

Ministère de l'Agriculture  
Direction des sols  
S/D Recherche et Experimentation  
Ariana

Centre ORSTOM  
18 Av., Charles Nicolle  
1002- Tunis

ETUDE DE LA SALINITE DES SOLS DE L'OASIS D' EL GUETTAR

étude n° E-S 258

JOB J.O.°, MARAI M.°°

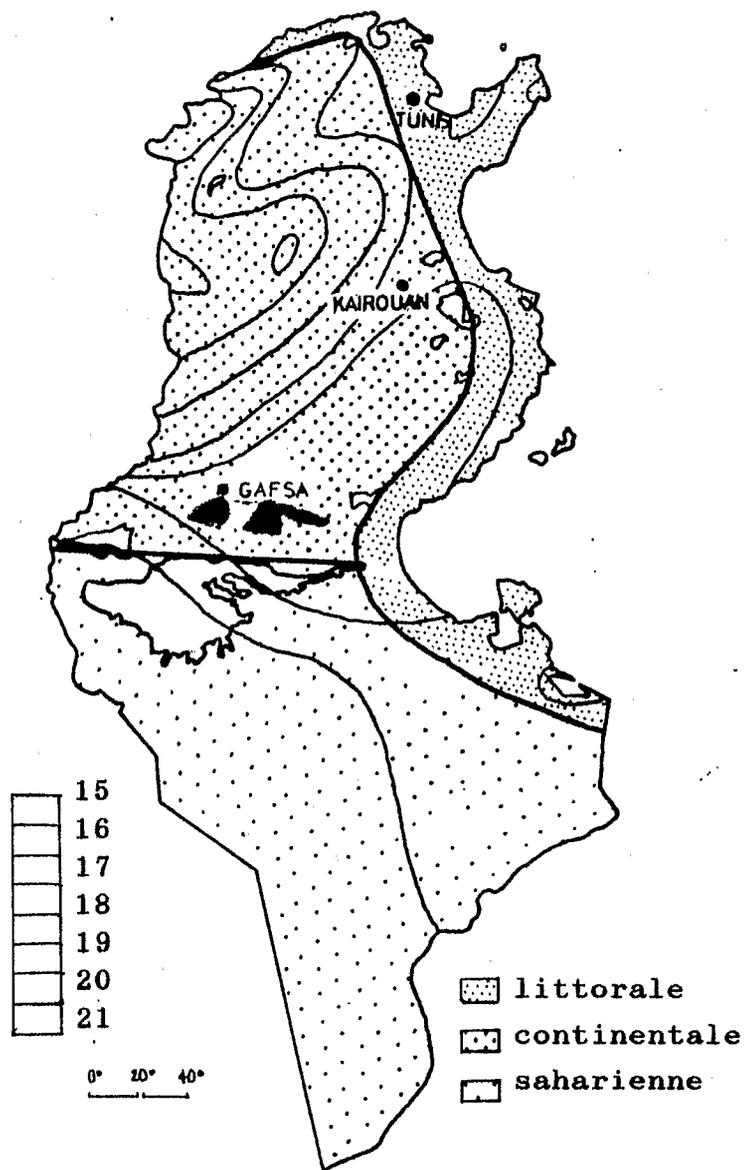
Tunis, le 4 Avril 1990.

- ° Chargé de recherches ORSTOM.
- °° Chef d'arrondissement des sols de Gafsa.

07 FEV. 1991

ORSTOM Fonds Documentaire  
N° : 31.296. ex 1  
Cote : B M P29

ETUDE DE LA SALINITE DES SOLS DE L'OASIS D' EL GUETTAR



echelle 1/5 000 000

Plan de situation par rapport à la carte  
des moyennes annuelles de température

## I-LES OASIS DE GAFSA

### Situation actuelle

Les oasis de Gafsa Sud-Ouest, El-Kasbah, El Ksar, Lala et El Guettar, couvrent à peu près 3200 hectares. Elles sont réparties immédiatement au sud du seuil de Gafsa, entre les piemonts des jebels Ben Younnès et Orbata et la zone basse de subsidence qui borde le sud de la faille de Gafsa.

Le climat y est méditerranéen aride à tendance continentale, la pluviométrie de 160 mm à peu près, l'ETP-Penman de 1900 mm et l'ETP selon la formule de Thornthwaite 1020 mm.

Actuellement la gestion de l'eau de chaque oasis est assurée par une Association d'Interêt Collectif (A.I.C). L'eau utilisée provient simultanément de sources naturelles artésiennes, de puits filtrants et de forages pompés. Le débit fictif continu calculé sur l'ensemble des oasis n'est que de 0,16 l/s/ha.

Un programme de réhabilitation est en cours (KFW/OFFICE de GAFSA/DRE). Son objectif est de porter le débit fictif continu actuellement mis à la disposition des agriculteurs à 0,35 l/s/ha grâce à une série de forages profonds (sans compter les forages de Gafsa-Nord) et de limiter les pertes de réseau en construisant des canaux en béton.

Il s'agit d'un effort considérable. La salinité des eaux de forages varie entre 1,8 et 3,3 g/l suivant les forages. Leur mise en service prochaine, provoquant une augmentation de débit peut faire craindre une augmentation de la salinité au sein du sol partout où le drainage est déficient.

L'étude que nous présentons est une première démarche. Elle a pour but de dresser un état de la salinité avant que le débit de projet ne soit atteint.

