



05500

MICROFICHE N°

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

المركز القومي
للتوثيق الفلاحي
تونس

F 1

REPUBLIQUE TUNISIENNE

MINISTRE DE L'AGRICULTURE

DIRECTORAT DES RESSOURCES EN EAU ET EN SOL

DIVISION DES SOLS

CN3 A 5500

Archives

Office de Mise en Valeur de la Basse-Vallée
de la Medjerda

DIRECTION DES ETUDES

EVOLUTION SAISONNIERE ET VARIATION INTER-ANNUELLE DE LA SALURE DU SOL DANS LA BASSE-VALLEE DE LA MEDJERDA

Par : H. BEN HASSINE, Pédologue, Division des Sols, D.R.E.S.
T. BEN HASSINE et A. BEN AMMAR, Ingénieurs Adjoints, O.M.V.V.M.

E-S 193

CND 5500

EVOLUTION SAISONNIERE ET VARIATION INTER-ANUELLE
DE LA SALURE DU SOL DANS LA BASSE-VALLEE
DE LA MEDJEDA

	Pages
INTRODUCTION	I
I.- EVOLUTION INTRA-ANNUELLE DE LA SALURE DES SOLS DANS LA BASSE VALLEE DE LA MEDJERDA.....	2
I.1.- Rappel concernant les méthodes et les moyens de contrôle de la salure dans les sols et la nappe	2
I.2.- Etablissement des cartes de la salure et présentation de la méthode cartographique.....	3
I.3.- La salure du sol au mois de Mars, 1979.....	4
I.4.- Etat de la salure du sol au mois d'Octobre, 1979.	6
I.5.- Effet de la pluviométrie et de l'ETP sur la varia- tion intra-annuelle de la salure du sol.....	7
I.6.- Les divers profils salins, l'exemple du périmètre d'El-Habibia.....	8
I.6.1.- Le profil salin du type A	8
I.6.2.- Le profil salin du type B	9
I.6.3.- Le profil salin du type C	9
I.6.4.- Le profil salin du type D	9
I.6.5.- Evolution des profils salins entre mars et Octobre de l'année 1979.....	10
II.- LES CAUSES ET LES MODES DE VARIATION INTER-ANNUELLE DE LA SALURE DU SOL DANS LA BASSE VALLEE DE LA MEDJERDA	12
II.1.- Le calcul statistique.....	12
II.2.- Interprétation des résultats. Les causes de varia- tion.....	14
II.2.1.- Les différences à l'échelle du périmètre...	14
II.2.2.- Les variations à l'échelle des années.....	15
III.- SALINISATION DU SOL A PARTIR DE LA NAPPE PEREATIQUE...	17
III.1.- Effet de la nappe sur le sol au mois de mars...	17
III.2.- Effet de la nappe sur le sol au mois de Septembre	17
CONCLUSION GENERALE.....	20
BIBLIOGRAPHIE	22

INTRODUCTION :

Le contrôle de la salure du sol et de son évolution dans les périmètres irrigués de la Basse-Vallée de la Medjerda sous des conditions culturales liées à un climat semi-aride, est une action qui s'est imposée après la mise en irrigation de cette région vis les dangers qui menacent le sol et les cultures par l'utilisation non judicieuse d'une eau généralement chargée en sels solubles. Encore plus, la nature des matériaux pédologiques, leur origine, la topographie de la région et la présence d'une nappe phréatique proche à eau très salée sont des facteurs qui s'ajoutent aux précédents pour saliniser davantage les sols.

Un système de drainage souterrain et à ciel ouvert fonctionne actuellement dans la région. Il contribue à l'évacuation des eaux de lessivage et des excès d'irrigation, et maintient en même temps le niveau de la nappe à une profondeur juste acceptable pour faire des cultures superficielles (cultures maraîchères, graminées fourragères...).

Malgré leur salure, les sols de la région sont loin d'être des solonchaks, bien que ce type de sol existe dans les marécages avoisinant les zones cultivées, ou des sols salsodiques de la C.P.C.S., mais à une certaine profondeur du profil ou à une certaine période de l'année, les quantités de sels solubles deviennent tellement élevées qu'elles ne permettent plus l'utilisation du sol pour toutes les cultures. Un programme de contrôle de l'évolution de cette salure a été mis en place par une équipe Hollandaise. Il consiste en la surveillance par échantillonnage et analyse du sol autour de points d'observation représentés par des piézomètres. Les résultats de ces analyses nous ont été communiqués; nous essayerons de les exploiter dans cette étude de deux manières :

- D'abord d'une façon cartographique par établissement de deux cartes de la salure du sol pour deux périodes différentes de l'année 1979.

.../...

- Ensuite d'une manière statistique qui vise à aboutir à certains résultats concrets concernant l'évolution de la salure, ses origines et son état actuel après deux décennies d'irrigation.

I.) EVOLUTION INTRA-ANNUELLE DE LA SALURE DES SOLS DANS LA BASSE-VALLEE DE LA MEDERDA.

I.1. - Rappel concernant les méthodes et les moyens de contrôle de la salure dans les sols et la nappe.

Après la conduite de l'irrigation dans la Basse-Vallée de la Medjerda, une méthodologie de contrôle a été mise en place. Elle consiste à surveiller les zones où la nappe phréatique est peu profonde par des prélèvements périodiques dans l'eau et dans le sol sur les mêmes points d'observation. Ces échantillonnages étaient effectués mensuellement, mais après la proposition de Mami et Hamdane (1977, E-S 128), on a réduit les fréquences de prélèvements à deux fois par an : une fois au mois de Mars après la période froide et pluvieuse, et une autre fois en Septembre - Octobre après la saison des irrigations ce qui a permis d'alléger l'affluence sur le laboratoire et d'éviter des frais supplémentaires pour des analyses généralement inutiles.

Sur les échantillons prélevés dans les points de contrôle, sont effectuées les analyses suivantes :

La Conductivité électrique (C.E.)

de l'extrait de pâte saturée aux niveaux :

0 - 20 cm, 20 - 40 cm, 40 - 80 cm et 80 - 120 cm.

- La teneur en bicarbonates (HCO_3^-) en mg/l)

- La teneur en Cl^- (en mg/l)

- Et récemment, après l'achat par l'O.M.V.V.M. d'un photomètre de flamme, on a introduit l'analyse du Na et des divers cations des sels solubles ce qui permettra de connaître l'état d'alcalisation du sol (Na/T) et de calculer le S.A.R.⁺

.../...

Ces données sont portées sur des fiches depuis la mise en irrigation de la Basse-Vallée. Elles nous ont été communiquées (en vrac) en vue de leur exploitation. Le paramètre le plus représentatif de la salure et qui est actuellement disponible est la C.E. de l'extrait de saturation de la pâte. Cette donnée servira pour toutes nos interprétations cartographiques et statistiques dans les prochains paragraphes.

1.2. - Etablissement des cartes de la salure et présentation de la méthode cartographique.

Pour estimer la salure du sol sur la couche 0 - 80 cm, à partir des analyses sur les échantillons des 3 profondeurs 0 - 20 cm, 20 - 40 cm et 40 - 80 cm, les chercheurs du CRUESI avaient établi dans leur rapport : Recherche et Formation en Matière d'Irrigation avec des Eaux Salées (1970), la formule suivante :

$$EC \ 0 - 80 = \frac{1}{4} (2 EC \ 0 - 20 + EC \ 20 - 40 + EC \ 40 - 80).$$

Nous avons choisi cette formule pour deux raisons :

- D'abord pour la facilité de représentation
- Ensuite pour faire intervenir toutes les profondeurs du sol dans une estimation de la salure globale du profil.

La salure de la couche 0 - 20 cm est multipliée par deux, en raison de l'importance de cette couche pour l'absorption racinaire et surtout pour les cultures annuelles et maraîchères. Ces cultures se trouvent les plus courantes dans la Basse-Vallée de la Mâjerda.

On aurait pu adopter une autre représentation cartographique en signalant la salure de la couche superficielle par la couleur de fond, et les salures des couches profondes par des cartouches de couleur différente. Cette méthode est possible mais elle surcharge trop le fond de la carte et on obtient plusieurs zones minuscules

.../...

où il ne sera pas possible de mettre un cartouche.
Nous avons ainsi jugé que la voie la plus simple et qui exprime le mieux la salure du profil est la moyenne estimée par la formule ci-dessus.

Les cartes de cette étude sont faites à partir des données de l'année 1979 et pour tous les points de contrôle. Nous signalons ici que la distribution des points de contrôle n'a pas visé au départ une fin cartographique mais plutôt la surveillance des fluctuations du niveau de la nappe phréatique dans les zones les plus engorgées et menacées par une salinisation à partir de cette nappe. Nous trouvons ainsi, et sur plusieurs périmètres, une forte concentration piézométrique dans de faibles superficies, alors que le reste des surfaces irriguées se trouve très mal couvert. Il est à noter aussi que même certains points furent abandonnés à cause de la non existence d'une nappe peu profonde. Le périmètre le mieux couvert actuellement et où la distribution des observations est la meilleure est le périmètre de Lezdine. Au contraire, ceux d'El-Mansourah, d'El Bathar et d'El M'barka (Sidi Thabet) sont les plus mal couverts.

On attire l'attention ici sur le fait qu'il faut changer cette distribution piézométrique par allègement du dispositif de contrôle dans les zones concentrées et implantation des piézomètres enlevés dans les zones irriguées et actuellement non contrôlées.

1.3. - La salure du sol au mois de Mars 1979 :

La cartographie a concerné uniquement les périmètres de : El-Habibia, El Mansoura, Réjaoua, Benchir Hannad, El M'Barka, Cherfech, Lezdine et Utique. Djedeïda, Tébourba, El Bathar, et la partie Nord de Lezdine n'ont pas été contrôlés.

.../...

Dans cette cartographie, nous n'avons pas respecté la règle de 1 observation/cm², à cause de la mauvaise distribution des observations. En effet, comme nous l'avons cité ci-dessus, certaines zones sont très chargées en piézomètres alors que d'autres, plus larges en général, restent peu couvertes.

1.3.1. - Les zones les plus salées :

Bien que notre cartographie se base sur une moyenne de la salure dans le profil, nous considérons qu'au delà de 4 mhos, le sol devient suffisamment salé pour que les rendements qu'il fournit diminuent par rapport à ses potentialités réelles.

En effet, plusieurs cultures et spéculations pratiquées dans la Basse-Vallée de la Medjerda ne tolèrent pas une salure supérieure au seuil de 3 mhos/cm. Parmi ces plantes, il y a le pommier, le poirier, le prunier, l'amandier et la vigne, comme espèces arboricoles, et en espèces maraîchères nous trouvons la tomate, le fraisier, la pomme de terre, l'oignon, le pois et le melon.

Les zones les plus salées dans la Basse-Vallée et qui ne permettent pas de telles cultures sont représentées en vert, en bleu et en violet. Ces couleurs ressortent essentiellement dans les périmètres d'El Habibia et d'Utique et son liées généralement à une nappe peu profonde. Quelques tâches vertes apparaissent dans les autres périmètres mais sont de superficie limitée.

Dans le périmètre d'El Habibia, la partie Sud-Ouest d'Utique, et dans quelques endroits à Lerdine, la nappe s'approche de la surface et contribue fortement à la salinisation du sol.

1.3.2. - Les zones les moins salées :

Elles sont représentées en couleur orange pour 0 à 2 mhos/cm et jaune pour 2 à 4 mhos/cm. Elles couvrent la majeure partie de la surface contrôlée sauf à El Habibia et Utique.

.../...

La couleur jaune s'étend essentiellement dans le périmètre d'El-Mansourah. La salure est légèrement élevée dans cette zone malgré l'absence d'une nappe phréatique peu profonde. La gamme 0 - 2 mmhos est observée particulièrement et sur de larges surfaces dans les périmètres de Henchir Hamzad et de Béjaoua. Dans ce dernier et en bordure d'El-Habibia, la salure monte légèrement.

D'une façon générale, la salure du sol n'est pas élevée au mois de Mars. Elle est liée essentiellement à l'eau salée de la nappe phréatique qui se trouve très proche de la surface à certains endroits. Nous en déduisons que les pluies d'hiver ont largement contribué au lessivage et l'évacuation hors du profil des sels accumulés au cours de l'été.

