 12 - prélèvements dans le jardin administratif et à proximité.
- N° 5 - puits à 10m de l'endroit où la route venant du poste de BOL entre dans le polder de BOL. Nappe à 1,20 m.
- N° 6 - Puits à 100 m de la route. Orientation des prélèvements de 5 à 9 = 100 grades - nappe à 1 m.
- N° 7 - eau d'un trou à 230 m de la route - nappe 0,8m
- N° 8 " " " à 350 m " " " - nappe remonte à 20 cm au bout de 5 minutes.
- N° 9 - trou à 450 m de la route - au début des joncs et phragmites - nappe de 15 cm remonte à 5 cm.
- N°s 10
II-12 - (sensiblement sur même courbe de niveau que 5 - à 10 m du pied de la dune - nappe à 1m - puits
- N°s 10
I - à 50 m au Nord de 5
II - à 150 m " "
I2 - à 210 m " "
- N° 30 - puits à 5 m de la dune (correspond au prélèvement de terre N° 9) - nappe à 1,20 m.
- N° 31 - prélèvement dans un trou - à 300 m du précédent à l'intérieur du polder (correspond à terre N° II) - nappe à 0,30 m

ANALYSES 1956 BOLGUINI

N °	Profondeur	Situation Poteau N°	Matière organique 1956				Conductivité 1956
			MO%	C%	N%	C/N	
I81	0 - 20	45	2,2	1,3	1,4	9,3	1,6
I82	40 - 50		2,8	1,6	1,8	8,9	1,7
I71	0 - 20	46	8,2	4,8	3,9	12,3	3,7
I72	40 - 50		7,4	4,3	3,4	12,6	2,1
I61	0 - 20	47	6,3	3,7	3,4	10,9	4,3
I62	40 - 50		8,0	4,7	3,7	12,7	3,7
I51	0 - 20	48	6,2	3,6	3,6	10,0	3,6
I52	40 - 50		6,0	3,5	3,1	11,3	3,5
I50	0 - 5	-	4,8	2,8	2,5	11,2	3,3
I41	0 - 20	49	8,1	4,7	3,9	12,0	3,0
I42	40 - 50		7,1	4,1	3,6	11,4	3,7
I31	0 - 20	50	6,0	3,5	3,5	10,0	2,7
I32	40 - 50		7,4	4,3	4,1	10,5	3,5
I21	0 - 20	51	9,8	5,7	5,9	9,7	5,4
I22	40 - 50		8,8	5,1	4,2	12,1	5,1
III	0 - 20	51 bis	5,2	3,0	3,2	9,4	1,7
II2	40 - 50		3,6	2,1	2,0	10,5	2,3

ANALYSES 1956 - BOLGUINI

N °	Profondeur cm	Situation Poteau N°	Matière organique				Conductivité
			MO%	C %	N%	C/N	
2II	0 - 20	69 bis	6,4	3,7	3,5	10,6	3,4
22I	0 - 20	69	5,2	3,0	3,5	8,6	2,3
23I	0 - 20	68	12,4	7,1	6,8	10,4	4,1
24I	0 - 20	67	10,3	5,9	4,8	12,3	4,1
25I	0 - 20	66	5,6	3,2	3,2	10,0	2,9
26I	0 - 20	65	5,4	3,1	2,8	11,0	4,2
27I	0 - 20	64	17,2	9,9	7,5	13,2	
28I	0 - 20	63	9,2	5,3	4,6	11,5	
29I	0 - 20	62	6,1	3,5	3,0	11,7	

ANALYSES 1956 BOLGUINI

Parcelle du Service de l' Agriculture

N°	Profondeur cm	Situation Entre poteau et poteau ...	Matière organique				Conductivité
			MO%	C%	N%	C/N	
II	0 - 20	29 et 23 bis	11,7	6,8	7,1	9,6	10,0
I2	40 - 50		10,3	6,2	5,9	10,4	9,3
2I	0 - 20	28 et 23	9,1	5,3	5,3	10,0	7,1
22	40 - 50		8,1	4,7	3,7	12,7	4,1
3I	0 - 20	27 et 22	12,8	7,4	6,6	11,2	6,0
32	40 - 50		10,8	6,3	5,6	11,3	4,8
4I	0 - 20	26 et 2I	4,0	2,3	1,9	12,1	3,1
42	40 - 50		6,1	3,6	2,8	12,6	4,3
5I	0 - 20	25 et 20	17,2	10,0	7,7	13,1	4,6
52	40 - 50		3,8	2,2	1,5	14,6	3,1
6I	0 - 20	24 et I9	9,3	5,4			
62	40 - 50		14,1	8,2			

ANALYSES 1956 - BOL

N °	Profondeur cm	Distance à la dune	MO %	C %
I1	0 - 20	25 m	11,6	6,8
I2	40 - 50		6,0	3,5
21	0 - 10	125 m	10,3	6,6
22	10 - 22		13,4	7,8
23	22 - 40		17,5	10,2
31	0 - 8	225 m	14,0	8,2
32	10 - 30		15,7	9,2
41	0 - 30	325 m	49,5	28,7
42	30 - 50		15,0	8,8
51	cendres	425 m	2,4	1,4
52	5 - 25		15,9	9,3
61	vase	465 m	8,9	5,2

SELS SOLUBLES (1958)
 Extraits par 500 cc d'eau chaude
 en méq./100 g de sol

Nº	Ca	Mg	K	Na
II	9,6	2,8	4,5	3,4
I2	1,9	1,2	0,4	1,1
2I	12,6	4,6	2,5	4,1
22	4,7	1,2	0,8	1
3I	5,5	1,9	1,2	1,7
32	2,4	0,4	0,4	1,6
4I	19	9	6	6
42	6	1,2	0,9	2,6
6I	1,7	1,2	0,3	0,7
62	2,5	1,2	0,9	0,4
7I	20	7,3	2,3	4,7
72	1,2	0,2	0,3	0,4
8I	23	5	1,9	5,9
82	1,2	0,2	0,2	0,5
9I	19	6,2	3,3	6
92	5,3	2,5	0,6	2
I0I	19	7	1,6	5,5
I02	5	0,4	0,8	1,5
I2I	3,6	1,8	1,8	1,2

PRELEVEMENTS DE TERRE - Décembre 1957

N ^{os}	Conductivité Mmhos/cm	Sels solubles.méq/100g - pâtes de sol					
		Ca	Mg	K	Na	S	Na/Ca%
I2	6,2	3,6	1	0,2	1,1	5,9	30
I3	6,6	4,3	1,5	0,3	2,5	8,6	58
8	4,6						
6	4						
7	12,5	4,5	3,1	0,5	5	13,1	110
4	4	3	0,4	0,13	1,6	4,1	53
5	4	3	0,9	0,2	1,7	5,8	56
I	13,8						
2	8,1						
3	12	3	1,4	0,6	1,1	6,1	36
9	5,7	4,2	2,2	0,2	1,5	8,1	36
II	1,3						

CONDUCTIVITE DES EAUX
en millimhos / cm à 25°C

DECEMBRE 1957				J U I N 1958			
Situation- Profondeur (m)	N°	C	§	C	Profondeur(m)	situation	
			<u>POLDER DE BOLGUINI</u>				
			\$0,8	31	1,5	puits (
			\$0,7	32	0,8	trou)	
			\$0,9	30	0,6	puits (
			\$1,2	I	1,4	puits)	
			\$0,94	2	1,85	puits (
			\$0,6	3	1,2	puits)	
			\$0,5	4	0,85	puits (
			\$1,16	5	1,25	puits)	
			\$1	6	1,6	puits (
			\$0,5	7	2	puits)	
Parcelle 4I B.	1,5	32	I				
			\$0,55	8	1,1	puits)	
			\$0,7	9	1,4	puits (
			\$0,9	10	1,45	puits)	
			\$0,5	11	1,6	puits (
			\$0,7	33	0,9	puits poteau 94	
			\$0,5	34	0,9	Puits poteau 104	
I	18	0,26	0,5	28	1,5	puits)	
0,4	19	0,37				jardin paysannat (
			\$0,12	29	2	puits)	
I	17	0,8	\$0,45	27	1,2	puits poteau 286	
			\$0,9	35	0,4	trou	
			\$2	38	I;I	puits poteau 422	
0,3	16	4,15				poteau 497	
0,3	15	3,5					
I	14	3,6	\$3,3	26	1,2	puits jardin administrat.	

DECEMBRE 1957				J U I N 1958			
Situation- Profondeur (m)	N°	C	C	N°	Profondeur (m)	-Situation	
			4,1	24	1,1	puits)	
			3,3	25	1,1	puits (poteaux 497	
			1,4	40	0,8	puits (et	
			1,8	39	1	puits) 502	
<u>POLDER DE BOL</u>							
I,5 km N de 5 - surface	I3	3,2	1,3	23	0,2	(2,3 km au N de I2-trou	
			1,4	22	0,2	(1,2 km au N de I2-trou	
à 10m de la route	I,2	5	1,4	I2	I,2	à 20m route (
			2	I3	I	à 70 mroute) puits	
			2	I4	I	à 80m route (
100 m	I	6	1,7				
230m	0,8	7	1,5	I,7	20	0,7 I40m puits	
350 m	0,2	8	1,4	I,9	21	0,75 230m puits	
450 m	0,05	9	1,8	I,5	I8	0,4 400m trou	
				I,I	I9	460m trou	
à 50 m de 5	I	I0	2,3	I	I5	1,7 à 10m de I2 puits	
100 m	I	II	2,7	2,2	I6	1,5 à 60m - puits	
160 m	I	I2	2,8	2,8	I7	0,9 à 160m - puits	
			0,8	49	0,35	borne 428 - trou	
			0,3	50	0,35	398 - trou	
			0,8	52	0,5	364 - puits	
			0,8	53	I,7	326 - puits	
			I,3	54	I	- puits	
B. 7	I,2	30	0,86	0,6	55	I,5 B.7 - puits	
B. 7 350m dune	0,3	3I	I,66				
			0,95	56	I	- puits	
			0,54	57	0,4	- trou	
			0,8	58		eau d'assèchement	
			0,56	59	0,4	- puits	
			0,56	60	I	- puits	
			0,8	6I	0,55	- trou	

jardin administratif de BOL

Décembre 1957

Juin 1958

Situation - profondeur(m)	N°	C	S	C	N°	Profondeur (m)- situation
<u>LAC - POLDER DE BOL</u>						
	20	0,15	0,16	41		lac débarcadère ORSTOM
	21	0,15	0,15	42		lac débarcadère district
	22	0,12	0,15	43		lac 1er barrage
	23	0,23	0,25	44		ouadi 1er barrage
	25	0,13	0,15	45		lac 2ème barrage
	24	0,48	0,45	46		ouadi 2ème barrage
	27	0,14	0,17	47		lac 3ème barrage
	26	0,6	0,45	48		ouadi 3ème barrage
	28	0,17	0,2	51		lac étranglement N 3e barrage
ouadi étranglement N 3ème barrage	29	0,9				
			1	36		Double barrage BOLGUINI - côté BOLGUINI.
			1,6	37		double barrage BOLGUINI - côté BOL.

