



MICROFICHE N°

39080

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

المركز القومي
للتوثيق الفلاحي
تونس

F 1

ARCHIVES

É T U D E P E D O L O G I Q U E

D U N E F Z A O U A

Par

Roger PONTANIER

(Pédologue O.R.S.T.O.M.)

Hiver 1967-68

S O M M A I R E

PRESENTATION DE L'ETUDE

LE MILIEU NATUREL

LE CLIMAT

- I.- La pluviométrie
- II.- Les Températures
- III.- Les Vents
- IV.- L'Humidité
- V.- Conclusion

LA VEGETATION

LA GEOLOGIE

- I.- Les Djebels
- II.- Le Nefzaoua
- III.- Conclusion

L'HYDROLOGIE

- I.- Les nappes artésiennes du Nefzaoua
 - 1.- Nappe campanienne
 - 2.- Nappe turonnienne
 - 3.- Nappe du continental intercalaire
- II.- Composition chimique des nappes du Nefzaoua
- III.- Les nappes phréatiques (superficielles)
- IV.- Hydrologie de surface
- V.- Conclusion.

LA GEOMORPHOLOGIE - LE QUATERNAIRE

- I.- Le Djebel Tebaga et les glaciais
- II.- Morphologie liée aux Sebkhass
- III.- La Hamada - La Morphologie Dunaire
- IV.- La morphologie des Afouss
- V.- Conclusion.

LES SOLS

- I.- Les sols halomorphes
- II.- Les sols calcomagnésimorphes gypseux
- III.- Les autres sols
 - 1.- Les sols minéraux bruts
 - 2.- Les sols peu évolués
- IV.- Conclusions

LA MISE EN VALEUR

- I.- Les problèmes de la mise en valeur
 - 1.- Les sols
 - 2.- L'eau
 - 3.- Le sable
 - 4.- Le drainage
 - 5.- Choix des espèces - assolement
 - 6.- La main d'œuvre
- II.- Les aptitudes culturales

CONCLUSION

LE MILIEU NATUREL



P R E S E N T A T I O N D E L ' E T U D E

Cette étude s'insère d'une part dans le cadre très général de l'établissement de la carte pédologique des sols de la Tunisie (Ech.. 1/500.000°); et d'autre part elle a pour but la recherche de nouveaux périmètres irrigables. Il s'agit donc d'un inventaire des sols susceptibles d'être irrigués, en vue de l'extension de la culture du palmier " Deglat ".

- La NEFZAOUA est une vaste région naturelle située dans la zone des Chotts. Elle s'étend entre le Djérid et les Dahars d'Ouest en Est et entre le Djebel TEBAGA et le Grand Erg du Nord au Sud (H.N. LE HOUEROU).

- Initialement il nous avait été demandé de reconnaître 150.000 ha, en fait à l'intérieur de cette zone seulement 60.000 ha ont été prospectés, en raison de problèmes pratiques.

Elle a pour limites :

- Au Nord le Djebel TEBAGA
- Au Sud le parallèle 37 G 4'
- A l'Est une ligne passant par le Djebel EL ABAD (dans la chaîne du TEBAGA), et le Koudiat Oum El Ardjem.
- A l'Ouest le Chott Djérid est sa limite naturelle.

L'échelle de l'étude a été de 1/100.000°.

DOCUMENTS UTILISES POUR LA PROSPECTION

- Photos aériennes 1/25.000° En juin 1967 l'I.G.N. a effectué la couverture de la région; cette mission a décidé du début de nos travaux, les photos ayant pu être disponibles dès le mois de novembre.

- Couverture topographique au 1/100.000°. Les résultats ont été reportés sur les fonds topographiques au 1/100.000°; ces feuilles assez anciennes (révisées en 1933) devront être consultées avec prudence en ce qui concerne le tracé des routes et des pistes; celles-ci étant avec les bouquets de palmiers les seuls repères utilisables sur le terrain. Il s'agit donc des coupures :

- n° 80 Menchia
- n° 81 Kébili
- n° 88 Zarzine
- n° 89 Douz.

Par ailleurs, nous avons utilisé pour la région Nord, une feuille au 1/50.000° spéciale, a usage militaire , qui nous a été très utile pour la zone de piémont du TEBAGA.

Nous signalerons que seule la route KEBILI6DOUZ est carrossable; les véhicules tout terrain, sont indispensables dans tout le restant du NEFZAOUA, en raison des ensablements.

LE CLIMAT

A l'heure actuelle, les données climatiques que nous possédons sur le NEFZAOUA nous sont données par le poste de Souk-El-Bias (KEBILI), nous pouvons par ailleurs étendre au Sud du NEFZAOUA les résultats et conclusions provenant de la station de KSAR RHILANE, situé au Sud-Est sur le versant occidental des DAHARS à la limite de l'ERG.

En novembre 1967, nous avons installé à DOUZ, au coeur même de la région une station de recherches expérimentales en vue de l'utilisation des excédents d'eaux pour la mise en culture des extensions des oasis (fourrages d'hiver). L'implantation de celle-ci nous a amené à installer un matériel rudimentaire de climatologie, mais il est encore trop tôt pour avoir des résultats qui seuls seraient représentatifs de la zone.

I.- LA PLUVIOMETRIE

Pour les années 1901-1950, la moyenne des pluies annuelles a été pour KEBILI de 91 mm.

Mais si cette moyenne est faible, on ne peut lui accorder une réelle signification.

En effet, les pluies dans cette région se manifestent par de violents orages, et il n'est pas rare de voir tomber en une journée toute l'eau d'une année; nous devons aussi noter les grandes variations enregistrées d'une année à l'autre ainsi :

- en 1917 Pa = 238,5 mm

- en 1935 Pa = 41 mm

- en 1962 37,1 mm en 19 h 20

- en 1963 104,1 mm en 32 h 20

- en 1964 139,0 mm en 39 h 05

- Le 12 septembre 1967, il est tombé à KEBILI 59,9 mm en 8h 30 provoquant une véritable inondation dans tout le NEFZAOUA (la route GABES-KEBILI a été emportée en 6 endroits, et celle de DOUZ-KEBILI sur 500 m à la hauteur du Chott EL HOSNIA).

Monsieur J. CRUETTE (Ingénieur Hydrologue au B.I.R.H.) a fait l'étude statistique de la pluviométrie de la station de SOUK-EL BIAZ. Son analyse permet d'envisager, sinon de prévoir, le retour d'années sèches ou humides(1), en fonction des données sur 48 années.

Ainsi à partir de ces chiffres, il publie le tableau suivant:

(d'après ^{les} fréquences observées).

Période retour en année	Années Humides				Années Sèches			
	20	10	5	2	5	10	20	
Fréquences	0,05	0,1	0,2	0,5	0,8	0,9	0,95	
Hauteur précip. en mm.	200	165	135	83	42	32	23	

Si la moyenne interannuelle est de 91 mm, la médiane se situe à 83 mm, avec un écart type de 52 mm.

Par ailleurs, Monsieur CRUETTE a ajusté une distribution statistique à ces valeurs par extrapolation.

La variable log. (P + 75) suit correctement une distribution gaussique.

$$\text{Ecart réduit de gauss} = \frac{\log. (P + 75) - 2,195}{0,147} \quad (P \text{ en mm})$$

Dans l'étude de l'évolution interannuelle, il est question de cycle de 7 et 21 ans. Dans le calcul des moyennes correspondant à ces deux cycles, M. CRUETTE constate la décroissance continue des maxima de ces courbes à allure sinusoidale.

Entre 1915 et 1955, soit en 40 ans, la moyenne des précipitations calculées sur 21 ans passe de 100 à 70 mm. Cette baisse est en moyenne de 0,75 mm par an.

Dans le Sud du NEFZAOUR, à proximité de l'Erç, nous pouvons raisonnablement penser que la pluviométrie est semblable à celle de KSAR RHILANE :

$$- Pa = 70 \text{ mm (sur 14 années de relevés) .}$$

(1) Dossier pluviométrique 17/24 B.I.R.H. (Tunis) par J. CRUETTE Ing. Hydrologue.

Ces pluies se répartissent de l'automne jusqu'au début du printemps, avec deux maxima (novembre et mars); l'été est pratiquement sec d'avril à septembre.

A KSAR-RHILANE, les pluies de mars sont les plus régulièrement importantes et celles de décembre les plus fréquentes (M. Ch. BALDY).

Ces précipitations ne sont pas à négliger car à l'automne et au printemps elles permettent deux paturages pour les troupeaux Merzâig (caprins et dromadaires transhumants).

Nous pouvons donc situer le NEFZAOUA entre les isohyètes 50 et 100 mm (carte des précipitations dressée par M. LE HOUEIROU) ce qui permet de tenir compte de la grande variabilité des hauteurs d'eau tombées d'une année à l'autre.

II.- LES TEMPERATURES

(1901 à 1950 pour KEBILI - 1954 - 1966 pour KSAR-RHILANE, stat. Erg).

Stations	$\frac{\bar{M} + \bar{m}}{2}$	\bar{M}	\bar{m}	Ma	ma
KEBILI	22,6	42,2	3,1	55	- 7
KSAR RHILANE(Erg)	20,5	38,3	2,7	/	- 9,3

$\frac{\bar{M} + \bar{m}}{2}$ = moyenne annuelle

\bar{M} = Moyenne des max. du mois le plus chaud.

\bar{m} = moyenne des minimum du mois le plus froid

Ma = maxima absolue

ma = minimum absolue.

MOYENNES MENSUELLES

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Station												
KEBILI	19,2	11,8	15,8	20,2	23,9	29,0	32,4	32,1	28,9	22,6	15,6	9,9
KSAR RHILANE (Erg)	19,2	11,4	14,4	18,3	22,7	28,2	30,1	29,5	26,3	21,6	15,2	10,2

a/ LES AMPLITUDES

Les étés sont très longs et très chauds; d'autre part les amplitudes diurnes sont importantes; on note fréquemment au soleil des écarts allant de 40 à 50° C, entre 5 h et 15 h. C'est surtout en hiver que nous enregistrons les plus grandes amplitudes thermales quotidiennes.

b/ SOMME DES TEMPERATURES

C'est une donnée très importante pour la mise en valeur, car elle conditionne la maturité des dattes des palmiers DEGLAT ENNOUR.

En effet, à KSAR RHILANE les dattes mûrissent mal faute d'une quantité de chaleur suffisante, alors qu'à DOUZ et KEBILI (la S.C.A.S.T. en particulier) le climat permet une récolte excellente.

STATION	Sommes des Températures	
	1er Nov. au 30 Avril	1er Mai au 31 Oct. t < 15° C
KEBILI	2505	5 157
GABES	2620	4 483
KSAR RHILANE	2370	4 845

Nous voyons donc que le climat de KSAR RHILANE est moins chaud que celui de KEBILI et du NEFZAOUA en général.

c/ LES GELÉES

En hiver, il gèle entre 10 et 15 jours par an. Monsieur LE HOUEOU admet qu'il gèle un mois par an à KEBILI, cela est vraisemblablement exact pour des mesures faites au sol.

L'hiver 1967-1968 aura été froid dans le NEFZAOUA durant les mois de Décembre, Janvier et une partie de Février; nous avons pu observer les matins sans vent, sur les dunes, des delées blanches entre 6 et 9 heures.

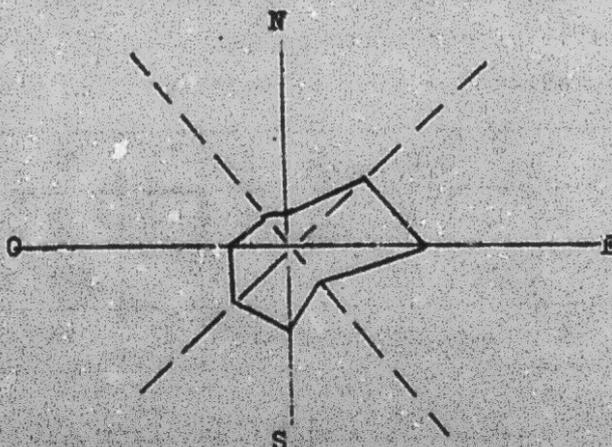
Le minimum absolu enregistré à KEBILI a été de 7°C, à KSAR RHILANE de 9,3°C, où l'on compte une moyenne de 20 jours de gelée par an, avec un maximum de jours compris entre -1 et 2°C.

III.- LES VENTS

Le NEFZAOUA a une mauvaise réputation : les vents de sable et le sirocco en sont la cause. On note à KEBILI un jour de vent sur trois.

Il se manifestent donc par leur fréquence et leur grande violence; on a pu enregistrer à KSAR RHILANE des vents de $V = 110 \text{ Km/h}$.

- Les vents de secteur E et NE dominant, ils soufflent surtout durant l'été.
- Les vents de secteurs Ouest dominant en hiver et c'est essentiellement un vent diurne.
- Les vents de secteur Nord-Ouest sont surtout fréquents au printemps.
- Les vents de secteur Sud soufflent de Novembre à Mars.
- Monsieur BALDY remarque qu'à KSAR RHILANE, surtout en hiver, les calmes sont très importants la nuit et au petit matin (6 h), au printemps ils sont très rares.



Ksar Rhilane
direction des vents
(M.Ch.Baldy)

- LES VENTS DE SABLE :

Ils sont surtout liés au secteur N.E. Ils sont chargés de poussières de sable, et se manifestent le plus souvent par des effets tourbillonnaires; ces vents sont à craindre par les oasiens: ils ensevelissent par les dunes qu'ils forment, les périmètres irrigués (ZAAFRANE, AIN ASHAI, KSAR RHILANE...) et sont responsables de la stérilité des oliviers qui pourtant dans ces régions ont un bon port végétatif (M. COINTEPAS).

Monsieur POUGET a signalé l'importance de ces vents de sable de secteur N.E. dans le modèle morphologique de la région (concerne les cordons de dunes et l'érosion éolienne).

-LE SIROCCO :

Vent de secteur Sud, Sud-Ouest et Ouest venant de l'Erg, se caractérise par la faible teneur en vapeur d'eau de l'air; il est lié à des anticyclones et à des dépressions situés soit dans le bas SAHARA , soit dans le Nord de la Tunisie, ou dans le golfe de la petite Syrte (M. Ch. BALDY).

Ce vent a un effet néfaste sur les cultures.

Nombre de jours de sirocco à KEBILI (moyenne sur 50 années)

	Automne	Hiver	Printemps	Eté	Année
KEBILI	5	3	11	11	30

IV.- L'HUMIDITE

a/- L'HUMIDITE RELATIVE : (faible en climat désertique)

A KSAR RHILANE , nous constatons que cette humidité varie dans la journée, tout comme au cours de l'année. Nous enregistrons une humidité maximum à 6 heures. En automne, les humidités inférieures à 10 % sont fréquentes et très intéressantes pour la maturation des dattes.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	Ø	N	D
Heure 6 h	80	72	66	62	48	41	42	51	69	78	75	83
12 h	43	32	29	23	16	18	15	18	24	35	36	46
18 h	46	44	32	30	25	24	20	22	23	47	48	64

Humidité relative à KSAR RHILANE 1 (Erg) - 1954 - 1960

b/- ROSEE - CONDENSATION OCCULTES :

Elles sont importantes dans le NEFZAOUA, l'absence d'un roséomètre dans la région rend difficile leur estimation, mais on peut avancer un chiffre de 10 mm par an. En elle-même cette valeur est peu importante, mais il semble certain que ces rosées jouent un rôle dans la dynamique du gypse, du moins pour les horizons de surface.

c/- EVAPORATION et EVAPOTRANSPIRATION :

A KEBILI, nous n'avons aucune mesure de ces phénomènes, tout au plus avons nous un chiffre avancé par Monsieur LE HOUEROU donnant :

e = 1 158 mm d'après l'indice de THORNTWHAITE

e = 1 645 $\left(\frac{10 t}{I}\right)^a$

t = température

a =

i =

L'installation récente à DOUZ d'un évaporomètre de PICHE nous permettra d'avoir d'ici peu, des résultats ; nous pouvons signaler cependant que par jour de sirocco l'E.T.P. journalière est comprise entre 8 et 10 mm.

C'est encore vers KSAR RHILANE que nous nous tournerons pour avoir une idée de ces phénomènes.

EVAPORATION (PICHE en mm)

	ERG Poste I	OASIS Poste II
Evaporation en mm	4 300	2 367 + 100

L'installation d'un évapotranspiromètre à bac modèle THORNTWHAITE modifié, plante en Pennisetum Clandestinum (kikuyu) a donné les résultats suivants, pour 5 ans.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Année
E.T.P. mm	50	56	95	156	198	233	260	237	163	114	86	48	1696

EVAPOTRANSPIRATION dans l'OASIS de KSAR RHILANE

Cette E.T.P. varie d'une année à l'autre de 1500 à 2100 environ avec une moyenne de 1 700 mm, ce qui correspond à un besoin de la plante en oasis de 17 000 m³/ha/an. Nous devons tenir compte de la pointe de Juillet (260mm) qui nécessite pour le DEGLAT-ENNOUR un apport continu de 1 l/s/ha.

V.- CONCLUSION

La thèse de Monsieur H.N. LE HOUEROU (1959) traitant des " Recherches Ecologiques et Floristiques sur la végétation de la Tunisie méridionale nous donne une classification des bioclimats.

Cette classification est déterminée à l'aide du quotient pluviothermique d'EMBERGER.

$$(1) Q = \frac{2\,000 P}{M^2 - \bar{t}^2} \quad \text{avec } t_0 = 273^\circ\text{C dans la formule}$$

A KEBILI, nous avons $Q = 7,6$, le NEFZAOUA fait partie de l'étage de végétation méditerranéen saharien, sous étage supérieur, variante à hiver frais.

Cette variante de sous-étage couvre d'ailleurs toute la région des Chotts et une partie du Grand Erg Oriental.

Les caractéristiques du climat du NEFZAOUA sont donc les suivantes :

- Faible pluviométrie annuelle , 80 - 90 mm/an
- Aridité accentuée par une longue saison sèche (déficit en eau 1070 mm).
- Fortes températures, avec grandes amplitudes
- Déficit de saturation bénéfique aux dattes
- Régime des vents assez exceptionnel.

LA VEGÉTATION

Nous distinguerons successivement cinq aspects de la végétation dans le NEFZAOUA :

1°/- VEGETATION GYPSOPHYLE-HALOCENE:

Se développe dans la zone du glacis d'érosion du TEBAGA, sur des sols à sables ou à encroûtement gypseux (5 à 7 % de gypse), présentant une certaine salure (conductivité: de 4 à 15 mmhos/cm).

Il s'agit d'une steppe ouverte à Chaméphytes (M. LE HOUEYOU); le groupe écologique caractéristique est le suivant :

- TRAGANUM NUDATUM var. OBTUSATUM
- ZYGOPHYLLUM ALBUM
- SALSOLA SIBIERI
- SUEDA HOLLIS
- LIMONIASTRUM GUYONIANUM (Zita)
- FRANKENIA THIMIFOLIA (indique une salure plus importante)
- LIMONIUM PULVEULENTA (indique les bas fond humides, salés et gypseux).
- AELOROPUS LITTORALIS (Salure).

Les plantes que nous avons le plus régulièrement reconnues sur ce type de sol sont : ZYGOPHYLLUM ALBUM, TRAGANUM NUDATUM, SUAEDA, FRANKENIA et surtout LIMONIASTRUM GUYONIANUM.

2°/- VEGETATION DES SOLS SALES

En bordure des SEBKHA dans la zone " préchotteuse" très salée,
- HALOCNEMUM STROBILACEUM, semble être la plante résistant le mieux à la salure (profil n°33, en bordure du chott se développe une importante population d'Halocnémum Strobilaceum avec une :

	42 mmhos/cm de 0 - 35 cm
Conductivité	51 mmhos/cm de 35 - 50 cm

Parmi les autres espèces, nous noterons :

- TAMARIX PAUCIOVULATA
- TAMARIX BOVEANA
- ARTHOCNEMUM INDICUM
- SUADA MARITIMA
- AELOROPUS LITTORALIS
- LIMONIASTRUM GUYONIANUM (Zita)
- SUAEDA FRUCTICOSA.

A BARGOU, en bordure du Chott DJERID, une véritable zonalité s'installe dans la distribution de la végétation.

3°/- VEGETATION DES SABLES GYPSEUX :

Dans la région de DOUZ, EL FAOUAR etc... sur des sables profonds gypseux mouvants, là où la nappe phréatique est profonde, se développe l'association à : TRAGANUM NUDATUM var. OBTUSATUM, RETAMA RAETUM (R'TEM) et SUEDA MOLLIS (M. LE HOUEROU).

C'est une pseudo-steppe à NANOPHANEROPHYTES. Dans cette association, le groupe gypsophile est très important pour nous, car il nous permet de localiser des sables très gypseux. Il s'agit de :

- LYGEUM SPARTUM
- TRAGANUM NUDATUM
- ZYGOPHYLLUM ALBUM
- FRANKENIA THYMIFOLIA.

4°/- VEGETATION DES ZONES D'EPANDAGE :

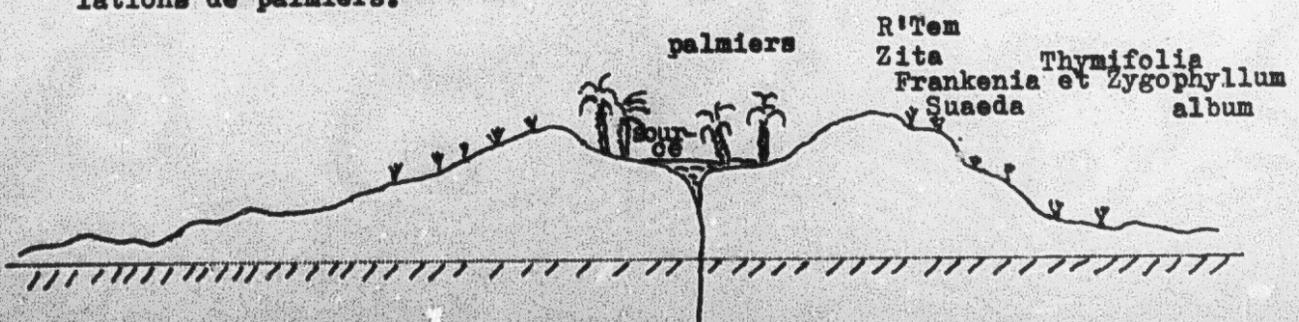
Dans ces zones (Oued Goulan par exemple), sur des sols à texture finement sableuse se développent :

- CYNODON DACTYLON (après une crue surtout)
- PLANTAGO ALBICANS (si le sable est gypseux)
- ARISTIDA PUNGENS.
- RETAMA RETAM (R'TEM)

5°/- VEGETATION DES ATOUNS :

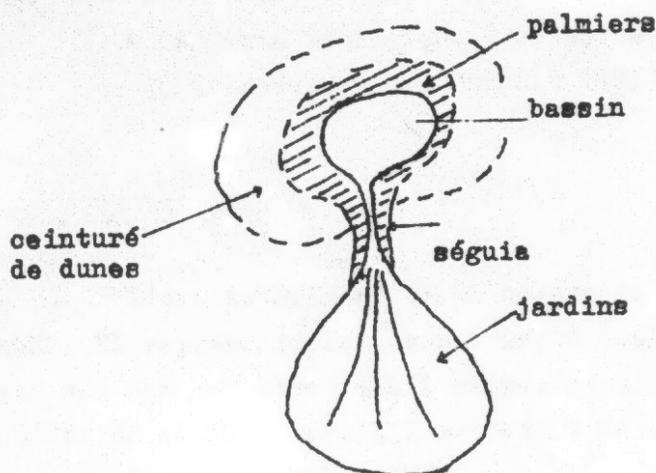
Le NEFZAOUA serait une région au paysage très monotone si 300 résurgences environ, de la nappe campanienne n'entretenaient une végétation très pittoresque.

Ces sources émergent dans de petits bassins circulaires de 10 à 50 m de diamètre fixant une ceinture de dunes, par l'intermédiaire d'une végétation très importante. A l'intérieur se développent des populations de palmiers.



L'association décrite au paragraphe 3 est typique de ces "bouquets". Parfois les eaux du bassin sont acheminées vers les parties basses de la ceinture afin de les utiliser pour irriguer quelques "jardins".

Vue aérienne d'une source du NEFZAOUA



Souvent le bouquet de palmiers en mauvais état végétatif existe encore; mais la source s'est tarie car l'ensemble jouant le rôle de dune d'obstacle s'est trop élevé sous l'action du vent et a dépassé le niveau d'artésianisme de la nappe.

CONCLUSION :

La végétation et l'étude de ses groupements étant très complexe dans le NEFZAOUA, nous n'avons retenu que ses aspects les plus intéressants pour le Pédologue, néanmoins, nous renvoyons le lecteur à l'ouvrage de Monsieur LE HOUEOU pour de plus amples informations.

Le gypse, la salure et les formations sableuses nous ont surtout frappé dans leur corrélation avec la végétation.

Elle joue par ailleurs un rôle important dans les phénomènes de dynamique du gypse (formation des Terchs, des racines gypsifiées etc...).

L A G E O L O G I E

Les renseignements concernant la géologie nous ont été procurés par :

- La Carte Géologique de la Tunisie au 1/500.000° (dressée par M. CASTANY 1951)
- La Carte Géologique provisoire ,feuille KEBILI 1/200.000° (dressée par M. SOLIGNAC 1929).

I.- LES DJEBELS

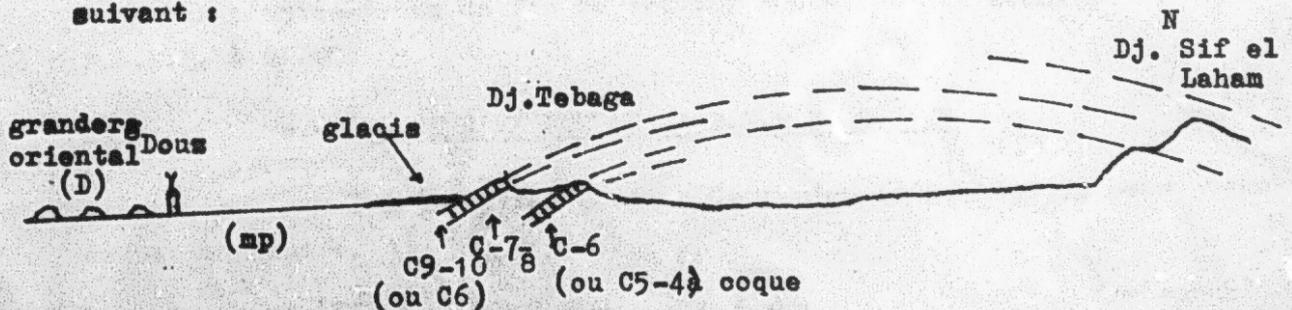
L'arc du DJEBEL TEBAGA marque la limite septentrionale du NEFZAOUA. Il représente le versant méridional du dôme du FEDJADJ et s'étend sur une centaine de kilomètres depuis le DJEBEL EL AZIZA (région d'EL HAMMA de GABES) jusqu'à l'extrémité de la presqu'île de KEBILI, où il s'ennoie dans le CHOTT-DJERID.

Il est constitué de deux barres de CUESTAS calcaires.

- La ligne de Guestas Sud est représentée par les calcaires du Sénonien supérieur(1) (C_{9,10} Campanien et Maestrichien).
- La ligne des Cuestas Nord révèle les calcaires du Cénomaniien et du Turonien (C₅ et C_{5,4}); à l'Ouest dans la presqu'île le Turonien disparaît.

Entre ces deux barres, les Oueds ont entaillé dans les marnes très calcaires du Sénonien inférieur (C_{7,8}) une dépression monoclinale de 1 à 2 kms de large.

La disposition de ce relief peut se résumer par le schéma suivant :



(1) Pour M. COQUE la Guestas méridionale serait Turonienne (C 6) et la septentrionale Cénomanienne (C_{5,4}).

Dans notre étude, les Cuestas méridionales sur une longueur de 15 kms environ, de KANGUET MANSOURA au DJEBEL EL ABIOD; constituant les seuls reliefs vraiment importants.

Nous noterons cependant à l'Est de DOUZ un affleurement du Crétacé supérieur (Campanien vraisemblablement) le KOUDIAT OUM EL ARDJEM. Il s'agit là d'un petit massif à relief tubulaire, témoin du versant Ouest des MATMATA, émergeant des alluvions^{au} miopliocène.

II.- LE NEFZAOUA

Le NEFZAOUA proprement dit appartient à ce que Monsieur COQUE appelle le " Complexe Continental Terminal - Type NEFZAOUA ".

Sur la carte de Monsieur COSTANY, nous notons l'appartenance du NEFZAOUA au Miopliocène (mp) avec des recouvrements de dunes récentes (D), au Sud de DOUZ le Miopliocène s'ennoie sous les alluvions anciennes du quaternaire continental (qt).

Les feuilles géologiques au 1/200.000° de M. SOUIGNAC précise la présence de formations pontiennes (m4) sur le versant méridional de DJEBEL TEBAGA, ainsi que celle de formations du quaternaire ancien (limon. q,,), le reste de la région appartient aux dunes mouvantes (D) et aux alluvions récentes (a - sols des SEBKHAS).

Le complexe continental terminal :

Nous connaissons ce complexe par l'implantation de nombreux forages autour du CHOTT DJERID.

Nous reproduisons ici les coupes de 4 forages du NEFZAOUA, prises dans les comptes-rendu de fin de travaux conservés aux archives du B.I.R.H. à GAFFS.

a.- FORAGE d'EL FAOUAR n° B.I.R.H. 5571/5

Sur les calcaires durs du Campanien situé à 84,5m nous avons de bas en haut :

- Argile rouge / 38 m 5 (épaisseur)
- Sable rouge argileux 27 m 5
- Tuf calcaire 12 m 5
- Sable fin 6 m

b.- FORAGE DE DOUZ-VILLAGE n° B.I.R.H. 6999/5

A partir des calcaires durs du Campanien situés à 57 m, nous observons la succession suivante :

- Argile gréseuse avec rognons de calcaires.	4 m
- Argile sableuse gréseuse rougeâtre.	27 m
- Sables marneux	2 m
- Argile jaune sableuse	18 m
- Sable argileux	1 m
- Sable gypseux	5 m

c.- FORAGE DE NEGGA II n° B.I.R.H. (72/5)

Sur les calcaires du Senonien supérieur, nous avons à partir de 81 m :

- Sables jaunes	11 m
- Argiles jaunes et rougeâtres à graviers de calcaire blanc	30 m
- Argiles grises et vertes	15 m
- Sables blancs à passées gypseuses et calcaires..	25 m

d.- FORAGE DE ZARCINE n°B.I.R.H. 6906/5

En bordure du Chott - les calcaires durs du campanien (96m) marque le terme ultime du complexe qui comprend de bas en haut :

- Argiles rougeâtres, avec passage de galets	7 m 80
- Argiles rougeâtres	35 m 20
- Argiles rougeâtres et verdâtres	13 m
- Argiles rougeâtres	14 m
- Argiles verdâtres et passées sableuses	8 m 23
- Tuf et argiles blanchâtres	2 m 77
- Vases noires sableuses (traces de lignite)	4 m
- Sables fins limoneux	10m
- Sables	1 m

De l'examen de ces différentes coupes il ressort :

- La puissance des couches de ce complexe ne dépasse jamais 103 m (à Guettia); dans la zone périphérique au pied du TEBAGA, elle se réduit à quelques mètres, pour passer à une centaine de mètres en bordure du Chott-DJERID.

b.- FORAGE DE DOUZ-VILLAGE n° B.I.R.H. 6999/5

A partir des calcaires durs du Campanien situés à 57 m, nous observons la succession suivante :

- Argile gréseuse avec rognons de calcaires.	4 m
- Argile sableuse gréseuse rougeâtre.	27 m
- Sables marneux	2 m
- Argile jaune sableuse	18 m
- Sable argileux	1 m
- Sable gypseux	5 m

c.- FORAGE DE NEGGA II n° B.I.R.H. (72/5)

Sur les calcaires du Senonien supérieur, nous avons à partir de 81 m :

- Sables jaunes	11 m
- Argiles jaunes et rougeâtres à graviers de calcaire blanc	30 m
- Argiles grises et vertes	15 m
- Sables blancs à passées gypseuses et calcaires..	25 m

d.- FORAGE DE ZARCINE n°B.I.R.H. 6906/5

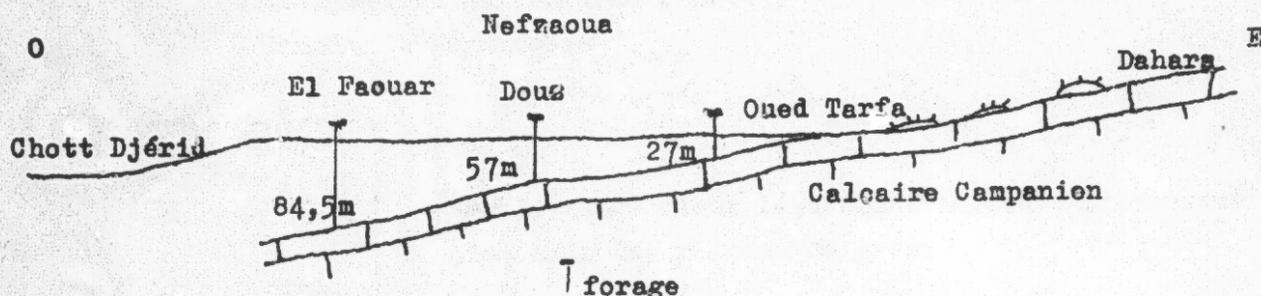
En bordure du Chott - les calcaires durs du campanien (96m) marque le terme ultime du complexe qui comprend de bas en haut :

- Argiles rougeâtres, avec passage de galets	7 m 80
- Argiles rougeâtres	35 m 20
- Argiles rougeâtres et verdâtres	13 m
- Argiles rougeâtres	14 m
- Argiles verdâtres et passées sableuses	8 m 23
- Tuf et argiles blanchâtres	2 m 77
- Vases noires sableuses (traces de lignite)	4 m
- Sables fins limoneux	10m
- Sables	1 m

De l'examen de ces différentes coupes il ressort :

- La puissance des couches de ce complexe ne dépasse jamais 103 m (à Guettia); dans la zone périphérique au pied du TEBAGA, elle se réduit à quelques mètres, pour passer à une centaine de mètres en bordure du Chott-DJERID.