1.4. - Etat de la salure du sol au mois d'Octobre 1979.

Un gain de surface considérable par la couleur jaune et verte au dépens de la couleur orange est observé sur la carte. En effet, les zones dont la salure est comprise entre 0 et 2 mmhos/cm se retrécissent au dépens d'un accroissement général de la salure dans tous les périmètres. Les zones d'affleurement de la nappe phréatique s'élargissent à leur tour et surtout à Lezdine où tout le côté Ouest présente un niveau piézométrique peu profond.

Des zones bleues (8 à 12 mmhos/cm) apparaissent à Béjaoua, Lezdine, Cherfech et s'élargissent à Utique.

A El Mansourah, une grande partie du périmètre contrôlé dépasse le seuil de 4 mmhos/cm.

La comparaison des deux états de la salure du sol en Mars et Septembre de l'année 1979 aboutit au fait que celle-ci s'accroît en été. Cet accroissement estival de la salure revient à plusieurs causes que nous détaillerons dans les prochains paragraphes.

.../...

1.3. - Effet de la pluviométrie et de l'E T P sur la variation intramensuelle de la salure du sol.

L'E T P ou évapotranspiration potentielle qui est définie par Thornthwaite (1945) correspond à la quantité d'eau maximale que peut évaporer et transpirer un couvert végétal continu et en pleine croissance. La formule de Turc permet de l'évaluer.

$$E T P \text{ mm/mois} = 0,4 (G + 50) \frac{T}{T + 15}$$

ou G = Rayonnement global en cal/cm² g jour
T = Température moyenne mensuelle en °C.

Le rayonnement global de la station la plus proche est celui de Sidi Bou-Saïd pour l'année 1979. La température moyenne mensuelle est mesurée à la station de Saïda.

Portées sur un graphique (Fig I), l'E T P et la pluviométrie suivent deux voies différentes. En effet, l'E T P s'accroît considérablement en été où elle atteint 197,2 mm en Juillet alors que les précipitations s'annulent presque durant cette saison. En hiver, c'est le contraire qui se produit : La pluviométrie augmente et l'E T P décroît.

Les eaux d'irrigation sont apportées en été pour combler les grands déficits en eau, suite à la très haute évapotranspiration, mais les quantités apportées n'équilibrent pas généralement les quantités consommées. (voir tabl. n° 5).

Tab. I - Pluviométrie et évapotranspiration potentielle dans la Basse-Vallée de la Medjerda (Station de Saïda, 1979)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
P	34,7	90,7	46,6	56,6	0,0	6,5	0,6	0,8	86,1	42,8	99,0	14,4	478,3
E T P	49,0	56,3	102,6	108,9	160,0	181,2	197,2	167,5	130,0	96,2	21,8	21,7	

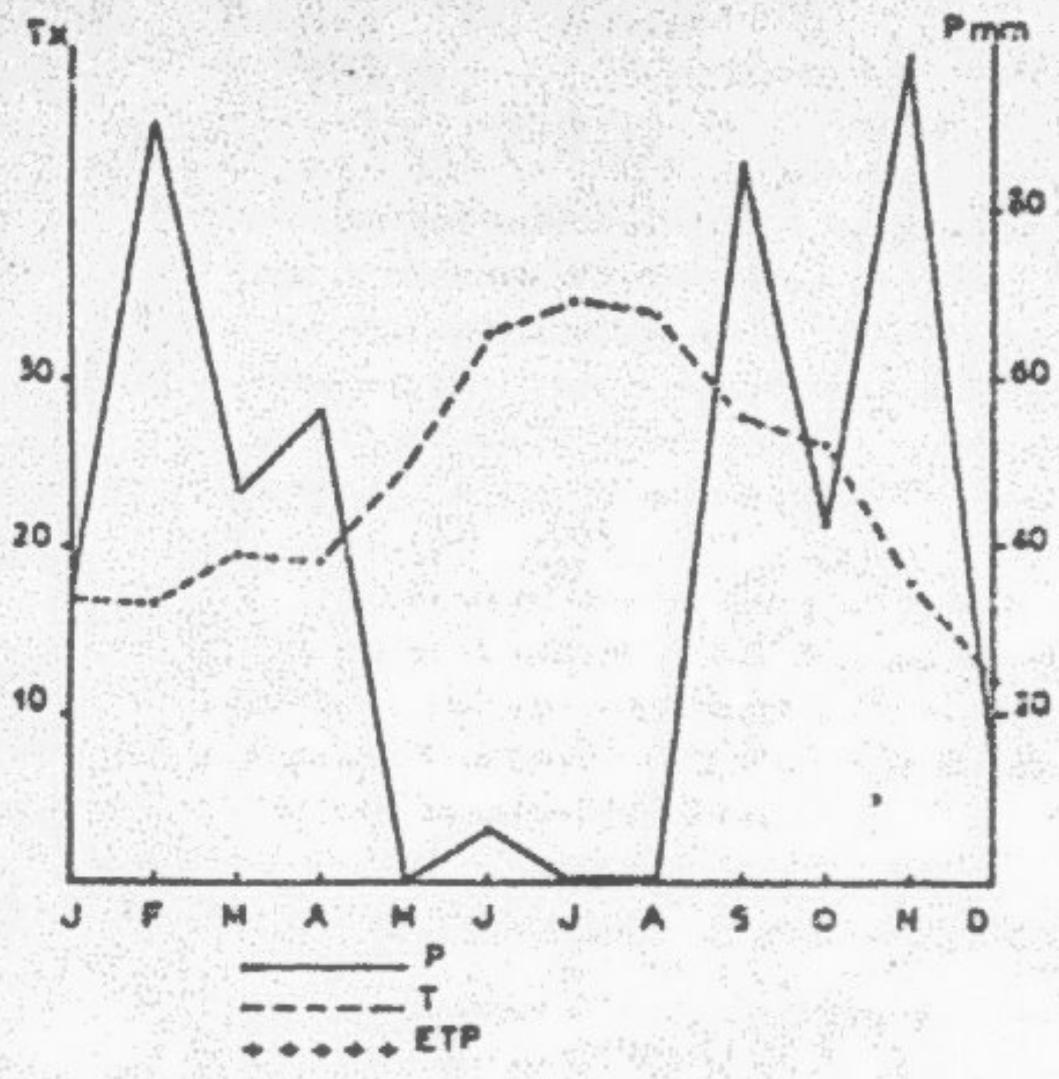


Fig. 1: Diagramme ombrothermique de la Basse-Vallée de la Médjerdah. (Station de Saïda-1979).

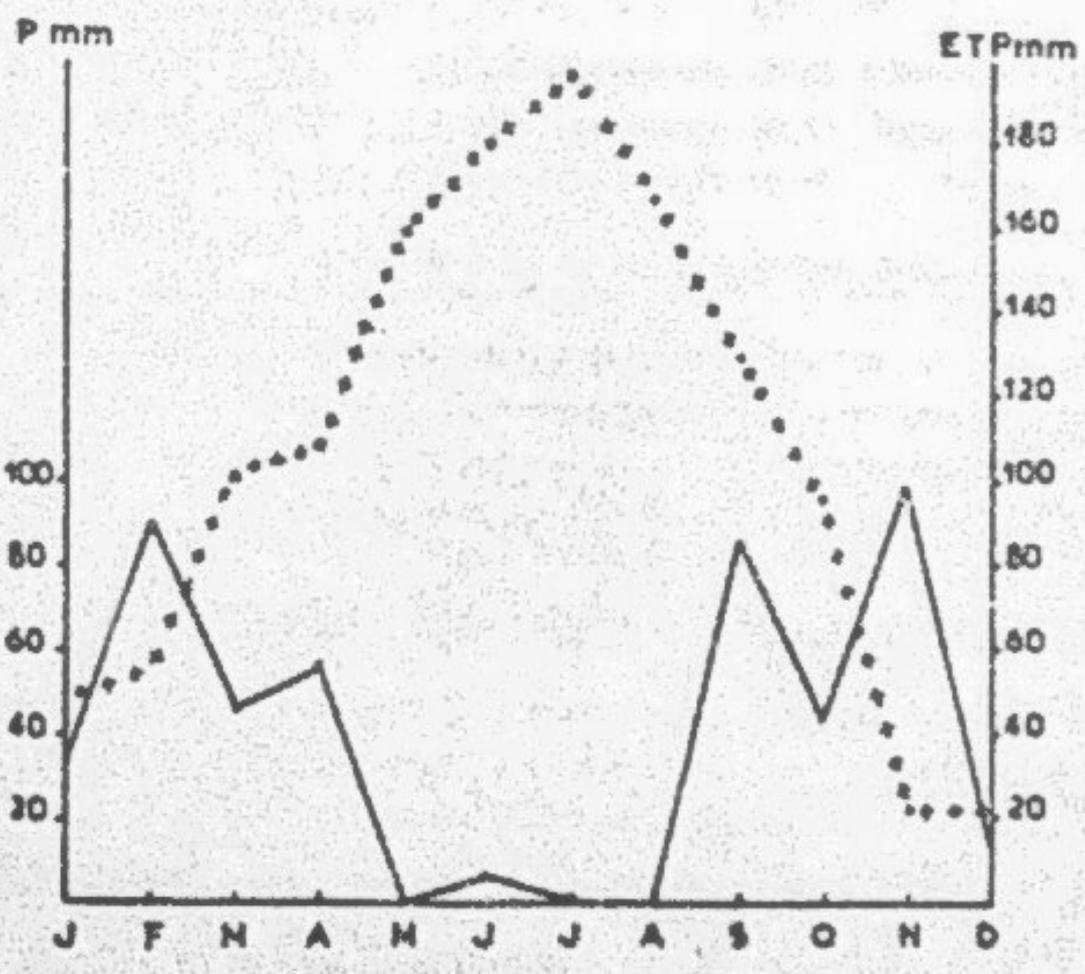


Fig. 2: Variation du régime hydrique dans la Basse-Vallée de la Médjerdah (Station de Saïda 1979).

Théoriquement, les eaux amenées par l'irrigation ne peuvent rejoindre la nappe et sont perdues dans le sol par évapotranspiration. Les sels apportés avec ces eaux d'irrigation sont déposés donc dans le profil et contribuent nécessairement à une augmentation de la salure du sol, augmentation qui est observée sur la carte du mois d'Octobre 1979. L'apport moyen de 150 mm d'eau d'irrigation (Eau de la Medjerda à RS ~~est~~ 2 g/l), sans perte par lessivage, dépose dans le sol 3 tonnes de sels par ha. De telles quantités ne sont pas négligeables et leur évacuation demande de grandes quantités d'eau de pluies.

La remontée de la nappe en Septembre revient à ce que la région a reçu une pluie torrentielle de 86,1 mm en quelques heures. Les eaux infiltrés seraient probablement à l'origine de cette remontée. Nous signalons à ce propos que les prélèvements de contrôle ont été effectués tout de suite après cette pluie.

1.6. - Les divers profils salins - L'exemple du périmètre d'El-Habibia.

Les sels solubles se distribuent dans le profil pédologique avec une certaine organisation qui se trouve généralement liée à l'origine des sels. Cette distribution est fonction de plusieurs facteurs, dont notamment :

- L'influence d'une nappe phréatique salée et peu profonde.
- L'effet du climat et le comportement des sels suivant les saisons: pluviosité et sécheresse.
- L'interaction irrigation drainage et lessivage.

Les diverses formes de profils salins ont été classées par Servant (1976) - Il en trouve quatre qui semblent les formes les plus répandues dans la nature. Sa classification a été ^{faite} pour les sols salés Français de la côte méditerranéenne et atlantique.

1.6.1. - Le profil salin du type A (A maximum épipédonique) : Fig. I.

La C.E. est plus forte dans l'horizon de surface et décroît progressivement avec la profondeur. C'est le profil, en général, des saisons sèches. Durant cette période, la remontée capillaire est très fonctionnelle.../...