ANALYSES 1958 - BOLGUINI

No	Profondeur (cm)	Situation	Granulométrie								Matière organique				p H			Mesures physiques	
			A%	Lf%	Lg%	Sf%	Sg%	H %	CO ₃ Ca%	MO%	C %	N %	C/N	H ₂ O	K C L N	I _s	K cm/h		
I91	0-15	poteau	30	40	4	5	6	7			9	5	0,4	I2	8,2	7,3	0,15	3,7	
I92	40-50	49	64	10	2	7	3	7			9	5,2	0,4	I3,1	6,6	5,9	0,08	12,6	
201	0-15	poteau									12,4	7,2	0,6	I4,1	7,2	6,8			
202	40-50	50									6	3,5	0,3	II,5	8,2	7,5			
211	0-15	poteau	56	II	2	7	10	8			8,2	4,8	0,4	I0,6	7,3	6,6	0,11	8,7	
212	40-50	51							8		7,1	4,1	0,3	II,5	7,8	7,3	0,18	2,9	
401	0-15	entre poteaux	51	4	3	10	12	6			11	6,4	0,5	I2,7	7,8	7,1	0,10	15,5	
402	40-50	94 et 104	67	8	3	4	5	7			9,5	5,5	0,5	I0,8	6,4	5,9	0,08	41	
381	0-15	jardin	59	12	3	6	5	7			10,5	6,1	0,5	I2,1	7,5	7,1			
382	40-50	paysannat	45	10	2	18	16	5	3,3		5,8	3,4	0,2	I3	7,9	7,2			
371	0-15	poteau									14	8,1	0,6	I3	8	7,3			
372	40-50	286									5,8	3,4	0,2	I4,6	7,6	6,6			
411	0-15										9,3	5,4	0,5	I0,5	9,1	8,3			
412	40-50										6,1	3,5	0,4	8,6	8,2	7,6			
421	0-15	entre poteau							9,7		8,7	5	0,4	I2	8,6	7,8	0,18	4,8	
422	40-50	422 et dune							9,3		9,1	5,3	0,5	I0,8	8,1	7,4	0,15	2,4	
301	0-15	poteau	50	10	3	7	1	8,7			11,5	6,7	0,7	9,2	7,6	7,2	0,19	3,3	
302	40-50	497							18,8		6,8	4	0,3	I2	8,1	7,4	0,19	1,6	
311	0-15	poteau									10,6	6,2	0,6	9,6	7,5	7			
312	40-50	498									9	5,2	0,4	I2	8,6	7,5			
321	0-15	poteau	55	13	1	4	7	9	2,6		10,7	6,2	0,6	9,7	8,3	7,6	0,16	10,6	
322	40-50	499							31,4		12,3	4,2	0,5	8,3	8,2	7,5			
331	0-15	poteau									12,6	7,3	0,6	I2,1	8,4	7,5			
332	40-50	500									7	4,1	0,5	7,9	8,4	7,4			
341	0-15	poteau	67	10	1	1	1	10	1,7		14,8	8,6	0,7	I2,7	7,8	7,1			
342	40-50	501							21,5		10,7	6,2	0,5	I2,8	8,2	7,5			
351	0-15	poteau									13	7,5	0,6	II,4	7,7	7,2			
352	40-50	502									10,2	5,9	0,4	I2,8	7,4	6,6			
361	0-15	poteau	50	14	2	6	II	8	3,2		11,4	6,6	0,6	I2	7,8	7,3			
362	40-50	502 bis	41	34	3	2	2	7	2,5		19,6	11,4	0,8	I3,6	8,1	7,4	0,11	2,5	

ANALYSES 1955 - BOLGUINI

No	Profondeur (cm)	Situation	GRANULOMETRIE										pH	MATIERE ORGANIQUE				Conductivité	BASES ECHANGEABLES méq/100 g					
			C o t h a				B a - I l l i							MO %	C %	N %	C / N		Ca	Mg	K	Na	S	Na/Ca
			A	L	SF	SG	A	L	SF	SG	H													
211	0-15	69bis	20	23	38	19	14	20	45	15	5	7,8	6,7	3,9	6,6	5,9	3,8	24,9	8,4	7,5	0,5	41,3	2,0	
212	40-50		25	10	49	16	23	15	37	16	5		5,9	3,4	3,7	9,2	3,6	21,7	6,2	1,4	1,1	30,4	5,0	
213	100-130		23	38	34	5	17	25	30	23	4	7,6	5,3	3,1	3,6	8,5	2,8	22,3	5,3	1,2	0,9	29,7	4,0	
221	0-20	69	22	29	38	11	24	26	27	15	6	7,7	10,0	5,7	6,8	8,5	3,8	29,9	7,0	1,7	1,7	40,3	5,7	
222	20-40		22	37	38	3	15	25	25	29	5	8,1	7,8	4,5	4,9	9,1	3,2	24,9	5,9	1,1	1,0	32,9	4,0	
231	0,5-1	68	17	36	38	19	35	15	33	10	6	7,8	11,2	6,6	8,7	7,5		32,7	18,7	3,9	11,9	67,2	36,4	
232	1-8		20	29	49	2	38	17	22	15	8	7,5	11,6	6,7	8,1	8,3	4,3	33,4	9,0	2,0	3,2	48,6	9,6	
233	15-30		29	32	39	0	18	23	25	26	7	8,0	17,8	10,3	11,6	8,8		31,3	10,8	1,4	4,2	47,7	13,4	
251	0-15	66	18	24	39	19	17	23	25	25	5	7,8	4,8	4,2	2,8	6,6	4,2	24,2	8,7	3,4	2,8	39,1	11,5	
252	15-30		22	40	33	5	22	28	24	20	4	8,0	5,8	3,4	4,3	7,5	3,6	22,3	5,8	1,1	1,3	30,5	5,8	
281	0-18	63	19	26	48	7	28	27	25	12	6	7,9	9,8	6,6	5,6	8,6	4,6	29,1	8,1	2,4	2,6	42,2	8,0	
282	20-35		21	13	54	12	26	15	45	8	4	7,8	6,8	3,9	3,9	10,0	3,7	19,9	5,6	1,2	1,0	27,7	5,0	
311	0-20	86	33	21	27	19	35	19	37	6	6	7,6	10,9	6,3	7,15	8,9	4,8	24,5	9,4	2,3	4,0	40,6	16,0	
312	20-50		26	30	41	3	27	22	39,7	5	5	8,1	7,4	4,3	4,3	10,0	3,1	23,4	5,9	1,2	1,4	31,9	6,0	
321	0-10	80	44	17	29	10	34	21	35	4	6	6,9	6,6	3,8	5,3	7,0	1,5	20,6	6,5	2,8	0,5	30,4	2,5	
322	10-30		24	31	43	2	52	20	17	3	5	8,1	5,4	3,1	3,7	8,5	2,5	25,6	3,3	1,5	1,2	33,6	4,7	
323	30-45		21	26	48	5	30	24	36	4	5	8,1	5,9	3,4	4,7	7,5	4,9	23,0	4,8	1,0	2,5	31,3	10,9	
324	45-60		0	2	46	52	1	0	43	52	1	7,0					2,0	0,1	0,4	0,1	0,1	1,0	2,5	
325	90-100		0	2	36	62	2	0	41	58	1	7,2					2,6	0,5	0,6	0,1	0,2	1,5	3,3	