Vers l'Est, à partir de DOUZ, où les couches du complexe continental terminal ont 57 m, la puissance diminue progressivement; nous avons encore 27 m à l'Oued TARFA, puis rapidement le plateau calcaire des Dahars apparaît, comme le montre le schéma ci-dessous :



- L'importance des formations argileuses rougeâtre souvent gypseuses se retrouve de façon permanente, malgré la complexité très grande des différentes couches.

- Les termes finaux du complexe laissent apparaître dans toutes les coupes des sables fins blancs à verdâtres plus ou moins argileux. (nous les retrouvons d'ailleurs dans la description de nombreux profils).

- L'âge et les limites du complexe continental terminal du NEFZAOUA.

Monsieur R. COQUE étale le complexe continental terminal de la Tunisie Présaharienne sur une période allant de la fin du Miocène jusqu'au Quaternaire ancien; plus précisément : du Vindibonien à la fin du Villafranchien. A l'extrême limite il pense que le glacier Acheuléen recouvre le terme final de cette série.

- Le problème des niveaux à cardiums

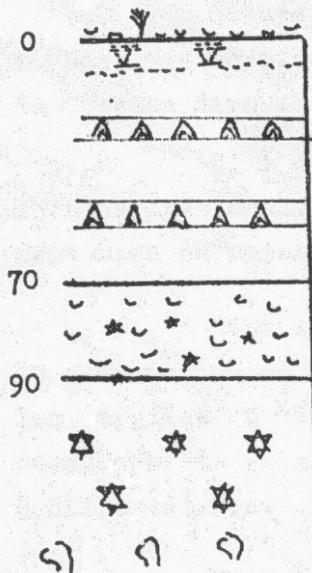
Nous ne pouvons passer sous silence cette question. Il existe tout autour du Chott DJERID de nombreux gisements à Cardiums, M. COQUE distingue deux niveaux correspondant à deux périodes d'envoyage des Chotts:

- | | |
|----------------------------|-------------------------|
| -- 1 ère lagune à cardiums | Villafranchien |
| -- 2 ème lagune à cardiums | Moustérien Levalloisien |

Pour notre part, nous avons retrouvé dans la région de SABRIA, près de la piste NOUIL-ZARCINE, des vertiges d'une plage à cardiums, appartenant vraisemblablement à la 2 ème lagune. (cote 32 m environ).

Ainsi au profil NZ 3 nous avons : Sur une butte présentant, un léger encroûtement gypseux, sur une surface jonchée de petits cailloux ronds, et de débris de cardiums, se développe la végétation suivante :

- Touffes de Retama retam (R'Tem)
- Suaeda mollis
- Limonastrium guynonianum (Zita)
- Frankenia Thymifolia



Sable beige clair légèrement encroûté présentant des lits de cristaux de gypse.

Sable gris vert avec petites roses de sable, de nombreux cardiums.

Sable gris vert identique au précédent avec de belles roses de sables, et de nombreuses Rasse Kelb vers le bas.

La position topographique semble indiquer que nous avons ici un témoin de cette plage qui a été protégée par un apport sableux gypseux qui s'est encroûté.

III.- CONCLUSION

Mise à part sa limite Nord le NEFZAOUA est une région au relief peu accidentée; les formations du quaternaire récent(D) laisse apparaître en de nombreux endroits l'existence d'un complexe terminal continental de nature argilo-sableuse.

I.- LES NAPPES ARTESIENNES DU NEFZAOUA

Nous en connaissons trois :

1°/- LA NAPPE CAMPANIENNE :

C'est la nappe la plus largement exploitée dans le NEFZAOUA.

Située à une profondeur variant de 30 à 100m (voir les coupes du complexe terminal § Géologie), elle alimente aujourd'hui une cinquantaine de forages dans tout le NEFZAOUA, débitant ainsi 1.600 l/s environ.

Si l'on a pu mesurer facilement les débits des différents forages captant la campanien, on doit avouer que l'on ne connaît pratiquement rien au sujet des sources artésiennes naturelles.

Nous avons vu dans le chapitre précédent leur importance dans le paysage; on dénombre ainsi 300 points où les eaux remontent à travers les argiles du complexe terminal et sourdent au sommet d'une butte couronnée de palmiers; quel est leur débit ?? Les services du B.I.R.H. à GABES estiment qu'il est compris entre 0,25 et 0,75 l/s.

Nous voyons donc qu'à l'heure actuelle l'exploitation de la nappe est à son maximum et de nombreuses sources naturelles se sont taries depuis l'implantation de ces forages.

2°/- LA NAPPE TURONNIENNE :

Au pied du DJEBEL TEBAGA, et en particulier dans la presqu'île de KEBILI, les sondages captent cette nappe. Actuellement, les sources et les forages débitent 300 l/s environ; bien que moins importante que la précédente elle est aussi surexploitée.

3°/- LA NAPPE DU CONTINENTAL INTERCALAIRE :

Dans un avenir très proche, afin de pouvoir répondre aux besoins en eau sans cesse croissant de la région (développement très important du tourisme) les Hydrogéologues vont être obligés de s'intéresser de plus en plus à la nappe profonde du Continental intercalaire dont les réserves sont très importantes.

Un inventaire des possibilités de cette nappe va être entrepris sous l'égide de l'U.N.E.S.C.O. (Les problèmes de sa réalimentation intéressent à la fois la TUNISIE et l'ALGERIE).

(1) D'après travaux de Ch. DOMMERGUE (1952)

Dans l'immédiat, les services du H.E.R. ont implanté dans la région de SELTIMI un forage très prometteur; malheureusement cette nappe ne peut être atteinte facilement que dans la région de l'axe du dôme du FEDJEDJ, et les problèmes d'adduction vers les terres fertiles sont loin d'être résolus.

II.- COMPOSITION CHIMIQUE DES NAPPES DU NEFZAOUA

a/- NAPPE CAMPANIEN :

FORAGE	DJEMMA 29/5	ZAFRANE 5365/5	DOUZ	KEBILI
Résidu sec g/l	1,480	1,360	0,900	2,563
Conductivité mmhos/cm	2,7	2,6	2,0	4,0

Ces eaux sont chargées en Cl^- (30 % environ) et ont des S.A.R. compris entre 4 et 5,2. D'après les normes de RIVERSIDE, modifiées par DURAND pour l'Afrique du Nord, ces eaux sont classées en $S_2 C_3$ à $S_2 C_4$ (eaux fortement salées à très fortement salées, mais peu de risques d'alcalinisation en présence de sols à texture légère, et de gypse).

b/- NAPPE TURONIENNE :

Monsieur POUGET a remarqué que la salure de cette nappe s'élève lorsque l'on se rapproche du Chott, mais que par contre le rapport Cl^-/SO_4^{--} diminue (à l'extrémité de la presqu'île les eaux sont très chargées en sulfates ceci en relation avec des sédiments très gypseux) ainsi :

- à MANSOURA	R.S. = 1,80 g/l	$Cl^-/SO_4^{--} = 1,4$
- à FATNASSA	R.S. = 3,80 g/l	$Cl^-/SO_4^{--} = 0,6$

III.- LES NAPPES PHREATIQUES (superficielles)

Elles sont très importantes dans tout le NEFZAOUA, en particulier entre le Chott DJERID et la Piste KEBILI-DOUZ.

La proximité du grand Chott, des Sebkhass, des fonds d'oueds, des forages implantés dans le campanien et des quelques 200 sources naturelles contribuent à l'entretien de celles-ci à faible profondeur.

Schématiquement dans le triangle KEBILI-DOUZ-DARJINE et AMEUR, mises à part les buttes encroûtées et les grandes barâchans, les nappes phréatiques sont pratiquement toujours localisées entre 1 m et 5 m de profondeur; d'ailleurs dans cette zone le sol est toujours " frais ".

Les habitants du NEFZAOUA connaissent bien ces nappes et les utilisent à des fins agronomiques malgré leur forte charge (5 à 18 g/l)

- soit par des puits de surface (quand elle est peu chargée à KEBILI).
- soit en plantant des palmiers directement dans la nappe après avoir enlevé le Terch (croûte gypseuse). Au Sud de DOUZ dans les extensions de la palmeraie, de telles plantations de DEGLAT-ENNOUR, non irriguées, donnent des résultats remarquables et pourtant la nappe titre 7 à 10 g/l.

Le Pédologue s'intéresse tout particulièrement à ces nappes car elles conditionnent la dynamique du gypse: de nombreux phénomènes gypseux sont étroitement liés à la présence de celles-ci (Terch, Deb deb, nodules, roses des sables et même encroûtement de surface favorisés par cette humidité).

IV.- HYDROLOGIE DE SURFACE

Malgré un système hydraulique spectaculaire sur les versants du TEBAGA, les oueds ne coulent qu'une ou deux fois par an lors des fortes pluies. Les plus importants sont :

- L'Oued MANSOURA, draine la dépression monoclinale du TEBAGA depuis la cote 227 (feuille 1/100.000° KEBILI) jusqu'à la Kanguet Mansoura, de là il descend vers le Chott KEBILI entaillant profondément le glacis n° 2.
- L'Oued MELAH très important par ses crues recueille toutes les eaux en provenance de la Cuesta Sud du TEBAGA et de son glacis. Ce dernier se jette dans l'Oued MANSOURA à l'entrée de KEBILI.

- L'Oued GOULAM draine lui aussi la depression monoclinale. Il s'engage par la trouée de ROUIQUIB EL RHORFA dans le glacis où il façonne de véritables gorges, son exutoire est le Chott EL HOSNIA qui " barre " très souvent la piste KEBILI-DOUZ.
- L'Oued MELAH (près de la S.C.A.S.T.), coule pratiquement toute l'année (compte tenu de l'apport des forages) vers le Chott KEBILI.

Enfin, il convient de signaler l'importance des SEBKHAS, dans tout le NEFZAOUA. La plupart sont en relation avec le Chott DJERID et suivent à peu près son régime hydrique.

En Automne et au Printemps, lors des crues, les Chotts HOSNIA, O. TARFA, DJEMNA et MELAH sont souvent recouverts de flaques d'eau, mais ceci est un état très passager.

Nous noterons que le terme de Chott est impropre dans ces régions, en fait, il sert à désigner la bordure de la SEBKHA là où la végétation peut survivre. Nous reviendrons en détail sur les aspects du Chott DJERID dans le chapitre de la Géomorphologie.

V.- CONCLUSION

L'abaissement du niveau statique des nappes du NEFZAOUA, l'aridification croissante des climats, l'enfoncement du DJERID font que l'hydromorphie n'est plus ce qu'elle a été autrefois. De nombreux paléosols hydromorphes (surtout les anciennes croûtes gypseuses de nappe) en témoignent.

I.- LE DJEBEL TEBAGA et les GLACIS

1°/- LES GUESTAS :

Les versants du DJEBEL TEBAGA sont escarpés et très façonnés par l'érosion

Les calcaires dolomitiques du Cénomanién et du Turonien, séparés par des couches marneuses très gypseuses ont permis l'élaboration d'une double ligne de Cuestas dont les fronts sont orientés vers le Nord. Comme nous l'avons vu, l'érosion dans des matériaux moins durs a façonné la dépression monoclinale qui sépare les deux barres. Celles-ci sont fortement entaillées perpendiculairement par les Foug ou Kanguet dans lesquels s'engagent les Oueds Mansoura, Kerker et Goulam. Ces trois Oueds sont des exemples classiques de capture d'Oued de la dépression monoclinale par des Oueds perpendiculaire à l'axe du DJEBEL. Aujourd'hui on peut encore observer l'élaboration de captures à différents stades sur tout le versant méridional du TEBAGA.

A l'Ouest, avec l'envoyage du TEBAGA dans le Chott DJERID, les Cuestas apparaissent alors comme de simples pitons rocheux émergeant au travers du complexe terminal, cependant le dédoublement peut être encore observé à ce stade de simples témoins.

Si le front Nord des Cuestas est très escarpé, le versant Sud tout en conservant une forte inclinaison, a des pentes nettement moins fortes. Ce versant est fortement disséqué par de petits Oueds, simples ravins souvent de 0,500 à 2 kms de long qui dévalent vers les Oueds majeurs ou les SEBKHAS.

Sur les photos aériennes et les fonds topographiques ce "relief" festonné " apparaît nettement.

2°/- LES GLACIS DU DJEBEL TEBAGA

Il s'agit d'une zone s'étendant sur 3 à 4 kms de large à partir des premiers escarpements du DJEBEL TEBAGA.

Nous notons la présence de deux glacis d'âge différents (M. COQUE):

- Le Glacis II, correspondant au Monstérien
 - Le Glacis I, (le plus récent) correspondant au Capsien
- ces glacis d'érosion ont connu une phase peu importante d'accumulation aussi M. COQUE leur donne-t'il le nom de Glacis d'érosion couverts.

a)- Le GLACIS II (Moustérien)

C'est le niveau le plus représenté dans la zone étudiée, il couvre la presque totalité du versant méridional du DJEBEL TEBAGA né vers l'amont dans les calcaires Turonien et aval dans les premiers recouvrements du complexe continental terminal, il prend beaucoup d'ampleur dans la zone du bassin de l'Oued MELAH, ainsi qu'à proximité du Foum ROUIGUIB EL RHORFA.

Dans sa presque totalité, il est recouvert d'une puissante croûte gypseuse qui scelle les alluvions de la phase d'accumulation. La meilleure coupe de ce glacis nous est donné par les gorges de l'Oued GOULAM (voir le Schéma) ainsi nous avons :

0 - 15 cm : Croûte gypseuse fissurée et facilement "détachable" de l'horizon sous-jacent. Elle se présente sous la forme de dalles polygonales aux arrêtes relativement vives. La face extérieure ainsi que les faces latérales sont recouvertes d'une patine grise.

15 - 125 cm : Blanc sâle. Encroûtement gypseux à macrostructure prismatique, avec une sous-structure en plaquettes polygonales (moins nette que pour la croûte). Le gypse y est finement cristallisé et entre les prismes le long des parois verticales une patine de quelques mm d'épaisseur peut être remarquée.

Vers le bas de l'horizon, la structure devient nettement plus massive, avec la disparition des fentes de retrait.

125 - 425 cm : Horizon très hétérogène représentant les alluvions de la phase d'accumulation du glacis.

Il s'agit d'éléments détritiques en provenance du DJEBEL. Ces blocs, galets, graviers et sables sont surtout calcaire, le gypse sous formes de gros cristaux souvent, emballe le tout et donne une certaine consistance à l'ensemble qui prend l'aspect d'un conglomérat.

Immédiatement sous l'encroûtement, le gypse semble avoir coulé et donne des chandelles de quelques centimètres de long ressemblant étrangement à des stalactites. Le long de la paroi s'est formé une croûte gypseuse latérale présentant une patine comparable à celle de la croûte superficielle.

> 425 cm : Nous passons brusquement aux calcaires Turoniens, qui se présentent sous forme de larges dalles émergeant par endroit à travers les alluvions du lit actuel de l'Oued.

Ce profil est caractéristique du glacier Moustérien, nous le retrouvons à plusieurs endroits, en particulier en bordure de l'Oued MANSOURA à l'entrée de KEBILI.

Nous noterons cependant que :

- La couverture du Glacier à tendance à s'amincir depuis le DJEBEL vers l'aval.
- La croûte gypseuse n'a pas partout la même ampleur.
- Souvent au-dessus de la croûte elle-même nous avons un recouvrement de 10 à 30 cm de limons rouges qui permet le développement d'une végétation.
- A proximité du DJEBEL la surface est jonchée d'éléments détritiques, blocs, cailloux, pierres etc... tous calcaires et anguleux mêlés à des débris de croûte, l'ensemble prend ainsi l'aspect d'un reg. Une patine recouvre généralement tous ces débris.

b)- Le GLACIS I (Capsien)

Il s'agit du niveau le plus récent, emboîté dans le glacier Moustérien. La couverture alluviale est dans ce cas plus mince 0,50 m à 1,00m et la croûte gypseuse a pratiquement disparu pour faire place à un manteau de limons roses. Ces limons peuvent d'ailleurs se trouver dans les ravines de la croûte gypseuse superficielle du Glacier II. Ces limons sont calcaro-gypseux (15 - 18 % de Ca CO_3 et 10 à 15 % de $\text{Ca SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), et constituent les meilleurs terrains de la région. Malheureusement leur épaisseur est toujours très limitée 50 à 60 cm au plus.

Le Glacier Capsien représentant la basse terrasse, est relativement peu développé sur le versant méridional du TEBAGA, son extension se limite, dans la zone étudiée, au bassin de l'Oued GOULAM; là il s'encastré plus ou moins profondément dans les puissantes couches alluviales du Glacier Moustérien scellées par la croûte gypseuse.

II.- LA MORPHOLOGIE LIÉE AUX SEBKHAS

Nous préciserons tout d'abord les termes :

- SEBKHA : Est en général une vaste étendue apparemment plane recouverte d'eau à certaines périodes de l'année (lors de la saison hivernale, et lors des fortes crues); la végétation en est totalement absente; leurs principaux traits d'originalité sont leurs revêtements salins.

- CHOTT ; Il définit en bordure des SEBKHAS une auréole de végétation type halophyle. Les cristallisations salines y sont parfois encore présentes, mais à un degré moindre. Il s'agit donc donc essentiellement d'une notion botanique. Nous notons ici la présence des plantes telles :

- HALOCNEMUM STROBILACEUM (la plus résistante à la salure)
- SUAEDA.
- AELOROPUS LITTORALIS
- TAMARIX etc...

Donc le CHOTT est la frange littorale de la SEBKHA. Malheureusement les documents topographiques indiquent, le plus souvent " CHOTT " alors qu'il s'agit en grande partie d'une SEBKHA.

1°/- LA SURFACE DES SEBKHAS :

La surface du CHOTT DJERID et celle des SEBKHAS secondaires de l'intérieur, présentent une platitude d'ensemble remarquable.

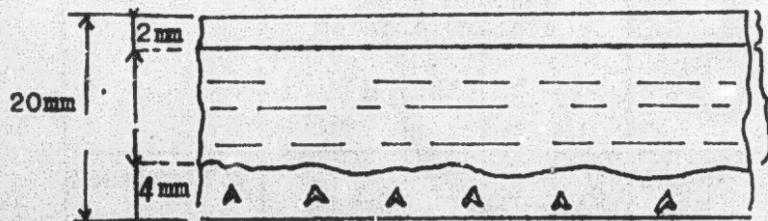
Pendant la période hivernale, nous avons pu noter la présence de flaques d'eau très salées, mais jamais très importantes. Par contre, la présence de boue, rendant l'accès des SEBKHAS très difficile, est générale durant cette période.

A partir d'Avril, se développent alors en surface les revêtements salins qui confèrent à ces vastes étendues une blancheur étonnante. Il s'agit surtout de cristaux de Na Cl, très bien individualisés, visibles à la loupe de forme cubique, très souvent mêlés à de petits cristaux de gypse aux formes mal définies.

En fait, c'est surtout sur les quelques premiers centimètres (0 - 3 cm au maximum) que ces phénomènes prennent toute leur ampleur.

Coupe d'une pellicule Saline

(Surface du Chott DJERID - Prof. NZ 27)



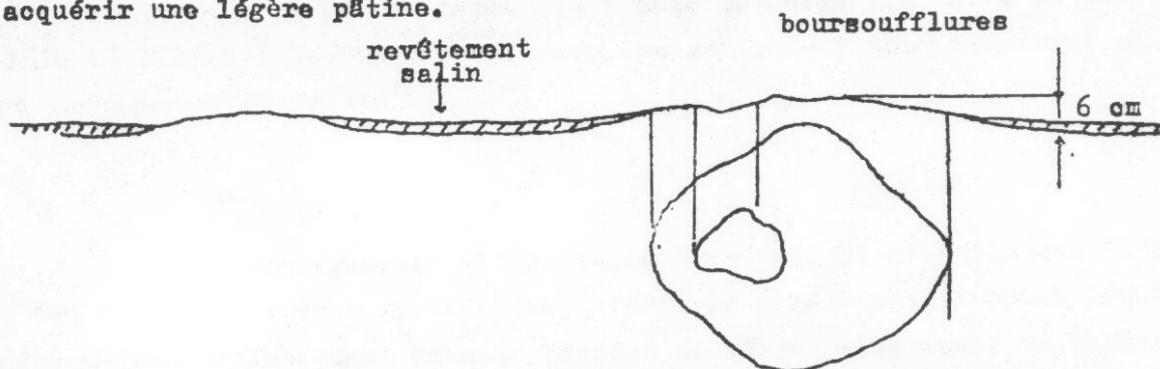
Cristaux Na Cl très blanc
Matériau souvent sablo-argileux
lité, avec cristaux gypse et
Na Cl.
Accumulation préférentielle
des cristaux de gypse.

Ces pellicules peuvent aussi se retrouver sur des parois, le long de fossés de drainage, sur les faces des profils ouverts depuis quelques temps. Donc elles se forment rapidement par concentration en sel des eaux superficielles hivernales, mais aussi par remontée capillaire des solutions du sol toujours très chargées.

En été, ces pellicules se "soufflent", se deshydratent et durcissent; un horizon poudreux se développe alors sous celles-ci, il s'agit de particules argileuses enrobées de sel qui prennent l'aspect de pseudosable.

Cette pellicule saline n'est pas tout à fait continue; par une observation attentive, et dans certains sites uniquement, nous avons pu noter la présence de boursoufflures, émergeant à travers la pellicule.

Ces formes originales d'un diamètre variant de 20 à 150 cm n'ont que quelques centimètres de hauteur. Elles ne possèdent pas le revêtement salin classique blanc, mais ont un aspect brúnâtre et tendance à acquérir une légère pátine.



La pellicule salée entre les boursoufflures peut s'expliquer relativement facilement : les eaux s'accablent dans les zones les plus basses et c'est là que ce fait la concentration des sels.

Quant à la présence des boursoufflures, elle s'explique surtout par la plus forte teneur en gypse de leurs constituants.

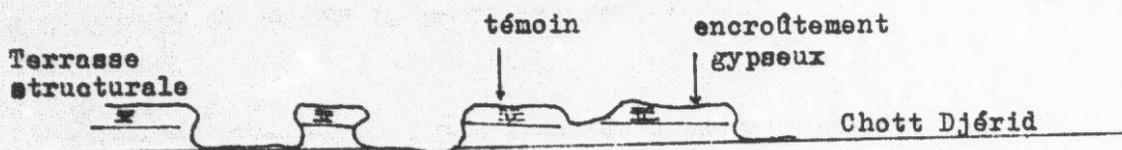
Il ne s'agit là que d'une constatation; en fait, pourquoi le gypse s'accablent-il ici préférentiellement d'autant plus qu'il n'existe aucune végétation.

	GRANULOMETRIE Méthode Oxalate					pH	Ca CO ₃ %	Gyp- se %	Cond. SP mmhos	Cl meq/l	Ca meq/l	Na meq/l	CO ₃ H meq/l
	A	L	STF	SF	SG								
Boursouff..	8,5	4,5	9	59	1,0	7,6	0,8	50,2	124	1.900	155	1.856	4,0
Surface Sebkhas	8	3,0	7	61	1,0	7,8	0,8	32,8	194	5.100	80	5.270	3,0

2°/- LES FORMES STRUCTURALES

Sur le pourtour du CHOTT DJERID, l'érosion a dégagé quelques terrasses dans les gypses lagunaires du Villafranchien (M. R. OQUE).

Nous rencontrons ces formes de part et d'autre de la piste de KEBILI ELFAOUAR dans la zone du Draa CHEIKR EL RHARSA; dominant le Chott de 2 m à 3 m une terrasse encroûtée à la surface, a été dissequée à l'extrême, donnant au paysage un aspect de ruines.



Nous retrouvons cette terrasse à l'intérieur du pays, entre DOUZ et NOUIL en bordure du Chott HOUGH EL HROULA (feuille DOUZ 1/100.000°); ici encore l'érosion a dégagé dans les argiles sableuses gypseuses des "GOURS", nom local de ces fermes; leur côte correspond à celle du DRAA CHEIKR EL RHARSA (25-30m). Plus à l'est, les sables ont tout recouvert et ces terrasses disparaissent.

3°/- CONCLUSION

Nous soulignerons l'importance prise par l'extension des SEBKHAS et des CHOTTS dans tout le NEFZAOUA; bordant la zone Ouest, le Chott DJERID enfonce très profondément dans les terres un réseau anastomosé de SEBKHAS secondaires donnant aux terrains émergés l'aspect d'un archipel d'îlots.

Cette pénétration des Sebkhass fait que presque tous les sols sont salés.

III.- LA HAMADA - LA MORPHOLOGIE DUNAIRE

1°/- LA HAMADA :

Depuis la chaîne des MATMATA, un vaste plateau calcaire descend en pente douce vers le Chott DJERID, il est rapidement ennoyé sous le complexe continental terminal type NEFZAOUA et au Sud par le grand ERG oriental.

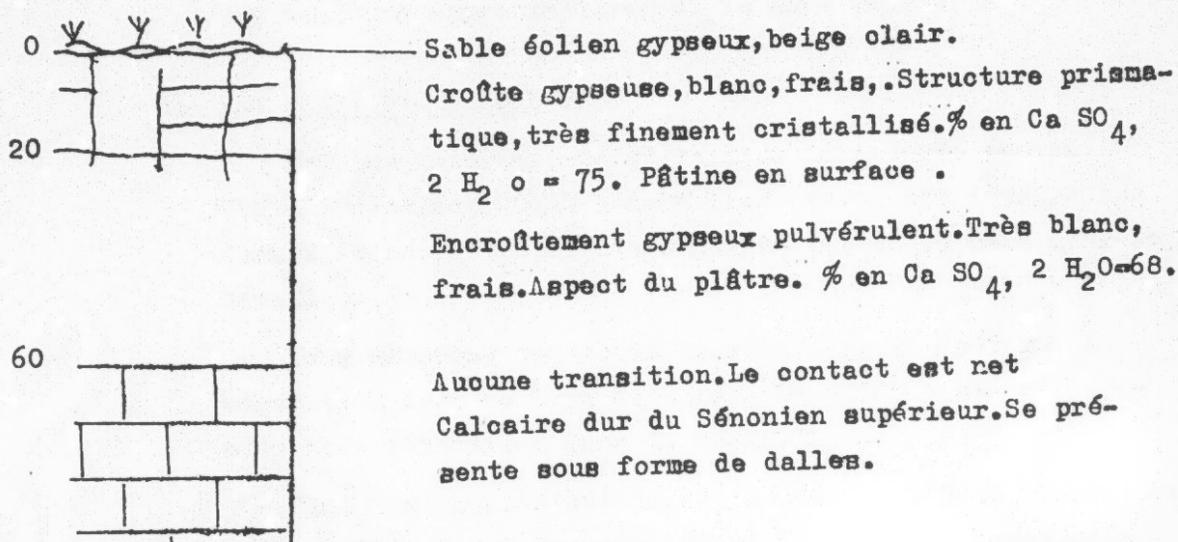
Ce plateau constitue la HAMADA, dont les revêtements à l'Est sont constitués par une croûte gypseuse, ou par une croûte calcaire zonée, ou encore par un reg de croûte calcaire.

Dans la zone étudiée, la HAMADA n'apparaît qu'au KOUDIAT OUM EL ARDJEM, il s'agit uniquement d'un témoin émergeant à travers le complexe terminal.

Cette hauteur (109 m au signal) se présente comme une ligne de collines orientées N.S. se détachant très peu de l'ensemble du paysage, les formes étant très molles.

A la faveur de carrières les couches calcaires (Sénonien supérieur) apparaissent peu inclinées (moins que l'indique le schéma d'ensemble) sous forme de grandes dalles. Le tout est couronné d'une croûte gypseuse.

Nous avons relevé le 21.2.1968, dans une tranchée d'exploitation du KOUDIAT OUM EL ARDJEM le profil suivant :



La présence de cette croûte coiffant un matériau non gypseux, nous posera par la suite un problème.

2°/- LA MORPHOLOGIE DUNAIRE :

Le NEFZAOUA, région très ventée, est le domaine des dunes.

a)- LES DUNES LIBRES :

Les barkhanes, forme de dunes très connue (croissant à convexité face au vent), se multiplient à l'extrême à l'approche du grand Erg oriental, formant ainsi les Ergs mineurs Mérazig, Zaafrane, Maamain etc...

Ces Ergs ont tendance à se développer depuis 15 ou 20 ans, conséquence de l'arrachage des buissons de la steppe (R'Tem, Zita, Calligonum etc...) et du surpâturage. Ce phénomène est remarquable autour d'EL FAOUAR, AIN-ASHMI, et même DOUZ est très menacé par le sable, bien qu'un effort de plantation de bandes forestières de protection ait été réalisé ces dernières années.

Ces dunes sont très mobiles, une piste peut être coupée par le sable en une seule journée de grand vent. Elles ont tendance à envahir les SEBKHAS et à ennoyer les reliefs. Leur surface de recouvrement ne dépasse jamais 80 % et leur hauteur maximum 3 m. Elles s'alignent en cordons de direction N.E. - S.W., conséquence des vents dominants.

La végétation est rare sur ces Barkhanes; il s'agit de quelques espèces adaptées telle que l'Hélianthenum.

Si ces dunes sont sujettes à de forts remaniements concernant leur localisation, un erg dans son ensemble couvre toujours approximativement la même région.

b)- LES DUNES D'OBSTACLE :

La plus intéressante et la plus importante est la NEBKHA. Monsieur COQUE a très bien décrit ses différentes formes et notre propos n'est pas de reprendre ceci dans le détail.

Nous noterons cependant le rôle capital joué par la végétation dans ce type de dunes. La NEBKHA est un phénomène très généralisé dans le NEFZAOUA.

Dans les zones d'épandage limoneux de l'Oued GOULAM, nous avons à faire à de grosses buttes (2 à 3 m de haut) colonisées par le R'Ten.

En bordure des SEBKHAS et des CHOTTS, le Tamaris, le Zita (limonastrum Guyonanum), la Soude fixent les sables; les formes sont alors moins importantes.

Sur les steppes gypsicoles, c'est le Traganum Nudatum et le Nitraria Retusa qui jouent ce rôle.

Si l'Homme ou les animaux détériorent la végétation en place, il n'y a plus d'obstacle pour le sable et c'est un erg qui se développe très rapidement.

Ces Nebkhas sont toujours le siège d'une activité racinaire exceptionnelle, ainsi retrouve-t'on dans leur voisinage immédiat très souvent des racines et même des collets gypsifiés, complètement pétrifiés. La plante mourant, la Nebkha disparaît, le sable entraîné va former un peu plus loin une autre Nebkha autour d'un jeune végétal sain; l'érosion éolienne ayant alors dégagé les éléments pétrifiés qui jonchent la surface.

La formation de ces racines pétrifiées se conçoit aisément en invoquant une concentration des sulfates dans la zone radiolaire.

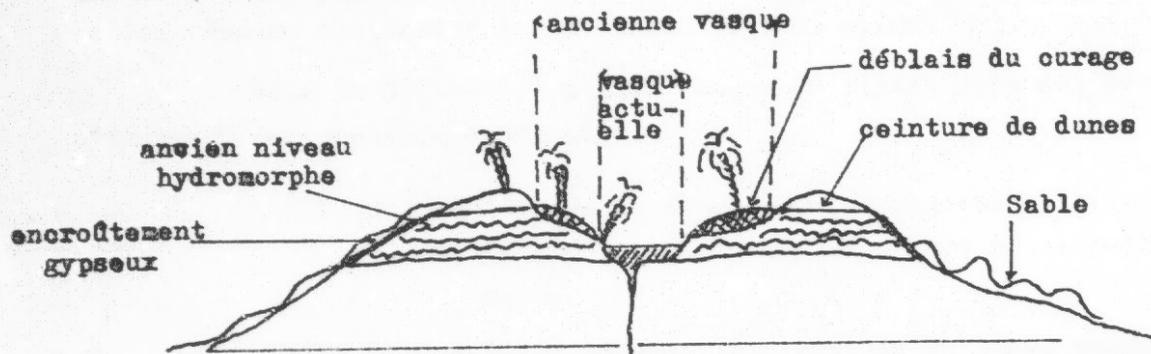
IV.- LES SOURCES ARTESIENNES DU NEFZAOUA - LEUR MORPHOLOGIE

Nous avons abordé ce problème lors de l'étude de la végétation. Localement, on les désigne sous le terme " d'AIOUN ".