Fig. 5. Profiles salins ascendants (type A)

Mudras épipedonique

Octobre 1979

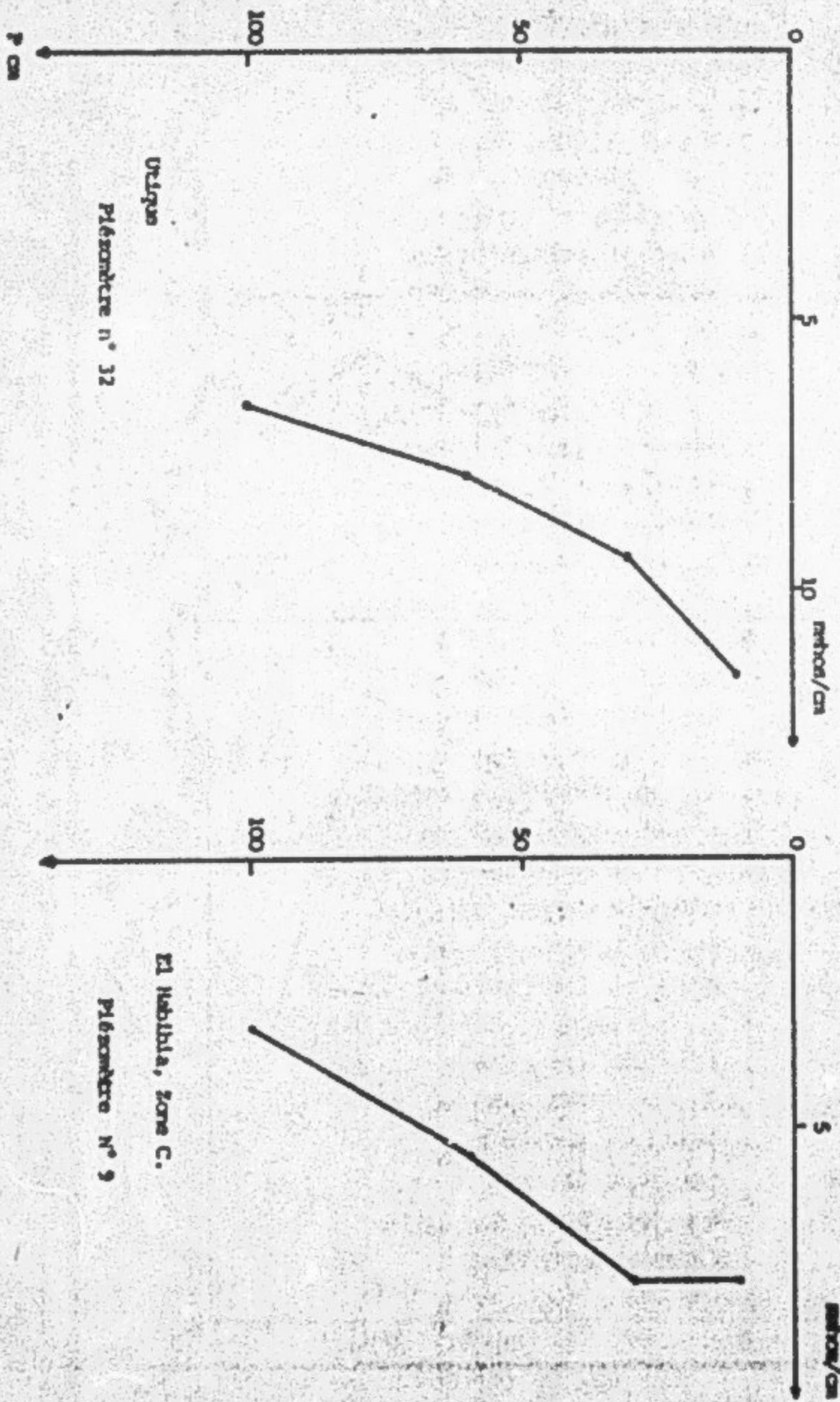


Fig. 4. Profils salins du type B.

Maximum infériorionique

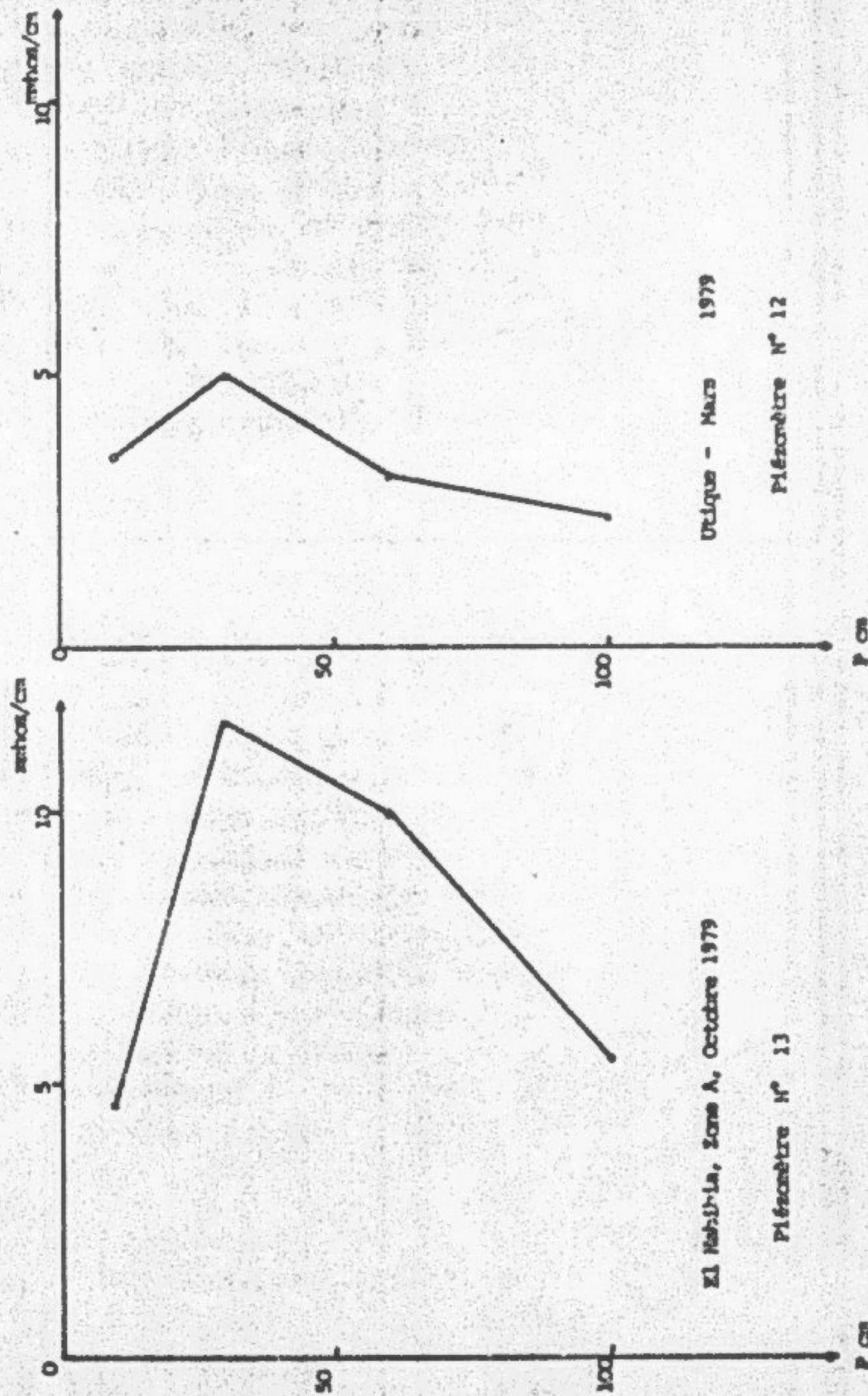


Fig. 5. Profils salins du type C.