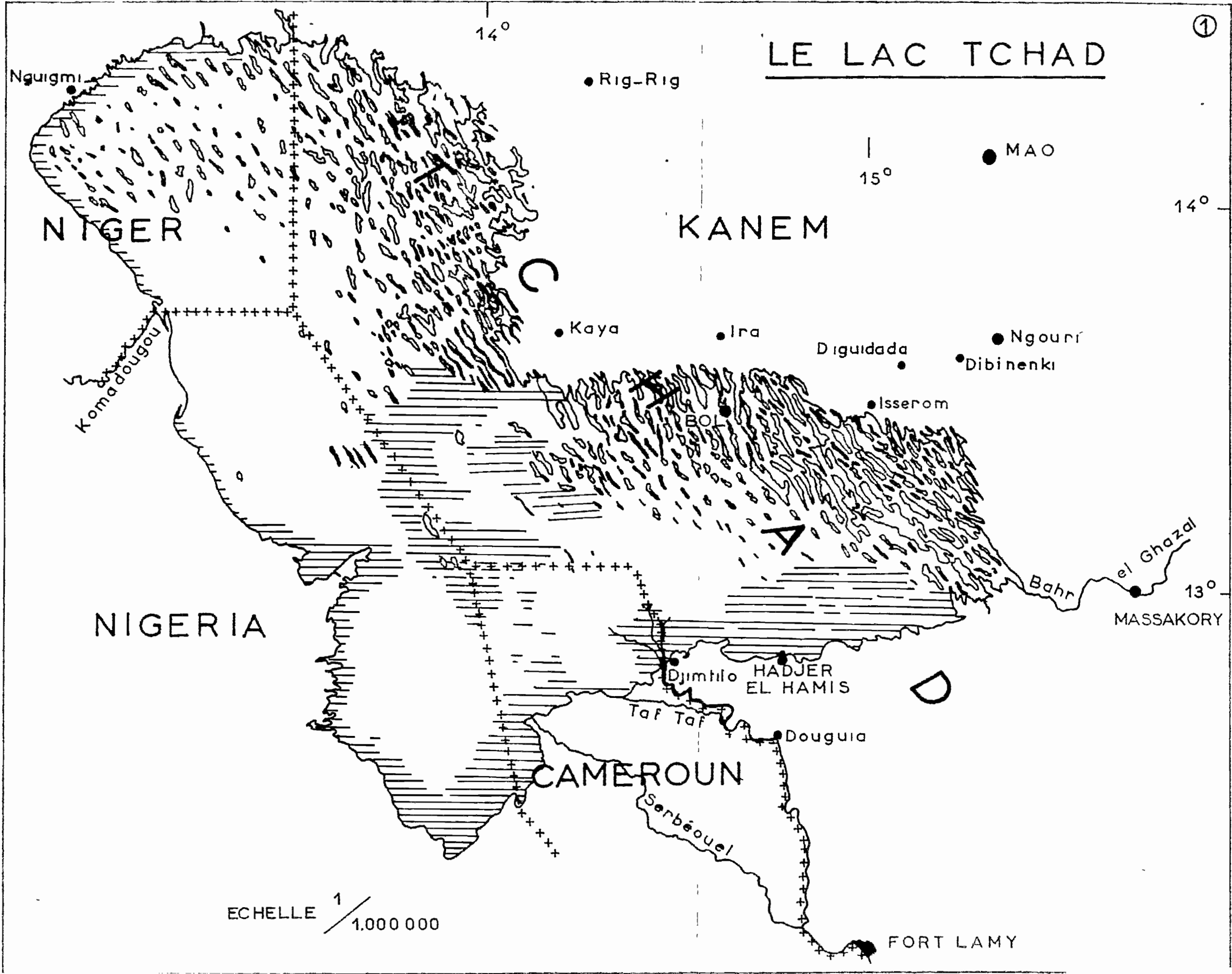
N°	Profondeur (cm)	Situation.	GRANULOMETRIE									p H	Matière organique 1955				Conduc- tivité	BASES ECHANGEABLES					
			C o t h a				B a - I l l i						MO %	C %	N %	C / N		Ca	Mg	K	Na	S	Na/CaS
			A	L	SF	SG	A	L	SF	SG	H												
I91	0-15	entre 44 et 45	20	9	38	33	20	9	53	13	3	7,0	4,8	2,8	4,2	6,7	3,5	11,9	5,7	3,5	0,4	21,5	3,4
I92	90-110	-	2	9	23	66	2	0	91	6	0	7,7					2,5	0,9	0,9	0,2	0,1	2,1	15,0
I81	0-10	poteau	19	20	42	19	18	15	49	7	5	7,6	9,8	5,7	7,1	8,0	3,7	22,2	6,4	1,2	1,2	31,0	5,3
I82	10-30	45	47	3	29	21	37	13	44	2	4	7,4	2,2	1,3	2,0	6,4	3,2	14,1	6,5	1,0	0,8	22,4	5,7
I71	0-25	pot. 46	25	42	30	3	23	21	27	18	6	8,0	12,1	7,0	7,7	9,1	3,6	24,9	7,1	1,2	1,5	34,7	6,1
I61	0-10	pot. 47	13	25	35	27	18	16	27	34	6	7,8	6,9	4,0	5,8	7,0	4,3	29,1	9,7	3,4	4,1	46,3	14,0
I62	10-30	-	33	34	30	3	29	22	20	25	5	8,1	3,9	2,3	3,2	7,1	2,8	24,9	5,3	0,9	0,9	32,1	3,8
I51	0-20	poteau 48	16	27	37	20	18	19	31	26	6	7,7	8,0	4,7	8,2	5,7	4,1	28,4	9,0	2,7	3,6	43,7	12,6
I52	20-40	-	18	30	37	15	20	19	24	32	5	8,0	5,5	3,2	4,8	6,6	3,4	24,9	5,8	1,9	1,6	34,2	6,4
I41	0-20	poteau	18	40	36	6	19	16	26	30	5	7,8	7,0	4,0	5,2	7,8	3,6	27,7	6,2	1,2	1,8	36,9	6,5
I42	20-40	49	67	11	18	4	38	21	25	7	6	7,7	4,2	2,6	3,4	7,6	3,6	22,4	7,6	1,2	1,4	32,6	6,0
I31	0-5	poteau	29	28	37	6	20	15	22	33	8	7,3	13,6	7,9	9,3	8,5	8,1	39,4	14,7	1,6	6,3	62,0	16,0
I32	40-50	50	19	29	37	15	19	19	27	31	5	7,9	6,4	3,7	4,2	8,9	2,9	24,9	5,2	1,5	1,1	32,7	4,2
I21	0-25	poteau	43	26	23	8	46	22	17	5	7	7,4	9,5	5,5	7,7	7,2	4,4	29,1	8,5	1,7	1,8	41,1	6,3
I22	40-50	51	21	26	38	15	46	17	22	8	4	7,8	6,1	3,5	4,8	7,1	3,6	26,3	6,2	1,3	1,1	35,3	4,1
III	0-20	poteau	30	12	36	22	27	22	35	8	5	7,7	8,5	4,9	5,5	9,0	2,4	21,6	5,7	2,2	1,0	30,3	4,6
III2	40-50	51	22	19	32	27	42	14	27	10	4	7,4	6,1	3,5	4,2	8,4	3,4	19,1	6,1	1,3	1,1	27,6	5,7
III3	210-240	bis	14	19	32	27	31	26	28	9	6	5,7	10,3	5,9	6,2	9,7		10,8	7,7	0,8	0,7	20,0	6,8
I00	320-350	51 bis	19	23	57	1	18	19	31	28	5	7,1					4,5						

N°	Profondeur (cm)	Situation	P ₂ O ₅ total %	Bases totales méq/100 g				Bases échangeables méq/100 g					Sels solubles (pites)					Conductivité M.mhos/cm			
				Ca	Mg	K	Na	Ca	Mg	K	Na	S	Na/Ca%	Ca	Mg	K	Na		S		
290	0-20							26	10	3,5	6,4	46	24							5,1	
280	0-20																				1,8
221	0-20	jardin																			10,3
222	40-50							14	4	1	0,5	19,5	3,6	2	1,1	0,5	4,5	8,1		2,7	
231	0-20							26	10	2	2,6	40,6	10	2,5	1	0,3	5	8,8		7,2	
232	40-50							22	6	2	1,6	31,6	7,4							1,5	
241	0-20	adminis-												2,3	1,1	0,2	5,6	7,2		5,1	
242	40-50							20	6	1	0,7	27,7	3,5	0,5	0,1	0,1	0,8	1,5		1,5	
251	0-20	tratif	1,7											1,4	0,8	0,2	0,8	3,2		2,5	
252	40-50	de	3	22	11	8	3														
261	0-20							26	10	1	3	40	11	1,6	0,8	0,2	4,2	6,8		5,7	
262	40-50	B O L																			
270	0-20																				3,4
431	0-15	borne						28	8	2	2,4	40,4	8,5							3,1	
432	40-50	428						19	5	0,8	0,2	25	1							0,9	
441	0-15	borne						26	10	2	4,5	42,5	17	0,7	0,3	0,2	3	4,2		3,6	
442	40-50	398												1,5	0,3	0,1	0,5	2,4		1,7	
451	0-15	borne						20	7	1	1,5	29,5	7,5	0,4	0,2	0,1	1,2	1,9		2,1	
452	40-50	364																			
461	0-15	borne	1	28	10	8	3	29	9	1	0,3	39,3	1	2,3	1	0,2	0,9	4,4		3,6	
462	40-50	326	2		14	5	4	25	4	0,3	0,2	29,5	0,8	0,6	0,2	0,05	0,3	1,1		1,2	
471	0-20							28	9	2	0,5	39,5	1,8	1	0,6	0,2	0,5	2,3		1,9	
472	40-50													4	1,2	0,5	1,7	7,2		4,2	
480	0-15							35	4	0,8	0,3	40	0,8	4	1,5	0,3	1,8	7,6		5,1	
533	0-10	tourbo sdeho						27	10	0,4	0,2	37,6	0,7	6,5	4	0,2	2,6	13,3	12		
491	0-15							22	6	0,6	0,3	29	1,3	1,8	1	0,1	1,8	4,7		3,8	
492	40-50																				
501	0-15							27	6	3	6	42	22							5,5	
502	40-50							25	9	1,6	0,5	36	2							0,4	
510	0-10																				11
521	0-15		2	38	12	8	24	28	10	3,5	8	49,5	29	0,8	0,1	0,4	5,5	6,8		6,5	
522	40-50		1,3					18	5	1	0,4	24,4	2,2							0,9	
531	0-15							19	7	1	0,5	27,5	2,6	2,5	1,5	0,3	1,9	6,2		4	
532	40-50							15	5	1	0,4	21,4	2,6							0,7	