L'eau émerge au sommet d'un petit monticule; celui-ci est tout simplement un ensemble de dunes d'obstacle fixées par une végétation très abondante.

Si la ceinture dunaire continue à s'élever aujourd'hui sous l'effet des vents de sable, le niveau d'artésianisme a tendance à baisser et les sources à se tarir et à s'ensabler aussi les populations du NEFZAOUA et du MERAZIG doivent-elles continuellement les curer, pour pouvoir atteindre l'eau.

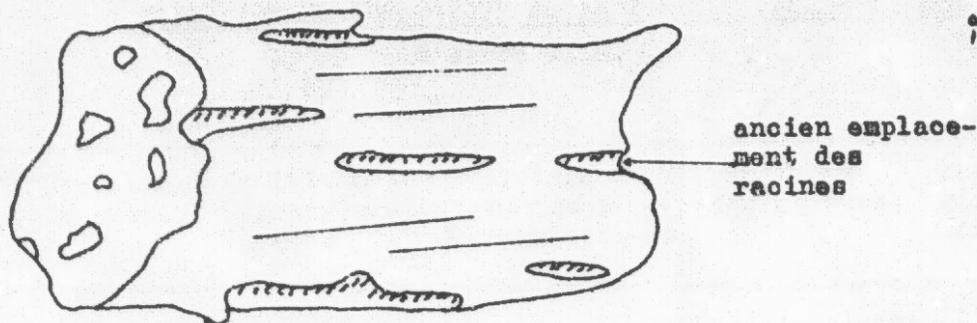
Nous pouvons voir ainsi dans de nombreuses AIouns, une vasque ancienne dans laquelle s'emboîte l'actuelle de dimensions plus réduites.



Sur les flancs de ces monticules on retrouve les anciens niveaux d'hydromorphie présentant des formes de réprécipitation des sulfates et carbonates de calcium souvent très originales; la déflation peut les dégager.

Ainsi, nous avons au-dessus de sables gypseux très bariolés (taches rouilles et vertes):

- Des " RAS-KELB " calcaro-gypseuses pouvant atteindre des dimensions de 10 cm parfois.
- Des précipitations calcaro-gypseuses (surtout calcaires) dans la zone d'intensité maximum des racines de palmiers. Les racines disparaissant avec l'abaissement du niveau d'eau, l'érosion à têt fait de dégager des formes à l'aspect de " pain d'épice " dans lequel tous les canalicules ont une orientation parallèle (correspondant à l'ordonnement des racines).



- Des racines pétrifiées par le gypse
- Des amas et des nodules gypseux
- Des encroûtements gypseux de nappe.

Sur les flancs de ces Aïouns, si le sable n'a pas tout colonisé, un encroûtement gypseux peut se former sur ces anciens niveaux hydromorphes.

V.- CONCLUSIONS

Depuis le Villafranchien " il n'existe aucune preuve d'une participation de la tectonique à la morphogénèse. Le modelé du paysage actuel résulte uniquement de la variabilité du climat "(1).

Dans le NEFZAOUA, les alternances du climat nous ont permis de distinguer seulement deux niveaux :

- NIVEAU II - d'âge Moustérien, le plus représenté dans le paysage, très souvent recouvert d'une croûte gypseuse.
- NIVEAU I - d'âge Capsien, il s'agit de la basse terrasse caractérisée par les dépôts sablo-limoneux des Oueds, et le creusement des Sebkhass actuelles.

Dans le tableau ci-joint, nous donnons une récapitulation des phénomènes morphologiques durant le quaternaire.

(1) M. Roger COQUE : La Tunisie présaharienne p. 425.

EVOLUTION MORPHOLOGIQUE de la TUNISIE PRESAHARIENNE

(d'après M. R. COQUE)

Niveaux	Industrie Humaine	Evolution du climat	Evolution des dépressions fermées	Evolution formations Morphologiques	Formations Pédologiques	Terminologie Marocaine
	Peuple-Culture ?	Début de l'aridification	Ennoyage des Chotts-1ère lagune à Cardium (sédimentation)	Bordure des chaînes (Cuestas)	Croûte calcaire (absente dans le Nefzaoua)	Villafran- chien et Moulouyen
Niveau IV ?	?	Semi-aride	Sédimentation	Glacis IV reg de désagrégation	Croûte zonée calc. (absente) Croûte gypseuse	?
Niveau III	Acheuléen évolué	Aride ----- Semi-aride	Sédimentation	Glacis III reg de désagrégation	Croûte gypseuse (pas de vestige dans le Nefzaoua)	Tensiftien ?
Niveau II	Moustérien	Aride ----- Semi-aride ----- Aride	Ennoyage des chotts 2ème lagune à Cardium	Glacis II Dissection de la Hamada	Croûte gypseuse	Soltanien
Niveau I	Capsien Actuel	Subaride ----- Aride ----- Subaride ----- Aridification en cours	Assèchement de la lagune Stabilisation des garaets. Faible creusement des Sebkhass	Glacis I ou basse terrasse Extension des dunes	- Sols des déserts - Sols alluviaux - Sols salés - Formation des polygones gypseux - Remise en mouvement du gypse	Rharbien Actuel

LES TOLS

L E S S O L S

Malgré l'aridification croissante du climat et un recouvrement continu des terres par des apports éoliens, trois aspects marquent essentiellement l'évolution des sols de la région :

- La Salure,
- L'Hydromorphie actuelle et ancienne
- Le gypse.

La présence du Chott DJERID, sa profonde pénétration à l'intérieur, l'existence d'un "réseau" de SEBKHAS secondaires, expliquent les forts taux de salure ainsi que les caractères d'hydromorphie observés dans de nombreux sols.

La pédogenèse actuelle du NEFZAOUA est placée sous le signe de la dynamique du gypse, que l'on retrouve dans les différents horizons, à quelques exceptions près. La présence du gypse dans de nombreux sédiments du quaternaire ancien, ainsi que dans la cuvette du DJERID permet d'expliquer l'importance prise par celui-ci dans les sols et dans les eaux.

I.- LES SOLS HALOMORPHES

La texture souvent très sableuse de ces sols en rend l'étude difficile, quant à la détermination du degré de saturation de la pâte, et à celle du rapport $\frac{Na + K}{T}$ pratiquement impossible à doser. Aussi avons nous utilisé le graphique du Hand Book n° 60 (U.S. dep. of Agric.) donnant la relation entre le S.A.R.(1) et le $\frac{Na}{T}$ calculé.

La limite de 7 mmhos/cm (t = 25°C) nous apparait vraiment comme une valeur minimale de la conductivité de l'extrait de pâte; en effet de nombreux sols (type calcomagnésimorphes) possèdent des caractères d'évolution (dynamique du gypse par exemple); plus marqués que ceux d'halomorphie.

La valeur du rapport $\frac{Na}{T}$ 12 - 15 % comme limite d'alcalinisation n'a pas toujours une grande signification dans ces terrains sableux, où l'examen d'une structure est toujours problématique.

 (1) S.A.R. = $\frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}}$ (dosés dans l'extrait de pâte saturé).

Il nous faut aussi rappeler le caractère fugace de la salure de nombreux sols à texture légère; nous avons pu déjà observer ce phénomène dans les oasis littorales et continentales; ce qui a amené les Pédologues du Sud Tunisien à supprimer la classe des sols halomorphes de la classification de ces types de sols.

Enfin, un problème de classification délicat s'est posé :

OU CLASSER LES SOLS SALES DES SEBKHAS A HYDROMORPHIE TOTALE ET SOUMIS A UNE SUBMERSION PENDANT UNE PERIODE PLUS OU MOINS LONGUE DE L'ANNEE ?.

si la salure est le caractère qui prévaut durant la saison estivale, l'hydromorphie, l'engorgement semblent tout au long de l'hiver marquer fortement l'évolution de ces sols.

En raison de l'absence de minéraux argileux, les sols halomorphes seront tous salins, nous signalerons le caractère d'alcalisation uniquement pour certains.

1°)- SOUS-CLASSE DES SOLS HALOMORPHES A STRUCTURE NON DEGRADEE

(Groupe des Sols Salins)

A - SOUS-GROUPE A ENCROUTEMENT SALINS SUPERFICIEL : Sols des SEBKHAS très salés. Présence d'une nappe. Caractère d'alcalisation.

Ils sont soumis tout au long de l'année à l'action d'une nappe phréatique très riche en sels solubles, et proche de la surface (50 à 200 cm).

En surface se développent des efflorescences de Na Cl blanches très fines formant une croûte qui craque sous le pas; le même phénomène peut s'observer sur les parois du profil; ces efflorescences peuvent se former facilement en 48 heures. Observées à la loupe ces formes se présentent sous l'aspect de petits cristaux cubiques juxtaposés (Na Cl).

a)- DESCRIPTION DU PROFIL NZ 30

- Dans le Chott DJERID, 2 Km à l'Ouest de BLIDET
- Pente pratiquement nulle; surface uniformément plate et très blanche, qui " craque " sous le pas.
- Végétation totalement absente
- Le drainage externe est mauvais : l'eau des pluies s'évacue très lentement par infiltration (les horizons étant toujours saturés) et un peu plus rapidement par évaporation.

L'écoulement dépend surtout du caprice des vents.

- Présence en surface et sur la partie supérieure des parois du profil surtout, de magnifiques efflorescences salines de Na Cl. De nombreux cristaux de gypse, inorganisés le plus souvent, à tendance lenticulaire jonchent la surface ; leur diamètre reste inférieur à 0,7 mm.

- 0 - 0,5 cm : Efflorescences salines très blanches constituées de petits cristaux de Na Cl. Cristaux de gypse beige de forme lenticulaire. Le tout forme une pellicule soufflée " craquante ".
- 0,5 - 30 cm : Très humide - 10 YR 7/6, mais couleur hétérogène : car stratifications entrecroisées soulignées par une couleur plus sombre (très souvent). Absence de calcaire et de m.o. dans cet horizon. Limono-sableux, gypseux. Absence d'une structure organisée. Horizon poreux. Très salé au goût (efflorescences sur les parois).
- 30 - 50 cm : Mouillé, plus sombre 10 YR 6/4, couleur homogène, légèrement calcaire. Plus gypseux. Limono-sableux. Tendance à une structure polyédrique moyenne en éclats, peu cohérente. Une certaine compacité. Moyennement poreux. Très salé. Il s'agit d'un début d'encroûtement calcaro-gypseux.
- 50 - 80 cm : Mouillé 10 YR 7/6. Identique à l'horizon supérieur, mais plus gypseux. La nappe est à 75 cm.
- 80 - 120 cm : Mouillé (dans l'eau) 7,5 YR 4/4, très brun. Légèrement calcaire, limono-sableux à sablo-argileux. Hors de l'eau nous avons une structure polyédrique moyenne peu cohérente. Porosité très faible, très salé et présence de beaux cristaux de gypse (1 à 2 cm de longueur).
- > 120 cm : Mouillé (dans l'eau)-gris 5 YR 5/1. Un peu calcaire. Limono-sableux. Structure continue. Quelques tubulures avec trainées rouilles. Très salé. C'est un gley avec réoxydation du Fer, dans les tubulures.

Nous avons donc deux matériaux différents dans ce profil :

- Un apport éolien (stratifications entrecroisées) limono-sableux dans lequel a tendance à se former un encroûtement gypseux de nappe.
- Un matériau sablo-argileux très sombre riche en macrocristaux de gypse dont l'origine est à chercher dans les termes finaux du complexe continental.

RESULTATS D'ANALYSE DU PROFIL NZ 30

Profondeur (cm)	G R A N U L O M E T R I E (%)				pH	Calcaire	Gypse
	Argile	Limon	S.T.P.				
0 - 30 cm	9,0	9,0	18,0		7,6	0,8	6,6
30 - 50 cm	9,5	6,0	21,0	55	8,45	5,0	28,5
80 - 120 cm	13	10	23	48	8,20	3,7	15,8
> 120 cm	12	11,5	23	47	8,30	5,0	2,1

Profondeur (cm)	Saturat. pâte %	Cond. mmhos/ cm 25°C	Sels Solubles (en mmeq/l (extrait pâte sat))							S.A.R.	Na/T
			Cl	5H	SO ₄	Ca ⁺⁺	K ⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺		
0 - 30 cm	26,8	180	3 250	4	78	80	89	210	<u>1.462</u>	120	64
30 - 50 cm	27,6	160	3 150	3	72	90	68	190	3 080	260,7	80,1
80 - 120 cm	26,8	194	3 900	3	72	90	94	235	<u>1 848</u>	147,7	68
> 120 cm	30,0	198	5 300	2	50	60		260	5 029	396	

TESTS H E N I N				
Profondeur	Is	Log 10 IsK (cm/h)	Log 10 K	
0 - 30 cm	3,29	1,52	2,73	1,43
80 - 120 cm	2,46	1,39	2,22	1,35
> 120 cm	20,66	2,32	1,29	1,11

Analyse de la Nappe (à 75 cm le 24.1.1968)	Résidu sec g/l	Conducti- vité mmhos/cm	Milliéquivalents pour 1.000					SAR	
			Ca	Mg	Na	SO ₄	Cl ⁻		CO ₃
	304,400	181,6	80	280	5.000	139	4.980	2,5	375

DISCUSSION :

L'examen en place des structures des différents horizons d'étant avéré très délicat en raison de la forte humidité, nous avons dû attacher une très grande importance aux analyses et aux tests.

Nous constatons :

* Une très forte conductivité pour l'extrait de pâte saturée et pour la nappe (160 - 198 mmhos/cm à 25°C).

* Les sels solubles se présentent sous la forme de :

- Chlorures de Na+ K + et M.O. + sans doute
- Sulfates de Ca++ et Mg ++

* Un net déséquilibre de la balance ionique, particulièrement net de 0 à 30 cm et 80 à 120 cm, au profil des chlorures, malgré de fortes teneurs en potassium, cela correspondant en même temps à une stabilité structurale plus élevée. Il semble y avoir une relation entre la stabilité de la structure et Cl/Na+ K : plus ce dernier est élevé, plus la structure paraît stable. Nous avons constaté ce phénomène dans d'autres profils.

* Les valeurs du S.A.R. et du Na/T dosé sont très élevées et semblent indiquer une forte alcalisation du profil, bien que les tests HENIN montrent une stabilité structurale moyenne en ce qui concerne au moins deux horizons (0-30 et 80-120). Donc ce critère paraît incertain pour caractériser l'alcalisation. A défaut de mesures faites sur le complexe, nous nous en tiendrons à une remarque de M. KELLY (1962) : " même en présence de sels de chaux (gypse) le complexe absorbant peut se saturer de sodium lorsque les solutions du sol sont très concentrées en Na Cl, et la concentration en sodium l'emporte de beaucoup sur la concentration en Calcium.

* La forte concentration en ions Mg des solutions de ce sol agit-elle dans le sens du Ca, ou en faveur de l'alcalisation comme l'a signalé M. DURAND ? . Là encore, les analyses du complexe nous font défaut; nous pensons cependant que l'effet du Magnésium doit être totalement masqué par les fortes teneurs en Na.

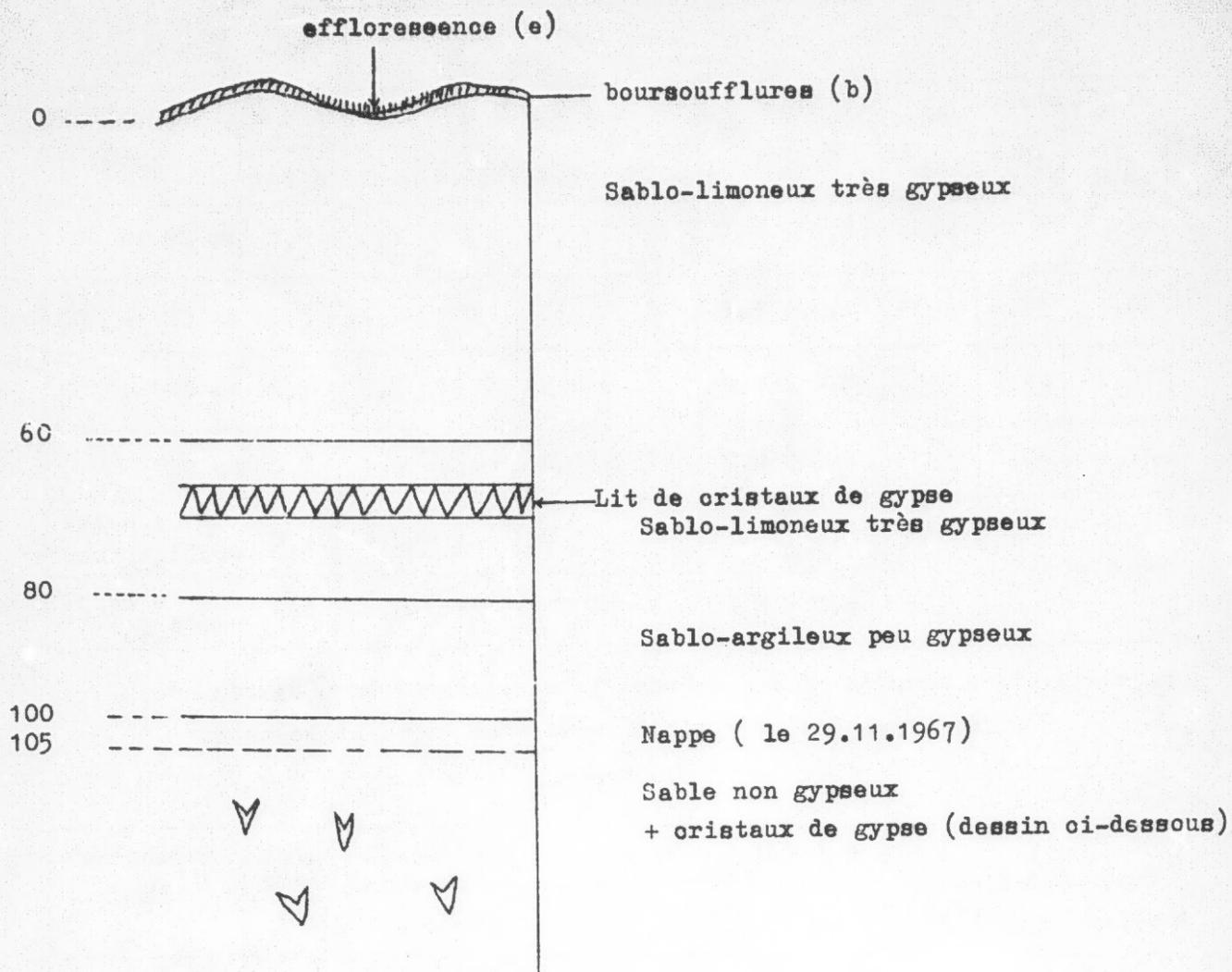
* Enfin il faut noter la présence du potassium sous forme de K Cl. Sa concentration est très forte, à El'Mensof (milieu du Chott), ou extrait d'ailleurs de la Potasse. Malgré ces remarques, nous maintenons ce profil dans le groupe des sols salins, pour des raisons déjà citées.

b)- DESCRIPTION DU PROFIL NZ 27

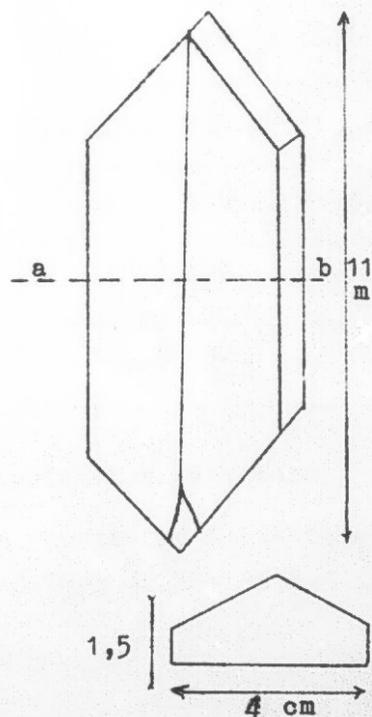
Nous avons fait allusion aux revêtements de ce sol dans le chapitre traitant des SEBKHAS (géomorphologie).

- Dans le Chott DJERID à proximité de la piste chamelière BLIDET-NEGGA. A 1,5 km du rivage.
- Aucune végétation ; les dernières plantes rencontrées sont l'*Halocnemum Strobilacéum* et des *Limoniastrum Guyonanum* se développant en maigres touffes sur de petites Nebkhas à 500 m de là.
- La surface en apparence très plate est boursoufflée en de nombreux endroits.
- Présence d'efflorescences salines entre les boursoufflures donnant à la surface un aspect marbré. Les cristaux de gypse sont là aussi très abondants.

- 0 - 1 cm : Croûte saline soufflée, blanche en surface très gypseuse; très humide. Efflorescences de Na Cl entre les boursoufflures. Nombreux cristaux de gypse.
- 1 - 60 cm : Très humide 10 YR 7/6, couleur hétérogène car litage des apports successifs dus au vent, et aussi taches blanches gypseuses et trainées rouilles? Très gypseux, sablo-limoneux, absence de structure. Tassé mais poreux. Très salé.
- 60 - 80 cm : Très humide, 10 YR 6/4. Gypseux. Sablo-limoneux. Apparition d'une structure polyédrique moyenne peu cohérente. Nombreux canalicules soulignés par la présence de trainées rouilles. Dans cet horizon ; entre 65 et 68 cm se développe un lit de cristaux de gypse d'une certaine cohésion. Ces cristaux ont un diamètre inférieur à 5mm. Moyennement poreux. Salé.
- 80 - 100 cm ; Mouillé 10 YR 4/3 brun sombre avec trainées rouilles; non calcaire et non gypseux. Sablo-argileux. Structure polyédrique moyenne peu cohérente en raison de la forte humidité. Très salé. Mauvaise porosité. C'est un pseudogley.
- > 100 cm : Mouillé 10 YR 8/4 beige clair. Sable peu gypseux. Structure particulière. Poreux mais très tassé. Très salé. Ce sable non gypseux enveloppe d'énormes cristaux de gypse plus ou moins naclées, mais très bien individualisés. (gypse fer de lance)
- La nappe se trouve à 105 cm/



NZ 27



Coupe a - b

RESULTATS D'ANALYSE DU PROFIL NZ 27

Profondeur (cm)	GRANULOMETRIE					pH	CaCO ₃ %	Ca SO ₄ 2H ₂ O ⁴ %	Tests HENIN	
	Argile	Limon	S.T.F.	S.F.	S.G.				Log. 10 I ₈	Log. 10 K
0 - 60 cm	7,5	4,5	7	65	/	7,9	0,8	20,2		
60 - 80 cm	6,5	4,0	8	67	1	7,9	2,5	28,1	1,26	1,88
80 - 100 cm	15,5	6,5	12,0	62,0	/	8,0	0,8	1,0	2,24	1,55
> 100 cm	1,5	1,5	4	86	/	7,8	2,9	0,9	2,08	1,75
Prise b bourgeoufflu- tes	8,5	4,5	9	59	1	7,6	0,8	50,2		
Prise e Efflorescen- ces	8,0	3,0	7	61	1	7,8	0,8	32,8		

* mesures granulométriques effectuées par la méthode à l'oxalate; la présence du gypse rend très aléatoires les résultats.

Profondeur (cm)	Sat. pâte %	Cond. mmhos/cm 25°C	Sels Solubles meq/l						S.A.R.	Na/T calculé	
			Cl	CO ₃	HCO ₃	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺			Na ⁺
0 - 60cm	28,8	108	1.520	3,0	68	110	100	52,3	1.692	165	70,2
60 - 80cm	28,0	124	2.050	4,0	82	120	100	52,3	2.212	210	75,1
80 - 100cm	29,6	136	2.685	3,0	63	90	180	84,1	2.324	243	76,0
> 100cm	30,4	124	1.945	3,0	53	110	95	47,0	2.108	207	75,3
Prise b	31,2	124	1.900	4,0		155	30		1.858	156	68,5
Prise e	24,4	194	5.100	3,0		80	40		5.270	680	

Ce profil présente encore très forts caractères de salure.

L'abondance du gypse dans les horizons supérieurs lui évite une trop forte dégradation de la structure, malgré la présence de Sodium et de Potassium.

c)- DESCRIPTION DU PROFIL NZ 110

Outre les phénomènes de salure et d'alcalisation, ces sels se caractérisent souvent par la présence de gley, pseudogley, et surtout d'encroûtements gypseux de nappe, d'encroûtements nodulaires calcaires (type "RassKelb"), à moyenne profondeur.

- Dans un petit Chott à proximité de DOUZ EL ALA.
- Petite Pellicule saline " soufflée " en surface qui "craque" sous les pas, avec par endroit mince film de sulfures.
- Une maigre végétation (20 % de recouvrement) se développe sur de petites Nebkhas, il s'agit de :
 - Halocnémum Strobilacéum (exclusivement).

0 - 20 cm : Humide, 2/5 YR 4/4, brun rouge, peu calcaire, gypseux, sablo-argileux. Très mauvaise structure (en surface on "glissé"). Séchée, la terre tend à une structure polyédrique cohérente. Peu poreux. Très salé (efflorescence de Na Cl sur les parois). Présence de cristaux de gypse.

20 - 60 cm : Humide. Encroûtement gypseux de nappe. Gypse diffus vers le haut et lit de cristaux de gypse vers le bas. Une certaine consistance. Peu poreux. Très salé.

60cm : Mouillé, 7,5 YR 5/6. Brun. Calcaire (effervescence moyenne à l'acide). Limono-sableux, aucune structure. Aucune tenue de l'horizon qui s'effondre sous l'encroûtement. Peu poreux et très salé.

La nappe est à 80 cm.

- L'encroûtement gypseux est formé à partir du matériau sablo-argileux, brun rouge.

- Malgré des S.A.R. très élevés, ce sol à une stabilité structurale relativement bonne, cependant le déséquilibre de la balance ionique au profit du Sodium doit indiquer une alcalisation assez forte.

RESULTATS DES ANALYSES NZ 110

Profondeur (cm)	pH	CaCO ₃ %	CaSO ₄ 2H ₂ O %	Sat. pâte %	Cond. mhos/cm 25°C	S e l s S o l u b l e s					S.A.R.	Na/T
						Cl	CO ₃ H	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺		
0 - 20 cm	8,2	1,2	3,7	30,8	158	2385	1	54	82	4120	499	/
20 - 60 cm	8,35	2,5	30,4	30	160	2610						
60 cm	8,45	7,9	22,9	2870	168	2705	0,6	66	80	3700	433	/

Résultats des Analyses NZ 110 (suite)

	R.S. g/l	Sels Milliéquivalents /1.000					
		Ca	Mg	Na	SO ₄	Cl	CO ₃
Nappe à 80cm le 20.2.68	89,200	56	88	1288	133,8	1265	1,0

TESTS H E N I N

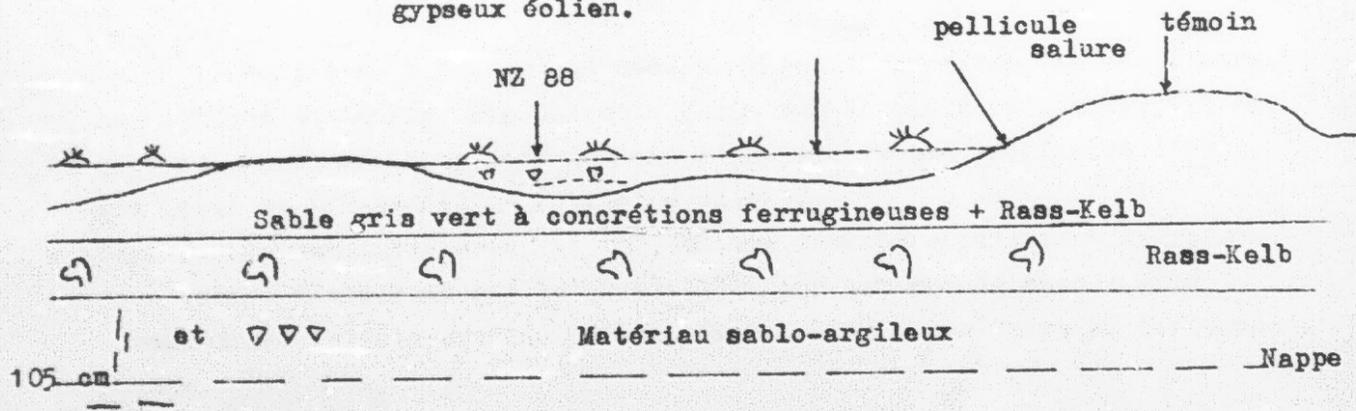
Profondeur (cm)	Is	Log 10 Is	K	Log. 10 K
0 - 20 cm	6,50	1,81	0,64	0,81
> 60 cm	3,20	1,50	0,76	0,88

d)- DESCRIPTION DU PROFIL NZ 88

Dans le Chott KEBILI

- Végétation peu abondante de - FRANKENIA PULVERULENTA
- ZYGOPHYLLUM ALBUM
- LIMONIASTRUM GUYONIANUM

- Présence d'un micro-relief constitué de petites buttes témoins d'un ancien niveau hydromorphe (sable gris vert à concrétions ferrugineuses avec présence de Rass-Kelb. Là où il n'apparaît pas, nous avons un recouvrement de sable gypseux éolien.



☞ =Rass-Kelb

|| =Pseudogley

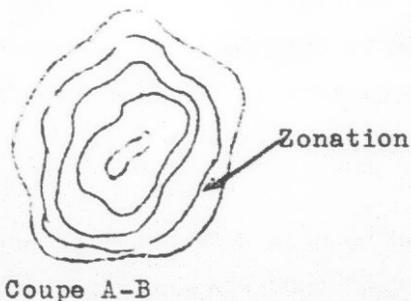
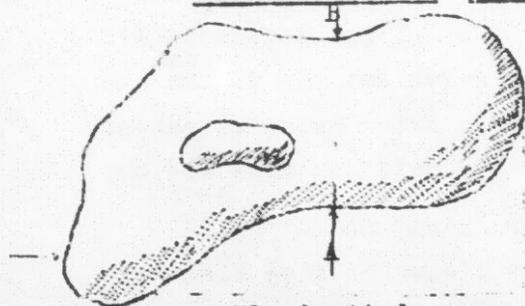
--- = gley

▽▽ = anses gypseux

- Surface : Fine pellicule saline faible.

- 0 - 20 cm : Frais. Brun clair, avec nombreuses petites taches blanches dues aux amas gypseux en tête d'épingle. Peu calcaire, quelques traînées de matière organique. Sablo-limoneux gypseux, peu structuré. Très poreux. Très salé.
- 20 - 40 cm : Très frais. Brun clair. Peu calcaire gypseux. Idem précédent avec les amas en moins. Salé.
- 40 - 70 cm : Passage bruyère. Très frais. Gris vert avec concentrations ferrugineuses. Peu calcaire, non gypseux. Sablo-limoneux à sableux. Structure particulière. Tassé mais poreux. Salé.
- 70 - 80 cm : Humide. Encroûtement à nodules calcaires (Rass-Kelb) pris dans une gangue limono-sableuse. L'ensemble n'est pas très compact et reste poreux. Nombreuses concrétions ferrugineuses.
- > 80 cm : Mouillé. Gris vert à taches rouilles et à amas gypseux blancs farineux. Calcaire. Argilo-sableux, légère structure polyédrique fine peu cohérente. Poreux. Salé.
La nappe est à 115 cm avec un gley qui se développe en dessous de sa surface.

DESCRIPTION DES " RASS-KELB "



* Il s'agit de rognons essentiellement calcaires, ils ont l'aspect de cailloux de taille très variable, mais sur lesquels se développent des sortes de protubérances leur donnant ainsi des formes originales d'où nom local de " Rass Kelb " (tête de chien).
Leur dureté est très forte, et une cassure franche sectionnant le rognon nous permet d'observer que la cristallisation est zonale autour d'un noyau initial : l'élaboration de ces Rass-Kelb à du se faire en différentes phases.

* Leur composition

	Gypse %	Calcaire %
NZ 114	1,5	43,7
NZ 215	0,9	49,6

Le reste est constitué par le matériau au sein duquel elles se sont formées.

Ils semblent que ces Rassa-Kelb appartiennent à une phase d'hydromorphie ancienne (quaternaire ancien pour M. POUGET) où les nappes devaient être plus chargées au carbonates qu'elles ne le sont actuellement.

De toute façon ces formations sont typiques de la zone des sources et de la bordure du Chott.

RESULTATS D'ANALYSES DU PROFIL NZ 88

Profondeur en cm	pH eau	Ca CO ₃ %	Gypse %	H.O. %	Sat. pâte %	Sels solubles en meq/l							Cond. mmhos/25°C	SAR	Na/T calculé
						Cl	SO ₄	CO ₃ H	Ca	K ⁺	Mg	Na			
0 - 20	8,9	5,8	26,1	0,40	29,2	1250	38	3,0	80,0	28,5	150	1112	97,0	103	60,0
20- 40	8,9	6,2	13,9	0,14	26,8	190	32	1,8	38,0	5,2	35,0	18	21,0	30,4	30,2
40- 70	8,6	6,6	trac		34,0	320	39	2,0	31,0	7,9	51,0	284	35,5	44,4	39,2
70- 80	8,7	47,9	0,5		53,6	355							35		
> 80	8,7	23,3	2,5		70,8	280							30,5		

DISCUSSION :

- Ce sol est moins salé que les précédents, mais possède encore en surface une fine pellicule saline.