Maxima σ_d et hypopédioniques

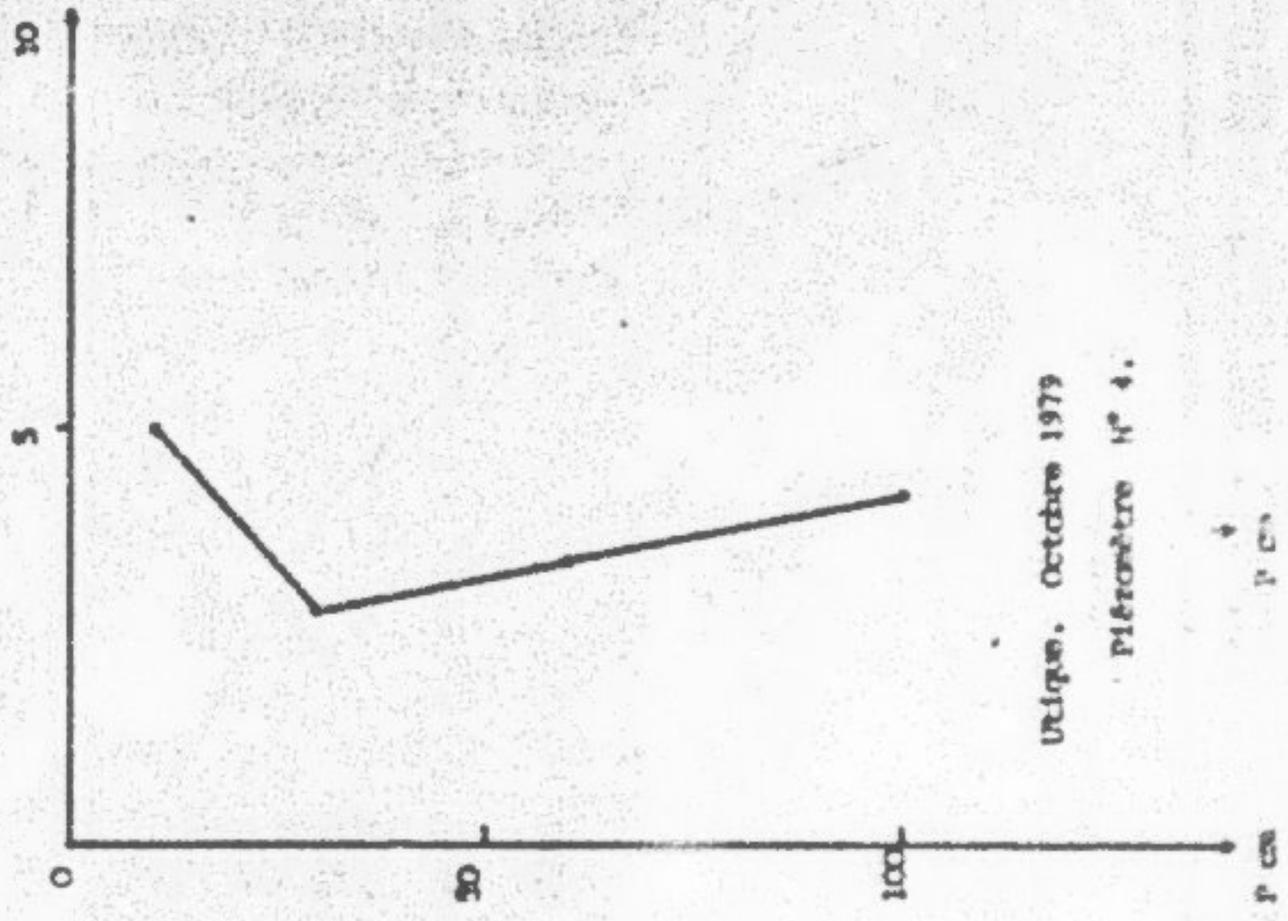
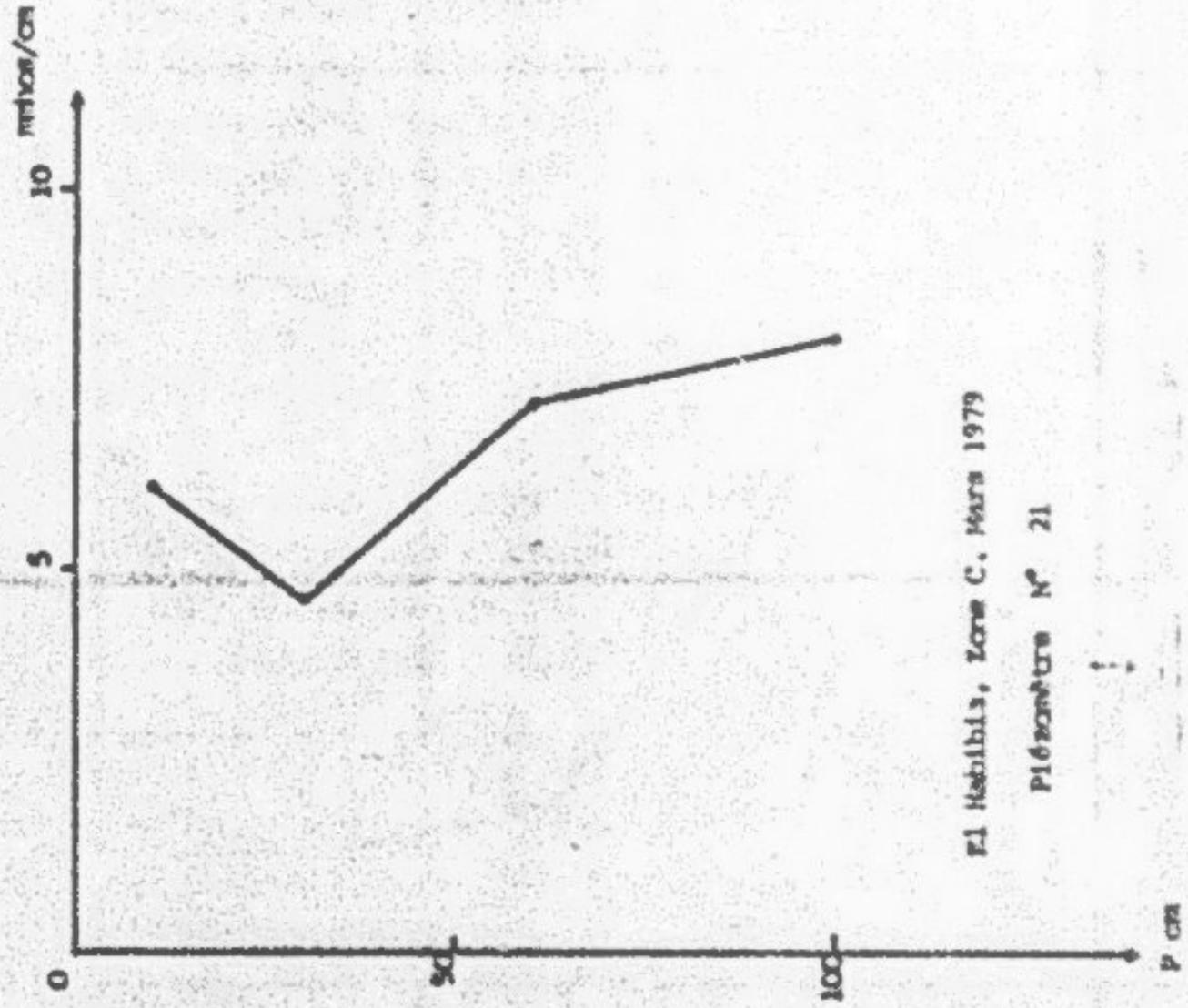
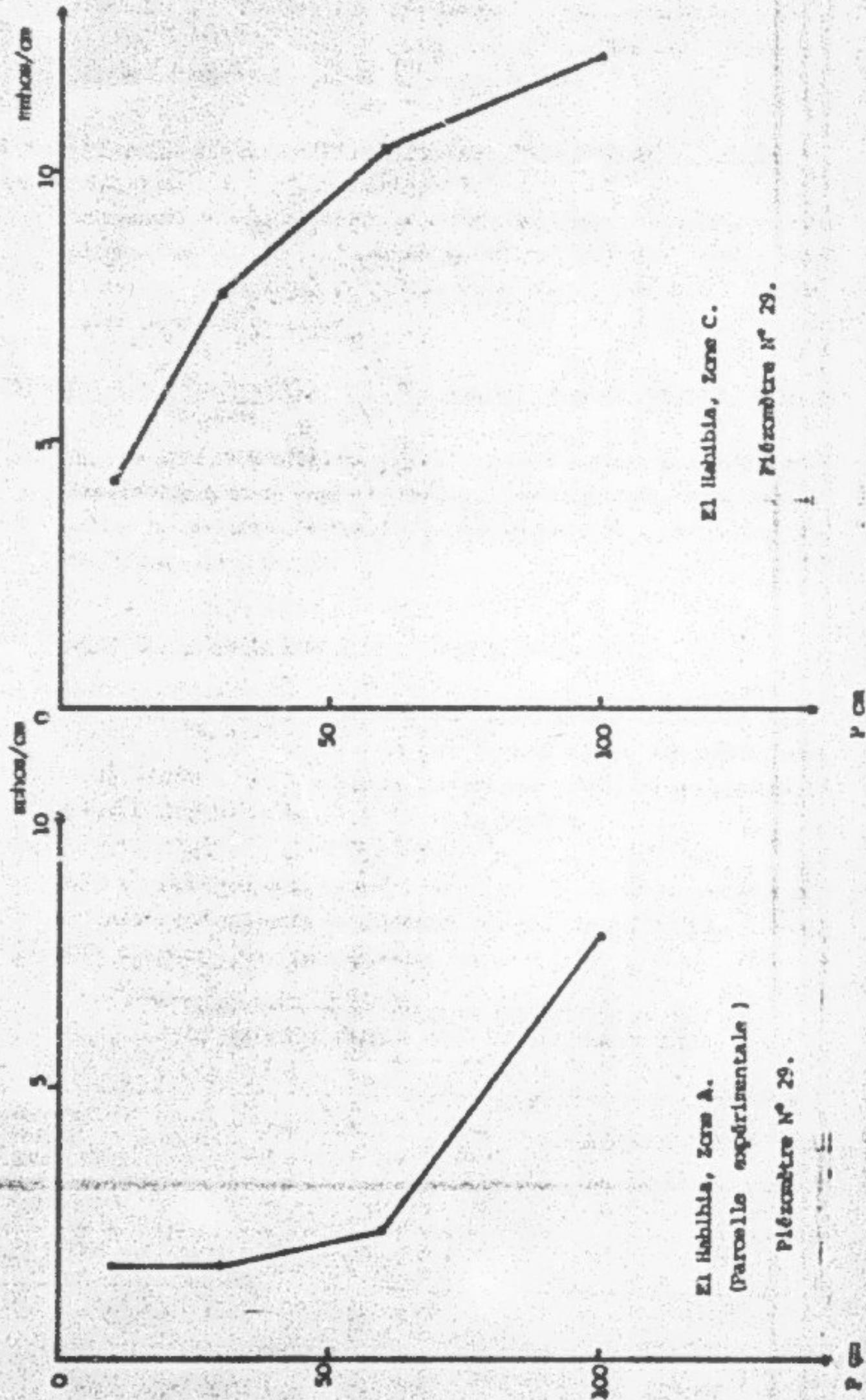


Fig. 6. Profile salinis descendante (type D)

Maximum hypodermique

Mars 1979.



tionnelle et l'évaporation très intense ce qui accumule les sels plus en surface de même, l'apport des sels par les eaux d'irrigation conduit à ces genres de profils salins.

1.6.2. - Le profil salin du type B (A maximum mésopédonique) : Fig. 2.

Le maximum de sels se trouve à moyenne profondeur. Les deux valeurs extrêmes de la C.E. (surface et profondeur) sont plus faibles que celles du milieu du profil. Cette forme dérive d'un profil A d'été après lessivage en hiver.

1.6.3. - Le profil salin du type C (A maximum épi et hypopédoniques) Fig. 3.

Dans ce type de profil, la salure décroît à moyenne profondeur et augmente de nouveau dans les horizons profonds. Cette distribution saline se rencontre généralement avec le début de l'irrigation à la fin d'une saison humide.

1.6.4. - Le profil salin du type D (A maximum hypopédonique) : Fig. 4.

Les quantités de sels exprimées par leur C.E. sur extrait de pâte saturée, vont en s'accroissant avec la profondeur. Ces profils sont généralement liés à des nappes phréatiques salées et peu profondes. C'est le cas de la Basse-Vallée de la Medjerda,

Dans le périmètre d'El-Habibia, où il y a 60 points de contrôle de la salure (60 piézomètres), l'étude des profils salins pour l'année 1979 a abouti à la classification suivante.

TABLEAU N° 2 CLASSIFICATION DES PROFILS SALINS
AU PERIMETRE IRRIGUE D'EL-HABIBIA, ANNEE 1979

Types des Profils Date	Type A	Type B	Type C	Type D	Quelconque	TOTAL
Mars 1979	I	II	5	39	4	60
Octobre 1979	2	II	12	30	4	59

Nous appelons profil salin quelconque une forme intermédiaire entre les 4 formes précédentes et qui n'obéit pas à la classification de Servant. Nous l'avons rencontré dans la Basse-Vallée de la Medjerda pour les deux saisons hivernale et estivale, mais en nombre limité : 4 sur 60 pour chacune des deux périodes de prélèvements.

Le profil salin le plus fréquent est du type D. En effet 39 points sur 60 sont de ce type en mars et 30 en octobre ce qui représente les proportions respectives de $2/3$ et $1/2$ du total des points contrôlés. Au contraire la forme A se trouve la moins abondante malgré les irrigations d'été et l'effet salinisant du climat durant cette saison.

Le nombre élevé de profils salins du type D s'explique par la présence proche de la nappe phréatique salée. Cette conclusion aboutit à un résultat précédent signalé dans la cartographie de la salure : la nappe phréatique est une cause essentielle de la salinisation du sol lorsqu'elle s'approche de la surface. La salinisation d'été par les eaux d'irrigation, même si elle se manifeste légèrement dans la cartographie, n'est pas mise en évidence par l'étude des profils salins.

I.6.5. - Evolution des profils salins entre Mars et Octobre de l'année 1979

En détaillant, les résultats du tableau n°3, nous notons la mobilité des sels dans le sol suivant les saisons.

Peu de points d'observation gardent le même type de profil salin durant l'hiver et l'été. Il n'y a en effet que 20 profils, tous de la catégorie D, qui restent stables pour les deux périodes. Tous les autres points d'observation ont subi des modifications dans la distribution de leurs sels.

Cela revient à ce que les sels se trouvent liés aux conditions hydriques du sol qui varient à leur tour suivant le climat et la saison. L'été puisqu'il est chaud et peu pluvieux favoriserait la remontée et l'accumulation des sels en surface, l'hiver favoriserait au contraire le lessivage en profondeur.

Il ressort de l'étude de ces profils salins et de leur évolution entre l'hiver et l'été, qu'il n'y a pas de règle générale qui dirige la distribution des sels dans le sol suivant les saisons, tous les traitements très différents auxquels sont soumis les points d'observation : L'irrigation n'est pas homogène en été, l'état de culture non plus, et ensuite l'influence de la nappe phréatique n'est pas la même partout.

Ajoutons à cela que les quantités de sels ne sont pas très importantes dans les solutions et que la moindre variation dans l'état hydrique du sol changerait la forme et le type de profil salin.

TABLEAU N° 3 - TYPES DE PROFILS SALINS DANS LES POINTS
D'OBSERVATION DU PERIMETRE D'EL-HABIBIA ANNEE 1979

El-Habibia, Zone A

N° des Pézomètres	Type de profil salin	
	Mars	Octobre
1	Q	D
2	D	C
3	B	D
4	D	D
5	D	D
6	B	D
7	D	D
8	D	D
9	D	C
10	D	D
11	D	D
12	F	B
13	B	B
14	D	C
15	C	D
16	C	D
27	D	B
28	Q	B
29	D	Q

El-Habibia, Zone C

N° des Pézomètres	Type de profil salin	
	Mars	Octobre
1	D	Q
2	D	D
3	D	D
4	D	D
5	D	D
6	D	D
7	B	D
8	B	D
9	B	A
10	Q	B
11	A	B
12	D	C
13	D	Q
14	C	D
15	D	D
16	B	D
17	D	D
18	B	B
21	C	C
22	D	C

El-Habibia, Zone D

1	D	Q
2	D	C
3	D	B
4	D	A

El-Habibia, Zone D

1	D	B
2	D	D
3	D	D
4	D	B
6	Q	B

.../...