Nous présenterons rapidement les Oasis et nous développerons les résultats acquis à El Guettar.

Les oasis de Gafsa Sud-Ouest (732 ha), El Kasbah et El Ksar (725 ha)

Elles vont être alimentées par 10 forages à Ragouba, 3 sur les rives du Baïech et 6 captant la nappe de Gafsa-Sud, répartis dans les Oasis, soit 19 forages en tout dont les résidus secs s'échelonnent entre 1,6 et 3 g/l.

Les sources circulent dans un matériel mio-pliocène. Elles sont sulfatées calciques et magnésiennes.

Les sols ont une texture moyenne à fine, ils reposent sur une argile gypseuse. On trouve des encroûtements de gypse dans tous les sols à une profondeur variable, souvent inférieure à deux mètres.

La salinité augmente d'est en ouest en direction de la garaet qui draine les cônes de déjection du piémont.

Les agriculteurs font essentiellement de l'olivier et un peu de maraîchage. La plupart d'entre eux mélangent l'eau de puits à celle du forage fourni par l'Office. C'est la partie la plus riche des Oasis, bien que la plus menacée par l'urbanisation, surtout El Ksar.

L'oasis de Lelat (700 ha)

Cette oasis sera irriguée à partir de 7 forages situés à El Helou. Le seuil de l'Oued El Mellah qui collectait les eaux de nombreux petits puits artésiens a été détruit par les crues de janvier 90, au moment où nous rédigeons cette étude.

Des forages profonds sont en percement pour remplacer les nombreux puits artésiens en voie d'épuisement. La contrainte majeure est le manque d'eau dans la partie aval de l'oasis. Les agriculteurs groupent leur tour d'eau pour obtenir une quantité suffisante. L'olivier est pratiquement la seule culture dans la partie aval de l'oasis. Plus près des sources le maraîchage et le petit jardinage dominant. Les sols sont des limons gypseux en profondeur, sans encroûtement.

Oasis d' El Guettar (450 ha)

L'oasis se situe sur le piémont du Jebel Orbata. Les sols se sont développés sur une roche mère identique à ceux de l'oasis de Gafsa sud-ouest, l'apport colluvionnaire est important. Les paramètres agropédologiques ont une plus grande variabilité que dans les deux autres oasis, en particulier:

- la différenciation pédologique (salinité et gypse surtout),
- l'itinéraire agronomique,
- le parcellaire et l'utilisation de l'eau.

La méthodologie utilisée et les résultats obtenus pour El Guettar pourront à fortiori être étendus aux autres oasis et par suite à d'autres périmètres irrigués plus homogènes.

## II-LE POINT SUR LA SALINITE DE L'OASIS D'EL GUETAR

### Climat

L'oasis jouit d'une situation particulière, en ce sens qu'elle est abritée des vents froids du nord par le Jebel Orbata. La pluviométrie y est très irrégulière:

années	1950-60	1961-70	1971-80	1981-89
pluie (mm)	163	169	204	139

Tab.1- El Guettar: pluviométrie moyenne par décennie.

janv	fevr	mars	avri	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	dec	total
11,5	18,0	14,0	11,8	8,3	5,0	0,0	8,0	13,4	20,0	11,0	22,0	143

Tab.2-Pluviométrie moyennes mensuelles à El Guettar (1978-88).  
(la valeur du mois d'août est due à deux épisodes de 44 et 22 mm)

L'irrégularité des épisodes pluvieux ne peut être mieux mise en évidence que par les pluies des 23 et 24 janvier derniers totalisant 247 mm.

### Qualité de l'eau d'irrigation

Tous les résultats seront exprimés par la suite en me/l pour les concentrations ioniques et en dS/m (équivalent aux anciens millimhos/cm) pour les conductivité électriques.

Ca	Mg	K	Na	Cl	SO4	HCO3	SAR	pH	CE(dS/m)	Mg/Ca	Forage
18.2	14	0,37	14	12	25,8	7	3	6,7	3,9	0,8	Nechiou
15,9	12	0,30	7,7	6,5	21,4	7	2	7,7	2,1	0,7	Ghozlane

Tab.3-Concentrations et qualité des eaux d'irrigation (juin 89).

Les eaux sont sulfatées calciques et magnésiennes. Elles ont un SAR relativement peu élevé, mais une conductivité non négligeable.

Propriétés chimiques des sols, des nappes et des extraits de sols

Ca	Mg	K	Na	Cl	SO4	HCO3	SAR	pH	CE	Mg/Ca	numero
26,3	60	1,0	44	40	71	9	7	7,5	9,7	2,3	2087-62
24,7	120	2,0	83	72	143	14	10	7,6	15,6	4,8	P3-n°44
12,3	110	1,8	79	80	107	12	10	7,6	15,3	8,9	2242-107
30,0	125	3,8	87	80	148	13	10	7,8	16,1	4,2	P2-serre
51,0	269	6,0	257	322	235	15	21	7,3	31,8	5,2	G4-nappe

Tab.4- Concentrations et qualité des eaux de puits et de nappe sur un transec nord-sud au milieu de l'oasis.

Les eaux de nappe sont de plus en plus salées à mesure que l'on descend vers le bas de la palmeraie (Tab.4). Le drainage des sols fonctionne donc correctement dans la partie haute de l'oasis. Dans la partie basse, vers la cote 221,50 il existe souvent des signes d'hydromorphie indiquant un drainage déficient. Lors des fortes pluies, le niveau d'eau dans la sebka peut atteindre ce niveau (janv.90).