- L'horizon de sable gris vert de 40 à 70 cm ainsi que l'encroûtement à Rassa-Kelb sous-jacent correspondent très certainement à un niveau d'hydromorphie ancienne plus élevée; l'érosion a tronqué partiellement cet ancien sol. Il est recouvert de façon irrégulière d'un sable très gypseux dans lequel le gypse subit une concentration vers la surface, dans le même sens que les sels solubles.

- Les pseudogleys et gleys que l'on observe sous l'horizon à Rassa-Kelb sont actuels ; ces dernières elles-mêmes sont peut être encore en train d'augmenter leur diamètre.

- Les valeurs du S.A.R. sont encore élevées mais le caractère d'alcalisation est peu marqué.

B - SOUS-GROUPE DES SOLS SALINS A HORIZON SUPERFICIEL

FRIABLE :

Ils correspondent pour la plupart :

- Soit à des sols situés tout en bordure des SEBKHAS
- Soit à d'anciens niveaux d'hydromorphie à salure résiduelle
- Soit à des sols soumis à une irrigation mal conduite avec des eaux chargées en sels (cas des sols d'oasis).
- Soit à des sols de bas fond à hydromorphie de nappe actuelle.
- Soit aux lits d'oueds toujours très humides.

a) - DESCRIPTION DU PROFIL NZ 40

- A l'Ouest de KEBILI, à proximité de la piste de TOZEUR
- Pente de 2 à 3 % à partir de KEBILI en direction du Chott et l'Oued Melah
- Surface à peu près plate, jonchée de débris d'encroûtement gypseux en provenance du haut, et de cristaux gypseux.
- Végétation abondante de - ZYGOPHYLLUM ALBUM (Gypse)
- FRANKENIA PULVERULENTA

- 0 - 50 cm : Beige clair. Peu calcaire et peu organique. Sablo-limoneux très gypseux; peu structuré et tendance au durcissement, poreux. Les racines traversent cet horizon. Salé.
- 50 - 90 cm : Frais. Brun clair. Calcaire, non gypseux. Sable très meuble. Très poreux. Présence de quelques racines. Salé.
- 90 - 100 cm : Humide. Beige clair avec tâches plus claires de calcaire. Non gypseux. Sablo-argileux, structure polyédrique moyenne peu développée et peu cohérente. Compacité moyenne. Mauvaise porosité. Salé.
- 100 cm : Mouillé. Gris vert avec quelques taches rouilles. Calcaire. Non gypseux. Sablo-argileux. Structure particulière très poreux. Très salé.

La nappe est à 1,70 m.

RESULTATS D'ANALYSES DU PROFIL NZ 40

Profondeur en cm	G R A N U L O M E T R I E					pH	pF 2,7	pF 4,2	M.O. %
	A	L	STF	SF	SG				
0 - 50	12,5	8,0	8,0	57,0	6,0	7,2	4,2	2,1	0,02
50 - 90	7,5	1,5	3,0	86,0	/	7,5	8,8	3,3	0,02
90 - 100	18,5	6,5	9,0	66,0	/	7,6	22,0	8,1	0,05
> 100	14,0	2,5	12,0	69	/	7,9	17,0	7,2	0,10

Résultats d'analyses du profil NZ 40 (suite)

Profondeur	Ca CO ₃ %	Gypse %	Sat. pâte %	Cond. mmhos/ cm 25° C	Sels solubles meq/l Solut. Extr.						S.A.R	Na/T calculé
					Cl ⁻	CO ₃ H ⁻	SO ₄ ⁻	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺		
0 - 50	2,0	32,7	32,8	8,1	25	1,4	44	30,5	10,0	29,9	6,6	7,8
50 - 90	7,0	traces	32,0	8,4	55	2,0	36	30,0	20,0	43,2	8,64	10,1
90 - 100	17,5	traces	37,2	10,5	85	1,6	25	33,5	21,5	57,1	12,0	14,15
> 100	13,7	traces	34,4	34,0	350	3,0	63	75,0	60,0	381	34,2	33,0

DISCUSSION :

- Le Chott, très proche, entretient une nappe à faible profondeur qui sale les horizons profonds.

- Ce sol salin évolue sur trois matériaux différents :

-- de 0 à 50 cm - un sable gypseux dans lequel on peut noter une certaine dynamique du gypse.

-- de 50 à 90 cm - un horizon très sableux non gypseux balé, sans évolution apparente.

-- > 90 cm - un horizon sablo-argileux dans lequel on note une remise en mouvement du calcaire sous l'effet d'une nappe, et la présence d'un pseudogley, devenant gley en profondeur.

- Les processus de salure, d'hydromorphie et même de dynamique du gypse jouent ensemble ; néanmoins, l'halomorphie marque la totalité du profil.

b)- DESCRIPTION du PROFIL NZ 39

- A proximité de la piste KEBILI-MANSOURA, dans une zone de crue de l'Oued Melah.

- La zone très ventée est soumise à un apport continu de sable gypseux, qui fixe par de magnifiques spécimens de LIMONIASTRUM GUYONIANUM, a formé des Nebkhas de 1 mètre de diamètre ; leur recouvrement est de l'ordre de 50 % environ.

- Entre les Nebkhas, la surface est jonchée de cristaux de gypse de forme mal définie, emballés dans un sable éolien gypseux. Nous trouvons là quelques touffes de Zygochloa album et de Frankénia Pulvérulenta.

- 0 - 5 cm : Frais. Beige clair, très calcaire gypseux, un peu organique. Film de sables grossiers mêlés à des débris d'encroûtements gypseux très petits. Aucune structure. Très poreux. Bon enrafinement. Très salé.
- 5 - 60 cm : Très frais. Bariolé. Taches rouilles, grises et amas blancs, plats de gypse; calcaire. Texture équilibrée. Structure polyédrique moyenne à grossière. Cohérente. Présence de Rasse Kelb et d'amas gypseux tête d'épingle. Moyennement poreux. Salé. Nous avons un pseudogley.
- 60 - 100 cm : Très frais. Bariolé. Calcaire. Non gypseux. Sablo-argileux. Structure polyédrique grossière mal développée. Compact et peu poreux. Très peu pseudogley.
- 100- 130 cm : Très frais. Bariolé. Taches rouilles en forme de langue de 10 à 20 cm. Calcaire. Sableux, aucune structure. Tassé mais poreux. Légèrement salé. Très beau pseudogley.
- > 130 cm : Humide. Bariolé gris et rouille avec dominance du gris. Calcaire, texture sablo-argileuse. Structure polyédrique moyenne assez cohérente. Moyennement poreux et salé. Vers le fond, le gley tend à dominer à proximité de la nappe.

RESULTATS D'ANALYSE NZ 39

Profondeur en cm	pH	CaCO ₃ %	Gypse %	Conductivité mmhos/cm
0 - 5 cm	8,6	31,6	11,9	87
5 - 60 cm	8,7	22,5	8,2	23,5
60 - 100 cm	8,2	12,5	traces	4,55
100-130 cm	8,1	6,6	traces	5,8
> 130 cm	7,9	12,5	0	5,2

DISCUSSION :

- Sans la forte salure des horizons de surface, ce sol serait hydromorphe peu humifère à pseudogley (taches) avec redistribution du calcaire (Rass Kelb) et du gypse (amas farineux en tête d'épingle).

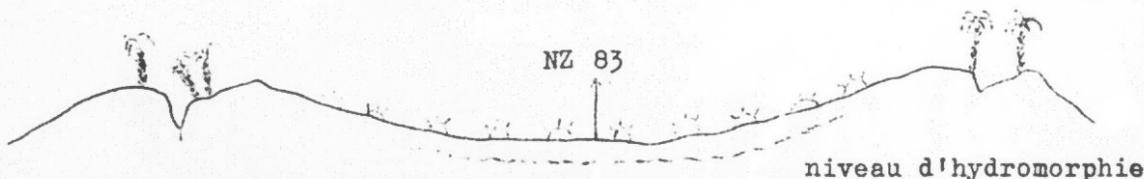
- Sa position dans une zone de passage d'eau, explique la présence du pseudogley sur la totalité du profil. Celui-ci doit être soumis lors des crues à un engorgement temporaire en raison des textures lourdes de ses horizons; nous avons ainsi une alternance de réduction et d'oxydation avec redistribution du fer.

- La faible teneur en sels des horizons profonds est difficile à expliquer peut être est-elle due à l'absence d'une nappe assez proche de la surface ?

- La baisse du pH avec la profondeur est de même assez inexplicable.

c) - DESCRIPTION DU PROFIL NZ 83

- Près de la piste KEBILI-DOUZ entre deux Aïounes
- Zone accidentée par de nombreuses Nebkhas fixées par le LIMONISTRUM GUYONIANUM.
- Nous sommes dans un fond en bas de pente des Aïounes.



- La surface est jonchée de gypse lenticulaire et de petites roses.

0 - 50 cm : Frais, beige très clair, un peu calcaire. Sable gypseux très meuble et très poreux. Bon enracinement. Salé (9,5 mmhos/cm).

50 - 120 cm : Frais. Brun clair avec petits amas blancs de gypse. Sablo-limoneux à limoneux sableux. Structure polyédrique fine émoussée peu cohérente. Présence de cristaux de gypse lenticulaire ($\phi = 0,5$ à $1,5$ cm), pouvant s'assembler pour former de petites roses à 3 ou 4 pétales. Moyennement poreux. Salé (24 mmhos/cm).

> 120 cm : Très frais. Couleur hétérogène : fond gris avec tâches rouilles, marrons, noires et blanches de calcaire. Rass Kelb ayant tendance à former un encroûtement. La gangue est sablo-limoneuse calcaire à structure polyédrique fine peu cohérente. Moyennement poreux. Très salé (33,5 mmhos/cm).

DISCUSSION :

- La salure et les phénomènes d'oxydo-réduction du fer, de remise en mouvement du gypse et du calcaire, sont dues aux aïouns qui par un rapport continuuel d'eau chargée en sels solubles entretiennent des conditions d'hydromorphie en faible profondeur.

- Ces sols sont très répandus dans toute la zone où l'artésianisme de la nappe campanienne permet des résurgences.

d)- DESCRIPTION DU PROFIL NZ 84

- Entre RAHMAT et BAZMA

- Zone très accidentée : présence de buttes couronnées de palmiers (les sources sont fréquemment tarées).

- Micro-relief très développé avec :

-- Buttes témoins d'un ancien encroûtement à Rass Kelb partiellement tronqué.

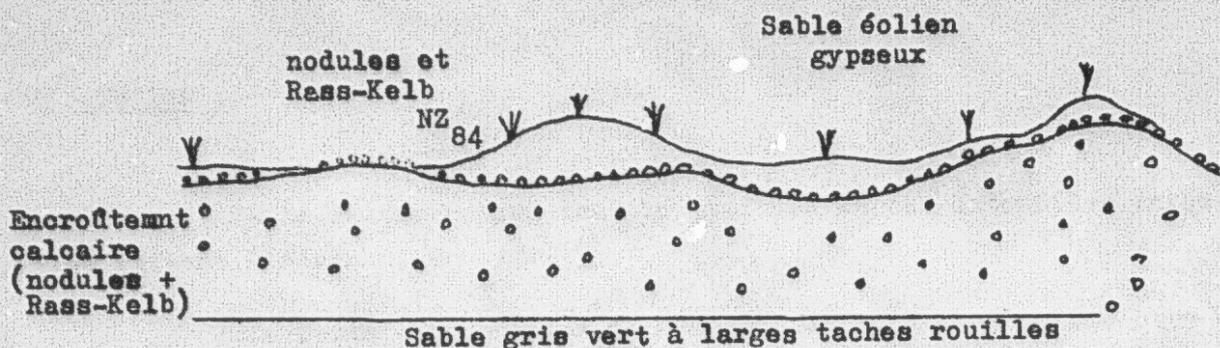
-- Nebkhas de 50 à 150 cm fixées par le ZITA.

- Végétation :-FRANKENIA THYMIFOLIA

-ZYGOPHYLLUM ALBUM

-LIMONIASTRUM GUYONIANUM (Zita).

- L'érosion a dégagé de petites Rass Kelb qui jonchent la surface. Leur diamètre est compris entre 0,5 et 2 cm ; elles sont criblées de petits canalicules, et ont des formes mal définies.



- 0 - 5 cm : Frais. Beige clair. Calcaire et gypseux. Sablo-limoneux. Structure particulière. Poreux. Salé (10,3 mmhos/cm). Présence de nodules et petites Rass Kelb en provenance du dessous.
- 5 - 100cm : Frais. Horizon de couleur très hétérogène : fond gris vert avec larges taches rouilles et fraiches, quelques traînées noires et présence des petites Rass Kelb formant encroûtement Sablo-argileux, compact, structure en éclat. Peu poreux malgré les nombreux pores. Très salé (64 mmhos/cm).
- > 100cm : Frais. Gris vert avec taches rouilles. Disparition des nodules et des taches calcaires. Sablo-limoneux, meuble. Très poreux. Salé 33,5 mmhos/cm).

RESULTATS D'ANALYSE NZ 84

Profondeur en cm	GRANULOMETRIE (oxal.)					PF 2,7	PF 4,2	pH	CaCO ₃ %	Gypse
	A	L	STF	SF	SG					
0 - 5 cm	14,0	2,0	7,0	62,0	11,0	15,7	3,7	8,4	18,8	11,5
5 - 100 cm	14,0	9,0	11,0	62,0	1,0	22,9	7,9	8,7	13,3	0,6
100 cm	11,0	13,0	8,0	60,0	8,0	11	5,4	8,7	12,5	0,6

Profondeur en cm	Satura. pâte %	Cond. mmhos/cm 25°C	Sels solubles meq/l						SAR	Na/T
			Cl	CO ₃ H	SO ₄ [*]	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺		
0 - 5 cm	28,0	10,3	95	1,5	110	44	12,0	48,4	9,16	10,9
5 - 100 cm	38,0	66,0	800	4,0		60	16,0	656,0	62,47	48
100 cm	34,0	33,5	305	1,2	47	46	57,0	248	34,54	33

* SO₄⁻⁻ calculées par différence; entre 5-100cm, nous risquons d'avoir la présence de K Cl.

DISCUSSION :

- La salure marque tout le profil, avec des intensités variables suivant l'horizon.

La forte conductivité de l'encroûtement à Rass Kelb, montre son appartenance à un niveau hydromorphe ancien : il s'agit d'une salure résiduelle.

- Ce sol peut être comparé au NZ 88 :

-- La présence d'une nappe peu profonde et très chargée entretient des salures très élevées au NZ 88 (présence d'un encroûtement salin).

-- L'ancien niveau hydromorphe est repris par une hydromorphie actuelle au NZ 88, alors qu'au NZ 84 cela n'apparaît pas.

- Cependant dans les deux cas, on peut penser que le niveau à Rass Kelb a la même origine; il y eut une époque où le niveau statique de la nappe campanienne a entretenu dans toute la région la présence d'une nappe phréatique très proche de la surface, assez loin à l'intérieur des terres.

Ce niveau a baissé (sources tarées), la nappe phréatique de surface a été rabattue, laissant des Rass Kelb et de magnifiques taches ferrugineuses témoins de son existence.

e)- DESCRIPTION D'UN PROFIL D'OASIS (Dj. 15)

- Dans l'oasis de DJEMMA

- Planches de piments : sorgho; luzerne, palmiers Déglat et Allig; grenadiers.

0 - 40 cm : Frais. Brun très clair. Calcaire, riche en matière organique. Gypseux. (Quelques cristaux + amas farineux). Sablo-limoneux. Structure polyédrique fine énoussée, peu cohérente. Poreux. Chevelu racinaire dense. Salé. Il s'agit de l'horizon de " sape " (culture).

40 - 60 cm : Iden, mais moins organique et moins structuré. Poreux.

60 - 90 cm : Humide. Brun clair. Légèrement calcaire. Les amas gypseux sont moins nombreux. Sablo-limoneux, structure polyédrique moyenne peu cohérente. Poreux. Enracinement maximum des palmiers. Salé.



SUITE EN

F

2



MICROFICHE N°

39080

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

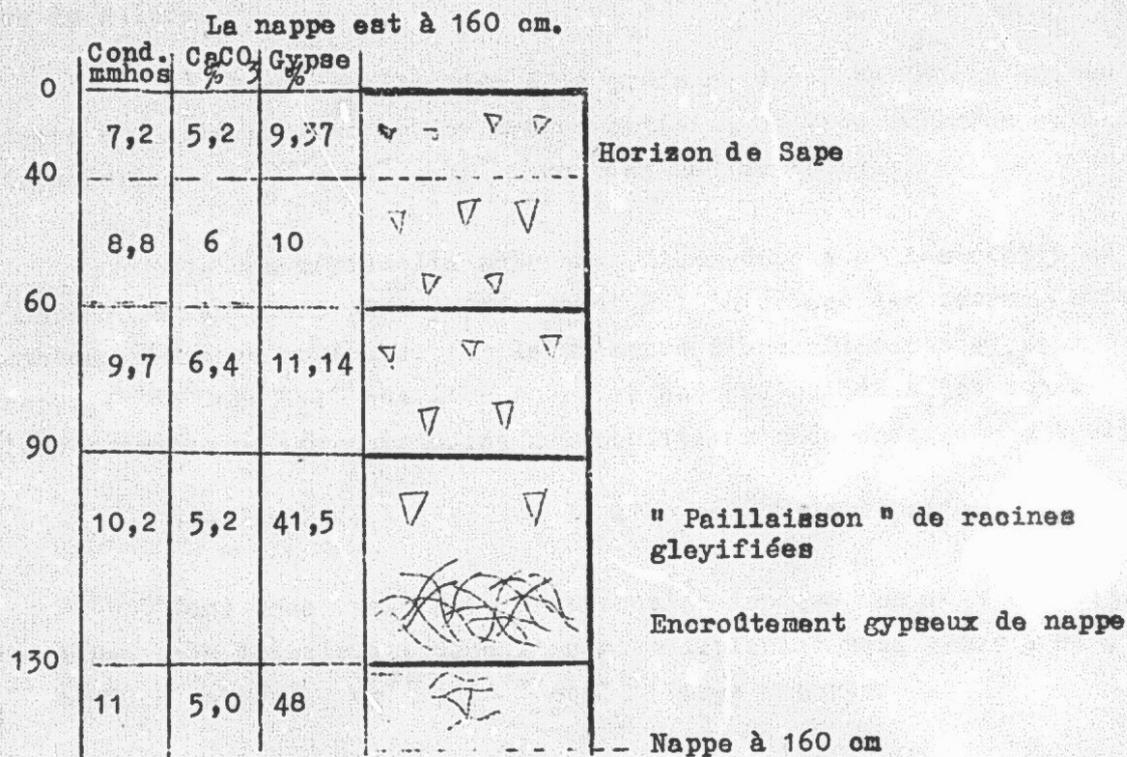
الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

المركز القومي
للتوثيق الزراعي
تونس

F 2

90 - 130 cm : Humide à mouillé. Beige avec gaines grises de gley autour des racines. Limono-sableux, c'est le début de l'encroûtement. Structure en éclat polyédrique. Mauvaise porosité. Paillaison de racines.

> 130 cm : Encroûtement gypseux de nappe. Mouillé. Beige rosé. Très compact. Eclat au picchon. Quelques trainées rouilles et noires dans celui-ci.



DISCUSSION :

- Ces sols constituent l'essentiel des oasis et des Afouns du NEFZAOUA; ils présentent suivant le mode de culture, l'efficacité du drainage, la fréquence des irrigations, des salures plus ou moins prononcées.

- La remise en mouvement du gypse sous l'action de la nappe est générale; le phénomène se traduit :

- ◀ soit par un horizon à amas gypseux farineux.
- soit par un encroûtement gypseux (terch), très compact, où le gypse est grossièrement cristallisé.

- En outre, les pseudogley, des gleya radiculaires et même des gleya sont souvent observables.

- Dans les oasis, la salure est fugace, si l'homme entretient convenablement ses parcelles (lessivage, drainage, jachère travaillée). Malheureusement, on a pu voir ces dernières années avec l'implantation de nouveaux forages :

- remonter les nappes phréatiques
- s'étendre la végétation halomorphe autour des oasis
- se saler, d'anciennes parcelles faute de drainage.

2°/- CONCLUSIONS

Il existe actuellement dans le NEFZAOUA trois formes principales de salure.

a)- Une actuelle liée à la présence des Sebkhass qui entretiennent à faible profondeur des nappes phréatiques très chargées en éléments solubles (SO_4^{--} , Cl^- , Mg^+ , Ca^{++} et Na^+ surtout).

b)- Une résiduelle provenant d'une époque où les chotts et les Sebkhass pénétraient plus profondément à l'intérieur des terres. Cette hypothèse se trouve renforcée par la présence d'encroûtements gypseux de nappe, et de Raes Kelb que l'on retrouve aujourd'hui dans des zones où leur présence ne correspond pas aux conditions pédogénétiques actuelles.

c)- Une liée à l'action de l'homme - Sols d'Oasis.

Dans tous les cas, la distribution ionique des sels solubles reste à peu près identique : dans l'ordre décroissant nous avons : Cl^- , SO_4^{--} et CO_3H^- et Na^+ , Mg^{++} , Ca^{++} et K^+ (très important).

Malgré des caractères d'alcalisation parfois prononcés, nous avons groupé tous les sols halomorphes dans la sous-classe des sols à structure non dégradée : groupe des sols salins; ce choix s'est imposé en raison :

- de textures souvent très légères
- de l'abondance du gypse.

Si les impératifs de la cartographie nous imposent un choix quant à la classification de ces sols, il ne faut pas oublier que la plupart possède des caractères autres que la salure :

- Hydromorphie avec remise en mouvement du calcaire et du gypse, et réduction et oxydation du fer.
- Remise en mouvement du gypse sans action de nappe.

Ces sols pour les plus salés (Sebkhass, Chotts) sont inutilisables pour la culture ; tout au plus peuvent-ils servir de naigres parcours à dromadaires.

A condition que la topographie s'y prête, qu'il n'y ait pas, à faible profondeur, un encroûtement type terch (ou Rass Kelb), que la nappe puisse être rabattue, les sols les moins salés peuvent avec beaucoup de précautions être mis en valeur dans un système de cultures irriguées. Dans le NEFZAOUA, de telles conditions sont très difficiles à réunir.

II.- LES SOLS CALCOMAGNESIMORPHES

Ne sont représentés dans cette classe, que les sols où l'accumulation gypseuse localisée est due à une évolution pédologique des cristaux de gypse sans action d'une nappe phréatique.

Ce type de pédogenèse est très répandue dans le NEFZAOUA, où le gypse abonde dans de nombreux matériaux, en particulier dans les couches du complexe continental terminal. Le sable éolien des dunes est lui-même gypseux, si bien que l'origine du gypse ne pose pas un problème difficile.

On peut admettre que dans les conditions actuelles tout matériau gypseux (sables, anciennes croûtes de nappe, alluvions), à une pédogenèse se rapprochant de ce type, car si nous avons pu observer de magnifiques croûtes gypseuses très anciennes, les sols ayant tendance à évoluer dans ce sens sont nombreux. La texture de ces sols à matériau gypseux est souvent très difficile à étudier (utilisation de l'oxalate d'ammonium pour remédier à la floculation).

1.- LES ENCROUTEMENTS GYPSEUX

1.- LES ENCROUTEMENTS GYPSEUX SUR ANCIENS ENCROUTEMENTS GYPSEUX DE NAPPE (" terch ").

Certains de ces " terchs " appartiennent vraisemblablement à la dernière phase d'envoyage des Chotts. On les retrouve en abondance tout au tour des SEEKHAS et dans des zones souvent éloignées de celles-ci. Comme leur formation est normalement localisée dans la zone de battement des nappes phréatiques, nous admettons donc qu'à une certaine période ces nappes se sont trouvées plus proches de la surface.

Les autres " terchs " ont pour origine les anciens encroûtements gypseux de nappe des Afouns.

La similitude des caractères morphologiques entre ces anciens encroûtements gypseux et ceux des " terchs " actuellement en formation aux abords immédiats des Sebhas et dans les oasis, nous permet d'avancer cette hypothèse.

a)- DESCRIPTION DU PROFIL NZ 18

- a proximité de l'Afoun EL BIAZ, près de la route KEBILI-GABES
- Pente 5 à 6 % depuis l'Afoun
- La zone est très accidentée
- La surface est couverte de NEEKHAS de sable gypseux, de 50 à 200 cm de diamètre et de 20 à 100 cm de hauteur. Elles sont essentiellement colonisées par le LIMONIASTRUM GUYONIANUM (Zita). Elles occupent environ 50 % de la surface, qui est jonchée dans les intervalles de débris d'encroûtement gypseux recouverts parfois d'une patine verdâtre.
- Le reste de la végétation se compose essentiellement de:
 - ZYGOPHYLLUM ALBUM
 - FRANKENIA PULVERULENTA.

- 0 - 10 cm : Avec une fine pellicule de gypse en surface. Un peu frais. Beige clair. Légèrement calcaire. Sablo-limoneux très gypseux. Pulvérulent. Bonne porosité. Légèrement salé.
- 10 - 30 cm : Passage progressif. Légèrement frais. Beige rosé à blanc sale avec quelques traînées noires. Légèrement calcaire. Sablo-limoneux, mais forte individualisation du gypse sous forme de petits cristaux bien visibles à l'œil nu. Eclat au piochon, consistance assez forte. Il s'agit d'un ancien terch. Porosité faible, légèrement salé.
- 30 - 70 cm : Frais. Brun clair avec traînées noires. Calcaire. Sableux peu gypseux. Présence de petites roses des sables et de Rass Kelbs calcaro. Structure particulière. Tassé mais poreux. Légèrement salé.
- 70 cm : Frais. Gris verdâtre. Peu calcaire et peu gypseux. Traînées rouilles et noirâtres. Sableux. Structure particulière. Tassé mais très poreux. Salé. Il s'agit d'un ancien pseudo-gley.

Nous signalerons qu'à 30 mètres du profil, une tranchée a été ouverte pour exploiter l'encroûtement, qui est là bien plus épais, en vue de la construction; à l'air libre celui-ci durcit fortement.

RESULTATS D'ANALYSES DU PROFIL NZ 18

Profondeur en cm	GRANULOMETRIE(méthode oxalate)					pH	CaCO ₃ %	Ca SO ₄ 2H ₂ O %	M.O.	Cond. mmhos/ cm 25° C	Cl meq/l
	A	L	STF	SF	SG						
0 - 10 cm	11,5	9,0	9,0	56,0	4,0	7,5	2,9	64,9	0,07	3,75	10,0
10 - 30 cm	11,0	10,5	11,0	52	5,0	7,0	5,0	55,8		5,7	25,0
30 - 70 cm	7,5	3,5	73,0	71,0	12,0	7,7	7,0	7,15	0,07	8,7	45,0
> 70 cm	5,0	1,5	4,0	86,0	1,0	7,5	2,0	0,44	0,10	12,4	100,0

DISCUSSION :

- L'enrichissement en gypse de l'horizon supérieur au détriement de l'ancien " terch " constitue le caractère essentiel de l'évolution de ce sol.

- La présence des Rass-Kelbs, des roses des sables, ainsi que du pseudogley ne laisse aucun doute sur l'appartenance des 30 premiers centimètres à un ancien encroûtement gypseux de nappe.

- Nous noterons par ailleurs le caractère salé de ce sol.

b)- DESCRIPTION DU PROFIL NZ 121

- A l'Est de DOUZ, a proximité de la piste de Ksar RHILANE
- Zone très ensablée, Barkhanes couvrant à 60 % environ la surface du sol.

- Entre les dunes se développe une maigre végétation de :

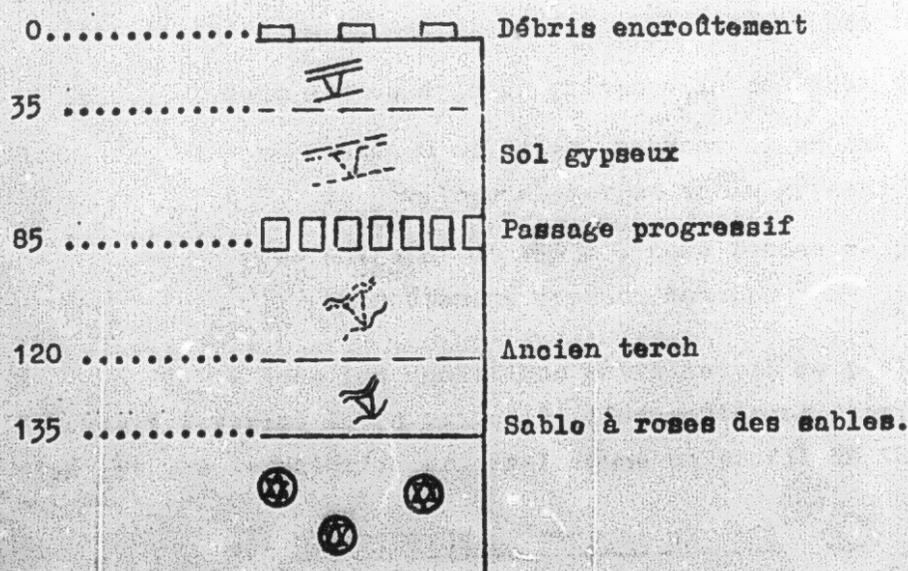
-- ARTHROPHYTUM SCHMITIANUM

-- EUPHORBIA GUYONANIA

-- RETAMA RETAM, fixant quelques petites Nebkhas.

.. La surface est jonchée de débris d'encroûtement, plus ou moins patiné et de gypse lenticulaire.

- 0 - 35 cm : Encroûtement gypseux compact, légèrement frais. Beige très clair. Finement microcristallisé avec présence de quelques cristaux un peu plus grossiers. Sablo-limoneux, structure massive (éclat au picchon) consistance forte. Peu poreux. Quelques rares racines réunissent à le pénétrer.
- 35 - 85 cm : Légèrement frais. Beige clair. Très gypseux. Sablo-limoneux. Pulvérulent avec cependant une légère tendance à l'encroûtement. Plus poreux.
- 85 - 120 cm : Légèrement frais. Beige rosé. Gypse plus grossièrement cristallisé que dans l'horizon précédent. Sablo-limoneux. Structure massive (éclat). Consistance moyenne. Peu poreux.
- 120 - 135 cm : Frais. Beige très clair à blanc, gypse grossièrement cristallisé. Quelques traînées noires. Consistance très forte. Faible porosité. Salé.
- 135 cm : Frais. Brun très clair, calcaire, peu gypseux. Présence de petites roses des sables (diamètre = 0,5 cm à 0,2 cm) sableux, structure particulière, tassé mais poreux. Salé.



Profondeur en cm	pH	Ca CO ₃ %	Ca SO ₄ 2H ₂ O %	Cond. mmhos/ cm 25°C	Cl meq/l
0 - 35 cm	8,35	4,5	51,6	3,9	10,0
35 - 85 cm	8,05	2,5	35,2	4,5	15,0
85 - 120 cm	8,25	5,0	28,0	6,5	25,0
120 - 135 cm	8,45	6,6	32,0	7,0	29,0
135 cm	8,45	8,3	1,8	10,0	45,0
Débris d'en- croûtement patiné		5,6	58,5		

DISCUSSION :

- Dans le cas d'un encroûtement gypseux sans action de nappe, les teneurs en gypse augmente à mesure que l'on se rapproche de la surface.

- Dans le cas d'un terch, le gradient est inversé.

Nous sommes donc en présence de ces deux types de formation :

-- entre 0 et 85 cm, nous avons un sol calcocagnésinorphe se développant sur un sable gypseux.

-- entre 85 et 135 cm, nous sommes en présence d'un ancien encroûtement gypseux de nappe

- Dans les conditions actuelles, il se peut que l'ancien " Terch " favorise la formation de l'encroûtement superficiel, mais il n'en est pas le matériau original comme au profil NZ 18.

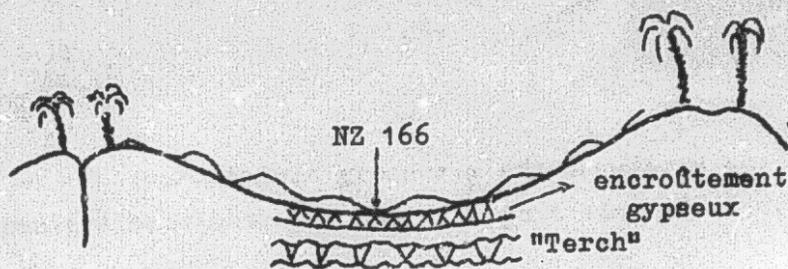
c) - DESCRIPTION DU PROFIL NZ 166

- Derrière le brise-vent de la piste de DOUZ, dans un bas fond entre deux Afoums.

- La zone à tendance à s'ensabler

- Végétation : - ZYGOPHYLLUM ALBUM

- EUPHORBIA GUYONIANA.