ANALYSE 1958 BOLQUINI

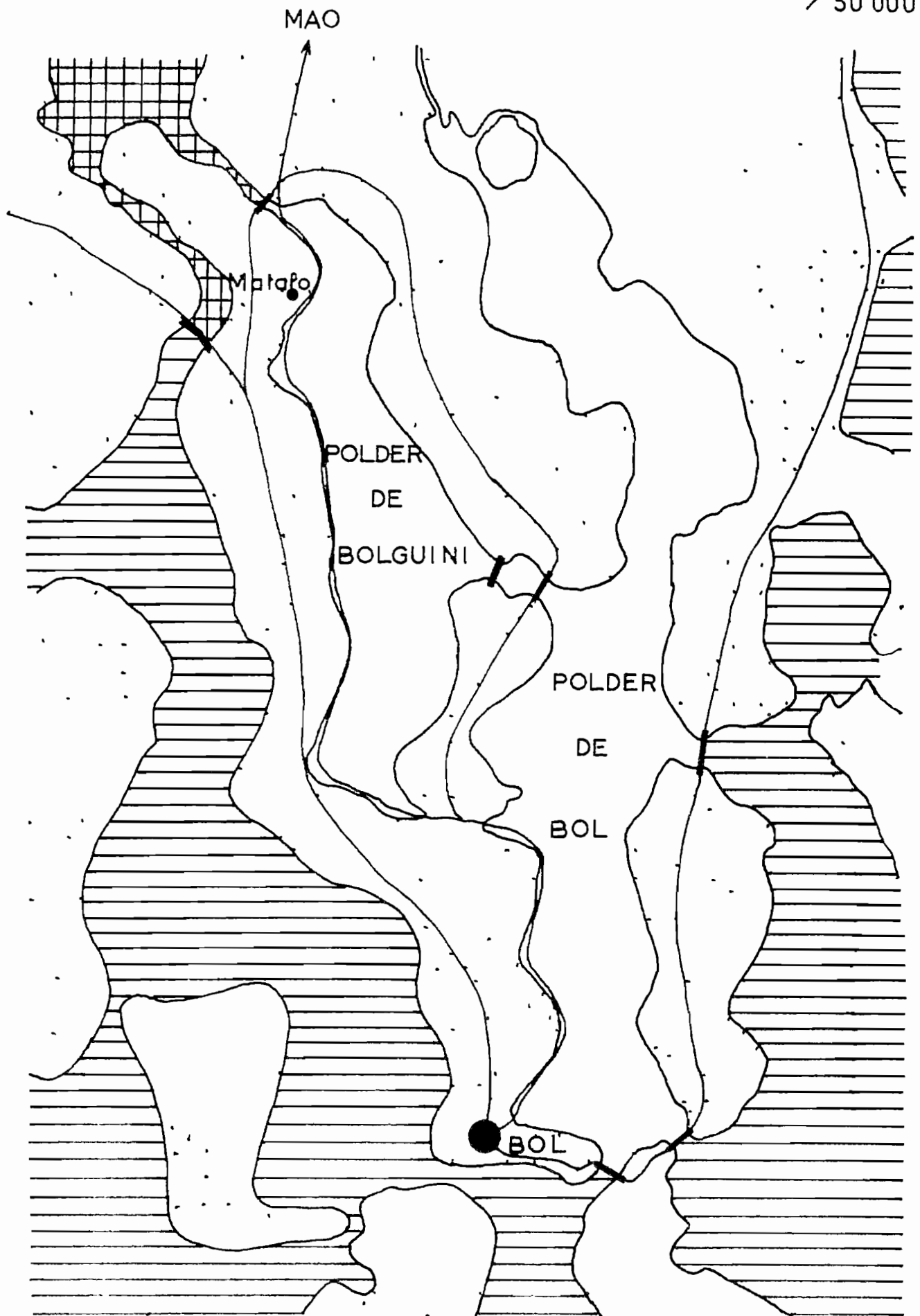
Profondeur (cm)	Situation	P205 total %	Bases totales méq/100 g				Bases échangeables méq/100 g					Sels solubles (pâtes)					Conductivité n.mhos/cm	
			Ca	Mg	K	Na	Ca	Mg	K	Na	S	Na/Ca%	Ca	Mg	K	Na		S
391	0-15						37	11	5	1	54	2,7	1,5	0,8	0,4	2,6	5,3	2,3
392	40-50					28	5	0,5	0,1	33,6	0,3							2,2
II	0-10	2,4	59	II	6	5,5	33	6	3	0,3	42,3	1	4	2	1	2	9	8,8
I2	40-50	0,8	24	IO	7	2	19	2	1	0,3	12,3	1,5						3,1
21	0-10						37	8	1,5	0,5	47	1,3						11,8
22	40-50						31	4	0,8	0,2	36	0,6						3,3
31	0-15						27	6	1	0,3	34,3	1,1	3	1	0,2	1	5,2	5,1
32	40-50						I2	6	0,4	0,3	18,7	2,5						5,1
41	0-15						25	4	2	0,4	31,4	1,6	4,6	3	1	3,4	II	9,6
42	40-50						I7	4	0,6	0,2	21,8	1,2						4,8
51	0-15						31	4	2	0,4	37,4	1,3	3	1,7	0,7	2	7,4	6,5
52	40-50												3	0,7	0,2	1,8	5,7	5,1
61	0-15						I3	3,5	0,7	0,3	17,5	2,3						2,5
62	40-50						25	3	1	0,2	29,2	0,8	I	0,4	0,1	1,2	1,7	2,1
71	0-15	4,8	64	I7	8	6	33	6	1	0,2	40,2	0,6						11,2
72	40-50	0,6	20	8	6	1	I7	1	0,5	0,2	18,7	1,2						1,5
81	0-15						37	4	1	0,5	42,5	1,3	7	2,6	0,4	4	II4	13,6
82	40-50						I3	3	0,4	0,3	16,7	2,3	0,6	0,1	0,06	0,3	I,1	1,8
91	0-15						39	4	2	0,6	45,6	1,5	4,5	2	0,6	3,5	IO,6	10,6
92	40-50						21	2	0,5	0,2	23,7	0,9						5,1
101	0-15						35	4,5	1	0,5	41	1,4	8	3,2	0,3	4	I5,5	15,6
102	40-50						32	4	0,8	0,4	37,2	1,2	2,8	0,8	0,2	0,9	4,7	4,8
121	0-15						25	6	3	0,4	34,4	1,6	2,8	1,2	0,5	0,7	5,2	4,8
122	40-50						22	6	0,9	0,3	29,2		1,6	0,3	0,1	0,6	2,6	3,1
131	0-15						29	7	2,6	0,4	39	1,3	1,7	0,6	0,4	0,3	3	3
132	40-50						21	3,5	1,1	0,2	25,8	0,9						2,8
140	0-20						22	2	1	0,2	25,2	0,9						2
151	0-15	2,3					29	3	1	0,3	33,3	1	2,5	0,9	0,3	1	4,7	5,1
152	40-50	0,7	22	IO	7	1,6	21	4	1	0,3	26,3	1,4						1,3
161	0-15						36	2	1,5	0,4	40	1,1	4	0,9	0,4	2	7,4	6,5
162	40-50						33	3,5	1	0,2	37,7	0,6						2,5
171	0-15						33	3	2	0,3	38,3	0,9	4	1,3	1,2	1,9	8,4	7,2
172	40-50						22	5	0,5	0,2	27,7	0,9						3,1
181	0-15						33	4	2	0,5	39,5	1,5						3,8
182	40-50						29	1	0,8	0,3	31	1	2,6	0,8	0,1	0,9	4,4	3,7