Les analyses chimiques faites sur des échantillons prélevés sur des sols de même famille au départ, dont l'un a été irrigué pendant quatre ans et l'autre laissé en jachère montrent qu'il y a des remontées capillaires, et des différenciations qualitatives comme le montre l'examen du rapport Mg/Ca très différent dans les deux cas (Tab.5).

Ca	Mg	K	Na	Cl	SO4	HCO3	SAR	Mg/Ca	CE	échantillon
37	315	11,5	386	360	300	5	29	8,5	46,0	G4(friche) 5-20
35	315	8,8	378	360	347	5	29	9,0	39,0	70-150
32	20	2,1	25	26	52	6	5	0,6	5,8	G5(culture)0-30
43	20	5,1	26	20	71	4	5	0,5	6,3	70-150

Tab.5- Composition des extraits saturés de deux parcelles l'une cultivée depuis quatre ans, l'autre en friche.

L'irrigation provoque un important lessivage de sels de magnésium.

Propriétés physico-chimiques des sols

pF		Sat	CEs	pH	CaCO <sub>3</sub>		Gypse	C	N	échantillon
2,7	4,2	% pd.	dS/m	1/2,5	tot	act	% pond.	%	%	
22	10	39	90	8,9	18	13	20	5	0.4	G4 (friche)0-30
16	8	43	41	8,9	14	12	47	-	-	30-70
22	12	52	6	8,4	24	11	11	6	0.5	G5(culture)0-30
23	12	60	6	8,4	25	17	12	-	-	30-70

Tab.6- Caractéristiques physico-chimiques de deux parcelles, l'une cultivée depuis quatre ans, l'autre en friche.

Les sols ont une RU relativement faible, et malgré un déssalage facile, leur pH reste élevé. Les valeurs de gypse ne sont pas significatives, les plantations se faisant après décroûtage, on trouve du gypse rapporté un peu partout.

Analyse d'un profil type (parcelle récemment plantée en olivier):

n° GUE5	CaCO <sub>3</sub> t	CaCO <sub>3</sub> a	Gypse	C %	N %	Ca	Na	K	Mg	T
0-30	24	11	11	8	0.5	5,3	1,2	1,3	0,3	8
30-50	21	14	18	4	0,2	4,7	1,2	1,7	0,2	8
50-70	31	19	7			6,3	1,1	1,7	0,9	10
70-100	28	16	14			4,4	1,0	1,8	0,3	8
100-150	27	15	9			9,6	1,6	1,6	0,8	14

Tab.7- Complexe absorbant et mobilité du calcium dans une parcelle cultivée (cote 223).

description: profil dans labour après quatre ans de cultures diverses (piments-pomme de terre-melons, puis oliviers).

- 0-20 : anthropique, récemment fumé, texture limono-sableuse, structure micro-grenue, limite nette avec:
- 20-50 : polyédrique anguleux. quelques racines, amas friables de gypse, transition progressive vers:
- 50-70 : même texture (argile 23%, limon 45%, sables 10), mais les pseudo-mycellium gypseux sont plus nombreux.
- 70-100 : horizon sableux avec quelques petites cristallisations de gypse.

Les bons sols de l'Oasis sont des sols calci-magnésiques avec ou sans encroûtement gypseux, mais sans signe d'hydromorphie.

## Situation agroéconomique et cultures

Actuellement l'oasis elle-même s'étend sur 450 ha mais elle se développe dans la partie sud-est et la totalité des cultures couvrent 527 ha. La quasi totalité de l'eau d'irrigation provient de deux forages de 160 mètres de profondeur: celui de Ghozlane et celui de Nechiou, situés tous deux dans le village, sur le piedmont du Jebel Orbata.

L'oasis est cultivée sur trois strates successives:

strate supérieure: palmiers dattiers (*Phoenix dactylifera*), variétés Deglet, Aaligue ou Ftimi, Quabrichou, Chekent.

strate moyenne: oliviers, grenadiers, amandiers, abricotiers, figuiers, pistachiers, cognassiers.

strate inférieure: cultures fourragères (luzerne, trèfle, orge en vert), maraichage (fèves, betteraves, navets).

Chaque système de culture correspond à une utilisation de l'eau différente, tant en fréquence qu'en quantité apportée.

1- toutes les strates sont cultivées:

ce système correspond au maximum d'utilisation de l'eau et au minimum de salinité des sols, on le trouve dans toutes les parties de l'oasis, mais surtout dans la partie ouest.

2- seules les strates moyennes et supérieures sont cultivées:

ce système correspond à l'utilisation la plus irrégulière de l'eau, on le trouve dans toute l'oasis associé à des sols de salinité variable.

3- seule la strate supérieure existe:

c'est le cas d'utilisation minimum de l'eau et de la salinité maximum, allant quelquefois jusqu'au déperissement des palmiers.

4- seules les strates moyennes et inférieures existent:

ce système se rencontre surtout dans la partie est, irriguée avec les eaux du forage de Néchiou sur des sols peu salés.

## Caractères pédologiques et parcellaire

Une zonation des caractères d'hydromorphie et de salinité apparaît dans la carte pédologique dressée par Martini (1968, Fig.1), où l'on distingue du Nord au Sud les types de sols suivants:

- Sols peu évolués d'apport à croûte gypseuse profonde : 150 ha.
- Sols hydromorphes minéraux à croûte ou encroûtement gypseux peu profond, salés: 180 ha.
- Sols à gley de profondeur et encroûtement gypseux peu à fortement salés: 30 ha.
- Sols halomorphes très fortement salés en surface: 90 ha.