- 0 - 15 cm : Frais. Beige clair. Juxtaposition de petits cristaux de gypse. Sablo-limoneux, meuble très poreux, quelques racines.
- 15 - 90 cm : Frais. Encroûtement gypseux très compact. Beige clair vers le haut, devenant beige rosé vers le bas.
- 90 - 125 cm : Frais. Encroûtement gypseux avec de gros cristaux de gypse. Beige rosé. Structure en éclat. Forte compacité, quelques trainées rouilles et noires. Il s'agit d'un ancien terch.
- 125 cm : Très frais. Brun clair peu gypseux et peu calcaire. Présence de petites pompées calcaire-gypseuses (3 à 5 mm de long). Sableux, structure particulière, très poreux.

RESULTATS D'ANALYSES DU PROFIL NZ 166

Profondeur en cm	Gypse %	Calcaire %	Cond. mmhos/cm
0 - 15cm	34,6	2,5	3,9
15 - 35cm	55,7	1,7	3,85
35 - 60cm	42,8	1,2	4,0
65 - 90cm	40,1	3,4	5,2
90 - 125cm	41,3	3,8	6,0
> 125cm	3,5	2,1	8,5

DISCUSSION :

Un encroûtement gypseux s'est développé sur un ancien Terch; les 15 premiers centimètres étant un apport récent.

B - SOLS A ENCROûTEMENT GYPSEUX SALES

Il s'agit de sols situés sur le pourtour des Sebkhés et évoluant sur d'anciens terchs. Leur teneur souvent élevée en sels solubles nous les a fait classer parmi les sols halomorphes, néanmoins nous les décrivons ici, car il s'agit pour la plupart d'une salure résiduelle.

- DESCRIPTION DU PROFIL NZ 67

- Le long de la piste RAZMA-TAMEZERET
 - Zone légèrement " nouvenentée " et complètement nomifiée par un encroûtement gypseux.
 - Une maigre végétation de ZYGOPHYLLUM ALBUM et SUAEDA MOLLIS fixe quelques micro-Nebkhas.
 - La surface est jonchée de petits cristaux de gypse et de débris d'encroûtement plus ou moins patiné.
- 0 - 15 cm : Petite pellicule patinée en surface sur 2 mm. Frais. Beige très clair, très gypseux, avec petits cristaux juxtaposés visibles à l'œil nu. Il s'agit d'un encroûtement gypseux pulvérulent, quelques rares racines pénètrent. Moyennement poreux.
- 15 - 35 cm : Frais. Beige clair très gypseux. Encroûtement gypseux finement cristallisé; éclat polyédriques; consistance moyenne. Mauvaise porosité. Salé.
- 35 - 40 cm : Frais. Couleur hétérogène. Horizon continu de macrocristaux de gypse. Consistance moyenne. Très salé. Il s'agit du Deb Deb.
- 40 - 70 cm : Très frais. Beige clair. Gypseux et calcaire? sablo-limoneux. Légèrement encroûté. Structure en éclat. Consistance moyenne. Porosité mauvaise. Salé.
- > 70 cm : Frais. Horizon bariolé; fond beige, taches rouilles (20%) et quelques taches blanches de calcaire. Peu gypseux. Sablo-limoneux à limono-sableux. Structure peu développée. Bonne porosité. Salé. Présence de quelques cristaux de gypse.

RESULTATS D'ANALYSES DU PROFIL NZ 67

Profondeur en cm	pH	CaCO ₃ %	Ca SO ₄ 2 H ₂ O %	Cond. mmhos/ cm 25° C	Cl meq/l
Pellicule patinée	7,9	0,8	70,1	11,2	80
0 - 15	8,2	0,8	69,8	15,0	120
15 - 35	8,2	0,8	62,8	17,0	105
35 - 40	8,3	4,0	45,0	57,0	575
40 - 70	8,4	12,0	27,6	38,0	330
> 70	8,6	13,7	4,35	29,0	280

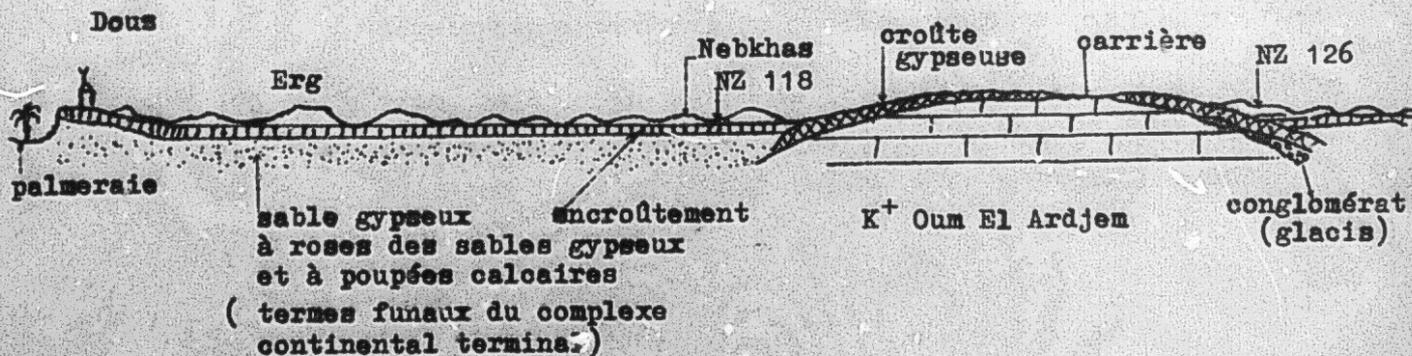
- Deb-Deb, Terch = Encroûtement gypseux de nappe

DISCUSSION :

Nous sommes encore en présence d'un sol évoluant sur un ancien sol hydromorphe; l'encroûtement gypseux de nappe (terch et Deb Deb), connaissant d'autres conditions, évolue vers un type calcimorphe, tout en conservant une forte salure.

C. - ENCROUTEMENT RECOUVRANT UN ANCIEN SOL PEU EVOLUE

A l'Est et autour de DOUZ, nous retrouvons constamment un encroûtement gypseux dont l'origine est difficilement expliquable. Il prolonge la plateforme des Dahars jusqu'à proximité des Chotts. Il est souvent très ensablé, surtout au Sud, à l'approche du grand Erg.



a)- DESCRIPTION DU PROFIL NZ 118

À proximité du KOUDIAT OUM EL ARDJEM, le long de la piste de KSAR RHILANE.

- Nombreuses Nebkhas colonisées par : RETAMA RETAM(R'TEM)
ARTHROPHYTUM OHMUTANUM
EUPHORBIA GUYONIANA
PLANTAGO ALBICANS
LYGEUM SPARTUM.

- On note la présence de racines " traçantes " à la surface du sol.

- 0 - 5 cm : Frais. Beige clair. Film éolien de sable gypseux, très pulvérulent. Très poreux.
- 5 - 15 cm : Frais. Beige clair. Gypseux avec individualisation du gypse, sous forme de petits cristaux visibles uniquement à la loupe. Sablo-limoneux. Structure non développée, car pulvérulent; poreux. Enracinement faible.
- 15 - 40 cm : Idem. Frais beige clair, gypseux, mais début d'encroûtement. Eclats polyédriques peu cohérents. Moyennement poreux.
- 40 - 55 cm : Frais. Beige très clair. Gypseux finement cristallisé. Encroûtement compact. Structure en éclats cohérents. Passage brusque avec l'horizon sous-jacent (se rapprocherait d'un Terch ancien ?).
- 55 - 120 cm : Très frais. Brun clair. Calcaire (effervescence). Présence de petits amas gypseux farineux en tête d'épingle et de petites roses des sables ($\phi = 5$ mm). Sableux, structure peu développée à tendance polyédrique fine émoussée. Très poreux.
- > 120 cm : Idem, mais progressivement l'horizon s'enrichit en calcaire diffus jusqu'à devenir assez compact vers le fond. Texture sableuse et structure en éclats peu cohérents. Poreux.

RESULTATS D'ANALYSES DU PROFIL NZ 118

Profondeur en cm	pH	Calo. %	Gypse %	M.O. %	Cond. mmhos/cm 25°C
0 - 5	8,65	1,4	13,5	0,10	3,5
5 - 15	8,45	2,8	47,0	0,15	2,8
15 - 40	8,35	2,7	41,2	/	4,05
40 - 55	8,35	4,2	46,7	/	2,95
55 -120	8,05	8,3	2,1	0,78	4,95
> 120	8,40	18,2	1,5	0,42	5,4

DISCUSSION :

Nous devons distinguer trois phases dans l'élaboration de ce sol. En faisant abstraction du film éolien d'apport très récent nous avons :

- de 5 à 40 cm, un sol gypseux jeune évoluant sur un matériau sablo-limoneux très gypseux.
- de 40 à 55cm ; un encroûtement gypseux semblant n'avoir aucun rapport avec les horizons inférieurs ou supérieurs.
- > 55cm ; un sol peu évolué enterré, présentant des teneurs en matière organique élevées pour la région et un gradient de calcaire. Nous pourrions lui attribuer un faciès steppique, mais la présence de quelques amas gypseux et de la salure (C < 5 mmhos) en font un sol peu évolué d'apport à hydromorphie de profondeur. Cet horizon est d'ailleurs toujours très frais.

La formation de l'encroûtement gypseux pose un sérieux problème; on peut penser :

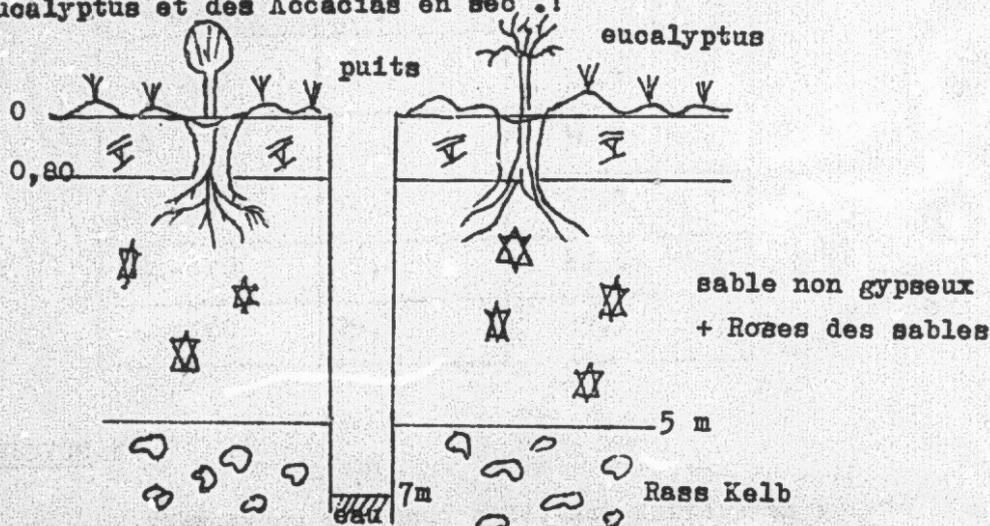
- Que dans une première phase, sur un matériau d'apport non gypseux, mais calcaire s'est développé un sol peu évolué sain à faciès steppique.
- Que dans une deuxième phase un sable gypseux est venu recouvrir ce premier sol; en même temps une remontée de la nappe phréatique a pu créer une remise en mouvement

du gypse dans le matériau gypseux (formation d'un encroûtement, alors que dans le matériau calcaire cela se traduisait par des formations de roses de sable et d'amas farineux).

- Que dans une troisième phase, la nappe ayant été rabattue, le sable gypseux, et le terroir évoluant vers le type sol calco-magnésimorphe l'horizon sous-jacent très sableux ne subissait plus que les contre-coups d'une nappe profonde se manifestant par une légère salure.

Cependant, le passage encroûtement sablo-calcaire est tellement brusque que l'on peut se demander s'il en a été ainsi.

Cet encroûtement est d'épaisseur d'inégale, à l'approche de DOUZ il a 80 cm d'épaisseur et est utilisé pour la construction. L'horizon qui lui est sous-jacent est bien connu des Oasiens qui exploitent sa fraîcheur pour planter des palmiers en sec, tout autour de DOUZ, ainsi que des forestiers qui après avoir effectué des trous à travers l'encroûtement plantent des Eucalyptus et des Acacias en sec !



2.- LES SOLS GYPSEUX PEU DEVELOPPES

- DESCRIPTION DU PROFIL NZ 36

- Près du brise vent de BARGOU
- Zone très ensablée
- Surface jonchée de gypse lenticulaire et de cristaux de forme mal définie
- Végétation : LIMONIASTRUM GUYONIANUM
TRAGANUM NUDATUM
ZYGOPHYLLUM ALBUM.

- 0 - 20 cm : Sec. Beige clair. Gypseux. Sablo-limoneux avec quelques graviers gypseux. Aucune structure, pulvérulent. Très poreux. Enracinement faible.
- 20 - 30 cm : Iden, mais les cristaux de gypse ont tendance à s'élargir.
- 30 - 120 cm : Frais. Beige. Gypseux. Sablo-limoneux. Structure polyédrique fine éoussée. Peu cohérente. Poreux. (à partir de 90cm, présence de traînées rouilles dans les pores).
- 120 cm : Très frais. Horizon bariolé : fond brun clair avec taches blanches, rouilles et grises. Très calcaire (taches et surtout Rass Kelb), gypseux nombreux macrocristaux de gypse. Sablo-argileux. Structure polyédrique moyenne cohérente. Moyennement poreux; salé.

RESULTATS D'ANALYSES DU PROFIL NZ 36

Profondeur en cm	Calcaire %	Gypse %
0 - 20	4,1	38,9
20 - 30	5,0	36,7
30 - 80	4,5	29,8
80 - 120	0,4	28,3
120	29,1	25,5

DISCUSSION :

Nous avons ici deux matériaux différents :

- Un sable gypseux sur lequel évolue un sol gypseux jeune (gradient du gypse).
- Un sable argileux calcaire-gypseux à Rass-Kelb témoin d'une ancienne hydromorphie plus accentuée qu'aujourd'hui.

3.- LES CROUTES GYPSEUSES

Elles sont abondamment représentées sur tout le glacier II, ainsi qu'à l'état de lambeau sur les calcaires des corniches du TEBAGA et sur le KOUDIAT OUM EL ARDJEM.

a)- DESCRIPTION DU PROFIL NZ 53

- A proximité du DJEDEL TEBAGA, pente moyenne vers le bassin de l'Oued MELAH.

- La surface est jonchée de cailloux, de blocs calcaires ayant acquis un certain vernis ; un film éolien emballé le tout, et laisse apparaître par endroit de magnifiques plaquettes (en forme de polygones) de croûte gypseuse. Leurs faces exposées à l'air présente une belle patine brunâtre.

La végétation est très rare avec quelques :

-- TRAGANUM NUDATUM

-- ARTHROPHYTUM SCHMITIANUM

-- PLANTAGO ALBIGANS

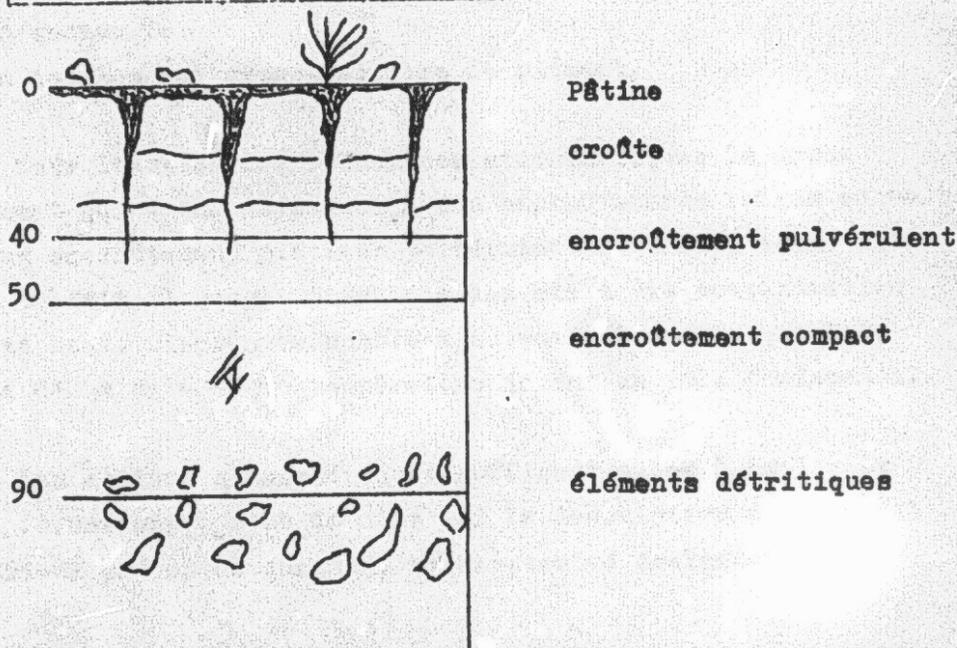
0 - 40 cm : Croûte gypseuse très dure, dont les éléments superficiels sont enrobés d'une patine; finement cristallisé. Structure prismatique avec une sous structure en plaquettes grossière. Cette croûte présente d'importantes fissures verticales que des éléments détritiques emballés d'un limon ont remplies; c'est là que la végétation peut se développer. Horizon de transition.

40 - 50 cm : Frais. Blanc plâtreux. Encroûtement gypseux pulvérulent. Texture limoneuse. Non structuré, sauf vers le haut où l'on devine le début de la structure prismatique. Poreux.

50 - 90 cm : Frais. Beige très clair, masse gypseuse, fortement induré avec gypse finement cristallisé. Structure en éclats; compact et peu poreux, aucune racine ne pénètre; vers le fond, apparition de cailloux et de galets, de graviers, de pierres.

> 90 cm : Frais. Horizon très hétérogène; gangue sableuse calcaire, emballant les éléments détritiques du glaciaire d'accumulation. Le tout a été repris par du gypse macrocristallisé formant une trame qui donne une certaine cohésion à l'ensemble.

Profondeur en cm	Calcaire %	Gypse %
Blocs croûte 0 - 40	1,6	78,4
40 - 50	0,8	78,5
50 - 70	2,0	72,9
70 - 90	11,6	44,75
> 90	35,0	8,63



DISCUSSION:

Ce profil est classique, mais peut présenter quelques variations

- Si l'encroûtement est recouvert d'un matériau d'apport détritiques ou de colluvions suffisamment épais la pâtine, donc la croûte ne se forme pas.
- L'épaisseur de la croûte et de l'encroûtement peut être très variable (de 30 à 120 cm à l'Oued Goulam).

b)- Nous avons déjà décrit la croûte plaquée sur les calcaires campaniens du Kouadiat Oum El ARDJEM, nous la retrouvons de même sur les barres turoniennes du TEBAGA, mais à l'état de lambeaux. L'origine de ces formations au sommet des Djebels ne peut s'expliquer que par le dépôt de matériau gypseux ayant subi sur place une évolution aboutissant à une croûte gypseuse par un processus physico-chimique comparable à celui des autres encroûtements. La provenance du matériau gypseux est à chercher vers le Chott Djérid.

4.- CONCLUSION

Nous invoquerons ici le problème posé par la genèse des encroûtements et des croûtes gypseuses.

A.- GENESE DES ENCROUTEMENTS

Une première remarque s'impose : ce type de pédogenèse est toujours lié à une roche mère ou à un matériau originel riche en gypse que ce soit :

- Un matériau gypseux du complexe terminal
- Un sable gypseux
- Un ancien Terch
- Un conglomérat gypso-calcaire de piémont.

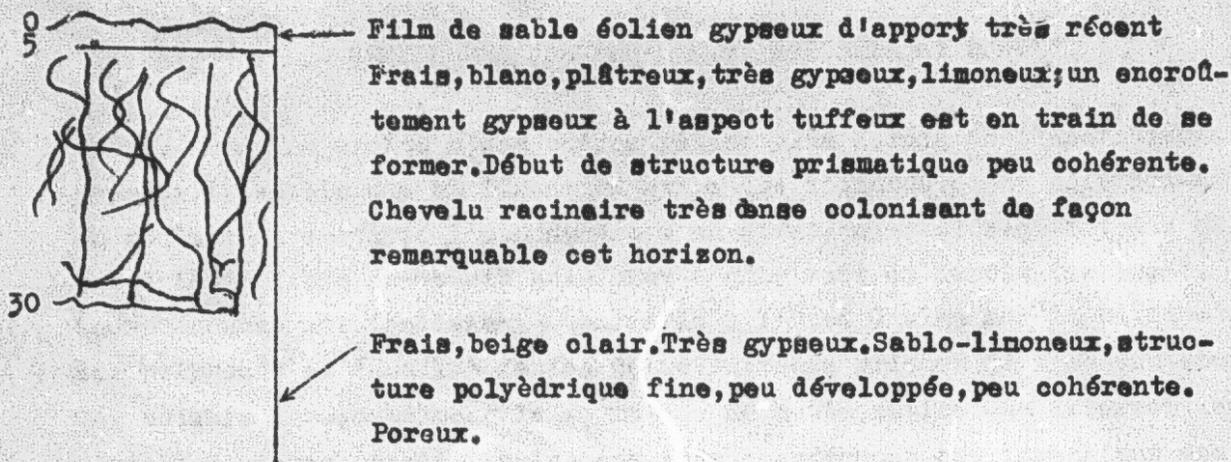
a)- Sous l'action des phénomènes atmosphériques le gypse subit un remaniement qui donne naissance à des encroûtements beiges souvent compacts, puis à un encroûtement plâtreux pulvérulent et enfin, terme ultime, à une croûte. En fait, il s'agit dans tous les cas d'une concentration du gypse de bas en haut. D'après de nombreux auteurs, il semble que les fortes amplitudes d'humidité et de température jouent un rôle fondamental.

b)- Les actions atmosphériques suffisent-elles à expliquer la genèse de ces formations ? Nous donnons ici la description d'un profil présentant un curieux phénomène que nous avons retrouvé également au profil NZ 73.

- DESCRIPTION DU PROFIL NZ 192

- Sur un ancien cordon de dunes dominant le Chott TARFAIA, nous notons la présence d'une végétation assez importante de :

- EUPHORBIA GUYONIANA
- FRANKENIA THYMIFOLIA
- ARTHROPHYTUM SCHMITIANUM
- ZYGOPHYLLUM ALBUM
- LIMONIASTRUM GUYONIANUM
- PLANTAGO ALBICANS.



RESULTATS D'ANALYSES PROFIL NZ 192

Profondeur en cm	Calcaire %	Gypse %
0 - 20	2,4	50,0
20 - 40	1,6	47,9
40 - 80	2,0	38,4
80	2,4	34,2

DISCUSSION :

- La présence de l'horizon tuffeux (50,0 % de gypse) semble être dans une certaine mesure liée au chevelu racinaire. On peut penser que celui-ci combiné aux actions atmosphériques participe à l'élaboration de ce tuf : les racines ayant un rôle de concentration du gypse vers la surface. Ceci n'est qu'une hypothèse.

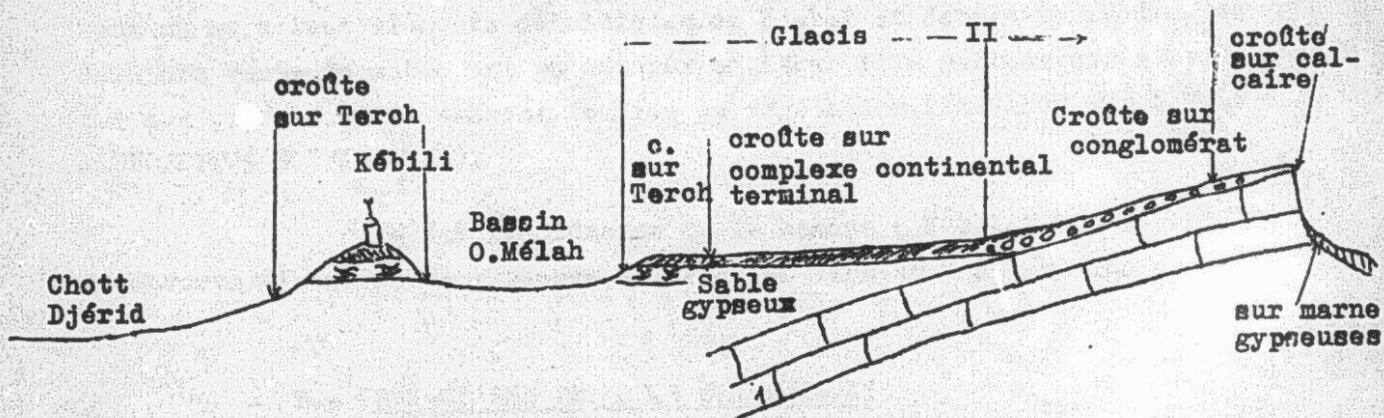
c)- Enfin, il ne faut pas oublier le rôle fondamental joué par l'eau dans la genèse de ces encroûtements; si les pluies sont souvent insignifiantes et trop irrégulières, il convient de rappeler l'importance des condensations nocturnes qui en entretenant journalièrement une certaine humidité le matin à la surface du sol, pourrait expliquer en partie les nombreuses formations superficielles gypseuses (oristaux lenticulaires en particulier) très répandues dans le NEFZAOUA.

Nous signalerons de même l'étonnante fraîcheur de ces sols tout au long de l'année, due sans doute à l'hygroscopie du gypse, mais aussi à une zone où les nappes sont souvent à faible profondeur.

B.- GENESE DES CROUTES (M.M. ROEDERER et BUREAU)

Le croûte n'est qu'une p \hat{a} tine plus durcie de l'encroûtement gypseux. Il semble que sa formation exige que l'encroûtement soit lui-même en contact direct avec l'atmosphère ; en effet, celui-ci acquiert dès qu'il est à l'air libre un vernis gris brun à gris vert et durcit fortement. (ce phénomène est facilement observable à l'Oued Goulam sur la surface des polygones et dans les fentes de retrait des prismes de l'encroûtement). Ces auteurs invoquent pour la formation de cette p \hat{a} tine des interventions microbiologiques, (bactéries, lichens, microchampignons qui fixeraient des oxydes métalliques comme en témoignent les liserés verts que l'on observe souvent), s'ajoutant évidemment aux phénomènes de dissolution, et de réprécipitation du gypse sous l'effet des rosées et eaux de pluie (ceci expliquerait les zonations de la croûte).

C.- REPARTITION DES PRINCIPALES CROUTES DU NEFZAOUA : Elle est donnée par le schéma suivant :



III.- LES AUTRES SOLS

Ils n'offrent qu'un intérêt bien limité; nous distinguons les classes suivantes :

1°/- CLASSE DES SOLS MINERAUX BRUTS :

Cette classe est naturellement bien représentée en une zone désertique présentant de surcroît des sols de Djebels.

A.- SOUS-CLASSE SOLS NON CLIMATIQUES

GROUPE D'EROSION

- SOUS-GROUPE LITHOSOLS

Ils se localisent sur :

- Le revers méridional des Guestas calcaires turoniennes du TEBAGA, recouvertes de lambeaux de croûte gypseuse. Ces formations sont profondément entaillées par des ravins et des oueds plus importants, donnant à ces corniches un aspect festonné.

D'énormes blocs de calcaire parfois vernissés couvrent la surface.

- La bande de croûte gypseuse à proximité du DJEBEL TEBAGA fortement démantelée et entaillée par les Oueds.

La surface est parfois recouverte d'un épandage caillouteux où se mêlent éléments détritiques du Djebel et débris de croûte. Les derniers vents de sable ont pu déposer un léger film sableux qui s'accroche aux pierres et aux maigres touffes de végétation. (TRAGANUM NUDATUM et ARTHOPHYTUM SCHMITIANUM).

- Sur les témoins de la Hamada (KOUDIAT OUM EL ARDJEM) recouverts d'une croûte gypseuse, à l'état de lambeaux en certains endroits.

B.- SOUS-CLASSE DES SOLS CLIMATIQUES

GROUPE DES SOLS BRUTS DES DESERTS

- SOUS GROUPE BRUTS D'APPORT DES DESERTS (Sols inorganisés)

Ce sont les sols de dunes de toute sorte.

La tendance générale du NEFZAOUA est à l'ensablement sous les effets conjugués d'une végétation détériorée et des vents.

L'ampleur de ce phénomène est cependant plus ou moins importante suivant les zones. C'est surtout à l'entour de DOUZ et à l'approche du grand Erg oriental que les sols se trouvent enfouis sous des champs de Barkhanes de 3 à 4 mètres de hauteur (lorsque le recouvrement ne dépasse pas 60 % nous indiquons ces formations éoliennes par des signes conventionnels, sinon elles sont signalées en sols bruts)?

Ces barkhanes sont constituées d'un sable fin légèrement salé.

Profil NZ 150 (Sud de DOUZ). Nous avons un sol gypseux à encroûtement sur ancien " Teroh " recouvert à 80 %, par des barkhanes sans végétation, entre celle-ci des micro-Nebkhas, ont été fixées par TRAGANUM NUDATUM.

La hauteur des Barkhanes ne dépasse pas 2,50m et leur arc 6 mètres; elles sont constituées d'un sable fin dont voici les caractéristiques :

GRANULOMETRIE				pH	Calcaire %	Gypse %	Cond. mhos/cm	SELS SOLUBLES en meq/l				
A	L	STF	SF					Cl	CO ₃ H	Ca	Mg	Na
5,5	2,0	2,0	90	8,20	2,5	5,5	3,7	10,0	1,3	24	3,0	13,2

Dans la région de KEBILI et aux abords immédiats du Chott DJERID le sable est en général plus gypseux.

Ces dunes peuvent ensevelir les différents types de sol que nous avons étudiés jusqu'à présent (encroûtement gypseux, sols salins, etc...).

2°/- CLASSE DES SOLS PEU EVOLUES :

Sans les phénomènes de salure et de gypse cette classe serait très bien représentée.

- SOUS-CLASSE DES SOLS NON CLIMATIQUES

----- GROUPE DES SOLS PEU EVOLUES D'APPORT

- SOUS -GROUPE DES SOLS FAIBLEMENT SALES ET HYDROMORPHES

Il s'agit d'épandage calcaro-gypseux :

- soit à la surface de la croûte gypseuse du Glacis II
- soit emboîtée dans le glacis II, constituant ainsi le niveau I (zone d'épandage de l'Oued GOULAM), ou bien encore de sols évoluant sur un matériau sableux et gypseux.

a)- DESCRIPTION DU PROFIL NZ 49

- Zone d'épandage de l'Oued GOULAM, emboîtée dans le glacis Moustérien.
- Nous retrouvons encore ici de nombreux éléments en provenance du DJEBEL.
- La zone est labourrée par endroit et semée en orge.
- Végétation bien développée de :
 - RETAMA RETAM (fixant de belles Nebkhas)
 - ZYGOPHYLLUM ALBUM
 - CYNODON DACTYLON (dans les zones labourrées)
 - ASTRAGALUS ARMATUS (dans les zones labourrées)
 - ASTRAGALUS CAPRINUS (dans les zones labourrées)
- La surface est battante.

0 - 30 cm : Frais (la rosée a été importante). Brun clair avec petits amas gypseux blancs farineux-calcaire. Sablo-argileux à sablo-limoneux. Structure polyédrique fine émoussée moyennement cohérente. Moyennement poreux. Présence de nombreux cailloux et graviers. Très bel enracinement.

30 - 65 cm : Frais. Brun plus clair avec petits amas gypseux blancs calcaire. Sablo-limoneux. Structure moins développée tendance à une certaine compacité, car tassé. Moyennement poreux. Enracinement moyen.

> 65 cm : Frais. Beige clair. Encroûtement calcaro-gypseux compact. Structure en éclats moyennement cohérents. Peu poreux.

RESULTATS D'ANALYSES PROFIL NZ 49

Profondeur en cm	GRANULOMETRIE					pH	pF 2,7	pF 4,2	Calc. %	Gypse %	Cond. mmhos/cm 25°C
	A	L	STF	SF	SG						
0 - 30	18	7	12,0	51	12	8,0	12,8	3,3	16,6	11,4	4,9
30 - 65	17	11	15	53	4	8,2	16,7	4,4	18,2	23,8	5,0
> 65						8,4			13,7	45,3	4,35

DISCUSSION :

Ces sols présentent des variations :

- de texture
- de teneur en gypse
- de profondeur

Leur position sur la croûte gypseuse, leur situation topographique (garet), ainsi que le passage des eaux leur donne un léger caractère de salure et d'hydromorphie, se traduisant par des anas gypseux en tête d'épingle et des conductivités à 5 mmhos/cm.

b)- DESCRIPTION DU PROFIL NZ 230 (sur sable gypseux)

- A proximité de l'oasis de NOUIL
- Pente douce vers le Chott (2 % environ)
- Végétation assez abondante :
 - EUPHORBIA GUYONIANA
 - PLANTAGO ALBICANS
 - ZYGOPHYLLUM ALBUM
 - TRAGANUM NUDATUM
- Surface jonchée de débris de croûte en provenance de la hauteur sur laquelle est construit NOUIL. Nombreux tests de gastéropodes d'Aïoun.

0 - 10 cm : Frais .Beige clair avec quelques trainées noires de matière organique mal décomposée. Finement sableux, structure mal développée, très meuble, très poreux. Très bon enracinement.

10 - 170 cm : Très frais. Beige clair très homogène. Moins gypseux. Finement sableux. Structure particulière. Très poreux. Très bon enracinement.