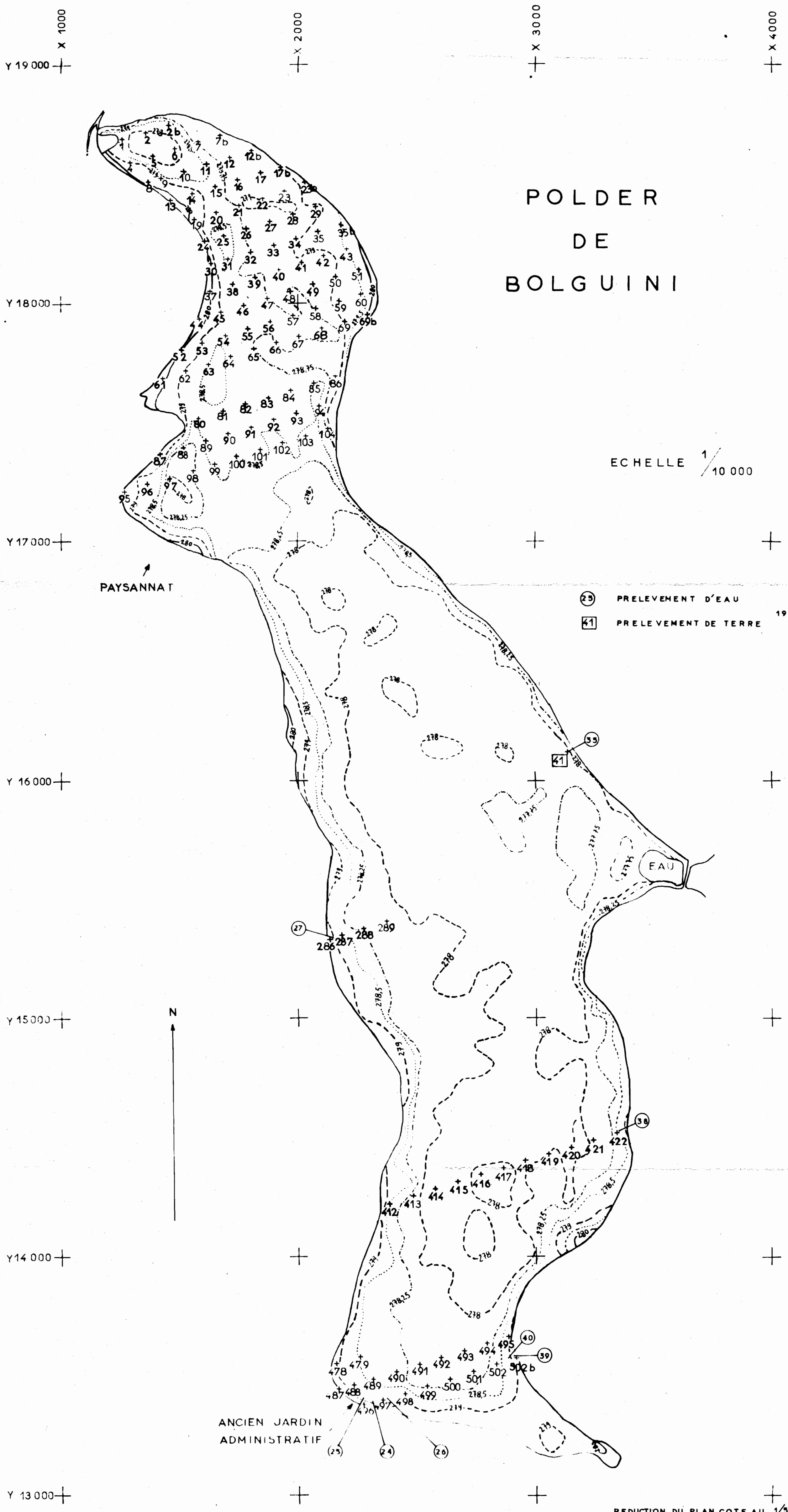
LE LAC TCHAD



POLDERS DE BOLGUINI ET DE BOL

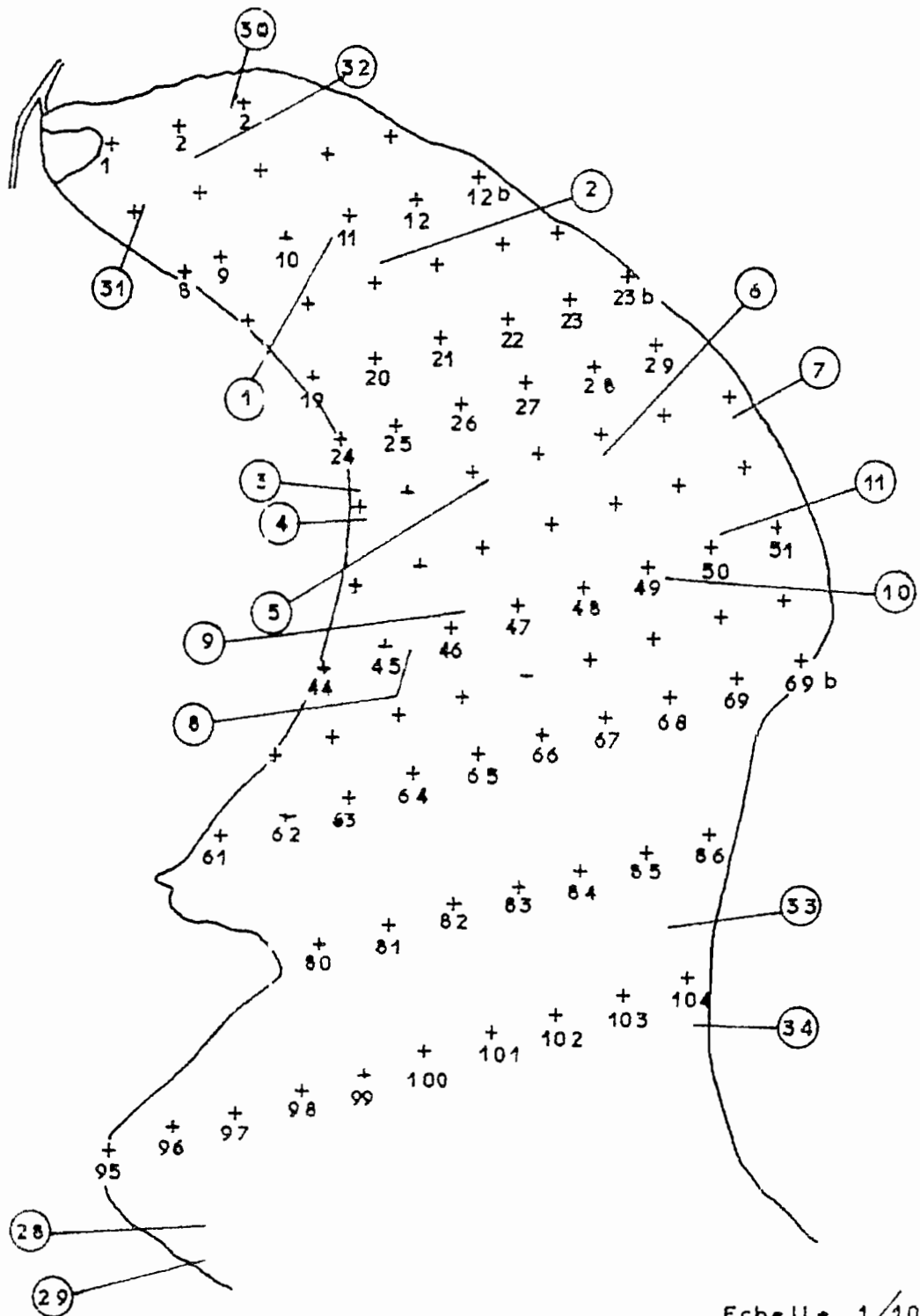
Echelle $\frac{1}{50\,000}$ ②



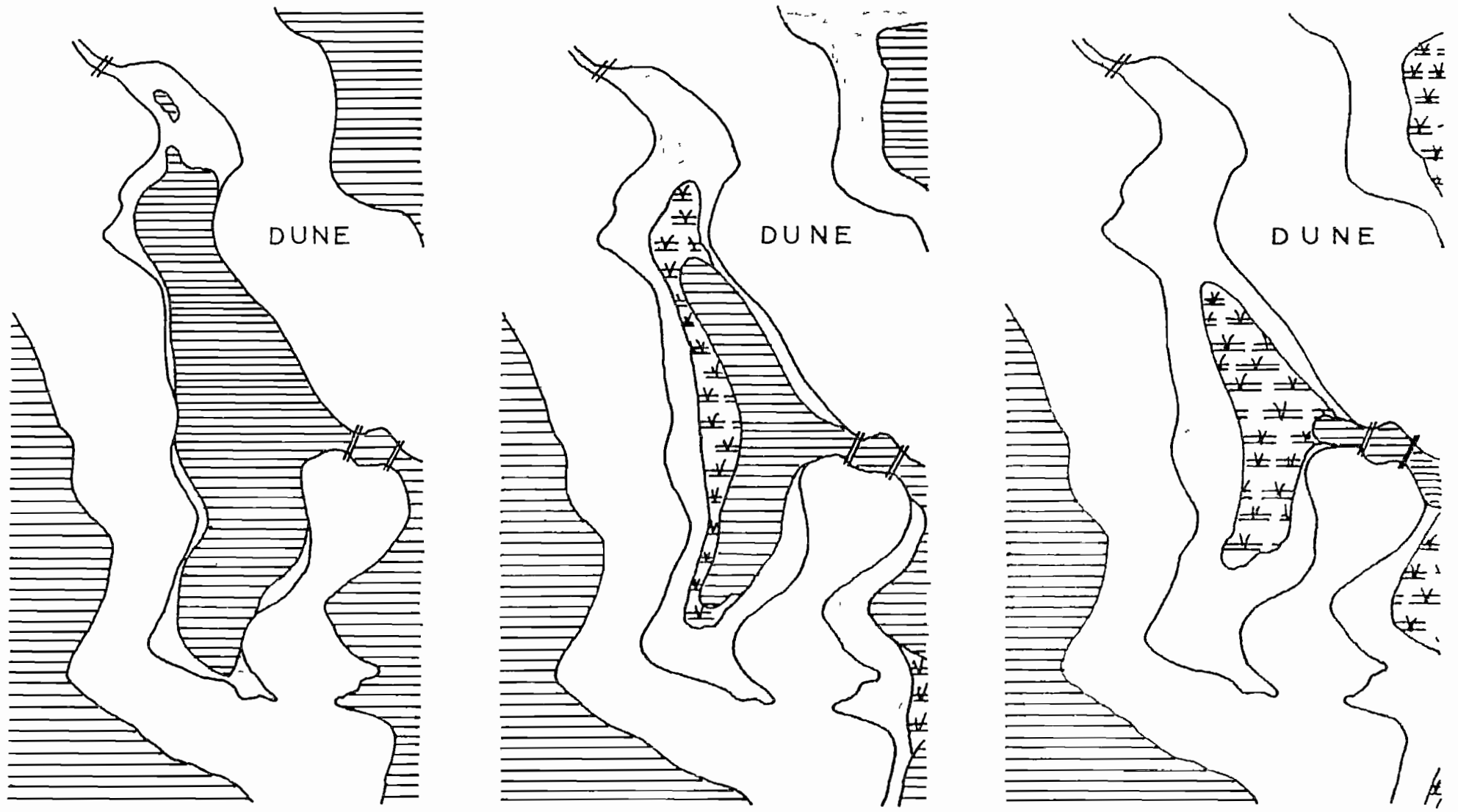


CORNE NORD DU POLDER DE BOLGUINI

34 PRELEVEMENT D'EAU - 1958



Echelle 1/10 000

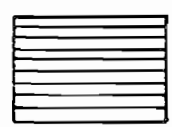


1955

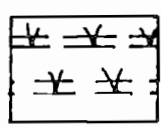
1956

1958

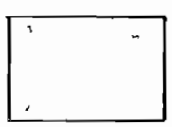