La seule carte pédologique ne peut pas donner une idée de la salinité globale ni de son évolution probable. D'autre part, les 450 ha sont divisés en 2540 lots avec une taille moyenne de 0.19 ha. Faire une étude de salinité par prélèvement d'échantillons dans ce cas est impossible.

Nous avons donc choisi d'une part d'étudier la répartition spatiale par prospection électromagnétique (CEM), d'autre part d'aborder l'étude à trois échelles:

- 1- cartographie descriptive de la salinité dans toute l'oasis.
- 2- étude de deux sous-ensembles représentatifs: a) partie centrale.  
b) bord du chott.
- 3- évolution de la salinité dans quatre parcelles témoins.

#### Cartographie de la salinité dans toute l'oasis

La méthode d'étude est la prospection électromagnétique qui a été abondamment décrite par ailleurs (McNeill 1980, Job 1985). Les valeurs mesurées sur le terrain seront systématiquement ramenées à l'humidité pondérale du sol de 15% par la formule:

$$CEH(\theta_2) = CEH(\theta_1) + (\theta_2 - \theta_1)(5,4 + c * CEH^2(\theta_1))$$

avec  $c = 6,5/10^6$  (Job et Loyer, 1989)

Les résultats originaux fournis par la conductivimétrie électromagnétique sont exprimés en mS/m de salinité apparente. Nous les traduisons en mS/cm d'extrait saturé du sol pour utiliser une unité connue de tous. Mais cette conversion fait perdre la précision requise au suivi de l'évolution de la salure. Les deux unités seront donc données ici.

CEH ( $\theta_p=15$ )	34	50	65	120	220
CESAT(mS/cm)	2,9	4,2	5,50	10,2	18,9

Tab.8- El Guettar: correspondance entre CEH et conductivité électrique de l'extrait saturé.

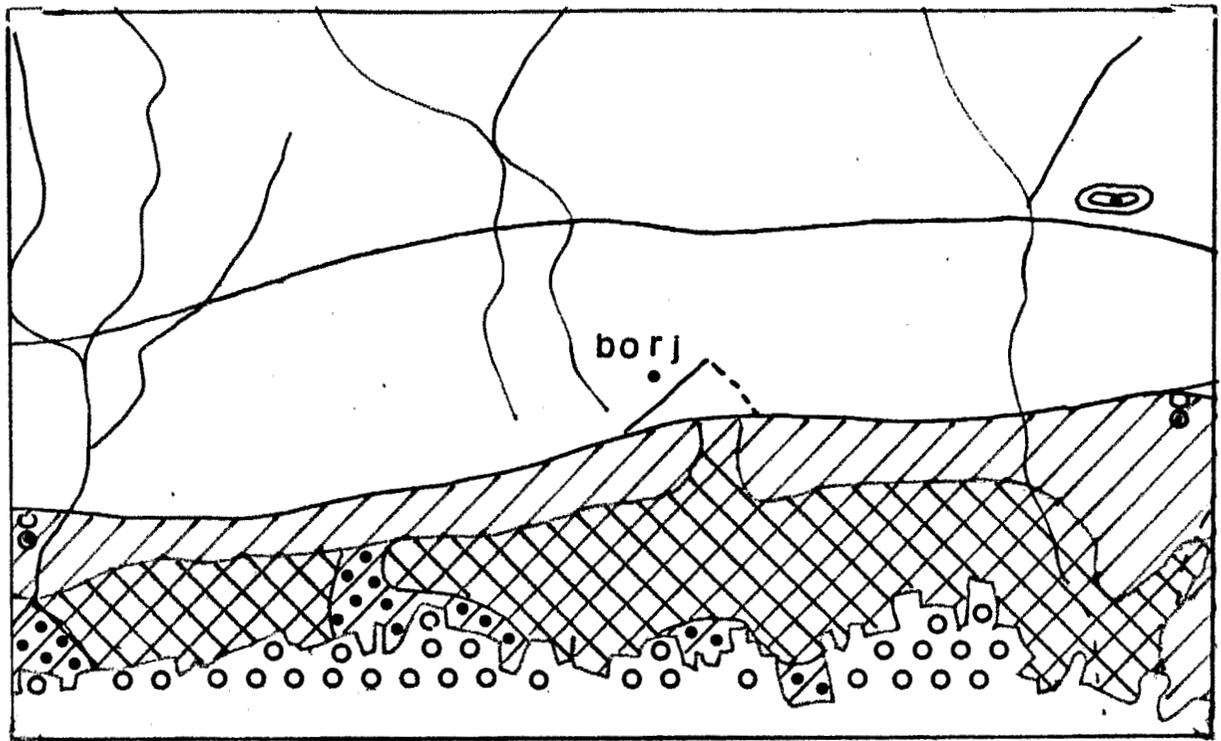


Fig.1.El Guettar: principaux types de sols.  
(échelle 1/25000)

- |   |                                 |
|---|---------------------------------|
| // Sols peu évolués d'apport colluvial. | ●/● Sols hydromorphes minéraux. |
| ▤ Sols à gley de profondeur.            | ○ Sols halomorphes.             |