170- 200 cm : Très frais. Brun clair avec amas blancs gypseux farineux. Texture un peu plus lourde. Sablo-limoneuse. Structure mal définie à tendance polyédrique moyenne; compacité moyenne, moyennement poreux. Mauvais enracinement.

200 cm : Mouillé. Encroûtement gypseux de nappe classique. Beige rosé qui blanchit fortement à l'air libre. Gypse finement cristallisé mais cristaux visibles à l'oeil nu. Limono-sableux, structure massive en éclats, compact et peu poreux.

La nappe est à 2,30 m le 27.3 1968.

RESULTATS D'ANALYSES DU PROFIL NZ 230

Profondeur en cm	G R A N U L O M E T R I E					pH	Calc. %	Gypse %	M.O. %	Cond. mmhos cm	Cl meq/l extr. sat.
	A	L	STF	SF	SG						
0 - 10	9,0	0	7,0	80,0	2,0	7,95	3,2	16,1	0,23	4,95	10
10 - 50	8,0	1	6	78	4	7,90	3,2	10,2	0,10	6,7	15
50 - 100	6,5	0	6,0	85,0	traces	7,85	3,2	6,8	0,10	7,00	25
100 - 170	7,0	2	8,0	82,0	traces	8,00	3,2	9,3	0,05	7,5	42
170 - 200	9,0	3	10	72	2	7,95	3,6	22,7		8,2	50
200	16,0	13	17	50	2,0	8,00	5,2	46,8		7,4	40

DISCUSSION :

Jusqu'à 170 cm ce sol ne présente pas de caractères importants d'hydromorphie, si ce n'est une salure atteignant et même dépassant 7mmhos/cm. Mais la texture très sableuse de ses horizons nous l'a fait classé dans les sols peu évolués, bien que nous soyons à la limite des sols salins.

Ce sol pourrait être une extension remarquable de l'oasis de HOUIL.

IV.- CONCLUSION

Nous avons pu reconnaître deux grandes classes de sols :

- Les sols HALOMORPHES répartis en une vaste auréole autour du Chott DJERID et de son réseau anastomosé. L'extension de ces sols halomorphes est liée à une ancienne limite d'artésianisme des sources naturelles du NEFZAOUA et à un ennoyage des SEBKHAS. Les problèmes de classification posés par cette classe sont loin d'être résolus : en particulier les sols à encroûtement gypseux de nappe sont salés; les caractères d'hydromorphie (remise en mouvement du gypse) n'interviennent que dans les unités mineures.

- Les sols CALCOMAGNESIMORPHES répartis en deux grands systèmes:

-- Les croûtes gypseuses du glacia d'érosion descendant du DJEBEL TEBAGA vers le Chott sont les plus remarquables.

-- L'encroûtement gypseux se développant tout autour de DOUZ pose un problème quant à son origine.

Si les croûtes gypseuses du glacia moustérien peuvent être considérées comme des formations pratiquement " mortes " aujourd'hui, il semble que dans l'auréole des sols salins, et sur de nombreux matériaux gypseux les sols aient tendance à évoluer vers des types calcimorphes (sols jeunes gypseux).

Enfin, sous l'action de vents violents, ces différents sols sont souvent ensevelis sous d'importants apports sableux ; c'est un fait connu : le grand Erg Oriental " gagne " du terrain dans le NEFZAOUA.-

LA DIVISE EN VALEUR

LA MISE EN VALEUR

I.- LES PROBLÈMES DE LA MISE EN VALEUR

Avant la création récente de périmètres et mises à part les oasis traditionnelles de DOUZ et de KEBILI, le NEFZAOUA avait toujours été un terrain de parcours pour les troupeaux de caprins et de camélidés des populations MERAZIG; sur les Afouns certains en tenaient quelques cultures vivrières à l'ombre des palmiers qui leur fournissaient des dattes de mauvaise qualité.

L'implantation de nombreux forages dans les nappes campanienne et turoniennes est à l'origine des nouveaux périmètres qui sont souvent des extensions des Afouns principales (BEN ZITOUN, NOUL, ZAAFRANE, SIDI MESSAID, BECHELLE etc...). Exceptée la palmeraie de l'oued MELAH (S.C.A.S.T.) le résultat est peu encourageant; l'état de certaines oasis est tel que leur remise en état s'impose avant toute nouvelle création. Pour de plus amples informations concernant cette question le lecteur se reportera à l'étude de M. BEN SALAH (Pédologue S.P.) traitant des oasis des groupes de DOUZ et de KEBILI.

Six grands problèmes président à la mise en valeur de la région:

1°/- LES SOLS

La prospection n'a pas donné les résultats escomptés; la présence de SEBKHAS, de sols très salés, de sols encroûtés, d'anciens niveaux hydro-morphes encroûtés à faible profondeur, limite déjà beaucoup les terrains exploitables. Ajoutons à cela une topographie souvent très "accidentée" par la présence d'Afouns, de SEBKHAS de barkhanes, et nous voyons que les zones favorables à une irrigation sont extrêmement réduites.

Les sols pouvant être ainsi mis en valeur seront donc :

- Des sols peu évolués -(à condition qu'il ne soit pas dans une zone de passage d'eau), ou ne présentant pas à faible profondeur un encroûtement de type calcimorphe ou de type Terch.
- Des sols calcomagnésimorphes jeunes.
- Des sols halomorphes faiblement salés présentant une texture légère et un bon drainage vers la Sebka (le terch se trouvant au moins à un mètre).

2°/- L'EAU

Sans eau aucune mise en valeur n'est possible dans ces zones subdésertiques. A ce sujet la situation est inquiétante : le niveau statique des nappes est en train de baisser, les sources se tarissent et à KEBILI l'on doit pomper nuit et jour pour alimenter la ville et la partie haute de l'oasis. La limite d'artésianisme de la nappe captive tracée par M. DANIEL dans la région restreint encore les zones favorables (le pompage n'étant pas une solution toujours rentable).

La qualité des eaux du NEFZAOUA (1 à 2,50 g/l) est assez bonne par rapport à la moyenne du Sud Tunisien; néanmoins, elles sont chargées en sulfates et chlorures, et les dangers de salure subsistent pour des sols à texture lourde et mal drainants.

3°/- LE SABLE

Il est certainement le principal fléau du NEFZAOUA, nous y avons fait déjà allusion. Les conclusions des experts forestiers à KSAR RHILANE, ainsi que le compte-rendu de fin d'expérimentation de la parcelle de BOU-FLIDJA aboutissent à ceci : La protection des périmètres contre le sable ne peut se faire que par un essai de reconstitution de la végétation.

Les différentes sortes de brise vent s'avèrent inopérantes contre ce fléau; la lutte contre l'ensablement doit s'effectuer bien à l'extérieur des périmètres (M. COINTEPAS), c'est une action qui doit être régionale et non locale.

On rappellera que l'implantation d'un périmètre nécessite avant tout une protection qui doit s'effectuer bien avant les travaux de défrichement.

Les moyens d'actions devront être :

- Eviter l'arrachage dans le pourtour des périmètres des espèces telles que le RETAMA RETAM, LIMONIASTRUM GUYONIANUM (servant à la fabrication d'un charbon de bois local).

- Essayer d'installer des bandes forestières (le choix des espèces sera très délicat), comme cela a été réalisé à DOUZ et KEBILI.

4°/- DRAINAGE :

La création d'un périmètre irrigué exige certaines conditions géographiques nécessaires à l'évacuation des eaux adentaires.

A moins d'avoir des sols très profonds possédant un très bon drainage intrinsèque, la plupart des oasis sont installées en bordure de SEBKHA, exutoire naturel de leurs eaux non utilisées; malheureusement, ces sebkhas elles-mêmes nécessiteraient un écoulement, car les forages débutant continuellement, les nappes phréatiques de ces dépressions fermées ont remonté et le drainage des périmètres se fait très mal (surtout s'ils ne sont pas en position suffisamment élevée par rapport au niveau des SEBKHAS).

Le cas est frappant pour TARFAIA, ZAAFRANE, KEBILI, où les réseaux de drainage s'avèrent insuffisants en raison du mauvais écoulement des eaux.

5°/- CHOIX DES ESPECES - ASSOLEMENT:

Depuis les essais faits à la parcelle de KSAR RHILANE, il semble bien que le palmier soit le seul arbre pouvant assurer une production convenable dans ces régions. En effet, si les oliviers présentent un assez bon port végétatif, la période des vents de sable correspond malheureusement à leur floraison, aussi rares sont les fruits arrivant à maturation ou même dépassant la nouaison.

Quelques grenadiers, figuiers, abricotiers peuvent être rencontrés dans les oasis et les Aïouns du NEFZAOUA, mais ils ne produisent que des fruits de qualité médiocre et n'ont qu'un intérêt familial.

- LE PALMIER

Est " l'arbre " du NEFZAOUA et des oasis continentales, c'est sur lui que repose toute l'économie agricole touristique de la région.

Le développement du secteur agricole lui conservera donc la place privilégiée qu'il a toujours eue, en apportant cependant une amélioration quant aux choix des espèces.

Le palmier DEGLAT-ENNOUR est en effet la seule variété commercialisable; il doit remplacer l'ALLIG ou les autres palmiers communs des Aïouns.

Ces exigences sont :

-- Salure : $C < 20$ mmhos/cm (certaines variétés communes peuvent admettre 50 mmhos/cm).

-- Gypse : Tant qu'il n'y a pas encroûtement gypseux, le DEGLAT-ENNOUR ne se ressent pas de fortes teneurs en gypse.

- HYDROMORPHIE : s'adapte à l'hydromorphie mais préfère cependant des sols sains.
- IRRIGATION : Les besoins en eau sont très irréguliers 0,4 l/s/ha en hiver et 1 l/s/ha durant la période Mai-Octobre.
- TEMPERATURE : Cantonné dans les zones désertiques, le palmier exige de fortes quantités de chaleur, et de faible humidité durant la période de maturation des dattes. La somme des températures est un facteur primordial à l'obtention de fruits de qualité.
- CULTURE : La palmeraie de la S.C.A.S.T. pourrait servir de modèle. La densité de plantation est de 100 arbres/ha (10 x 10m); les arbres sont régulièrement élagués et fumés.

- LES AUTRES CULTURES

On peut envisager l'extension de cultures fourragères (luzerne, orge, sorgho, nappier) en vue de développer un élevage qui n'est que pastoral pour l'instant, et résoudre ainsi le problème du fumier qui fait tant défaut à ces régions.

Les gelées fréquentes en hiver n'autorisent pas de maraîchage dans la région. Les essais de fourrages d'hiver avec les exédents d'eau durant cette saison se heurtent au même problème : à DOUZ, à KEBILI, à KSAR RHILANE, il gèle à partir du 15 Décembre, certaines années, il ne reste donc que deux mois et demi (entre le 1er Octobre date à laquelle on donne moins d'eau aux palmiers en vue de la maturation, et les premières gelées) pour amener à bien une culture d'orge ou de fétuque (essais de DOUZ).

Enfin, nous abordons un dernier point : dans une culture moderne du DEGLAT-ENNOUR (dattes réservées à l'exportation), peut-on faire un assolement rentable sous celui-ci ? cela est possible lors des premières années de plantation, l'arbre ne produisant alors pas de fruits ; la lue luzerne pouvant fournir un engrais vert est toute indiquée, ainsi que l'orge peu exigeante. Cependant, par la suite la qualité des fruits ainsi que le rendement risquent d'en souffrir, cela demande cependant une étude agronomique plus approfondie, car trop souvent l'attrait du profit immédiat guide l'exploitant dans son choix.

-LES PLANTATIONS EN SEC

Aussi paradoxal que cela puisse paraître, il existe des plantations en sec dans le NEFZAOUA (pluviométrie 70 - 80 mm !) il s'agit de :

--- PALMIERS plantés à travers l'encroûtement gypseux, à une profondeur de 3,5m, qui survivent grâce à l'humidité de l'horizon sableux sous-jacent. Les arbres sont cependant long à " venir " et les récoltes médiocres (30 à 50 kg/arbre) pour un travail considérable.

--- DE BANDES FORESTIERES, dont le principe est le même : on effectue un trou de plantation après avoir été l'encroûtement ou introduit dans celui-ci soit un eucalyptus, soit un Tamaris ou un acacia qui recevront pendant les deux premières années quatre arrosages nécessaires à la reprise.

La bande à la sortie de KEBILI a réussi au delà de toute espérance et l'on peut sérieusement envisager l'extension de ces plantations dans des zones possédant les mêmes caractéristiques pédologiques.

6°/- LA MAIN D'OEUVRE :

La création de nouveaux périmètres en zone subdésertique pose un problème humain.

Les habitants des villages préfèrent émigrer dans les villes où ils trouvent des emplois plus rémunérateurs, quant aux nomades la vie sédentaire leur convient peu.

Le déplacement de main-d'oeuvre sur les nouvelles terres doit entraîner la création d'habitat dans des zones souvent inhospitalières, et difficilement accessibles.

II.- APTITUDES CULTURALES DU NEFZAOUA

1°/- APTITUDES DES SOLS AUX CULTURES EN SEC

La pluviométrie ne permet pas d'envisager un système rentable de cultures sans la pratique de l'irrigation.

Néanmoins, lors des années pluvieuses (67-68 par exemple) le garaet el Kresouma, ainsi que la zone d'épandage de l'Oued GOULAM peuvent être ensemencés en orge ; mais ceci est très aléatoire et dépend fortement du caprice des crues.

Nous avons de même soulevé la question des bandes forestières et des plantations de palmiers en sec; celles-ci doivent être étendues surtout autour de KEBILI et de DOUZ, car le besoin en combustibles des populations est urgent, et est la cause de la désertification générale du NEFZAOUA.

2°/- APTITUDES DES SOLS AUX CULTURES IRRIGUEES

Nous avons pu reconnaître quelques zones susceptibles d'être irriguées mais demandant des études de détail; une délimitation de périmètre ne peut se faire qu'après une étude au 1/20.000° et même 1/10.000°

Lors de celles-ci les aptitudes à adopter seront celles décrites dans l'E.S. 59 (S.P. TUNIS), établies en fonction des exigences du palmier DEGLAT.

Les plus intéressantes de ces zones sont celles évidemment bonnes pour le DEGLAT (A₂ (B) au moins), il s'agit surtout :

- de l'extension de NOUIL
- de l'extension de TARFAIA EL KRAOUB
- de JABRIA
- de la zone comprise entre l'Oued Melah, le Chott Oum Tarfa et le Chott DEJMNA. Cette région est très accidentée et très difficile d'accès d'énormes travaux de nivellement seraient nécessaires ; en plus, elle se trouve située en dehors de la zone d'artésianisme.
- enfin du versant nord de la butte Sidi Ahmed.

I O N C L U S I O N

C O N C L U S I O N

"Le modelé du paysage actuel " du NEFZAOUA , "résulte uniquement de la variabilité du climat " (R.COQUE).

Cette constatation est encore vraie pour de nombreuses formations pédologiques mortes aujourd'hui (croûte et encroûtement gypseux.Anciens horizons hydromorphes etc...).

Malgré la dégradation de la végétation et la désertification sans cesse croissante quelques processus pédogénétiques que l'on pourrait qualifier de physico-chimiques subsistent encore :

- Les uns liés à la présence du Chott DJERID et à son système de sebkhass, président à la formation :
 - de croûte salines
 - d'encroûtement gypseux de nappe, type terch et Deb-Deb.
 - d'encroûtement à Rassa Kelb (poupées calcaires).
 - de sulfures en certains endroits du Chott.
 - d'horizons gleyigés.

- Les autres conditionnés par les matériaux gypseux très répandus dans le NEFZAOUA aboutissant à une concentration du gypse dans l'horizon supérieur(sol gypseux jeunes, et certains encroûtements).

L'interférence existant entre les phénomènes dus au gypse et ceux dus à la salure a posé des problèmes de classification qui ont toujours été résolus au bénéfice des sols halomorphes.

La mise en valeur des zones susceptibles d'être plantées demandera les exigences suivantes :

- Nécessité de nouveaux forages,
- Protection contre le vent et le sable par reconstitution et défense de la végétation.
- Aménagement du drainage
- Déplacement de main d'oeuvre.

De toute façon, la valeur des terres, et les conditions climatiques sont telles, que seule la culture du palmier DEGLAT pourra avoir un avenir économique, et que toute autre tentative reste incertaine.

ETUDE PEDOLOGIQUE DU NEFZAOUA

CARTE DE LOCALISATION DES ZONES SUSCEPTIBLES D'UNE MISE EN VALEUR

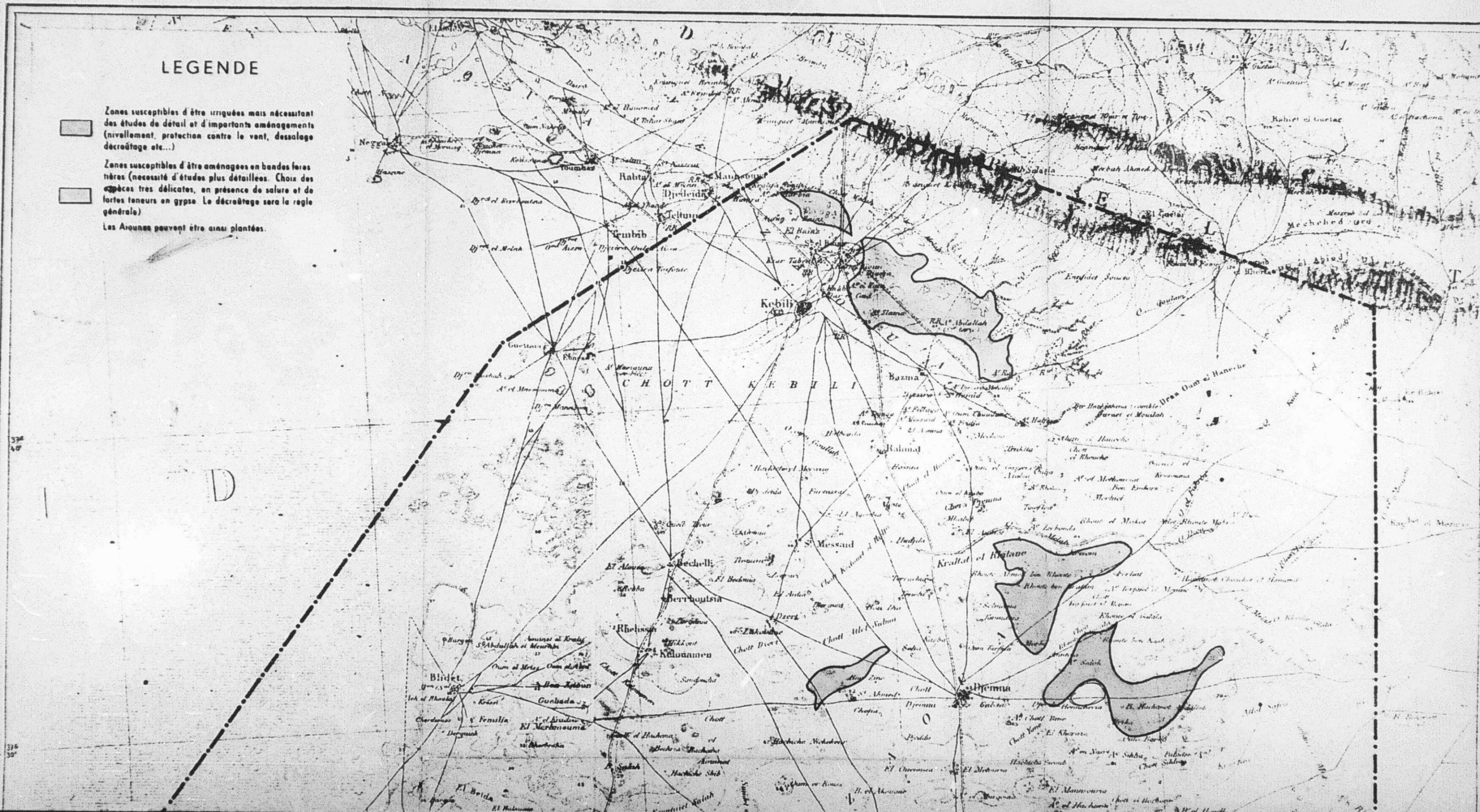
Par R. PONTANIER, Pédologue O. R. S. T. O. M. (Hiver 1967-1968)

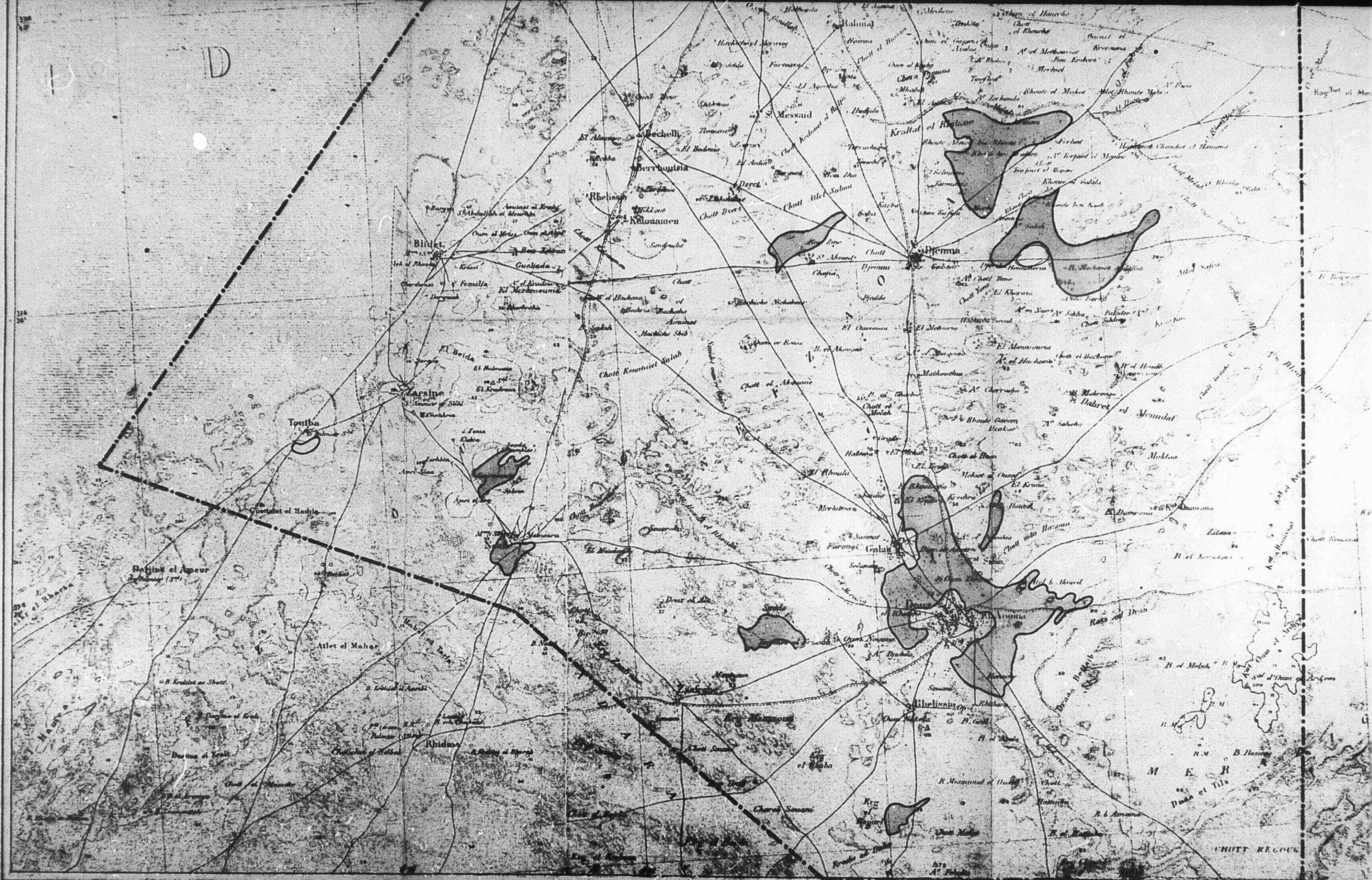
ECHELLE 1/100.000

ARCHIVES

LEGENDE

-  Zones susceptibles d'être irriguées mais nécessitant des études de détail et d'importants aménagements (nivellement, protection contre le vent, dessalage décroûtage etc...)
-  Zones susceptibles d'être aménagées en bandes forées (nécessité d'études plus détaillées. Choix des espèces très délicates, en présence de salure et de fortes teneurs en gypse. Le décroûtage sera la règle générale)
- Les Aouanas peuvent être ainsi plantées.





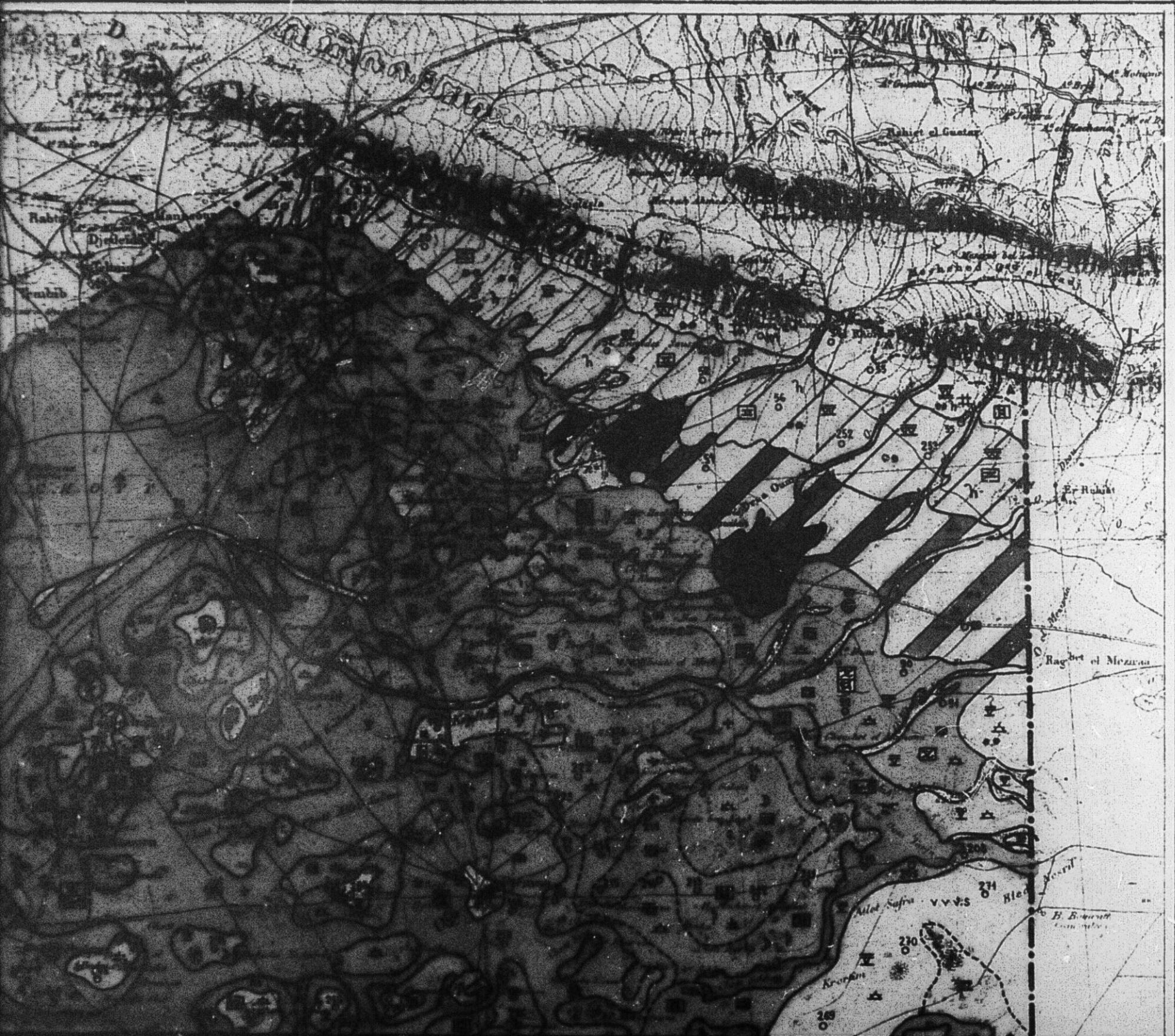
ETUDE PEDOLOGIQUE DU NEFZAOUA

CARTE PEDOLOGIQUE

ARCHIVES

Par R. PONTANIER, Pédologue O. R. S. T. O. M. (Hiver 1967-1968)

ECHELLE 1/100.000



SIGNES COMPLEMENTAIRES

COMPLEXES DE SOLS

Bandes colorées correspondant aux sols non séparables à l'échelle de la carte

LES ROCHES MERES

Roches-mères du sol, ou présence en profondeur d'une formation quelconque dont la nature est précisée par les signes suivants placés dans le cartouche

- ▲ Calcaire dur
- ⦿ Conglomérat (galets encroûtés)
- ◊ (avec trait horizontal) Sable argileux à gros cristaux de gypse (macle "ter de lance")
- ▼ Gypse macrocristallisé (souvent gypse lenticulaire de surface)
- ∇∇∇ Gypse diffus, microcristallisé
- ⊗ Terch ancien tenant lieu de matériau original (dans couleur du type de sol)
- A Alluvions
- C Colluvions

PROFILS

- Profil non décrit
- ⊙ Profil décrit

ACCIDENTS DE SURFACE

- Cailloutis en surface souvent vernisés
- Cailloutis en profondeur
- ⊙⊙ Galets en profondeur
- ⌒ Reg de désagregation de la croûte gypseuse dont les débris sont fortement patinés
- ⌒ Dunes (à proximité des oasis les brises vents créent d'énormes dunes d'obstacle qui ont tendance à envahir les périmètres)
- △ Micronebkhas (Ø < 1 mètre)
- ☆ Nebkhas
- ∪ Barkhanes
- ∩ Placage sableux orienté NE - SW (vent dominant)
- ⬡ Polygonation de la croûte gypseuse
- RR Sols de ruines
- ⌘ Oasis
- Cd Débris de cardiums

LES SOLS

- ⊗ Anthropomorphie (sols d'oasis anciennes fortement marqués par l'intervention de l'homme)

faiblement salés et hydromorphes
 Atollons calcaires gypseux. Zone d'épandage des oueds conductivité < 5 mmhos en surface, mais pouvant augmenter avec la profondeur. Correspondent au niveau I et sont souvent sur l'encroûtement gypseux stade de la phase antérieure. Ils peuvent admettre des passes calcaireuses. Ces sols sont recouverts de nebkhas.

SOLS CALCOMAGNESIMORPHES

A ACCUMULATION GYPSEUSE (sols gypseux)

à accumulation gypseuse localisée

a croûte gypseuse dure

Sols gypseux à croûte gypseuse typique non érodée, surmontant un encroûtement gypseux. Peu salés.



Roche-mère : galets encroûtés dans une gangue calcaire-gypseuse (glacis d'accumulation)

a encroûtement gypseux

Peu salés (conductivité < 4 mmhos/cm)

Salés (conductivité 4 à 7 mmhos/cm)

Roche-mère : galets à matrice gypseuse du glacis d'accumulation

Encroûtement gypseux de nappe type terch



Sable gypseux

Ces sols recouvrent souvent d'anciens sols hydromorphes salés possédant eux-mêmes soit un encroûtement calcaire à raskelbs, soit un encroûtement gypseux nodulaire, soit un encroûtement gypseux type terch.

Ces encroûtements gypseux sont recouverts fréquemment d'apports éoliens sous forme de voûte sableuse, nebkhas ou barkhans.

sols gypseux peu développés (absence d'une croûte ou d'un encroûtement, mais présence d'un gradient de gypse)



Peu salés

Salés

Roche-mère : sable gypseux d'origine éolienne

SOLS HALOMORPHES

A STRUCTURE NON DEGRADÉE

sols salins

à encroûtement salin superficiel



Sols nebkhas. Très salés (conductivité > 80 mmhos/cm) se développent sur sable gypseux, ou terres finaux du complexe continental terminal.

Submersion temporaire (présence de gley et pseudogley)



Sols identiques aux précédents, mais présence en profondeur d'un encroûtement gypseux de nappe (type Terch) et d'amas gypseux farineux.