• 23 •

El- Habibia : Zone F

N° des Piézomètres	Type de profil salin	
	Mars	Octobre
I	D	C
2	C	C
3	D	D
4	B	D
5	B	B
6	D	D
7	D	D
8	D	D
9	D	C
10	D	D
11	D	C
12	D	C

II.- LES CAUSES ET LES MODES DE VARIATION INTERANNUELLE DE LA SALURE DU SOL DANS LA BASSE-VALLEE DE LA MEDJERDA

Pour étudier la variation inter-annuelle de la salure du sol dans la Basse-Vallée de la Medjerda, nous avons trié dans les fiches dont nous disposons les résultats d'analyses de 8 années seulement (voir tableau n° 4 sur le sol d'El-Habibia. Cette zone a fait aussi l'objet des études précédentes (ES 128 et ES 128 A). Le choix est fait sur 8 années, parce qu'elles présentent le maximum de données et se trouvent les plus complètes parmi 20 Cycles (1960-1979) de prélèvements et de contrôle.

La salure est encore exprimée par la C.E. de l'extrait de saturation de la pâte et correspond à 80 cm de sol. Elle est encore estimée par la formule citée précédemment :

$$EC_{0-80} = 1/4 (2EC_{0-20} + EC_{20-40} + EC_{40-80})$$

II.I.- Le calcul statistique.

Pour étudier donc, la variation de la salure du sol nous avons adopté la méthode des blocs qui permettra par l'analyse de la variance et lorsque les données sont dans la fluctuation totale de séparer les différences entre les piézomètres et les différences entre les années, cela revient à étudier la variation de la salure sur de nombreuses données à la fois tout en essayant de rapporter les causes de variation à l'effet blocs (piézomètres) ou à l'effet traitements (Années).

SALLES DU SOL SUR 0 -- 60 cm DE PROFONDEUR ATOUR DES DIFFERENTS PIRZOYEN DE
CONTROLE AU PERIMETRE IRRIGUE D'EL HABIBIA

ANNEES	Zone A													Zone B			Zone C									
	A1	A2	A3	A5	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A16	A28	B1	B2	B3	C1	C2	C3	C4	C5	C7	C9	C10		
1965	5,69	3,04	4,75	5,87	4,06	2,81	3,92	2,32	3,39	6,16	6,07	5,59	4,56	3,12	6,17	4,84	6,92	4,72	6,65	6,72	6,11	5,04	7,76	8,46		
1968	3,40	7,65	5,94	5,47	4,39	5,44	5,57	4,89	3,37	10,05	10,32	5,44	3,91	4,71	3,99	6,05	8,12	6,87	10,4	8,57	8,09	7,75	9,51	6,54		
1973	3,96	3,12	13,05	5,25	5,32	3,85	9,95	4,17	2,93	6,37	11,09	4,35	4,67	4,64	2,53	5,64	7,22	5,21	5,70	5,65	15,01	3,31	14,2	17,41		
1974	8,12	6,17	6,17	4,12	4,22	6,45	12,35	3,35	7,54	7,95	14,83	11,82	5,37	3,45	8,84	5,27	8,69	11,02	15,05	15,6	15,72	7,12	10,97	10,77		
1975	4,77	3,24	5,55	7,17	3,41	2,44	7,71	2,30	5,36	3,16	7,01	4,32	3,49	3,34	3,23	2,94	5,36	11,02	10,26	11,05	12,45	6,67	4,71	5,39		
1977	3,33	4,0	5,62	4,96	3,38	4,05	4,27	3,91	2,22	6,4	9,64	2,81	3,81	3,81	3,46	5,66	7,19	7,19	6,57	10,19	10,0	4,72	9,8	8,74		
1978	4,81	4,32	7,50	5,05	3,42	4,14	5,14	4,25	2,01	19,56	11,49	5,21	5,42	3,06	5,10	5,20	9,15	6,34	10,77	4,55	14,21	4,92	8,34	6,74		
1979	3,55	4,92	4,20	6,84	5,32	2,38	2,27	4,16	6,21	3,74	7,66	2,91	5,10	3,07	2,99	3,19	6,41	10,71	6,75	6,66	3,82	2,30	7,22	4,92		
\bar{X}_i	37,63	36,46	53,23	44,73	33,52	32,36	51,19	29,67	30,89	58,39	74,39	38,45	36,80	29,9	33,27	54,79	59,02	63,06	72,95	68,99	85,41	41,83	72,51	68,97		
\bar{X}_j	14,70	4,55	6,65	5,59	4,19	4,04	6,39	3,70	3,06	7,29	9,29	4,80	4,60	3,73	4,15	5,22	7,79	7,93	9,11	8,62	10,67	5,22	9,06	7,37		
$(\bar{X}_j - \bar{X})$	-0,90	-1,05	-0,01	-1,41	-1,56	0,79	1,90	-1,74	1,69	3,69	-0,80	-1,0	-1,07	-1,37	-0,30	2,75	0,38	2,39	2,30	3,51	5,07	-0,38	3,46	1,77		
$(\bar{X}_j - \bar{X})^2$	0,81	1,1025	1,1025	0,0001	1,9981	2,4336	0,6241	3,610	3,027	2,0561	13,6161	0,640	1,00	3,4969	3,0625	0,1444	4,7961	5,6644	12,3201	9,1204	25,704	0,1444	11,9716	0,3229		

$$\sum (X_i - \bar{X})^2 = 6,9754$$

$$\sum (\bar{X}_j - \bar{X})^2 = 162,7000$$

entre traitements $S_B^2 = k \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1} = 40 \frac{6,9754}{7} = 39,8594$

entre blocs P/so $S_B^2 = n \frac{\sum (\bar{X}_j - \bar{X})^2}{k - 1} = 8 \frac{162,7000}{39} = 33,5743$

$$\sum_{ij} e_{ij}^2 = (\sum_{ij} x_{ij}^2 - n \bar{X}^2) - (k \sum (\bar{X}_i - \bar{X})^2 + n \sum (\bar{X}_j - \bar{X})^2)$$

$$\sum_{ij} e_{ij}^2 = 12496,3067 - 10.035,20 - 1580,6160 = 880,4907$$

ZONE C					Zone D		Zone F										$\sum_j x_j$	\bar{x}_1	$(\bar{x}_1 - \bar{x})$	$(\bar{x}_1 - \bar{x})^2$
C 11	C 14	C 16	C 17	C 18	D1	D6	F1	F2	F3	F4	F5	F7	F8	F11	F12	$\sum_j x_j$	\bar{x}_1	$(\bar{x}_1 - \bar{x})$	$(\bar{x}_1 - \bar{x})^2$	
5,34	3,66	4,90	5,90	2,59	6,41	1,46	5,45	4,70	2,52	2,76	5,79	3,91	4,25	4,10	1,86	190,36	4,75	-0,65	0,7225	
4,79	4,87	3,19	4,77	4,12	5,66	3,54	6,75	7,39	3,0	3,16	4,24	4,22	3,36	9,04	4,74	233,48	5,03	0,23	0,0569	
17,6	6,95	7,0	4,05	4,37	3,83	4,21	4,19	7,01	2,3	1,78	5,9	5,4	3,06	10,22	5,05	248,58	6,21	0,61	0,3721	
10,11	9,65	5,74	7,67	6,91	4,41	2,02	3,80	5,72	6,45	3,26	9,62	5,94	4,86	5,81	7,90	306,26	7,65	2,05	4,2025	
8,72	7,09	4,55	3,42	3,24	2,26	3,51	2,04	3,17	3,07	2,43	7,05	3,62	4,40	2,47	3,90	201,41	5,03	-0,57	0,3249	
11,5	6,61	3,99	4,6	3,25	2,34	1,53	3,19	4,29	4,04	2,84	5,69	4,91	3,55	3,95	3,67	206,48	5,16	-0,44	0,1936	
9,26	5,50	4,66	5,11	4,37	3,07	1,59	5,15	4,31	4,34	3,05	8,07	4,91	3,17	3,02	4,64	225,12	5,62	0,02	0,0004	
7,21	5,87	4,08	3,82	4,61	2,79	2,31	4,50	3,59	1,73	3,25	3,85	4,68	4,34	3,64	2,47	182,04	4,55	-1,05	1,1025	
74,53	50,2	38,31	39,36	33,46	30,77	20,17	35,07	40,38	27,45	22,53	50,21	37,79	30,99	42,25	38,23	1793,73	-			
9,31	6,27	4,78	4,92	4,18	3,84	2,52	4,38	5,04	3,43	2,81	6,28	4,72	3,07	5,28	4,27	-	$\bar{x} = 5,60$			
3,71	0,67	-0,88	-0,68	-1,42	-1,76	-3,08	-1,22	-0,56	-2,17	-2,79	0,67	0,88	-1,73	-0,32	-1,33					
13,7641	0,4489	10,6724	0,4624	12,0164	3,0976	9,4864	1,4864	0,3136	4,7089	17,7841	0,4489	0,7744	2,9929	0,1024	1,7689					

$$\sum_1 (\bar{x}_1 - \bar{x})^2 = 279,0160$$

$$\sum_j (\bar{x}_j - \bar{x})^2 = \frac{1301,6000}{1580,6160}$$

$$N = 8 \times 40 = 320$$

$$N\bar{x}^2 = 320 \times 31,36 = 10.035,20$$

$$\sum x_{ij}^2 = 12.496,3067$$

$$s^2 = \frac{\sum_{ij} x_{ij}^2}{(n-1)(k-1)} = \frac{6-0,4907}{273} = 3,2252$$

Sur les 60 piézomètres du périmètre d'El-Habibia, nous en avons choisi une quarantaine. Il s'agit là du nombre maximum de piézomètres présentant des données complètes pour toutes les années. Les 20 piézomètres restants ont été éliminés car ils n'ont pas été échantillonnés d'une façon continue, cela a présenté des vides dans le tableau et n'a pas permis de faire les calculs avec des données incomplètes.

Les blocs sont donc les 40 piézomètres (k) et les traitements les 8 années choisies (n). Cela fait un total de 320 variables $\sum_{i,j} x_{ij} = (N)$, et une moyenne de la salure de tout le périmètre de 5,6 mmhos/cm (\bar{x}).

$k \sum_{i=1}^n \frac{(\bar{x}_i - \bar{x})^2}{n-1} = S^2_T$ est une estimation de la variance entre les traitements.

$n \sum_{j=1}^k \frac{(\bar{x}_j - \bar{x})^2}{k-1} = S^2_B$ est une estimation de la variance entre les blocs.

Une variance d'erreur doit être également déterminée :

$$S^2_E = \frac{\sum_{ij} e_{ij}^2}{(n-1)(k-1)}$$

avec $\sum_{ij} e_{ij}^2 = \sum_{ij} x_{ij}^2 - kx^2 - \left\{ k \sum_{i=1}^n (\bar{x}_i - \bar{x})^2 + n \sum_{j=1}^k (\bar{x}_j - \bar{x})^2 \right\}$

On teste l'effet Blocs par le rapport $F = \frac{S^2_B}{S^2_E}$, et l'effet traitement par $F' = \frac{S^2_T}{S^2_E}$.

a - Variation entre les piézomètres :

$$\frac{S^2_B}{S^2_E} = 10,348.$$

Pour les degrés de liberté (d.d.l)_A $V_A = (n-1)(k-1) = 237$ et $V_B = k-1 = 39$, la valeur de F lue sur la table de Snedecor et ayant 0,05 % de chance d'être dépassée est de 1,60. Cette valeur se trouve dépassée puisque F calculé est de 10,35. Les différences entre les divers blocs sont ainsi significatives.

.../...

b - Variation entre les années :

$$\frac{S^2_T}{S^2_E} = 12,359$$

Pour les degrés de liberté $V_e = 237$ et $V_T = n - 1 = 7$, la valeur de F lue sur la table de Snedecor et ayant 0,05 % de chance d'être dépassée est de 3,25. La valeur de F calculé est supérieure à ce chiffre ; les différences entre les années sont également significatives.