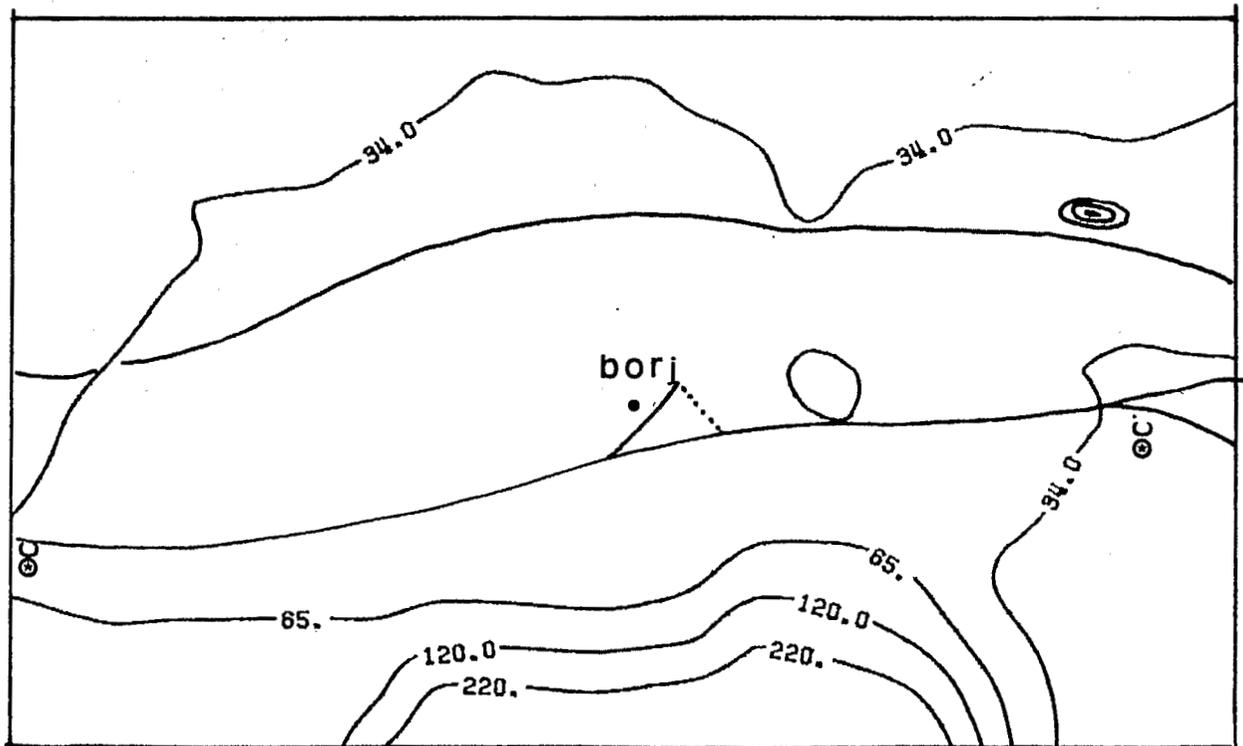


Fig.2.Carte des isovaleurs de CEH pour  $\theta=15$ .  
(échelle 1/25000)

Une carte des salinités globales apparentes, ramenées à une humidité pondérale moyenne 15% est présentée fig.2. On y distingue quatre zones:

- Le piemont non cultivé au nord: salinité inférieure à 34 mS/m, (soit 2,9 mS/cm d'extrait saturé).
- La partie centrale dans laquelle la grande variabilité de la salinité se traduit par des contours très convexes. Il n'y a pas de tendance spatiale. L'étude géostatistique ne s'impose pas dans ce cas. Pour suivre l'évolution de la salinité dans le temps il faudra se baser sur des mesures moyennes de parcelles témoins.
- L'oliveraie située à l'Est, peu salée.
- La partie Sud, proche du Chott, plus salée dans laquelle il y a une très forte structuration de la salinité.

En règle générale, la salinité dépend de la topographie dans les zones où le drainage naturel est possible. Les valeurs numériques de la conductivité en mode horizontal CEH montrent deux maximums de fréquence entre 30 et 50 et entre 250 et 400 mS/m. Les valeurs intermédiaires étant peu représentées.

On peut interpréter les lignes d'isosalinité (que nous appellerons par la suite isohales) en fonction de la conductivité moyenne de l'extrait saturé à l'aide du Tab.3. La majeure partie de l'oasis se situe entre 3 et 5,5 mS/cm, ce qui n'est pas excessif si le drainage interne fonctionne bien.

étude d'un sous ensemble représentatif de la partie centrale

Nous avons choisi un sous-ensemble représentatif de 4,3 ha répartis en 65 parcelles. La salinité dépend du type de gestion de la parcelle. Plus les parcelles sont irriguées, moins la salinité des 120 premiers cms est élevée (Tab.9).

type de culture	CESAT	CEV	CEH	$\theta_p$	CEH(15)
trois strates	2,6	85	65	22,0	30
deux strates	7,5	109	90	15,6	87
palmiers seuls	15,1	194	176	15,6	175

Tab.9- Salinité (mS/cm d'extrait saturé) et conductivité électromagnétique suivant le type de culture.

Le suivi de salinité de ce sous-ensemble se fera en répétant chaque année une dizaine de mesures dans chacune des 62 parcelles du sous-ensemble. En effet la répartition des systèmes de culture est aléatoire et aucune tendance spatiale n'apparaît (Fig.3).