Sols identiques aux précédents, avec caractère d'alcalisation

a horizon superficiel friable

Sols salins en bordure des sebkhas (végétation type chott), des oueds, des aïrounes etc... Ils possèdent en profondeur :

Un encroûtement gypseux de nappe (Terch)

Un encroûtement à Rognons calcaires (Raskelb)



Un pseudogley

Un gley

Roche-mère : sable gypseux d'origine éolienne en surface, et souvent sable gris vert du Pontien en profondeur

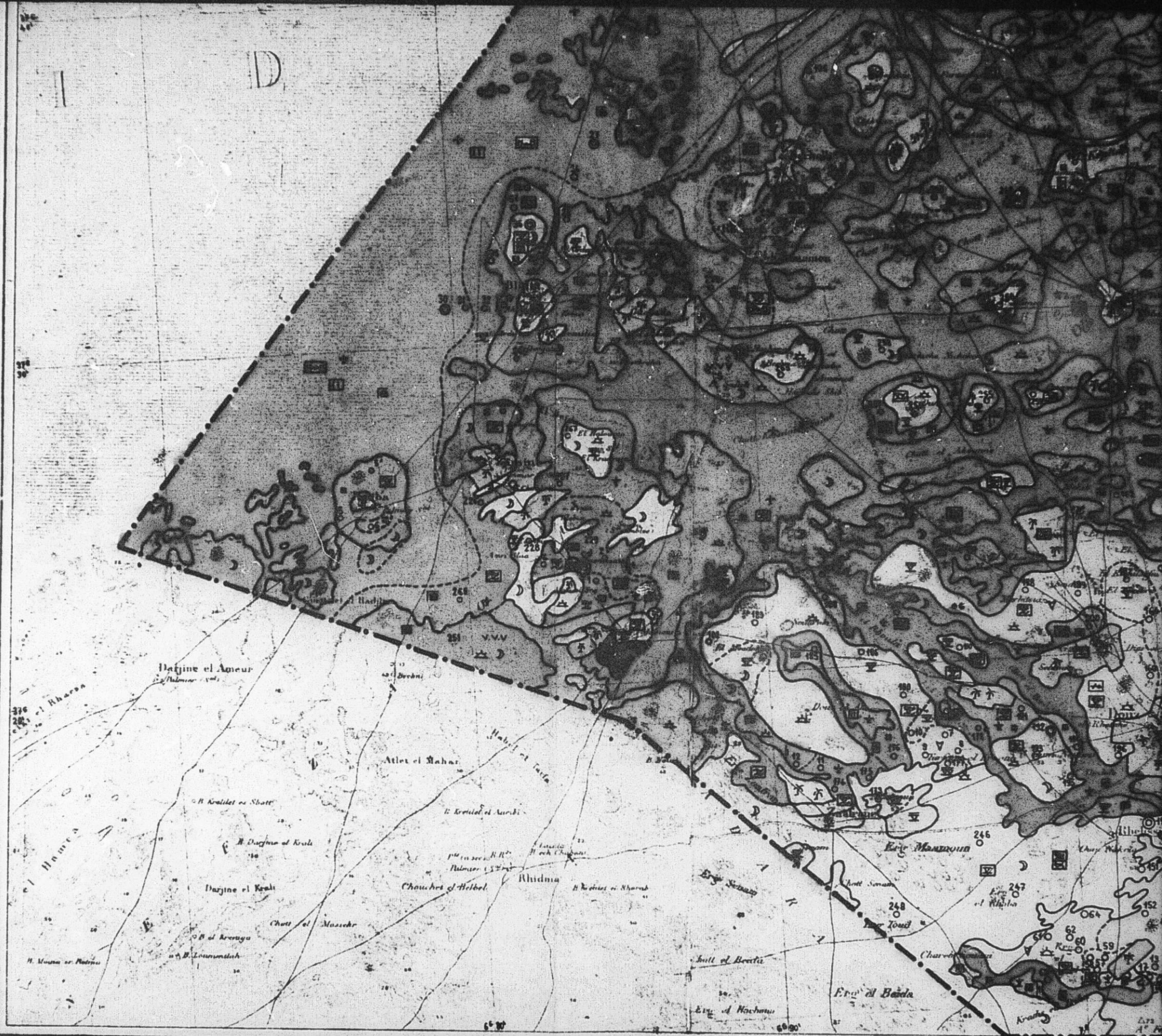


Sols salés, mais possédant un encroûtement gypseux type calcomagnésimorphe

Sols d'oasis peu salés à très salés



Généralement présence d'un encroûtement gypseux de nappe à moyenne profondeur



Extrait des cartes de MENNCHIA, KEBIL, ZARZINE et DOUZ au 1/100.000.



- Cailloutis en surface souvent vernisés
- Cailloutis en profondeur
- Galets en profondeur
- ∩ Reg de désagregation de la croûte gypseuse dont les débris sont fortement patinés
- ∩ Dunes (à proximité des oasis les brises vents créent d'énormes dunes d'obstacle qui ont tendance à envahir les périmètres)
- △ Micronebkhas (Ø < 1 mètre)
- △ Nebkhas
- ∩ Barkhanes
- ∩ Placage sableux orienté NE - SW (vent dominant)
- ∩ Polygonation de la croûte gypseuse
- RK Sols de ruines
- ∩ Oasis
- Cd Débris de corallums

LES SOLS

- △ Anthropomorphie (sols d'oasis anciennes fortement marqués par l'intervention de l'homme)
- ∩∩∩ Horizon de surface à texture sableuse et gypse micro cristallisé
- N Horizon de surface à texture sablo-argileuse

SALURE ET HYDROMORPHIE

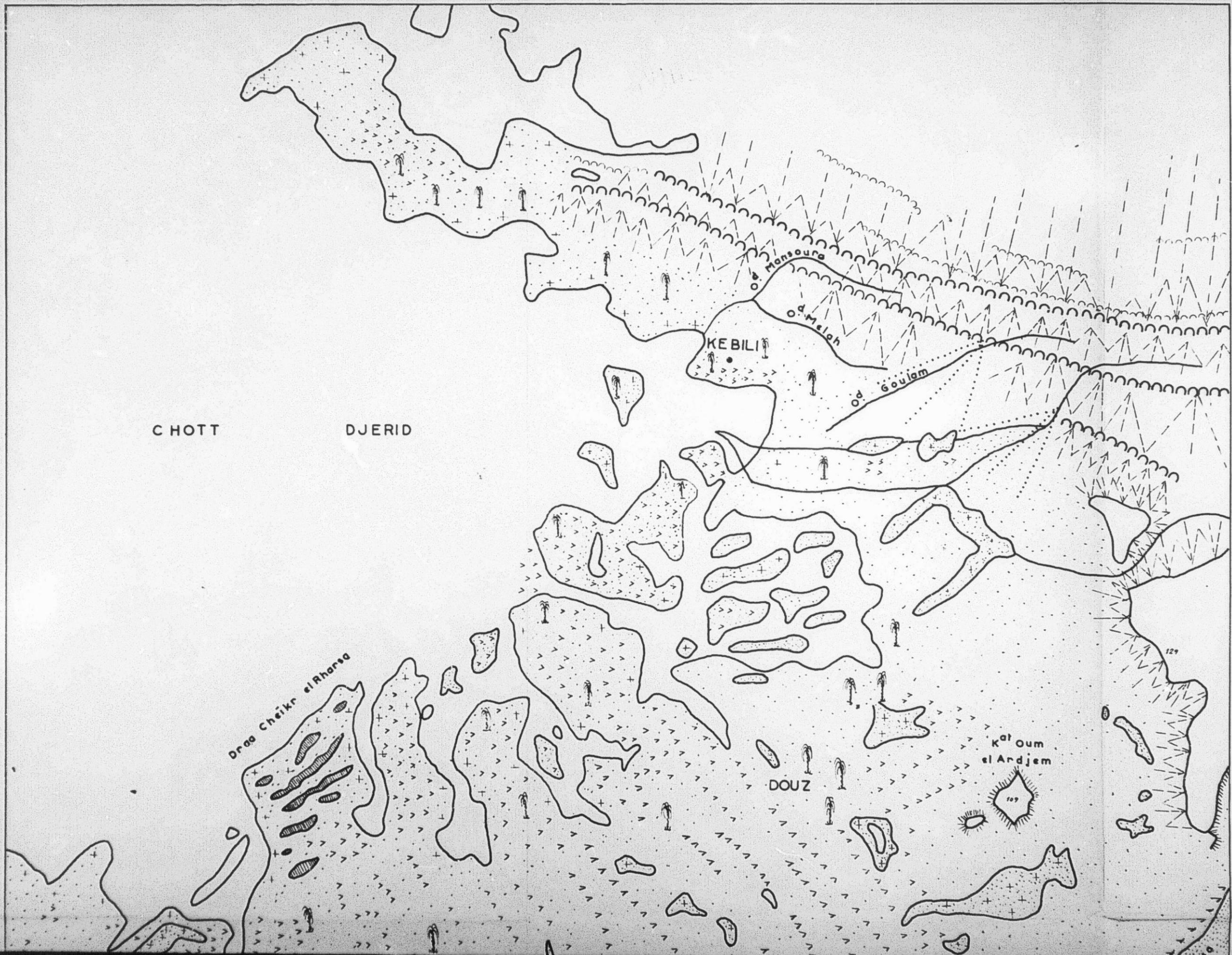
- Conductivité : c en mmhos cm à 25° c
 si la salure diminue avec la profondeur on indique que celle de l'horizon supérieur
- Mauvais drainage (tendance à l'hydromorphie et à la salure)

HYDROMORPHIE

- ∩ Pseudogley
- ∩ Gley
- ∩ Hydromorphie topographique
- △ Hydromorphie permanente, avec submersion à certaines périodes
- ∩ Hydromorphie temporaire
- Alcalisation indiquée par une pointe au dessus du gne de salure
- Sulfures
- ∩ Ames gypseux
- ∩ Erosion

LES CROUTES ET ENCROUTEMENT GYPSEUX ET CALCAIRES

PROFONDEUR	CROUTE GYPSEUSE	ENCROUTEMENT GYPSEUX	GALETS ENCROUTES GYPSEUX	ENCROUTEMENT GYPSEUX DE NAPPE	ENCROUTEMENT CALCAIRE
0-40 cm	∩	∩		∩	∩
40-80 cm		∩	∩	∩	∩
80-120 cm		∩	∩	∩	∩
> 120 cm		∩	∩	∩	∩



C HOTT

DJERID

KEBILI

DOUZ

Draa Cheïkr el Rharsa

Mansoura

Melah

Goulam

Kat Oum el Ardjem

M

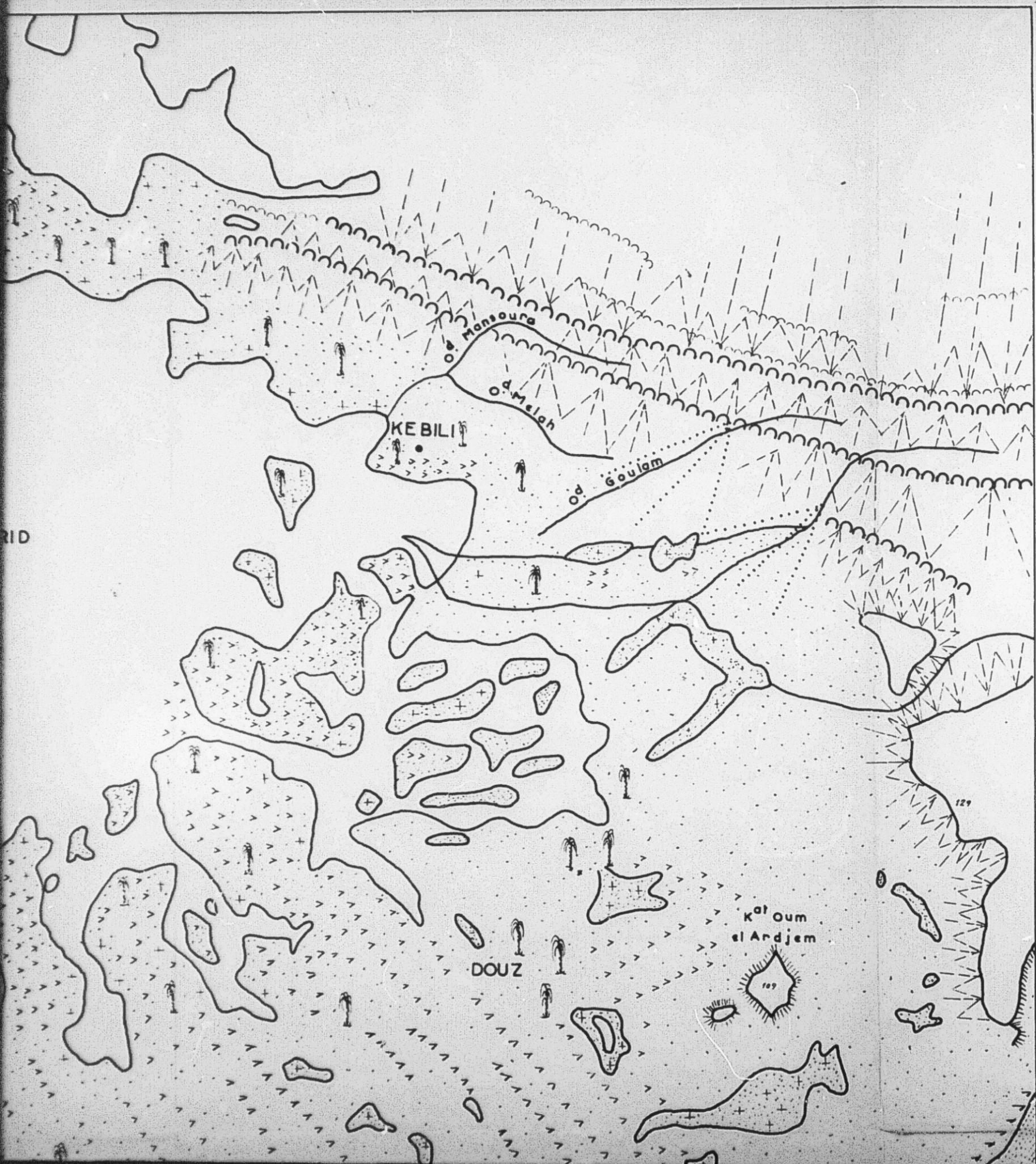
Relief

Glaci

Dépr

ARCHIVES

— EXTRAIT de la CARTE —
 — MORPHOLOGIQUE de la TUNISIE —
 — PRESAHARIENNE —
 — (R. COQUE) —
 — ECHELLE 1/500.000^e —
 — AGRANDISSEMENT AU 1/200.000^e —



— LEGENDE —

- Reliefs structuraux
- 1 majeurs.
 - 2 mineurs.
 - Cuesta.
 - Barre.
 - Temoin de la Hamada.
- Glacis
- 1 Cqsien.
 - 2 Mousterien (Ind. lamelles).
- Dépressions fermées

C HOTT

DJERID

KEBILI

Oued Melah

Oued Gouiam

Drac Cheïkr el Rhareg

DOUZ

Kal Oum el Ardjem

129

109

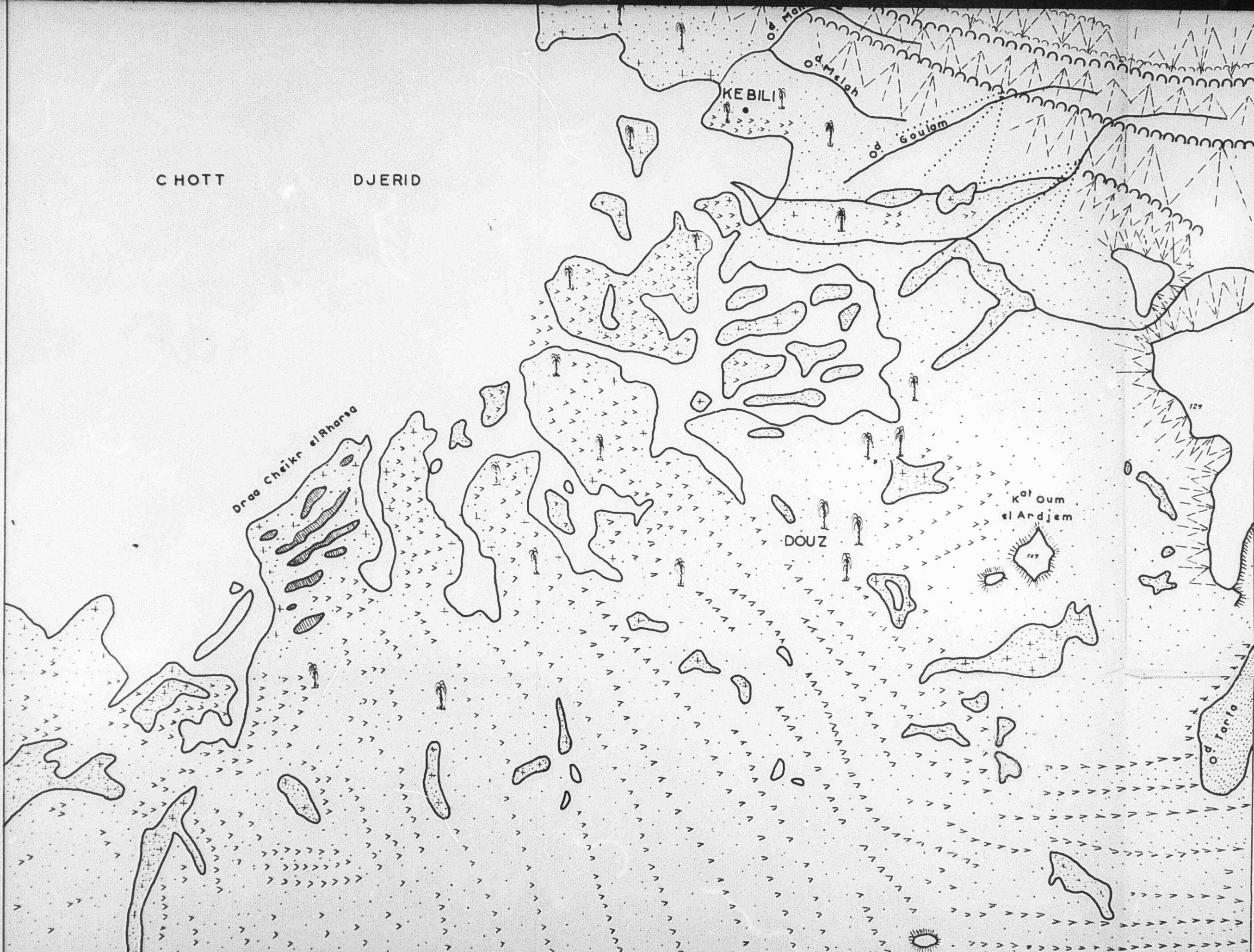
Oued Rarfa

Reli

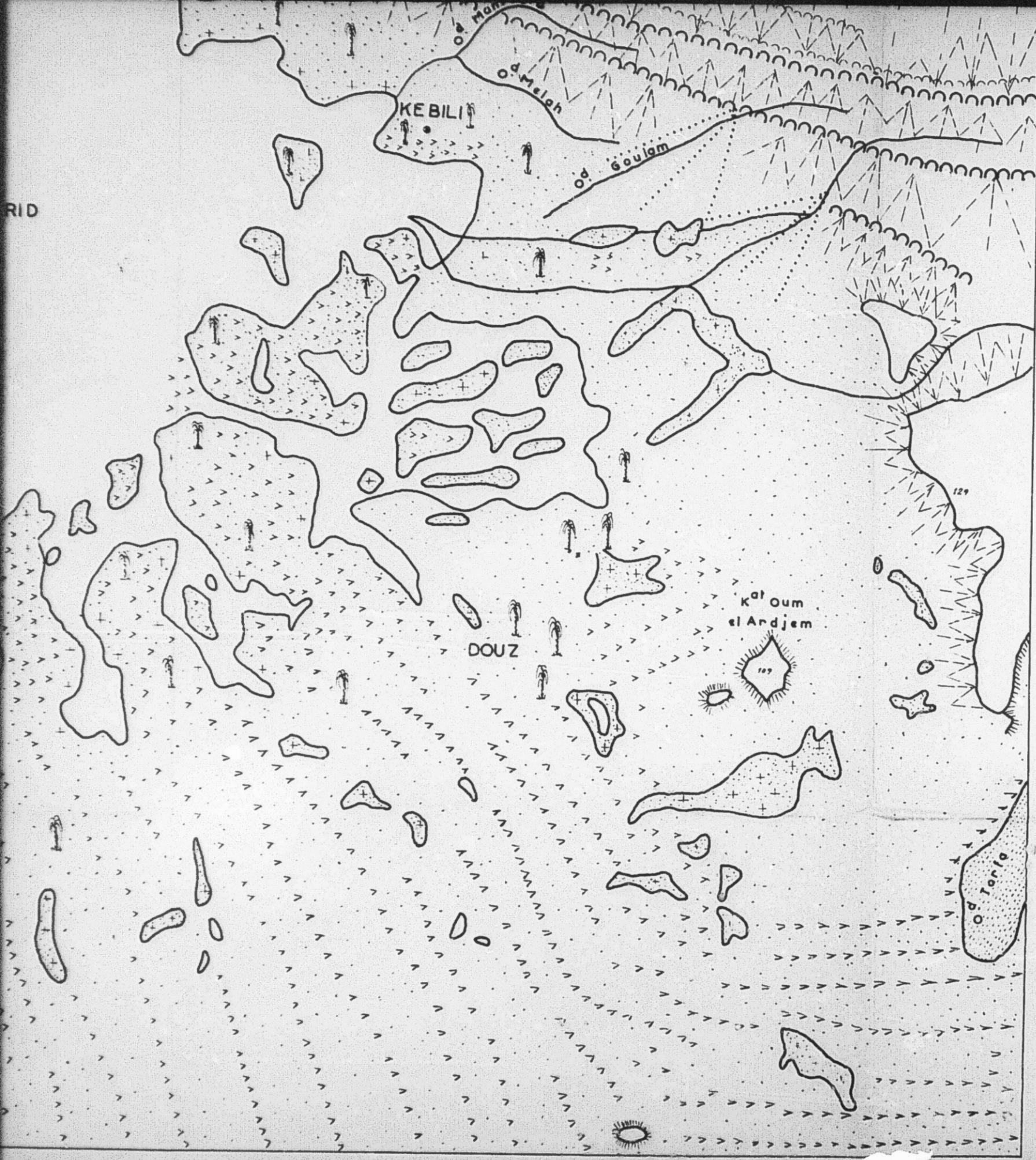
Glac

Dép

Dun



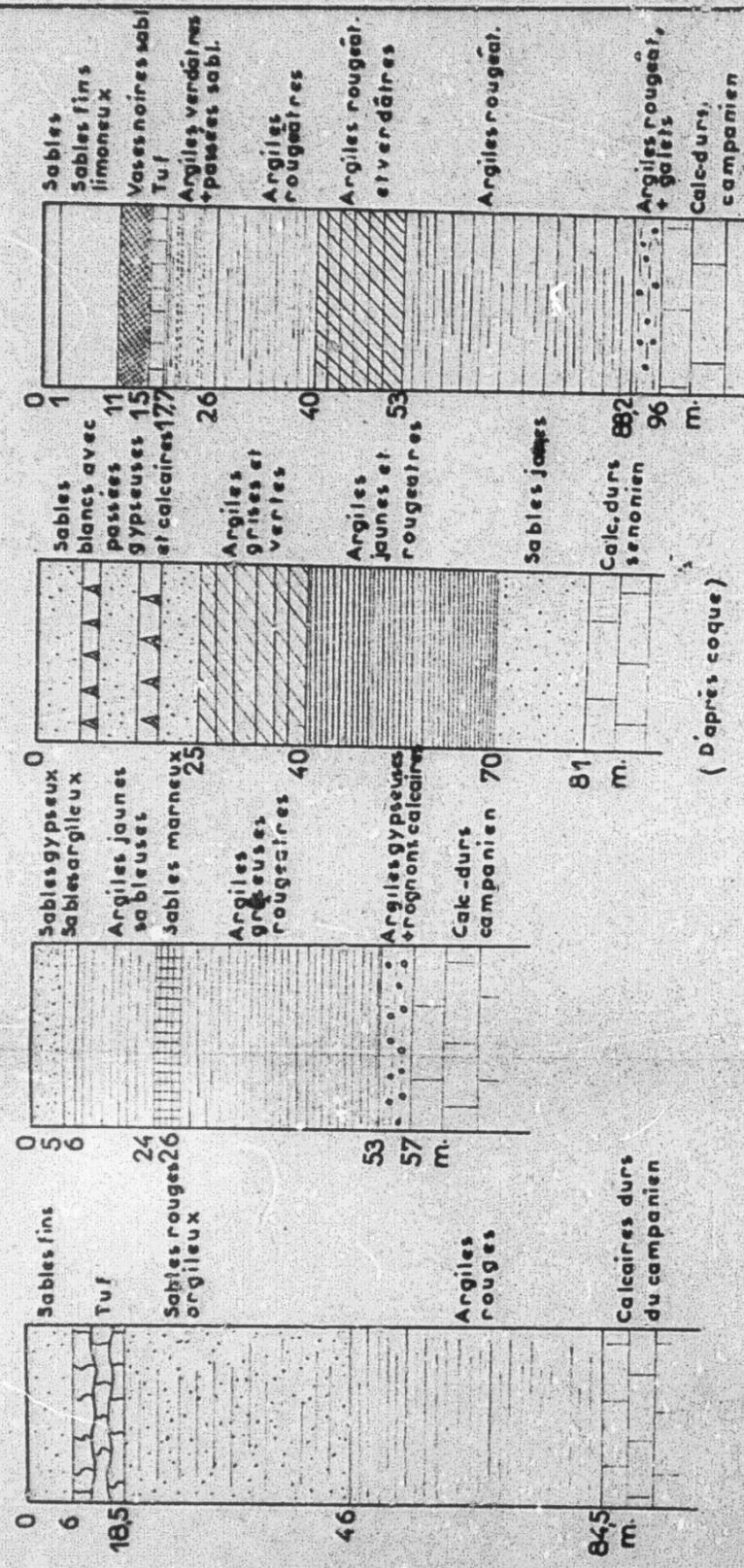
RID



— LEGENDE —

- 1 majeurs.
- 2 mineurs.
- 1 Cuesta.
- 2 Cuesta.
- Barre.
- Temoins de la Hamada.
- Glacis**
 - 1 Capsien.
 - 2 Mousterien (Ind. lamelles).
- Dépressions fermées**
 - Garaet.
 - Sebka.
 - Chott.
 - Terrasse du Sud du Djerid. (bordure sebka)
- Dunes**
 - Nebka
 - Barkane
- Oueds.
- Oasis.

ARCHIVES



a) EL FAOUAR

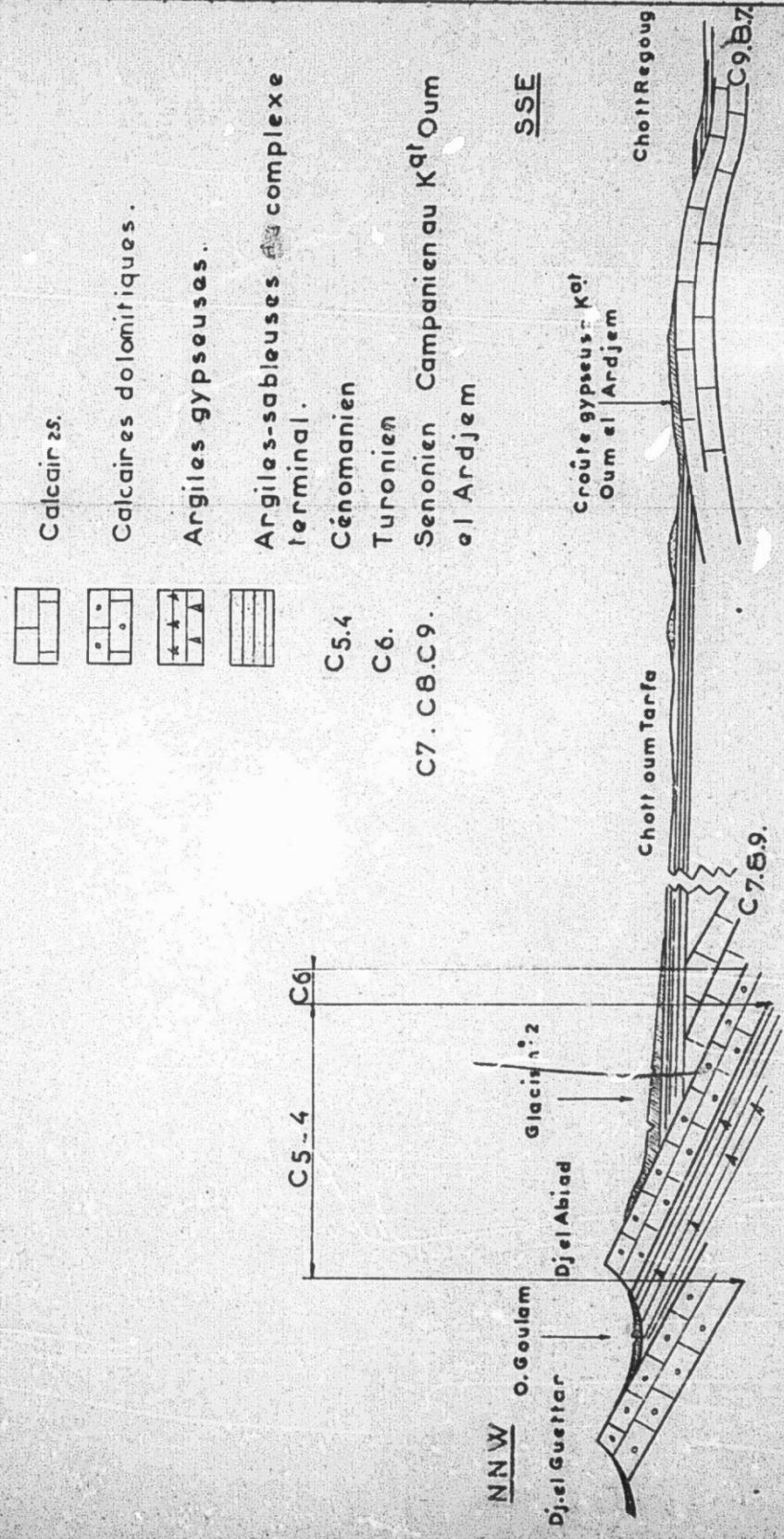
b) DOUZ

c) NEGGA II

d) ZARCINE

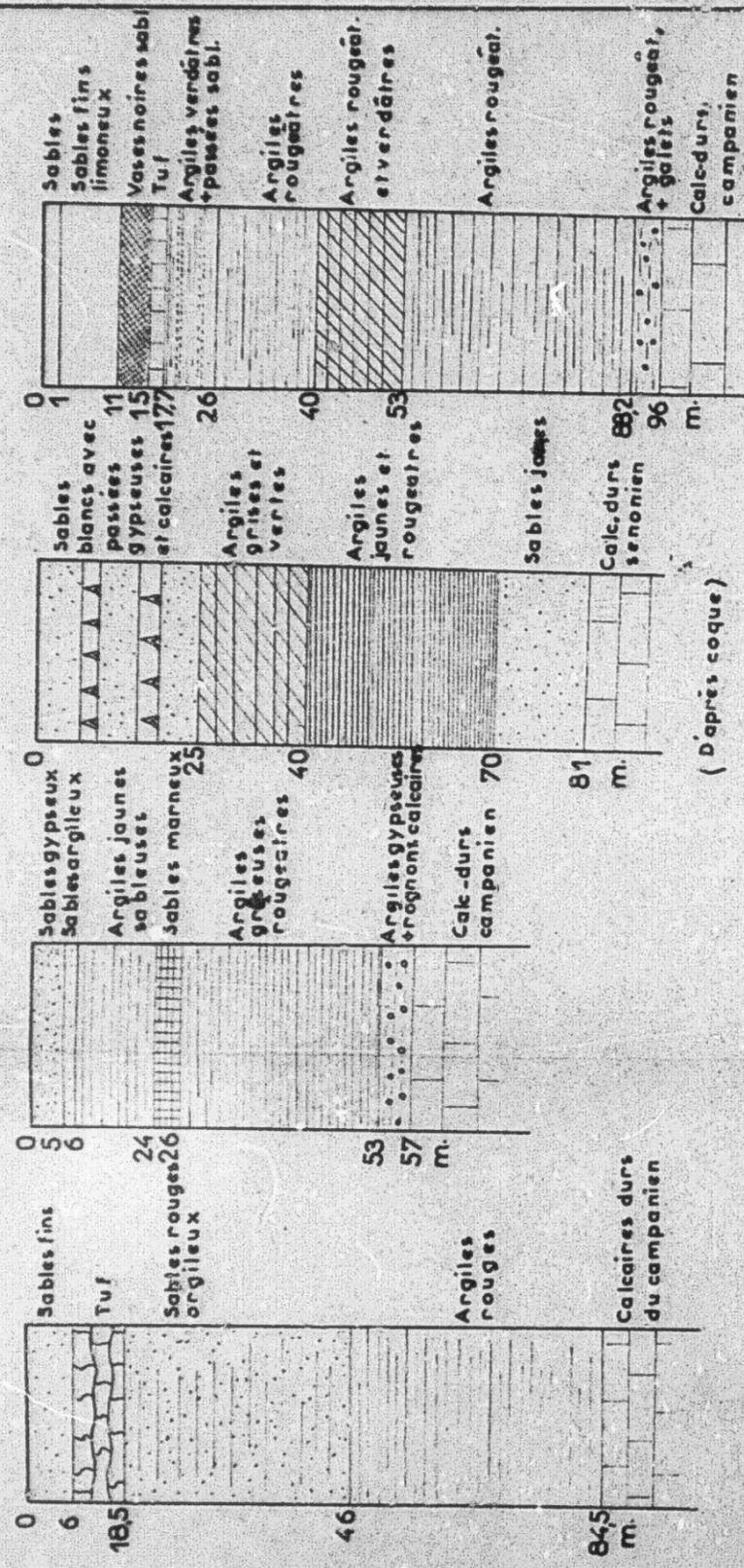
— COUPES DU COMPLEXE CONTINENTAL TERMINAL TYPE NEFZAOUA —

ARCHIVES



— COUPE TRES SCHEMATIQUE DE LA BORDURE EST DU NEFZAOUA —

ARCHIVES



a) EL FAOUAR

b) DOUZ

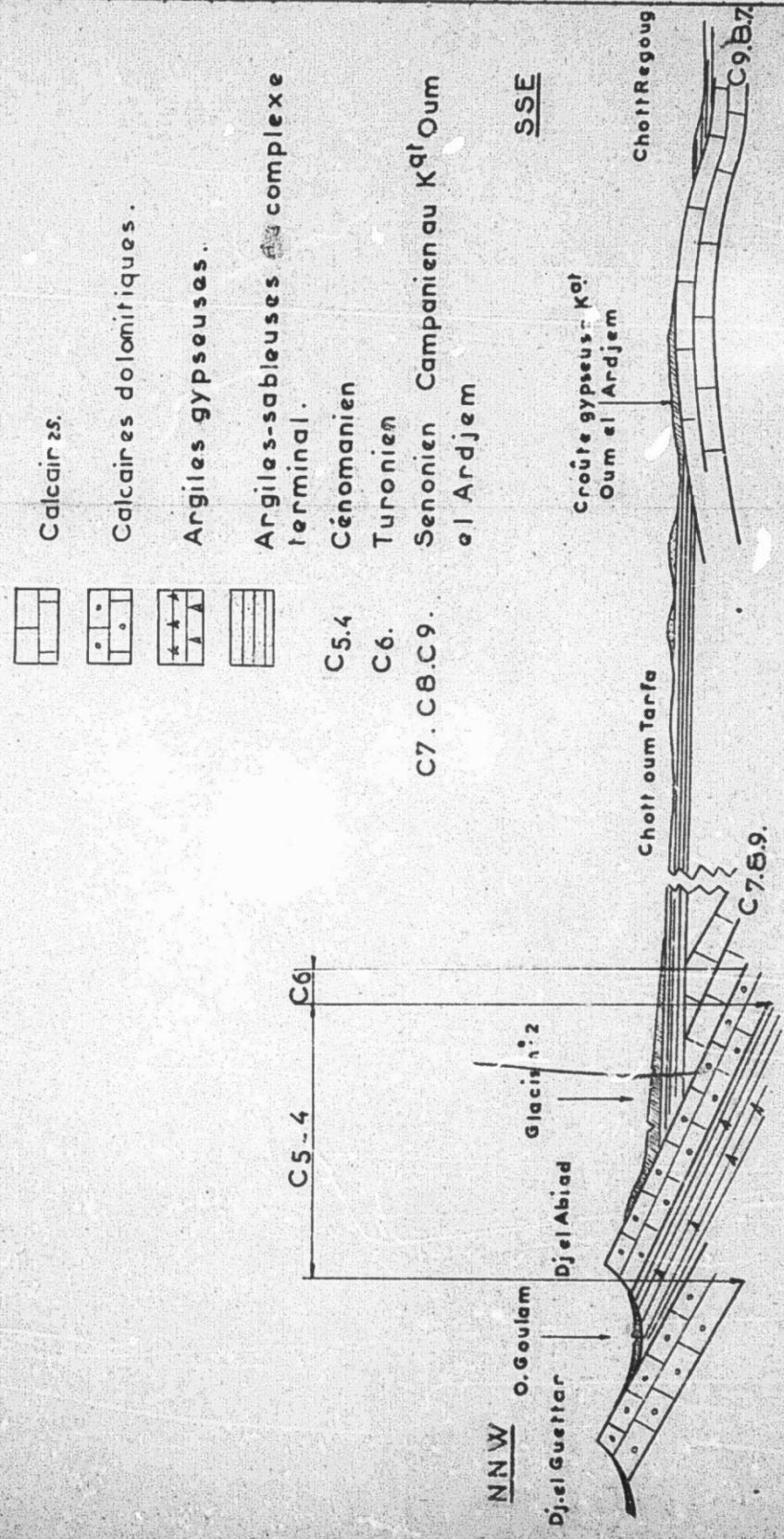
c) NEGGA II

d) ZARCINE

(D'après coque)