PHASES D'ASSECHEMENT DU POLDER DE BOLGUINI



Eau



Marécages



Zones assainies

Echelle
1 / 50 000

POLDER DE BOL

Y 20 000

ECHELLE 1/20 000

25 PRELEVEMENT DE TERRE
34 PRELEVEMENT D'EAU 1958

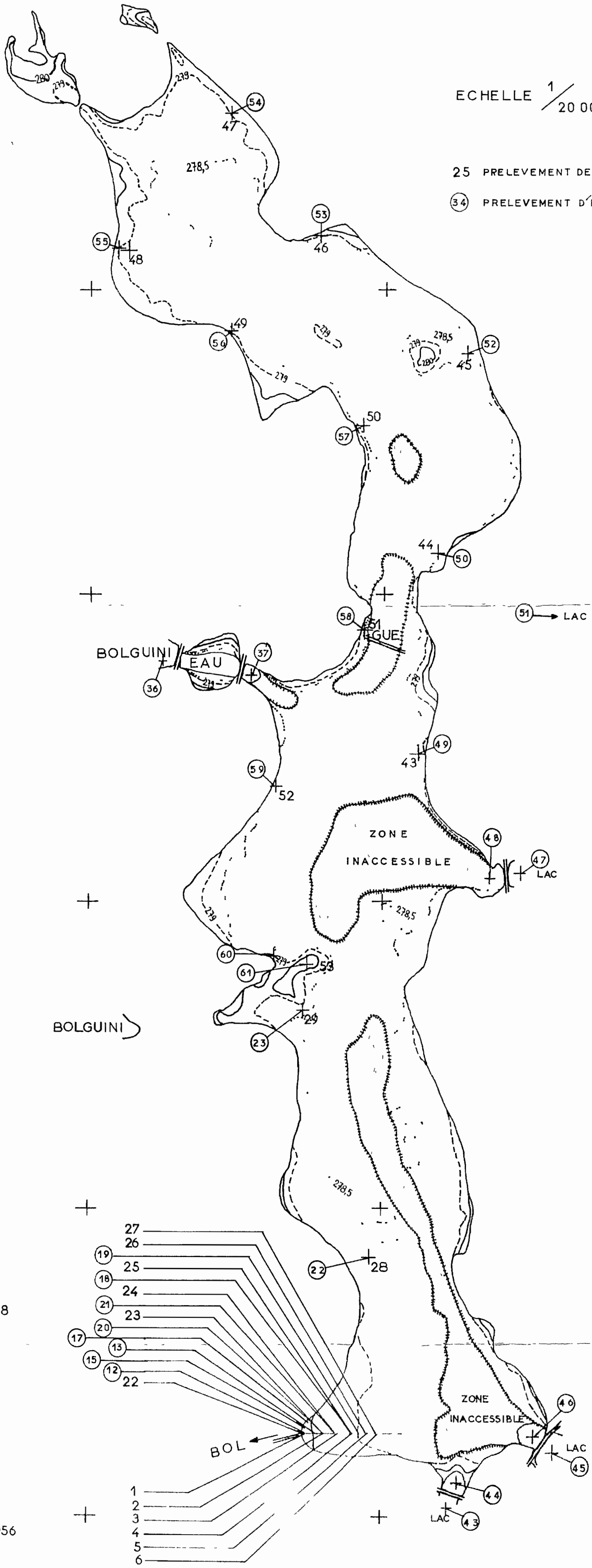
Y 180 000

Y 16 000

Y 14 000

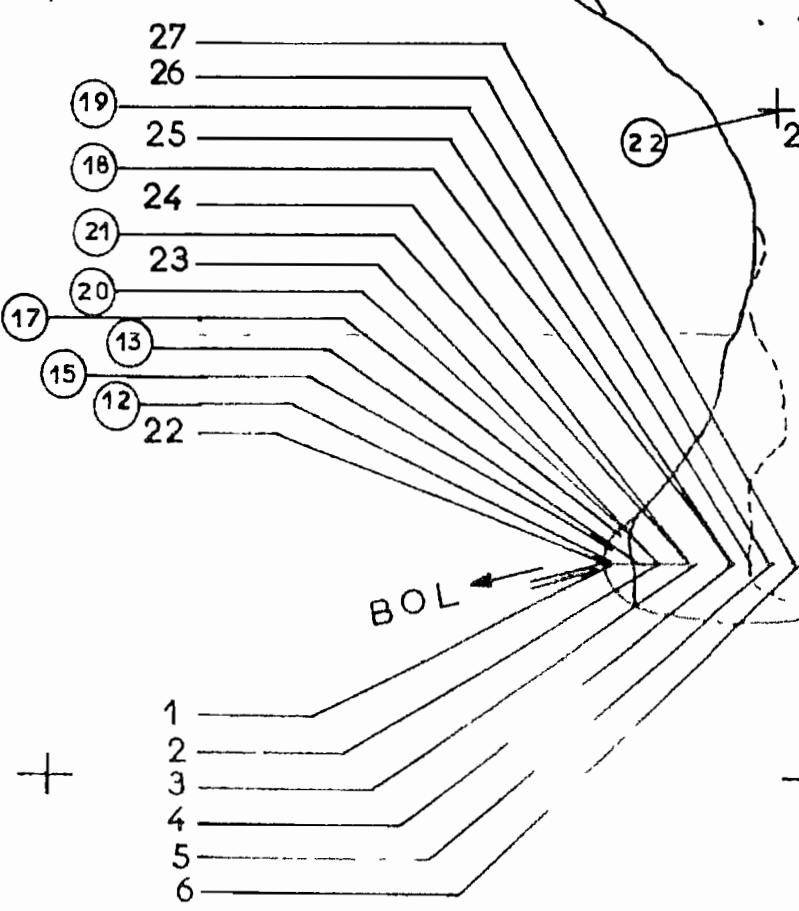
Y 12 000

Y 10 000



1958

1956



X 3 000

X 5 000

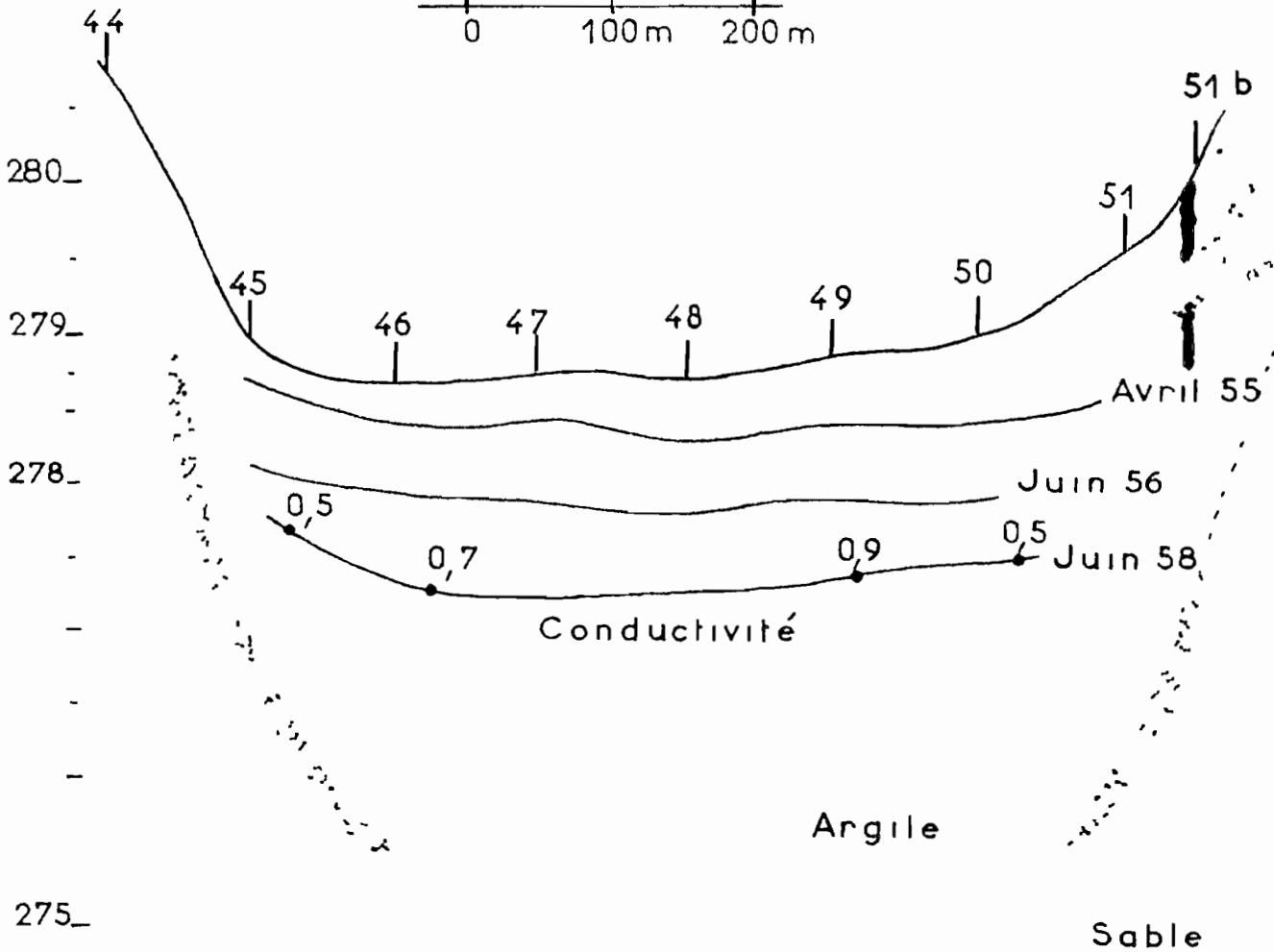
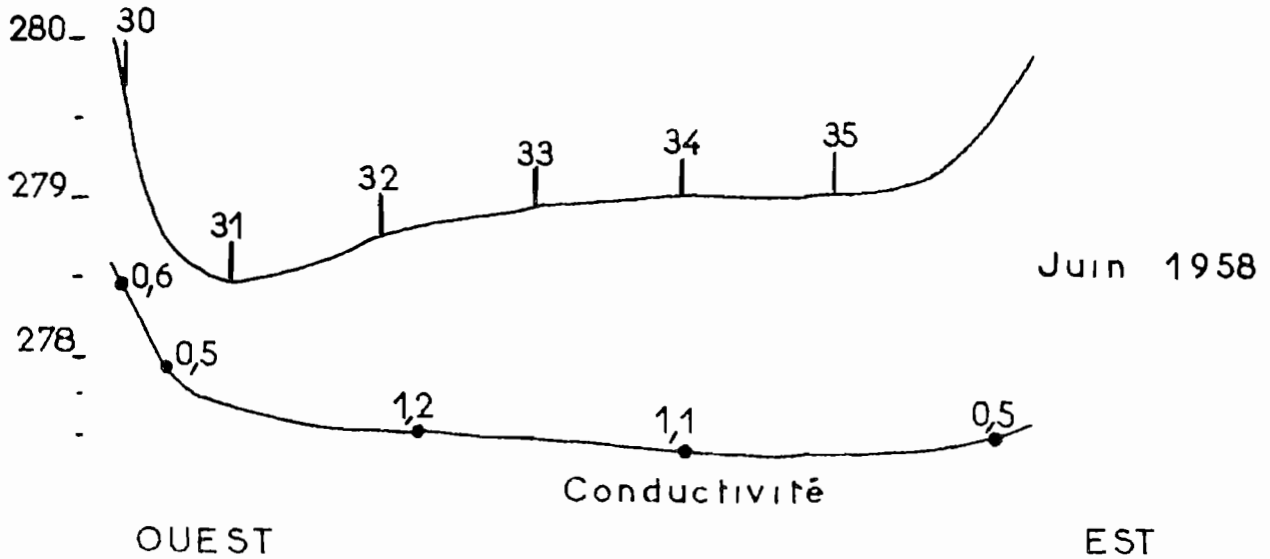
X 7 000