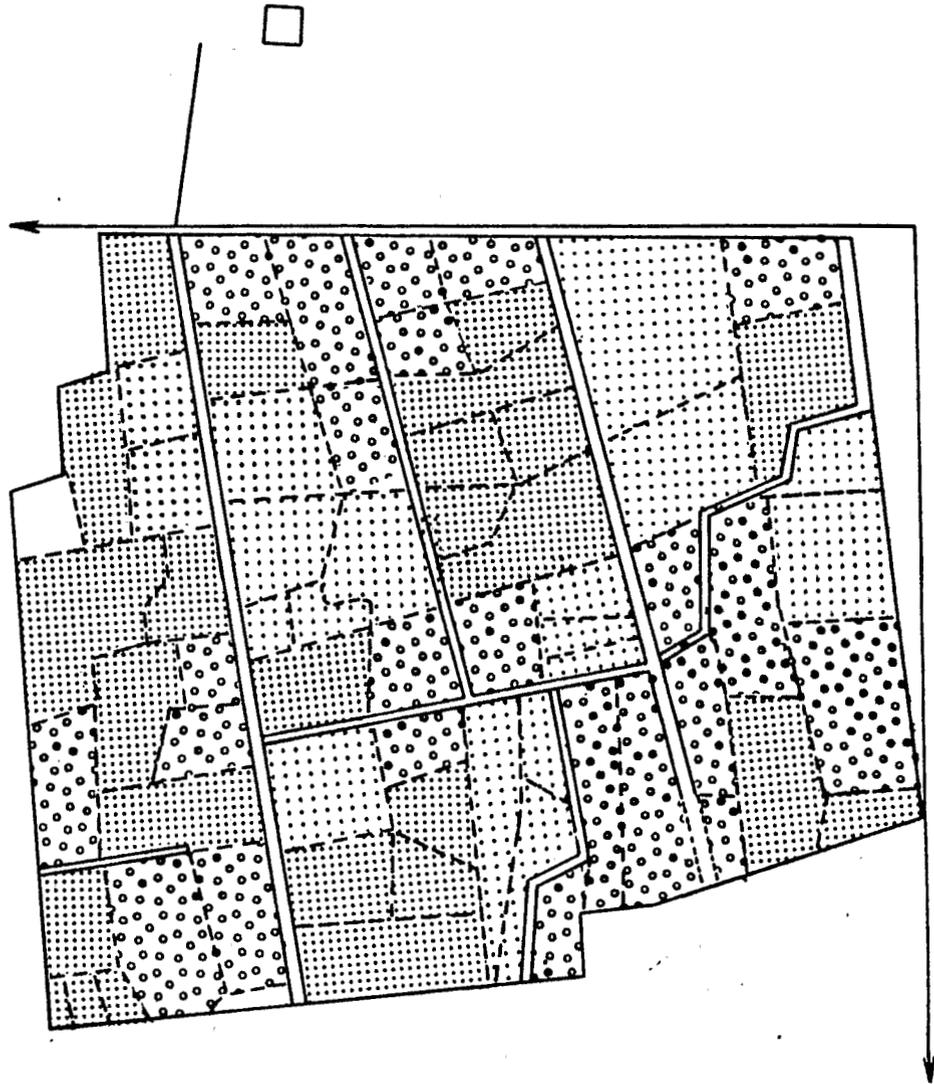


Fig.3. REPARTITION DES SALINITES SUIVANT LES SYSTEMES DE CULTURE



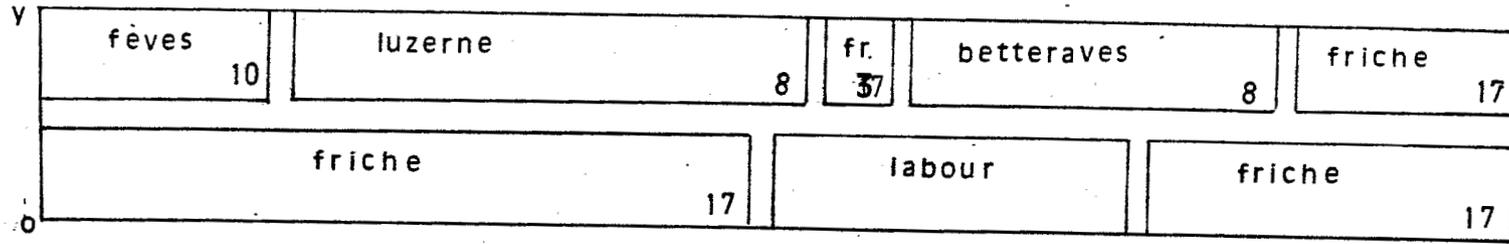


Fig.4a- Ensemble de parcelles de 135x35m en bordure du chott. Répartition des cultures et CESat moyen par parcelle (mS/cm).