II.2. - Interprétation des résultats - Les causes de variations.

Les différences entre les valeurs de la salinité du sol sont donc importantes aussi bien au niveau des années qu'à l'échelle du périmètre.

II.2.1. - Les différences à l'échelle du périmètre.

Nous attribuons les différences entre les divers points de contrôle aux paramètres ; Sol, Topographie et influence de la nappe phréatique. Ces trois paramètres ne sont pas dissociables et la variation est le résultat de leur interaction.

Pour le facteur sol, malgré l'origine commune du matériau pédologique pour tous les lots du périmètre, des différences existent essentiellement au niveau de la classe pédogénétique et de la texture du matériau. En effet, Mr. L. GUYOT (1969) indique la présence de sols peu évolués du s/groupe sodal et du s/groupe vertique, ainsi que des sols bruns calcaires, avec des textures qui varient entre le limoneux, l'argilo-limoneux et l'argileux. De telles textures ont des comportements différents vis-à-vis de la capillarité, et des mouvements de l'eau. Ajoutés aux conditions culturales qui diffèrent d'un agriculteur à l'autre, ces paramètres sont des facteurs de variation assez importants. Ils le seraient plus, à l'échelle plus grande, c'est à dire, pour toute la Basse-Vallée de la Medjerda où les différences sont encore multiples.

Pour la topographie, le périmètre d'El-Habibia n'est pas parfaitement horizontal, bien que sa surface soit plane. Il s'abaisse vers la partie Nord, et cette diminution d'altitude rapproche davantage la nappe phréatique de la surface du sol. La salinisation à partir de la nappe est ainsi plus forte dans les zones basses que dans les zones élevées où le niveau piézométrique est plus profond. Ajoutons à cela, l'état de fonctionnement ^{variable} du système de drainage qui contribue à son tour à accentuer les variations.

II.2.2. - Les variations à l'échelle des années.

On attribue les variations à l'échelle des années, signalées précédemment par les calculs statistiques à deux causes principales : Le climat et les conditions culturales.

- La pluviométrie : Une comparaison entre la pluviométrie annuelle et la moyenne de la salure du sol au périmètre d'El-Habibia montre en effet, qu'une relation inverse existe entre ces deux variables (Fig. 3). L'exemple est net pour l'année 1974 où la moyenne de la salure du sol s'accroît alors qu'on enregistre sur la courbe de pluviométrie une chute allant jusqu'à 230 mm. Pour l'année 1975, c'est le contraire qui se produit puisqu'on observe une diminution de la moyenne de la salure accompagnée d'une augmentation dans les quantités de précipitations.

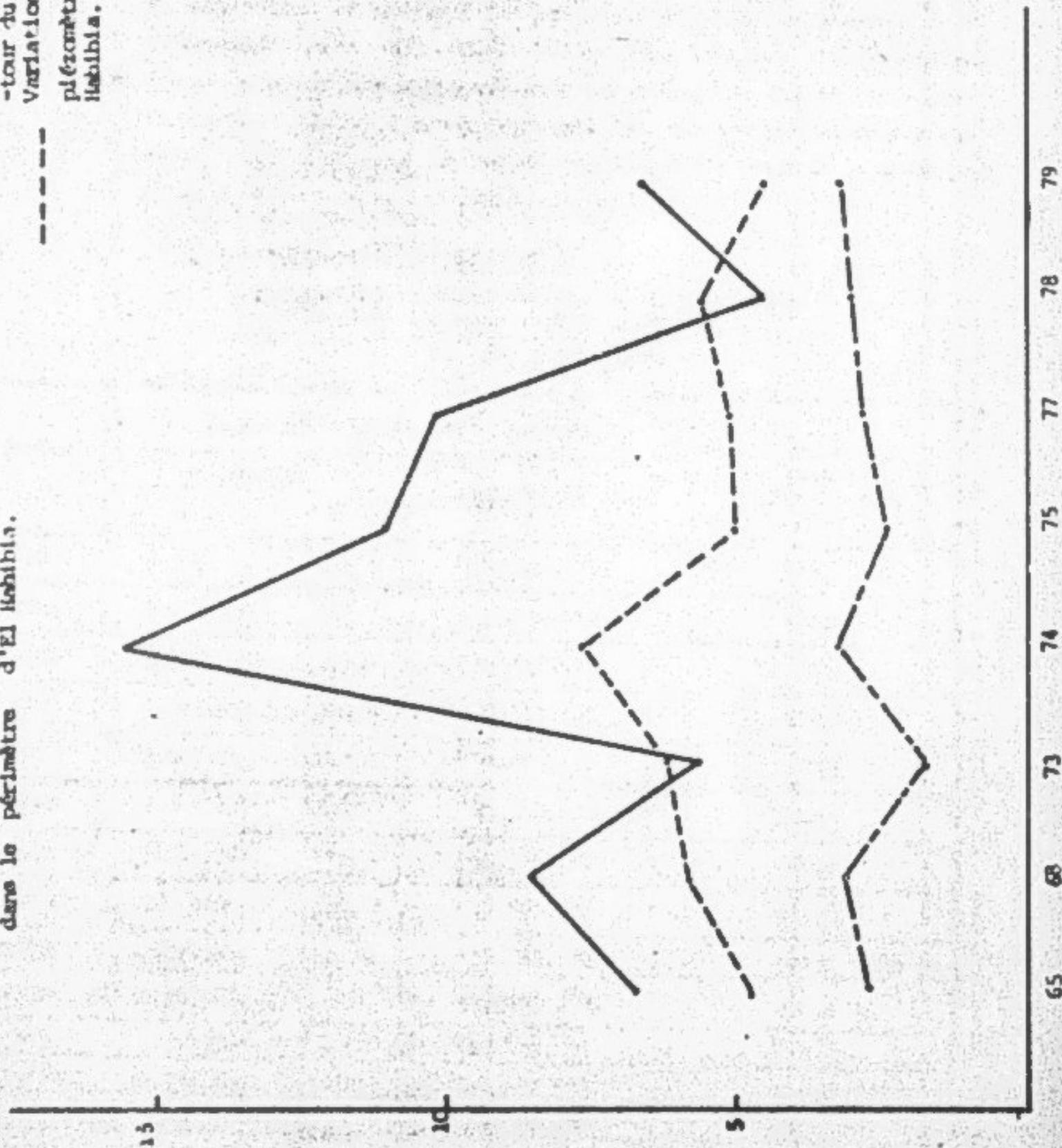
Il ressort de ces relations que la pluviométrie totale annuelle lorsqu'elle est importante est un facteur qui joue à la faveur d'une diminution de la salure du sol par le lessivage et le nettoyage du profil de ses sels accumulés sous l'effet de divers autres facteurs. Les saisons sèches amènent au contraire vers une salinisation du profil.

- Les conditions culturales : les conditions climatiques imposent à l'agriculteur, pour qu'il continue à produire en été, d'apporter des quantités considérables d'eau d'irrigation pour subvenir aux besoins des plantes et de l'évaporation. Ces apports sont effectués pour la Basse - Vallée à partir de la Medjerda qui titre en été 2 g/l de R.S. Cette forte teneur accumule de grandes quantités de sels lorsque

Fig. 7. Evolution de la salure du sol autour
de quelques piézomètres de contrôle
dans le périmètre d'El Ithibila.

Variation de la salure du sol au-
tour du piézomètre C.4.
Variation de la salure du sol au-
tour du piézomètre F
Variation de la moyenne de tous les
piézomètres au périmètre d'El
Ithibila.

C.S. mg/cm.



l'eau d'irrigation est fortement demandée.

Prenons le cas d'une culture de tomate de saison qui est la spéculation la plus répandue dans la Basse - Vallée. Cette culture exige un apport d'eau de 800 mm/ha soit 8000 m³/ha, et une telle quantité d'eau d'irrigation apporte au sol 16 tonnes supplémentaires de sels à l'hectare, soit 1,6 kg/m². Ces quantités sont énormes et il faudra de grosses pluies pour les évacuer.

En réalité, et en examinant les résultats chiffrés des consommations en eau et de la variation de la salure (fig. 8), nous n'observons pas une relation rigide entre ces deux paramètres, ce qui explique que la pluviométrie est l'agent principal qui, par son déficit ou par son excès, est à l'origine des variations malgré l'augmentation notée pour la consommation en eau (fig. 10).

TABLEAU N° 5

Consommation en eau d'irrigation et pluviométrie annuelle dans la Basse-Vallée de la Medjerda.

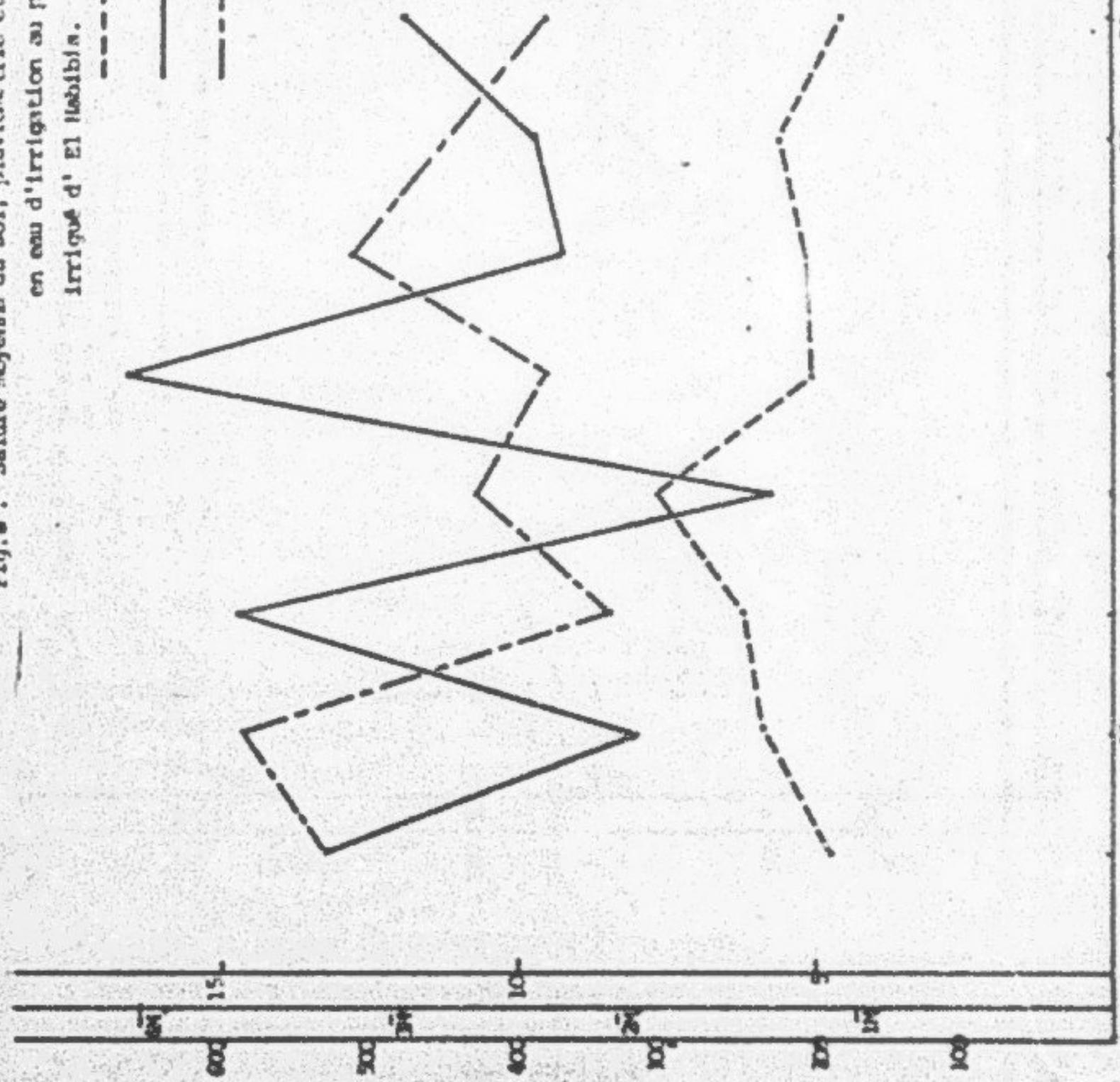
Période : 1965-1979

Années	CONSUMMATION EN EAU D'IRRIGATION			Pluviométrie annuelle Station Saïda
	EL-HABIBIA		Basse-Vallée en m ³	
	en m ³	en m ³		
1965	3.300.318	175,5	30.964.208	534,8
1966	3.908.934	207,9	38.572.472	400,4
1967	4.080.336	1217,0	48.058.575	-
1968	3.693.636	196,5	37.817.140	319,8
1969	2.681.532	142,6	34.513.537	406,7
1970	3.842.802	1204,4	47.300.296	282,0
1971	3.245.346	172,6	43.375.657	369,8
1972	2.079.054	110,6	34.591.287	411,0
1973	2.112.966	1112,4	38.681.002	590,5 (Tébourba)
1974	2.687.886	...	45.981.689	230,4
1975	2.378.898	:	41.426.470	665,5
1976	2.157.840	:	48.231.525	546,8
1977	3.210.354	:	60.381.830	371
1978	2.816.982	:	63.036.449	398,7
1979	2.398.194	:	63.434.511	478,3

Fig. 8. Salure moyenne du sol, pluviométrie et Consommation en eau d'irrigation au périmètre irrigué d' El Habibia.