REDUCTION DU PLAN COTE AU 1/5000
EXECUTE POUR LE SERVICE DU GENIE RURAL
DU TCHAD PAR L'ATGT EN MAI 1958

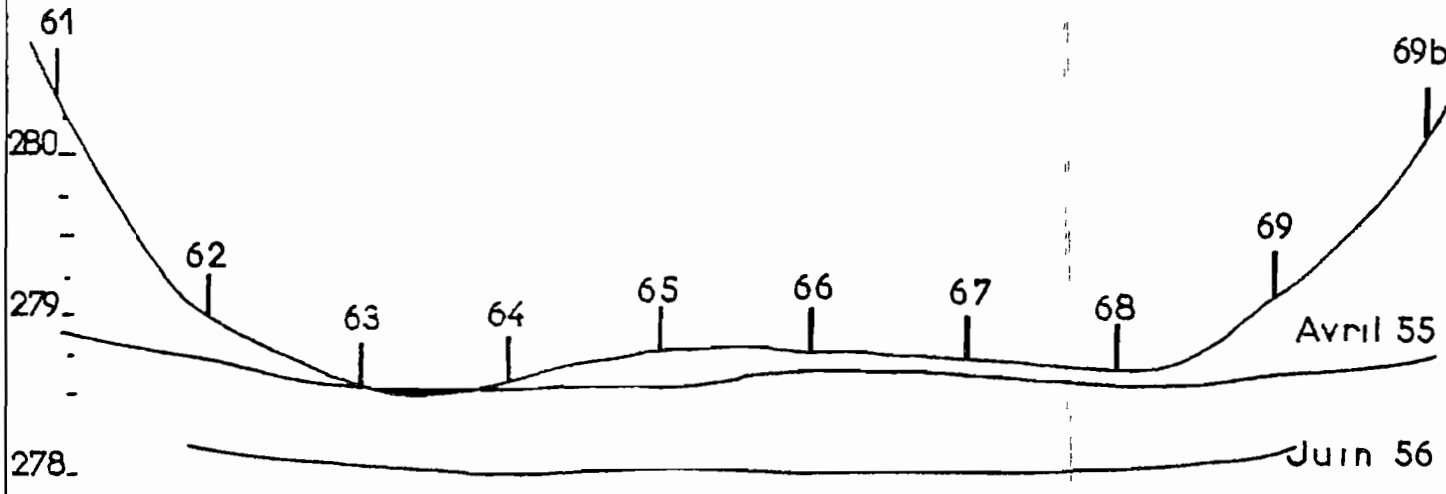
PROFILS DE LA NAPPE - BOLGUINI

7

Cotes

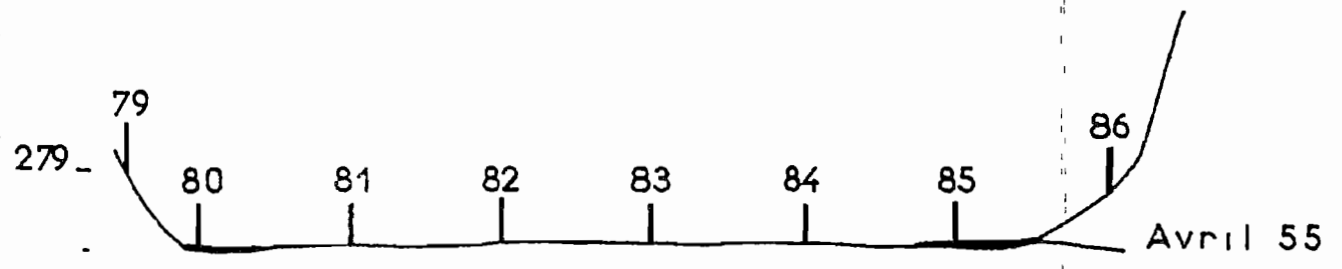


PROFILS DE LA NAPPE - BOLGUINI



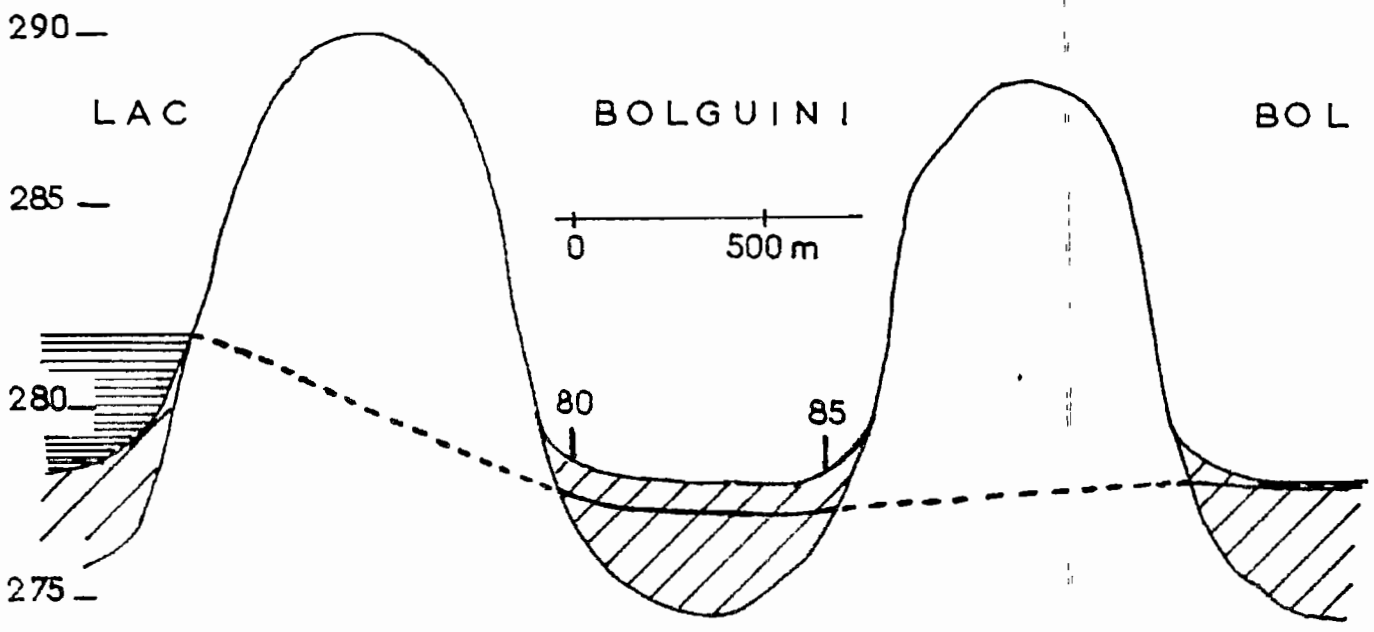
Cotes

0 100 200 m

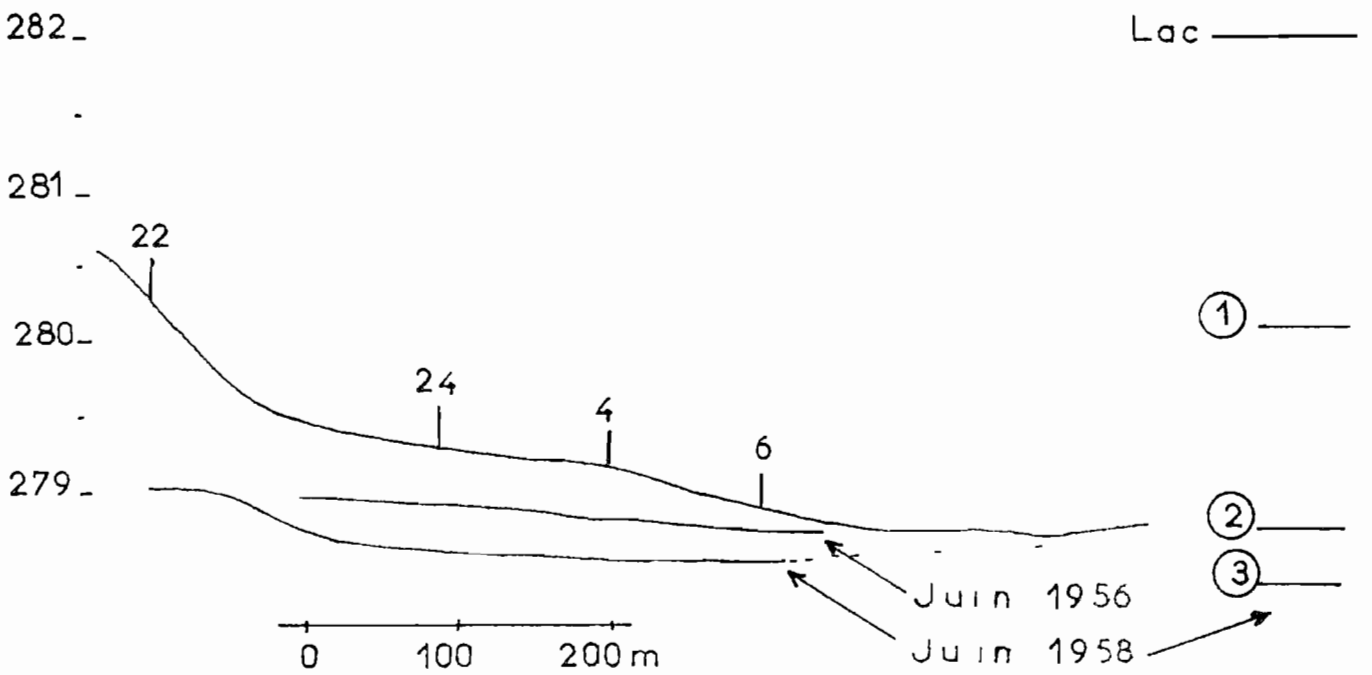
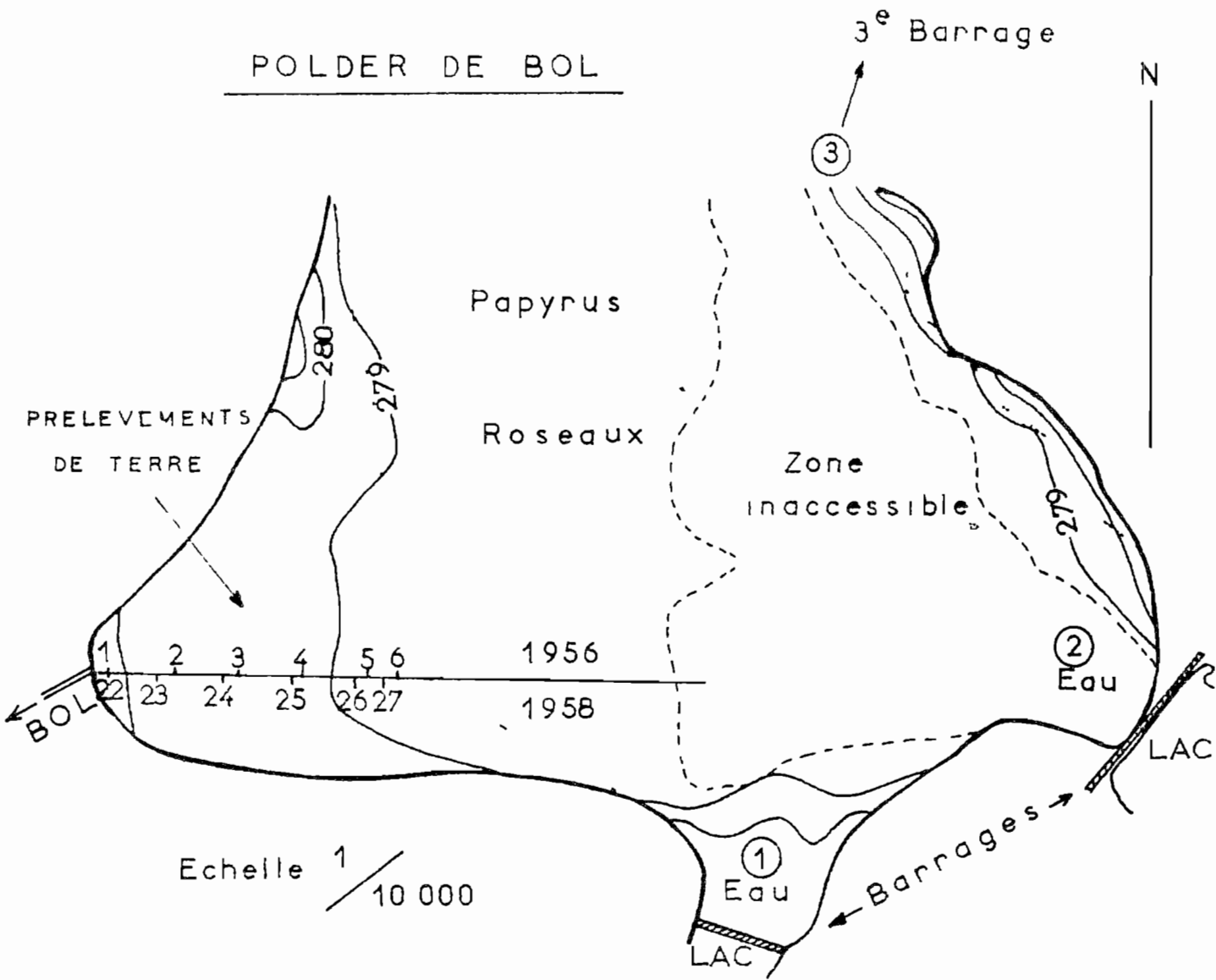