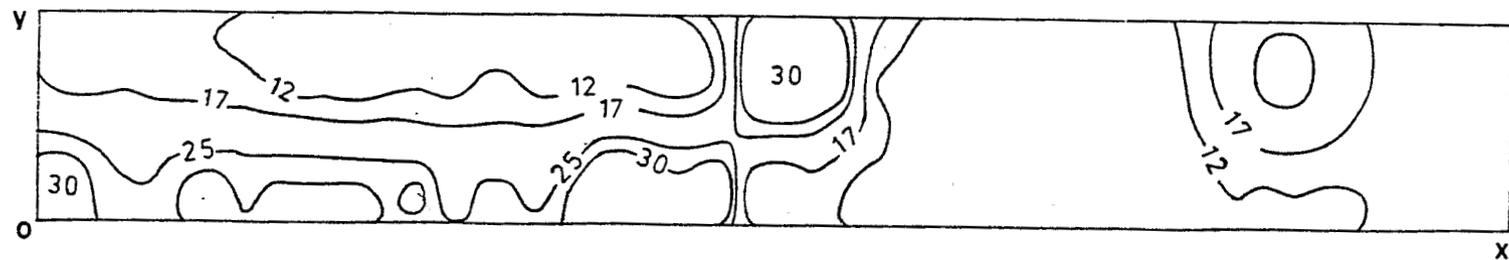


Fig.4b- Répartition des isohales 12-17-25-30 mS/m (salinité de l'extrait saturé moyen calculé de 0 à 2m).

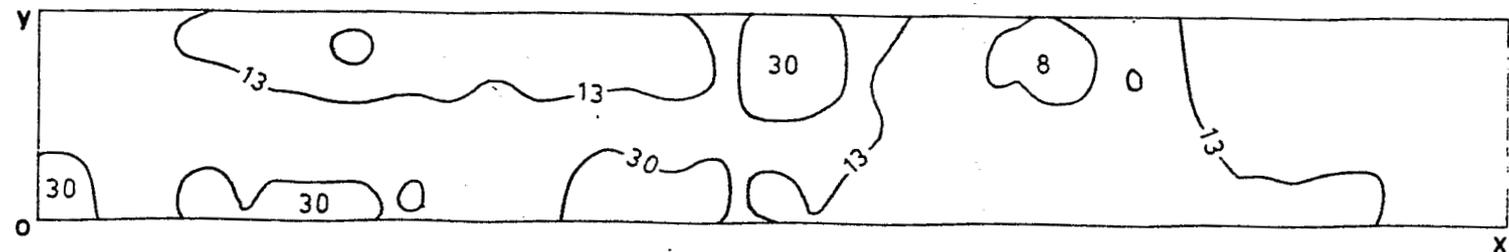


Fig.4c- Répartition des isohales 8-13-30 mS/m. En comparant avec (a), on voit que les friches plus salées ont un effet prédominant sur les lignes d'isosalinité.

C'est la partie basse de l'Oasis qui est la plus menacée. C'est là que se rencontrent les plus fortes variations de salinité. L'absence de pente rend les cultures très vulnérables aux inondations d'hiver qui peuvent asphyxier les palmiers si elles se prolongent au delà de trois mois.

La profondeur de la nappe y varie de 180 cm en été à quelques dizaines de cm en hiver suivant la pluviométrie (hors inondations).

L'étude de la figure 4 montre qu'il est difficile de suivre l'évolution de la salinité en couvrant plusieurs parcelles (ici quatre propriétaires) en même temps par mesure de conductivimétrie électromagnétique. La complexité des modes de culture se traduit, avec un certain lissage par une complexité équivalente des isohales. Même si la correspondance est évidente, ce mode d'étude ne pourra pas être répété pour suivre la salinité car l'effet des friches cache celui des parcelles irriguées. Le suivi de la variation de la salure des sols se fera donc sur des parcelles représentatives.

#### Suivi sur des parcelles témoins

Quatre parcelles témoins cultivées sur trois strates ont été choisies sur un transec Nord-Sud en suivant les quantités d'eau d'irrigation apportées. Pendant deux ans des mesures seront faites tous les six mois pour voir s'il y a accumulation de sels à partir de l'eau d'irrigation utilisée. Actuellement aucune tendance n'apparaît après six mois de suivi.

#### Conclusions

Dans l'oasis d'El Guettar, la salinité primaire des sols dépend d'abord de la topographie. Elle augmente du nord vers le sud, soit d'amont en aval. A position topographique semblable la salinité dépend de l'itinéraire technique suivi dans chaque parcelle. Lorsque les trois strates sont cultivées (dattiers, arboriculture fruitière et maraichage), la salinité est faible même en bordure de Chott. A ce niveau cependant, il y a un risque d'asphyxie des cultures. Une digue est en construction pour protéger les parcelles les plus basses, mais le rabattement de la nappe est quand même nécessaire à la sauvegarde des parties basses. Un drainage de cette eau très salée loin de l'oasis devra être envisagé un jour.

Le facteur limitant les cultures et le lessivage des sels à été jusqu'à présent le manque d'eau. Si l'on substitue à l'eau utilisée actuellement, une eau plus chargée, il faudra suivre l'évolution du stock de sels dans le sol. C'est la raison pour laquelle quatre parcelles d'un are à peu près ont été choisies.