----- Moyenne de la salure du sol, en mm/cm.
 — Pluviométrie annuelle en mm.
 - - - - Consommation en eau d'irrigation, en millions de m³/an

P. M. C.



65 68 73 74 75 77 78 79

mm
CE

Fig. 9 : Salure moyenne du sol et consommation
en eau d'irrigation en mm dans le périmè-
tre d'Al Habibia.

— mm d'eau d'irrigation
- - - - Salure du sol en mmhos/cm

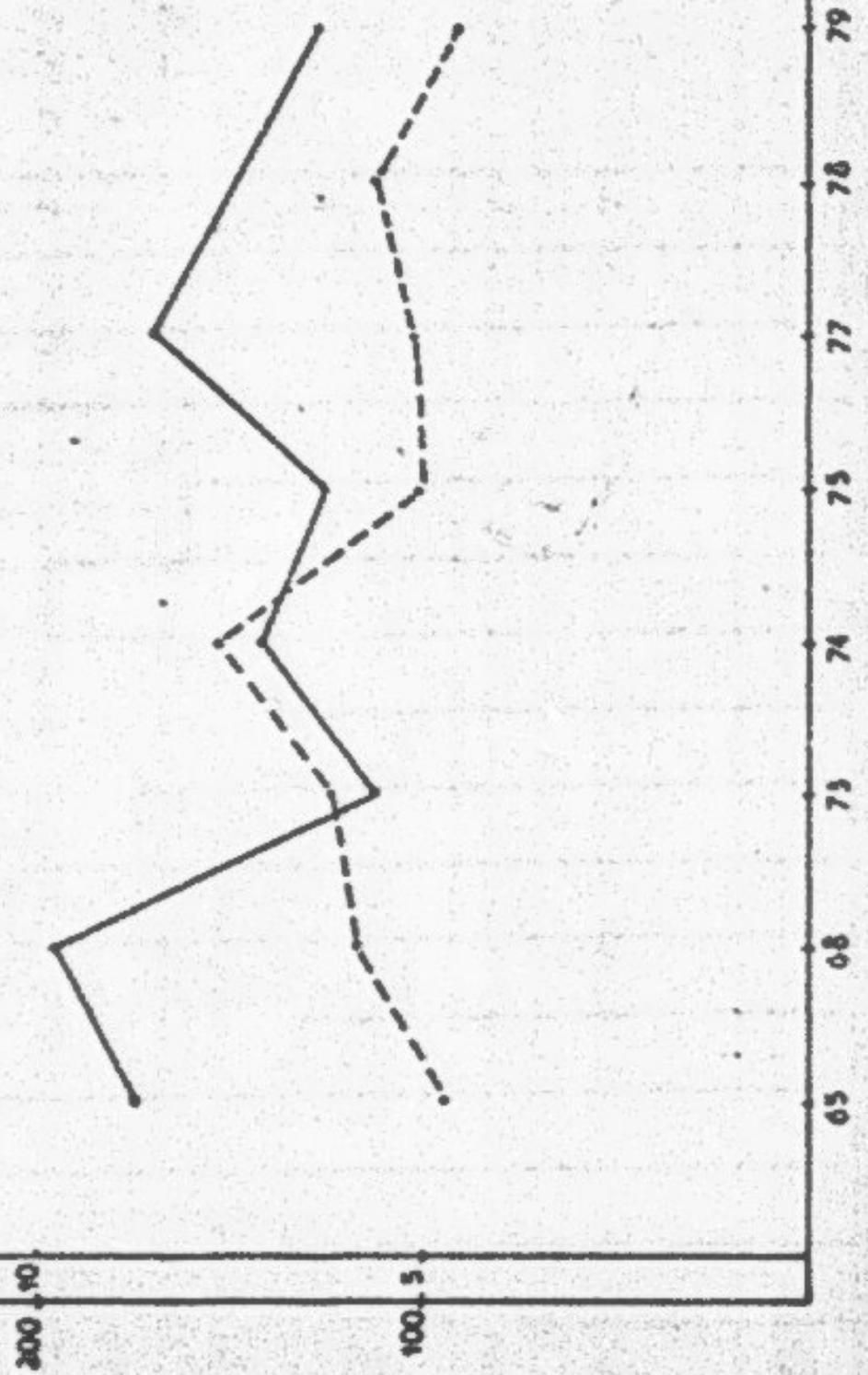
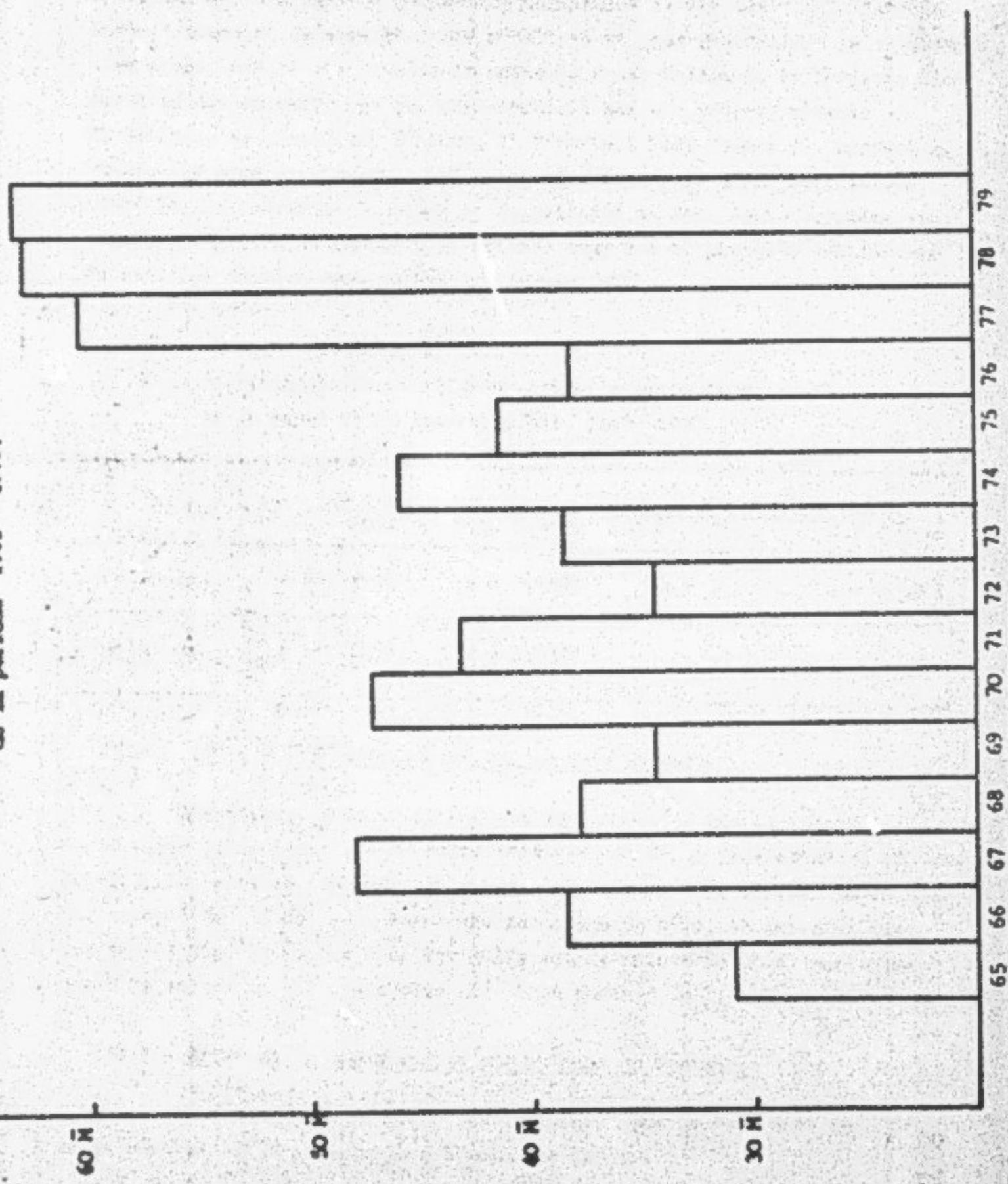


Fig. 40. Consommation en eau d'irrigation (en millions de m³)
dans la Basse - Vallée de la Méditerranée au cours
de la période 1965 - 1979.



III.- Salinisation du sol à partir de la nappe phréatique :

Dans une étude précédente (ES 128), il a été démontré que la profondeur minimale que doit avoir la nappe phréatique pour ne pas contaminer le sol et toucher le rendement des cultures est de 1m 20. En dessous de cette profondeur, elle exerce une influence négative sur le sol et ce qu'il supporte en leur communiquant ses sels solubles. Cette étude a été effectuée sur des données concernant uniquement le périmètre d'El-Habibia. Dans l'intention de compléter les résultats et pour généraliser le traitement, nous avons utilisé les données de toute la Basse-Vallée de la Medjerda disponibles actuellement, et qui correspondent aux périmètres suivants : El-Habibia, El Mansourah, Béjaoua, El M'Barka (Sidi Thabet), Cherfech et Utique. Le même traitement a été respecté : il s'agit d'une corrélation entre la profondeur de la nappe et la salinité du sol. Cette dernière est toujours exprimée en mmhos/cm et estimée pour les 80 premiers centimètres du sol. Les données sont celles de l'année 1978.

Tableau n° 4
Coefficients de corrélation entre la profondeur de la nappe et la salure du sol. Année 1978.

P nappe \ C.E. Sol	M A R S		S E P T E M B R E	
	C.E. 0-20cm	C.E. 0-80cm	C.E. 0-20cm	C.E. 0-80cm
60-120 cm	r = 0,5296	r = 0,5581	r = 0,1711	r = 0,3291
120-150 cm	r = -0,1470	r = -0,1370	-	-

III.1.- Effet de la nappe sur le sol au mois de Mars :

Les couches 0-20 cm et 0-80 cm sont touchées par la salure de la nappe phréatique lorsque cette dernière est à une profondeur < 120 cm. En effet la relation exprimée par r est assez rigide à ce niveau. Au contraire, au-delà de 120 cm, r se rapproche davantage de zéro, ce qui explique que la relation entre ces deux variables est de moins ^{en moins} rigide et par conséquent la salure du sol n'est plus liée à la nappe.

III.2.- Effet de la nappe sur le sol au mois de Septembre :

La couche 0-20 cm n'est pas influencée par la salure de la nappe même si celle-ci se trouve à moins de 120 cm.

La relation sable plus nette avec la C.E. de la couche 0-80 cm.

Dans les deux cas nous aboutissons au fait que la nappe ne commence à être dangereuse qu'à une profondeur inférieure à 120 cm. Ces résultats viennent ainsi appuyer ceux déjà apportés par les études précédentes (ES 126).