— COUPES DU COMPLEXE CONTINENTAL TERMINAL TYPE NEFZAOUA —

ARCHIVES



— COUPE TRES SCHEMATIQUE DE LA BORDURE EST DU NEFZAOUA —



SUITE EN

F

3



MICROFICHE N°

39080

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

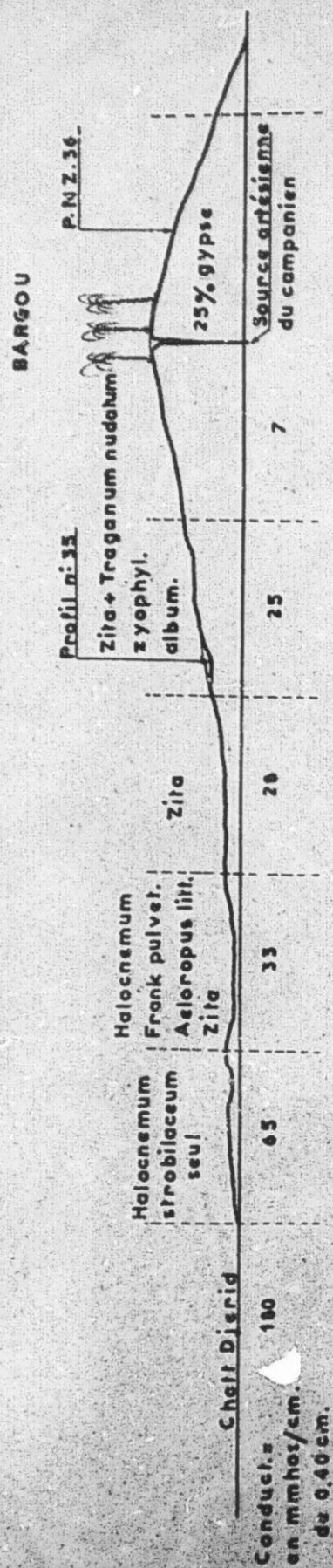
DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

المركز القومي
للتوثيق الزراعي
تونس

F 3

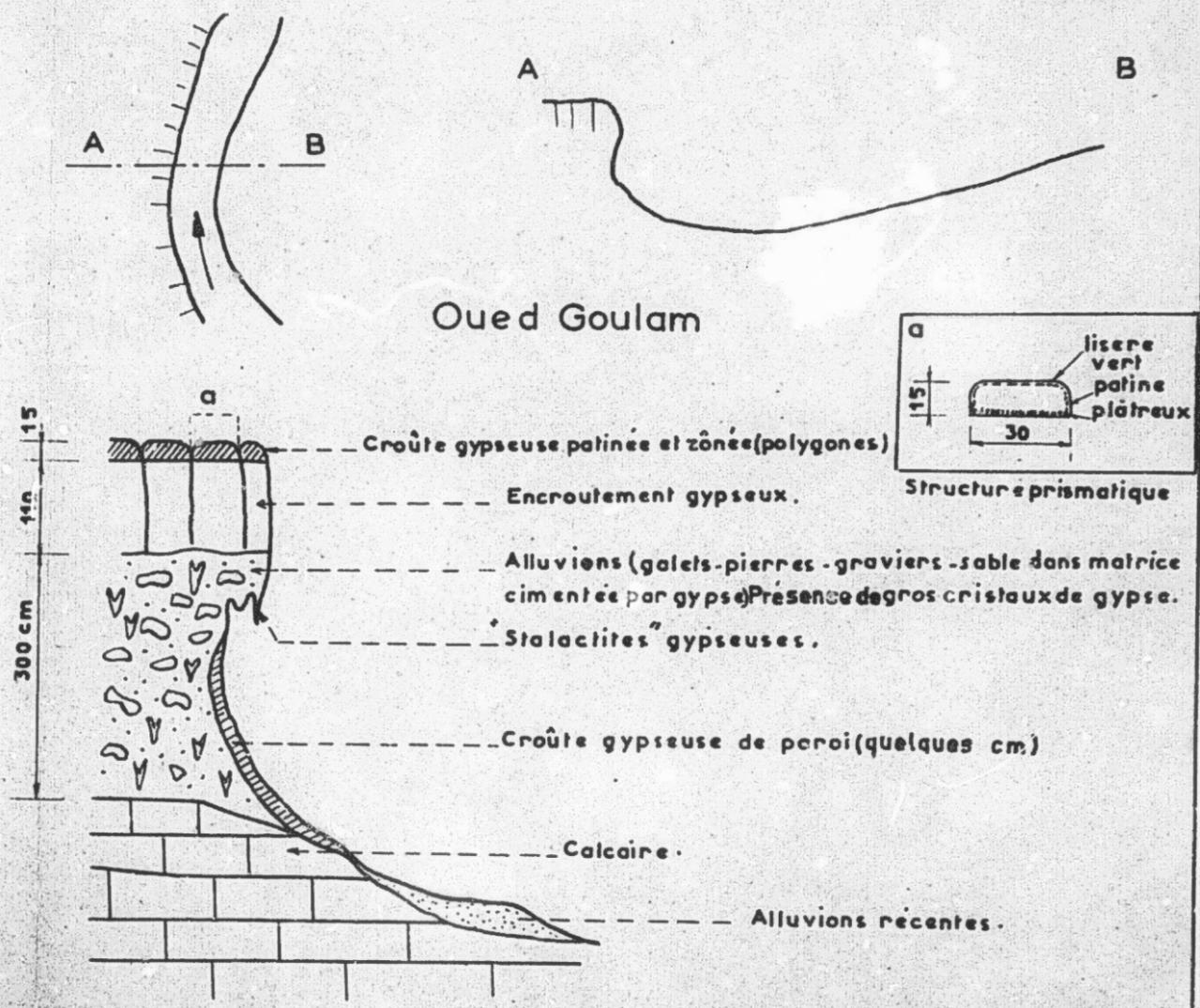


Distribution de la végétation à BARGOU

ARCHIVES

ARCHIVES

— Gorges de l'Oued Goulam —
— Glacis II moustérien —



— Coupe de la berge Est —

KÉBILI

$\gamma = 33^{\circ}42' \lambda = 08^{\circ}59'$

H = 56

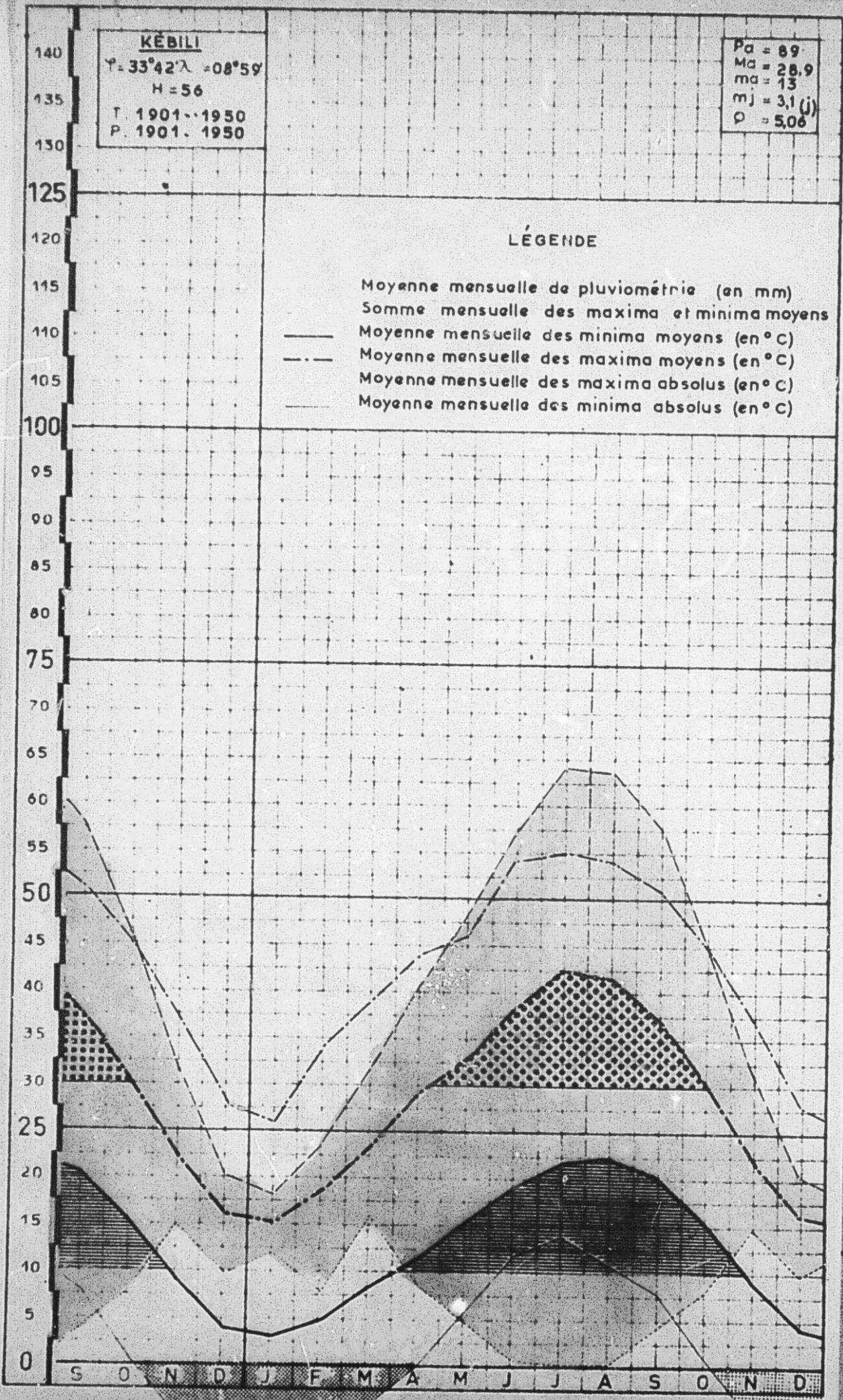
T. 1901-1950

P. 1901-1950

$P_a = 89$
 $M_a = 28,9$
 $m_a = 13$
 $m_j = 3,1 (j)$
 $\rho = 5,06$

LÉGENDE

- Moyenne mensuelle de pluviométrie (en mm)
- Somme mensuelle des maxima et minima moyens
- Moyenne mensuelle des minima moyens (en °C)
- Moyenne mensuelle des maxima moyens (en °C)
- Moyenne mensuelle des maxima absolus (en °C)
- Moyenne mensuelle des minima absolus (en °C)



ANALYSE DES NAPPES PHREATIQUES DU NEFZAOUA

R. PONTANIER

Numéro des profils	Profondeur de la nappe	Date de prélèvement	Milligrammes par litre							R.S.	Conductivité		Milliéquivalents pour 1000				
			Ca	Mg	Na	SO ₄	Cl	CO ₃	mmhos/cm		Ca	Mg	Na	SO ₄	Cl	CO ₃	
NZ 30	0,75 m	24/1/68	1600	3404	115000	6670	176790	75	304400	181,6	80	280	5000	139,0	4980,0	2,5	
31	"	"	1200	4134	102580	9434	155490	75	278600	180,4	80	340	4460	194,6	4380,0	2,5	
32	"	"	1600	6445	76590	11575	123114	30	225800	180,4	80	530	3330	241,0	3468,0	1,0	
107	1,05 m	20/2/68	840	851	4853	4218	7526	21	20680		42,0	70,0	211,0	87,0	212,0	0,7	
109	0,80 m	"	1120	1070	29620	6427	44907	30	89200		56,0	88,0	1288,0	133,8	1265,0	1,0	
117	0,35 m	"	560	2928	93380	25214	121765	30	254400		28,0	244,0	406,0	525,2	3430,2	1,0	
226	0,90 m	27/3/68	1040	4401	25300	15313	41109	123	9340		52,0	362,0	1100,0	235,6	1158,0	4,1	
227	0,75 m	"	1060	1106	7475	4111	11537	150	27500		53,0	91,0	325,0	85,6	325,0	5,0	
231	1,10 m	"	700	960	6256	5743	8981	99	24440		35,0	79,0	272,0	119,6	253,0	3,3	
233	1,10 m	"	960	948	1817	6690	26412	87	37180		48,0	78,0	79,0	139,3	744,0	2,9	
parcelle d'essais	Drain	24/3/68	272	115	626	1095	887	93	3220		13,6	12,8	27,2	22,8	25,0	3,1	
"	"	19/7/67					2130		8,620								

Par :
Monsieur : PONTANIER

PF 4,2
corrigé

REPUBLIQUE TUNISIENNE

SECRETARIAT D'ETAT
A L'AGRICULTURE

Groupe H.E.R.

Section Spéciale d'Etudes
de Pédologie & d'hydrologie - Gabès

ARCHIVES

Résultats des TESTS D'INSTABILITE STRUCTURALE

(Tests Hénin) demandés pour le périmètre de N E F Z A O U A

Demandeur ,Mr. PONTANIER

N° de l'échantillon	Profondeur	P R E T R A I T E M E N T S			% moyen des Agrégats	A + L maximum	Sables grossiers	Is	Log 10 Is	K	Log 10 K
		à l'eau % Agrégats	à l'alcool % Agrégats	au benzène % Agrégats							
PNZ 27- ^{SP} 872	60 - 80	10,80	10,90	10,00	10,60	17,5	1,0	1,80	1,26	7,63	1,88
X 29	80 -100	0,50	1,50	0,70	0,90	15,5	traces	17,20	2,24	3,57	1,55
SP 47 G	> 100	0,50	0,60	0,50	0,50	6,0	traces	12,00	2,08	5,43	1,73
PNZ 30 SP 617	0 - 30	5,50	5,30	5,20	5,30	14,5	1,0	3,29	1,52	2,73	1,43
SP 478	30 - 50	3,90	4,00	3,70	3,90	23,0	traces	5,89	1,77	1,81	1,26
X 25	80 -120	8,40	9,00	9,00	8,80	19,5	1,0	2,46	1,39	2,22	1,35
Q 64	> 120	0,70	2,90	0,90	1,50	31,0	traces	20,66	2,32	1,29	1,11
PNZ 32 387	0 - 40	10,90	11,50	11,00	11,10	13,5	0,25	1,24	1,09	3,65	1,56
SP 177	40 - 90	24,7	25,00	24,90	24,90	10,5	0,80	10,50	2,02	8,07	1,90
PNZ 39 CEE749	0 - 5	22,2	22,10	21,80	22,00	15,5	17,00	2,31	1,36	2,23	1,35
V 91	5 - 60	6,80	6,50	6,30	6,30	29,5	7,00	29,50	2,47	0,53	0,72
HZ 25	60 -100	1,80	1,80	1,40	1,70	17,5	1,00	21,87	2,34	0,64	0,81
SP 814	100-130	3,70	4,30	3,80	3,90	8,5	4,00	28,33	2,45	3,32	1,52
PNZ 107 X 81	0- 55	12,1	12,7	12,7	12,5	4,5	2,0	0,42	0,62	6,26	1,79
" 108 SP 57	0- 40	10,2	9,65	11,4	10,4	4,0	5,0	0,67	0,82	7,14	1,85
R 80	40- 60	21,6	21,8	34,2	25,8	8,5	traces	0,32	0,50	7,15	1,85
" 110 2388	0- 20	3,2	3,4	3,0	3,2	21,0	traces	6,50	1,81	0,64	0,81
2875	> 60	9,1	8,9	8,4	8,8	25,5	1,0	3,20	1,50	0,76	0,88

Numéro du profil	Profondeur	GRANULOMETRIE					Capacité de rétention PF 2,7 corr. sé	pH 1/2,5	CO ₃ Ca total %	Gypse 2H ₂ O SO ₄ Ca 2H ₂ O	Matière organique	Saturation de la pâte %	Conductivité mmhos/cm 25°	Sels solubles en milliéquivalents par litre d'extrait de saturation					Complexe En milliéquivalents % de terre			pF 4,2 corrigé
		Argile	Limon	Sables très fins	Sables fins	Sables grossiers								Cl	CO ₃ H	Ca	Mg	Na	Ca	SAR	Na/T/% calculé	
NZ 42	0-60						8,6	8,7	16,7	0,57	29,2	140,0	2300,0	4,0	80,0	370,0	1968,0	2418	131,2	66,0		
	60-100						8,7	11,6	12,8	0,48	24,8	140,0	2400,0	4,0	70,0	380,0	2212,0	2662	147,4	67,5		
	> 100						8,7	12,9	14,3	0,38	22,8	134,0	2050,0	4,0	70,0	345,0	2016,0		140,0	67,0		
NZ 44	0-35	10,5	4,5	6,0	50,0	18,0	12,4	7,6	3,3	42,0	0,02	28,0	5,8	10,0							3,0	
	35-70	11,5	7,5	9,0	56,0	4,0	8,7	7,1	2,0	48,7	0,02	28,8	7,0	20,0							2,8	
	70-105	11,0	2,5	10,0	69,0	1,0	8,3	8,4	7,9	22,4	0,33	31,2	9,5	50,0							1,9	
	> 105	4,5	0,5	3,0	83,0	6,0	9,6	7,4	0,4	trac.	0,05	30,8	8,3	40,0							3,5	
NZ 47	0-10						7,8	1,2	2,1			32,0	14,3	95,0								
	10-20						8,2	7,9	35,8			35,2	8,5	30,0								
	20-65						8,3	25,0	0,8			44,0	23,5	220,0								
	> 75						8,7	9,5	0,5			34,0	17,8	140,0								
NZ 54	0-30	16,0	10,0	10,0	53,0	13,0		7,9	16,2	7,08		28,0	4,35	20,0								
	> 30						7,7	4,5	63,35			29,6	11,00	70,0								
NZ 57	0-40	7	7	11,0	67	1,0	9,1	8,8	1,2	33,1	0,21	28,4	13,00	80,0							3,3	
	40-75	10,5	4,5	9,0	65	1,0	6,4	8,0	2,5	36,3	0,03	28,8	9,00	50,0							2,2	
	> 75	5,5	1,5	3,0	84	trac.	11,6	8,1	2,5	7,0	0,07	35,2	12,3	70,0							0	
NZ 60	0-15	8,5	10,0	10,0	64,0	"		7,7	1,2	37,8	0,22	29,6	3,6	10,0								
	15-25	8,0	10,0	11,0	64,0	"		7,0	2,9	40,85	0,07	29,6	4,35	10,0								
	25-60	6,0	6,0	7,0	79,0	"		7,6	3,3	11,6	0,14	34,8	4,55	10,0								
	> 60	4,5	4,0	5,0	84,0	3,0		8,2	2,0	3,1	0,07	35,6	9,00	50,0								
NZ 65	0-50	5,0	5,5	4,0	79,0	6,0	5,1	8,3	6,6	7,5	0,19	28,0	8,5	25,0	2,0	28,0	6,5	48,0		11,53	13,7	2,3
	50-100	2,5	2,0	4,0	84,0	3,0	6,6	8,9	6,2	0,4	0,10	30,4	20,5	190,0	2,1	25,0	38,0	174,6		31,12	31,0	2,5
	> 100	5,5	0,5	5,0	83,0	1,0	7,8	8,7	6,2	0,4	0,10	30,0	24,0	250,0	1,9	39,0	66,5	214,0		29,51	29,8	4,2
PZ 68	0-60	12,5	3,0	6,0	64,0	10,0	4,5	8,2	4,4	27,9	0,12	28,0	4,15	15,0							11	
	60-120	12,0	3,5	8,0	65,0	4,0	3,5	7,8	4,0	34,00	0,05	31,2	4,15	15,0							0	
	> 120	16,5	8,5	18,0	57,0	trac.	33,5	8,1	0,4	trac.	0,21	56,0	7,00	20,0							11,0	
PZ 70	0-30								4,8	trac.		33,6	10,8	80,0	2,0	14,0	16,5	84,1		21,5	23,3	
PZ 73	Surface	6,0	3,5	3,0	70,0	17,0		7,9	5,2	10,5	0	26,4	9,5	70,0								
	croûte							8,2	8,8	64,1		57,2	44,0	445,0								
	enc. tuff.							8,4	37,0	2,4		73,2	60,0	645,0								
	60-80	8,0	13,0	14,0	60,0	2,0	25,0	8,6	5,2	0,5	0,12	49,2	29,5	280,0							10,1	
	80-120	1,0	2,0	13,0	76,0	5,0	4,0	8,6	4,0	trac.	0	30,8	7,0	50,0							2,0	
> 120									M		a		n		a		n		a		n	t

Numéro du profil	Profondeur	GRANULOMÉTRIE					Capacité de rétention pH 2,7 corrigé	pH 1/2,5	CO ₂ C _a total %	Gypse 2H ₂ O SO ₄ Ca 2H ₂ O	Matière org- nique	Saturation de la pâte %	Conductivité mmhos/cm 25°	Sels solubles en milliéquivalents par litro d'extrait de satur- tion					Complexe en milliéquivalents % de terre			pF 4,2 corrigé		
		Argile	Limon	Sables très fins	Sables fins	Sables grossiers								Cl	CO ₃ H	Ca	Mg	Na	Ca	SAR	Na/T/% calcu- lé			
PZ 77	0-40							5,8	68,9		36,4	19,0	150,0	1,8	31,0	49,0	150,0	23,86	25,0					
PZ 79	0-40							5,8	46,1		34,8	128,0	2000,0	5,0	30,0	590,0	1936,0	110,0	62,0					
	40-90							5,4	58,2		37,2	68,0	800,0	3,0	35,0	245,0	704,0	59,6	46,5					
PZ 81	0-60							2,9	35,8		30,0	60,0	650	3,0	55,0	105,0	608,0	68,3				50,0		
PZ 82	0-2	6,5	5,0	6,0	55,0	25,0	5,1	7,8	13,7	17,1	0,16	24,0	7,75	10,0								0,6		
	2-50	4,0	3,5	3,0	84,0	3,0	8,7	7,6	9,6	3,8	0,07	33,2	7,60	50,0								2,2		
	50-80	3,0	5,0	6,0	79,0	2,0	10,0	7,8	10,8	2,5	0,07	32,4	12,3	100,0								2,6		
	80-110							8,0	10,0	1,3		33,2	5,37	30,0										
	> 110	7,5	4,5	8,0	78,0	trac.	12,3	8,6	9,2	1,55		35,2	8,15	30,0								2,4		
PZ 83	0-50							7,6	4,1	13,05	0,05	28,0	9,5	55,0										
	50-120							8,9	14,1	6,4	0,21	52,8	24,0	225,0										
	> 120							9,1	26,2	3,4		41,2	33,5	300,0										
PZ 87	0-35							7,8	4,1	25,3	0,07	28,0	6,9	35,0	1,8	26,0	4,0	32,8	8,47	10,0				
	35-65							8,3	0,8	69,25	0,26	43,6	13,5	30,0	1,6	23,0	17,0	111,2	24,82	26,0				
	> 65							8,4	5,4	1,55	0,35	74,4	21,8	190,0	1,3	31,5	37,5	214,0	36,45	34,2				
PZ 92	0-5							8,5	8,7	38,9	0,10	33,2	7,0	30,0										
	5-40							8,3	2,0	42,4	0,07	38,0	10,3	50,0										
	40-80	3,5	7,5	7,0	67,0	11,0		8,9	10,0	2,0		46,0	10,0	75,0										
	80-100							9,1	26,6	1,55		36,8	16,0	95,0										
	> 100	11,0	1,5	12,0	75,0	trac.		9,3	11,6	trac.		39,2	16,0	90,0										
PZ 93	0-5	9,0	4,0	18,0	56,0	10,0	13,5	8,7	2,0	31,8	0,26	28,8	59,0	700,0	4,0	40,0	70,0	704,0	94,75	58,0			4,1	
	5-30	13,0	15,0	24,0	40,0	30,0	41,0	8,6	0,8	47,1	0,47	48,8	75,0	800,0	2,0	50,0	60,0	968,0	130,28	65,5			12,8	
	30-80	7,5	10,5	8,0	71,0	2,0	36,1	8,9	5,8	0,8	0,36	56,0	60,0	600,0	3,0	40,0	50,0	680,0	101,34	59,9			14,8	
	> 80	3,0	6,5	8,0	77,0	1,0	21,0	8,9	6,2	1,0	0,26	48,0	47,0	450,0	2,0	50,0	45,0	488,0	70,82	51,0			7,2	
PZ 95	0-60							8,2	3,7	9,6	0,10	32,0	6,9	40,0										
PZ 97	0-25							7,65	5,0	17,6	0,19	30,0	5,3	15,0	1,8	26,0	6,0	24,4	6,1	7,15				
	25-60							8,9	8,2	19,25	0,14	42,0	21,9	170,0	1,3	30,0	19,0	220,0	44,44	39,00				
	60-100							8,85	16,6	1,4	0,14	43,2	25,5	200,0	1,5	31,0	21,5	224,0	43,73	38,25				
	100							8,7	18,8	1,0	0,14	39,6	25,5	215,0	1,2	35,0	17,0	244,0	47,84	41,00				
PZ 101	0-15	7,5	3,0	6,0	70,0	10,0	13,9	7,6	3,3	14,7	0,14	30,0	3,3	10,0										
	15-50	11,0	11,5	13,0	51,0	2,0	27,6	8,15	1,2	49,7	0,14	39,2	7,2	25,0										
	50-75	9,5	8,5	15,0	60,0	2,0	20,0	8,15	5,0	38,9	0,14	34,0	11,4	65,0										
	> 75	11,0	4,5	11,0	73,0	1,0		8,8	12,5	0,7	0		37,2	14,3	110,0									
PZ 102	0-20	10,5	6,0	13,0	61,0	2,0	30,1	7,9	4,1	40,3	0,22	34,8	4,2	10,0										
	20-35	10,5	10,0	21,0	55,0	20,0	30,8	8,45	11,6	21,9	0,14	34,8	7,2	35,0										
	35-70	11,0	11,0	14,0	63,0	1,0	31,9	8,4	12,5	2,4	0,10	47,2	7,1	35,0										
	70-120	4,5	5,0	5,0	85,0	2,0	14,9	8,35	8,2	trac.	0		34,8	4,9	30,0									
	> 120	7,0	2,5	4,0	83,0	3,0	16,6	8,2	2,0	0,5	0		35,2	7,8	25,0									

Numéro du profil	Profondeur	GRANULOMETRIE					Capacité de rétention	pH 1/2,5	CO ₂ Ca Total %	Gypse 2H ² .0 SO ₄ Ca 2H ² .0	Matière organique	Saturation de la pâte %	Conductivité mmhos/cm 25°	Sels solubles en milliéquivalents par litre d'extrait de saturation					Complexe en milliéquivalents % de terre			pF 4,2 corrigé
		Argile	Limon	Sables très fins	Sables fins	Sables grossiers								Cl	CO ₃ H	Ca	Mg	Na	Ca	SAR	Na/T/% calculé	
NZ 224	0-15						8,3	9,3	7,6	0,21	36,8	23,5	195,0	1,5	32,0	10,0	266,0	58,08	46,0			
	15-60	13,0	8,0	23,0	55,0	traces	8,55	14,2	0,7	0,21	42,8	33,5	308,0	1,3	25,0	37,0	383,0	68,76	50,0			
	60-120						8,15	15,0	0,7		43,2	29,0	250,0	1,3	30,5	39,5	286,0	48,39	42,0			
	> 120	10,0	6,5	16,0	62,0	3,0	8,35	15,8	0,8		38,0	32,0	275,0	1,3	34,5	41,5	221,0	52,1	43,0			
NZ 225	0-40							0	55,7		34,8	15,7	100,0									
NZ 228	0-5	15,0	1,5	12,0	64,0	3,0	7,90	2,0	32,15	0,60	31,6	3,5	10,0									
	5-15	16,5	1,0	8,0	70,0	2,0	7,80	0	23,8	0,15	34,4	4,1	15,0									
	15-25	12,5	1,5	5,0	77,0	3,0	7,85	0	8,3	0,05	38,4	3,15	5,0									
	25-40	8,0	0	4,0	84,0	3,0	7,45	0	3,12		36,4	4,2	10,0									
	> 40	6,0	9,5	3,0	89,0	1,0	7,60	0	1,55		32,4	5,5	20,0									
NZ 229	0-15						7,75	4,0	43,4	0,34	29,2	13,0	90,0									
	15-25	11,5	0	14,0	68,0	2,0	7,75	3,2	39,0	0,21	28,0	14,8	110,0									
	25-50						7,80	4,0	29,7		29,6	13,9	100,0									
	50-100						7,75	4,8	33,0		30,0	10,0	60,0									
	> 100	19,5	1,0	8,0	72,0	trac.	7,80	2,0	5,4		48,8	11,0	70,0									
NZ 231	0-30						8,45	4,8	29,9		28,8	30,0	245,0									
	30-65						8,30	25,8	6,7		31,6	27,5	255,0									
NZ 232	0-40						7,95	17,0	4,3		45,2	16,0	110,0	1,5	25,5	2,5	140,4	37,54	35,0			
NZ 233	0-40	10,0	0	4,0	86,0	traces	8,25	1,6	6,9		30,0	41,0	380,0	1,8	44,5	30,5	480,0	78,43	53,5			
	40-100	7,5	3,0	10,0	76,0	"	8,45	10,1	0,5		36,4	30,5	260,0	1,1	24,5	23,5	321,0	65,51	49,0			

FIN

119

VUES