\*\*\*\*\*

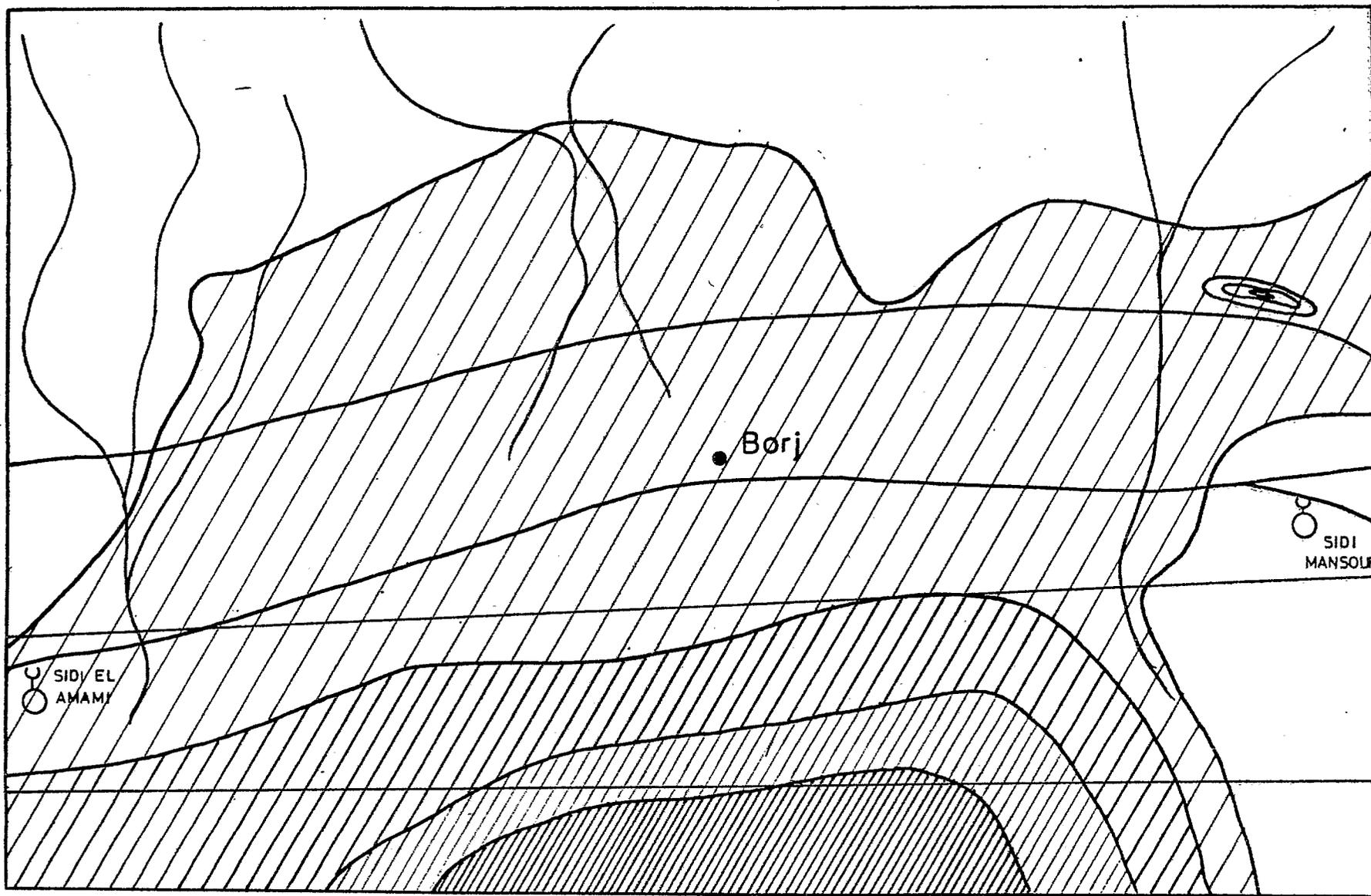
## Bibliographie sommaire

- Anonyme, non daté- Etat parcellaire de l'Oasis d'El Guettar. Ministère de L'Agriculture, C.R.D.A de Gafsa.
- Boivin P., Brunet D., Job J.O., 1988- Conductivimétrie électromagnétique et cartographie automatique des sols salés. Cah. ORSTOM, sér., Pédol., vol. XXIV, n° 1 : 39-48.
- Bursaux 1910- L'oasis d'El Guettar: ses ressources, sa décadence. Metlaoui, 9 p., 2 fig.
- Berkaloff E, 1933- Etude hydrogéologique de la région de Gafsa et d'El Guettar . B.I.R.H , 27 p., 14 fig.
- Corwin D.L., Rhoades J.D., 1981- Determining Soil Electrical Conductivity Using an Inductive Electromagnetic Soil Conductivimeter. Soil Sci., Soc., Amer., J., Vol.45, n° 2, p:255-260.
- De Jong E., Ballantyne A.K., Cameron D.R., Read D.W., 1979- Measurement of apparent electrical conductivity of soils by an electromagnetic probe to aid salinity surveys. Soil Sci. Soc. Am. J. 43: 810-812.
- Fournet, 1958- Etude pédologique de l'Oasis de Gafsa-Lella. Publication ORSTOM/DS n° EP-144, Direction des sols, Tunis.
- Job J.O., 1985- Conductivimétrie électromagnétique: application à la cartographie des sols salés. 25ème semaine des Sciences de Damas (Syrie).
- Job J.O., Loyer J.Y., Ailoul M., 1987- Utilisation de la conductivimétrie électromagnétique pour la mesure directe de la salinité des sols. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. XXIII, n°2 p:123-131.
- Martini, 1968- Etude pédologique de l'Oasis d' EL Guettar. Publication, ORSTOM/DS , N° EP-384, Direction des sols, Tunis.
- McNeill J.D., 1980- Electromagnétic measurement at low induction numbers. Tecn., note TN-6 , Geonics Ltd , Ontario , Canada.
- Novikoff, 1963- Etude pédologique de l'Oasis de Gafsa-Ksar. Publication ORSTOM/DS n° EP-235, Direction des sols, Tunis.

\*\*\*\*\*

# Salinité de l'oasis d'El Guetar

500 m



limites  
de l'oasis