OUEST

EST

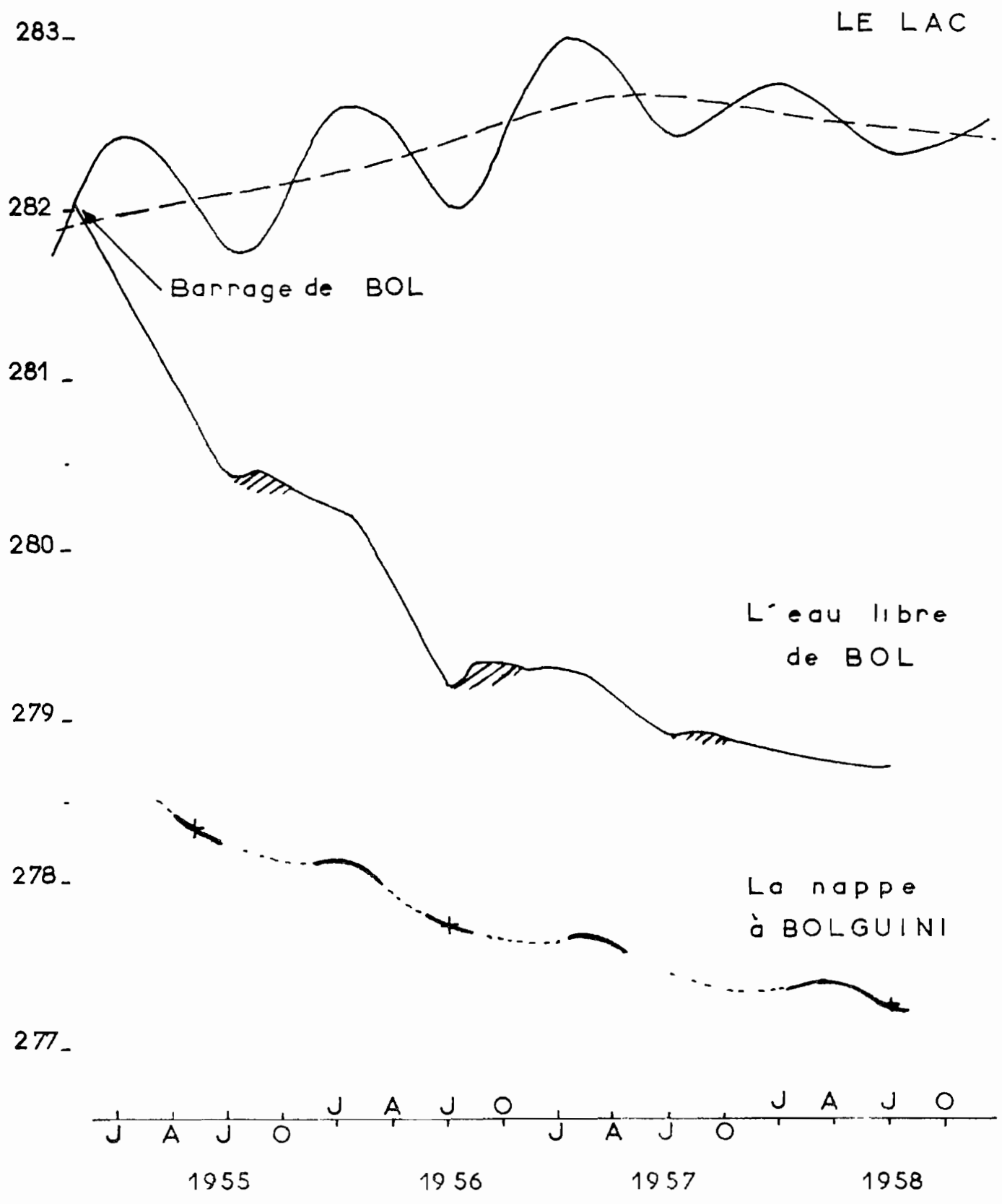


POLDER DE BOL



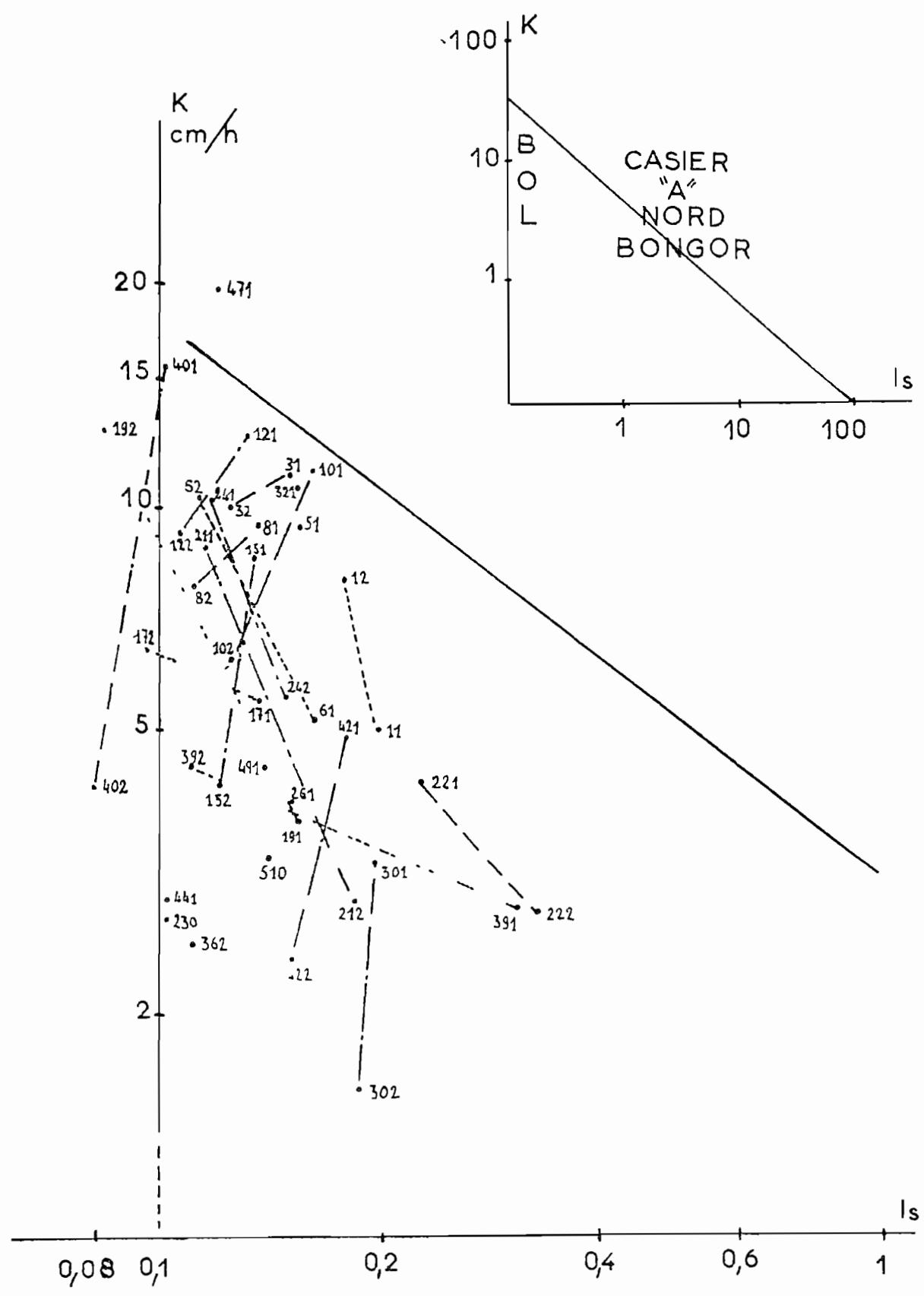
PROFILS DE LA NAPPE

VARIATION DES NIVEAUX DE L'EAU



MESURES PHYSIQUES

Méthode S HENIN



% AGREGATS
STABLES
AU BENZENE

70
60
50