TABLEAU N° 7

Salure du sol et profondeur de la nappe phréatique dans la Basse-Vallée de la Medjerda - Mars et Septembre 1978

x_i = Profondeur de la nappe de 20 à 120 cm

y_i = C.E. du sol sur les couches 0-20 cm et 0-80 cm

n = Numéro des piézomètres.

n	M A R S			S E P T E M B R E		
	x_i	y_i		x_i	y_i	
		0 - 20 cm	0 - 80 cm		0 - 20 cm	0 - 80 cm
1	118	1,32	1,83	110	3,05	3,16
2	110	3,15	4,6	100	3,40	3,61
3	120	1,38	3,1	110	4,40	4,32
4	110	1,14	2,51	100	7,60	7,50
5	120	3,55	4,76	120	9,45	8,31
6	100	4,45	4,87	120	3,40	3,67
7	115	1,50	2,71	90	4,05	5,14
8	90	3,40	4,20	90	8,10	9,56
9	100	1,64	3,70	65	10,50	11,49
10	118	2,30	2,93	120	4,10	5,42
11	85	2,10	3,38	120	4,05	5,15
12	70	6,90	9,07	105	7,95	9,12
13	50	6,55	5,75	100	5,55	6,34
14	110	2,95	3,54	110	12,10	13,27
15	75	9,90	9,45	110	2,65	4,55
16	70	2,14	4,79	90	14,95	12,35
						.../...

n	M A R S			S E P T E M B R E		
	X _i	Y _i		X _i	Y _i	
		0 - 20 cm	0 - 80 cm		0 - 20 cm	0 - 80 cm
17	80	6,60	6,03	110	4,55	4,92
18	75	6,00	9,36	100	6,30	8,34
19	105	2,45	5,38	100	5,35	6,74
20	75	4,15	5,66	110	6,95	9,26
21	90	2,52	5,83	95	13,55	10,69
22	65	2,14	5,72	110	3,60	3,99
23	45	8,05	10,05	115	3,80	5,42
24	70	11,60	12,27	120	4,05	5,12
25	110	2,02	4,17	120	3,15	4,86
26	110	2,88	4,89	75	4,90	6,80
27	82	1,60	5,41	90	4,85	4,96
28	79	2,74	3,54	110	2,95	3,07
29	90	1,58	1,83	100	3,20	3,59
30	20	2,64	3,25	90	5,95	5,15
31	120	2,14	3,41	100	10,10	8,07
32	100	1,56	4,14	110	3,90	4,27
33	90	2,16	3,14	115	1,06	2,93
34	115	1,86	2,67	115	1,06	2,93
35	105	2,10	3,14	120	1,24	4,69
36	110	0,72	0,98	120	1,68	3,10
37	120	0,74	1,05			
38	100	0,92	1,47			
39	120	2,38	2,73			
40	100	1,45	2,05			
41	110	2,80	3,17			

CONCLUSION GENERALE :

Nous avons considéré dans cette étude trois aspects de la variation de la salure du sol :

- D'abord, la variation intra-annuelle représentée par deux cartes de la salure du sol correspondant chacune à une saison du climat contrasté de la région.
- Ensuite l'évolution inter-annuelle étudiée par analyse de la variance autour de la moyenne de la salure du sol dans le périmètre d'El-Habibia.
- Et finalement, la profondeur critique de ^{la} nappe phréatique et son effet sur la salure du sol.

Il se dégage des résultats de ces trois démarches que l'évolution de la salure du sol est fonction de plusieurs facteurs dont les deux plus importants sont :

- 1) - Le climat et la pluviométrie : En effet, l'analyse comparative de la moyenne de la salure du sol et de la pluviométrie annuelle montre qu'il existe une relation à caractère inverse entre ces deux paramètres. C'est ce qui a été constaté dans la deuxième partie de l'étude pour les années 1974 et 1975 essentiellement. A l'échelle saisonnière, la cartographie de la salure a montré que les zones les plus salées s'élargissent en été au dépens des périmètres peu salés. Cette extension des surfaces salées revient probablement au mauvais lessivage par manque de pluies et par apport de quantités non négligeables d'eau d'irrigation, en été.
- 2) - La profondeur de la nappe phréatique : Cette nappe est très salée dans la Basse-Vallée de la Medjerda. Elle se trouve soumise à l'évaporation, lorsqu'elle s'approche de la surface, et sa concentration augmente à des profondeurs faibles,

.../...

elle contaminer les couches supérieures du sol et contribue ainsi à la diminution du rendement. La profondeur critique que cette nappe ne doit pas dépasser est de 1m 20. C'est ce qui a été déterminé par le calcul des corrélations, déjà effectué précédemment sur les données du périmètre d'El-Habibia (E-S 128).

L'examen de la distribution et de la forme des profils salins ainsi que des résultats de la cartographie aboutit à la même conclusion : La salure accentuée est liée à une nappe peu profonde généralement. Cependant une légère croissance du taux de la salure est notée en été. Elle est indépendante de l'influence de la nappe.

Nous retenons enfin, que l'eau d'irrigation, même si elle apporte des sels solubles et les dépose dans le profil pédologique n'est pas un facteur dangereux pour le sol. Les précipitations annuelles, lorsqu'elles sont en quantités suffisantes assurent le lessivage durant l'hiver. La moyenne de la salure ne s'accroît, en effet, que durant les années sèches.

Le système de drainage doit rester toujours fonctionnel et la nappe doit être constamment surveillée. Il ne faut pas que son niveau piézométrique monte au dessus de 1m 20.

BIBLIOGRAPHIE

- C.R.F.E.S.I. - C.R.G.R. 1970 : Recherche et formation en matière d'irrigation avec des eaux salées. Rapport technique, C.R.G.R. Tunisie.
- MAKI (A) et HAMELAKI (A), 1977 : Etude du drainage, de la salure et de l'alcalinité dans les périmètres irrigués de la Basse-Vallée de la Medjerda. E-S.128, Division des Sols, Tunisie.
- MINISTÈRE DE LA COOPÉRATION (France), 1974 : Mémento de l'Agronome, Techniques Rurales en Afrique.
- SERVAET (J), 1976 : Distribution, forme et influence des sels dans les sols de type halomorphe. L'exemple des sols salés Français. Extrait des comptes rendus du 99^{ème} congrès national des Sociétés Savantes (Besançon, 1974), Fascicule 5, Paris, Bibliothèque Nationale.
- SERVAET (J), 1978 : La salinité dans le sol et les eaux : caractérisation et problèmes d'irrigation drainage. Extrait du Bulletin du B.R.G.M., 2^{ème} série, section III, n° 2, 1978, Montpellier.-

PIECES ANNEXEES

- 1) Carte des données du mois de Mars 1979 au 1 : 20.000
- 2) Carte des données de mois d'Octobre 1979 au 1 : 20.000

SALURE DU SOL DANS LES PERIMETRES IRRIGUES ET CONTROLES DE LA BASSE VALLEE DE LA MEDJERDA

DONNEES DU MOIS DE MARS, 1979

Par H. BEN HASSINE Professeur à la Direction des Sols
T. BEN HASSINE - A. BEN AMMAR Ingénieurs de l'OMVS

Echelle 1 : 20 000

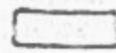
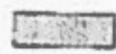
LEGENDE

SALURE DU SOL

La salure est exprimée en mmhos/cm, et correspond aux 80 premiers cm. du sol.
Elle a été estimée par la formule :

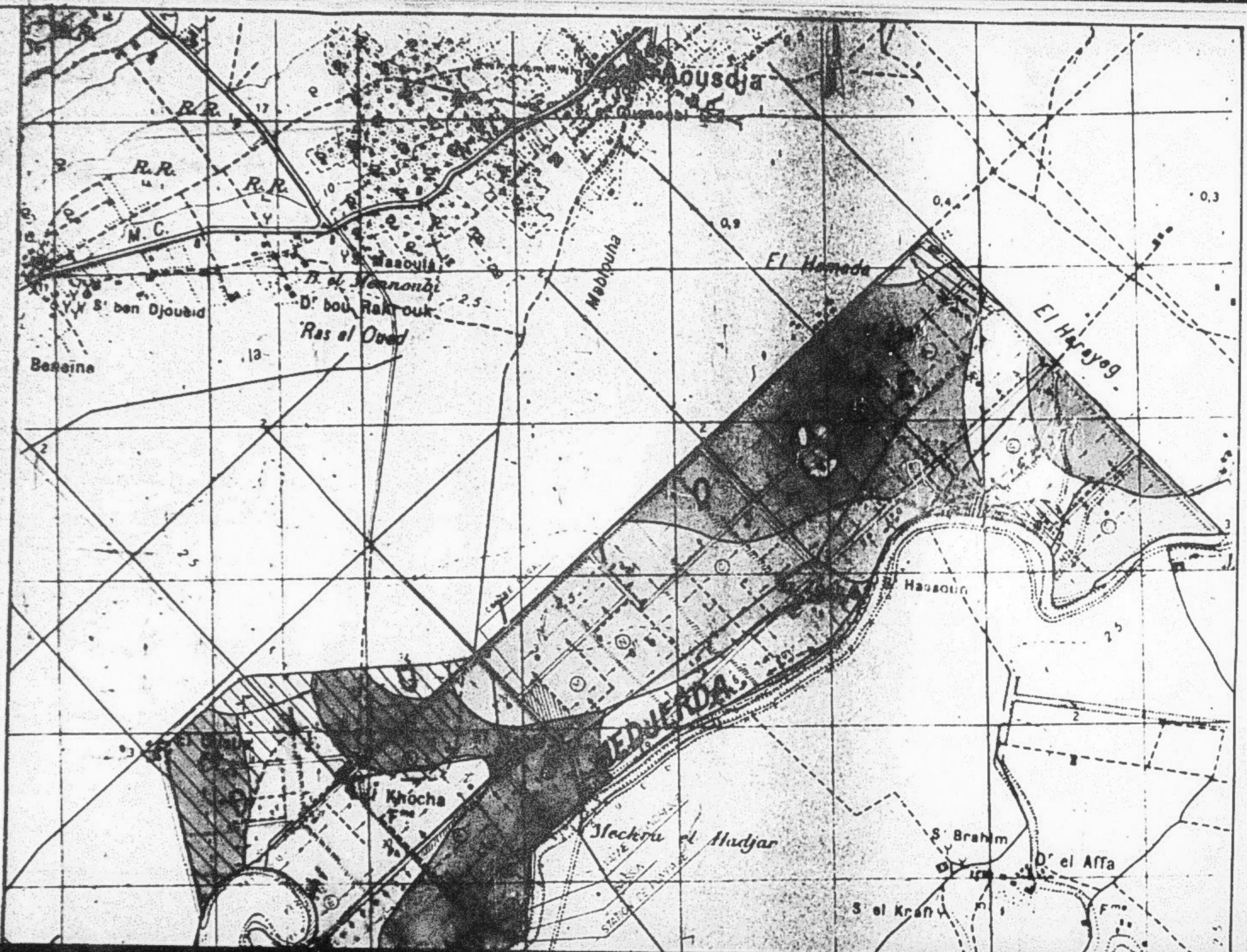
$$EC_{0-80} = 1/4 (2 EC_{0-20} + EC_{20-40} + EC_{40-80})$$

avec : $\left. \begin{array}{l} 0 - 20 \text{ cm} \\ 20 - 40 \text{ cm} \\ 40 - 80 \text{ cm} \\ 0 - 80 \text{ cm} \end{array} \right\}$ les profondeurs des couches du sol

	0 - 2 mmhos/cm
	2 - 4 mmhos/cm
	4 - 8 mmhos/cm
	8 - 12 mmhos/cm
	12 mmhos/cm

PROFONDEUR DE LA NAPPE

 Profondeur $\leq 1,20 \text{ m}$



Boussouja

R.R.

R.R.

M.C.

Mabrouha

El Hamada

El Harayeg

Masoula
D. el Mennouji
D. bou Raktouk
Ras el Oued

Bessina

Hassouin

MEDJEZ EL BAB

Khocha

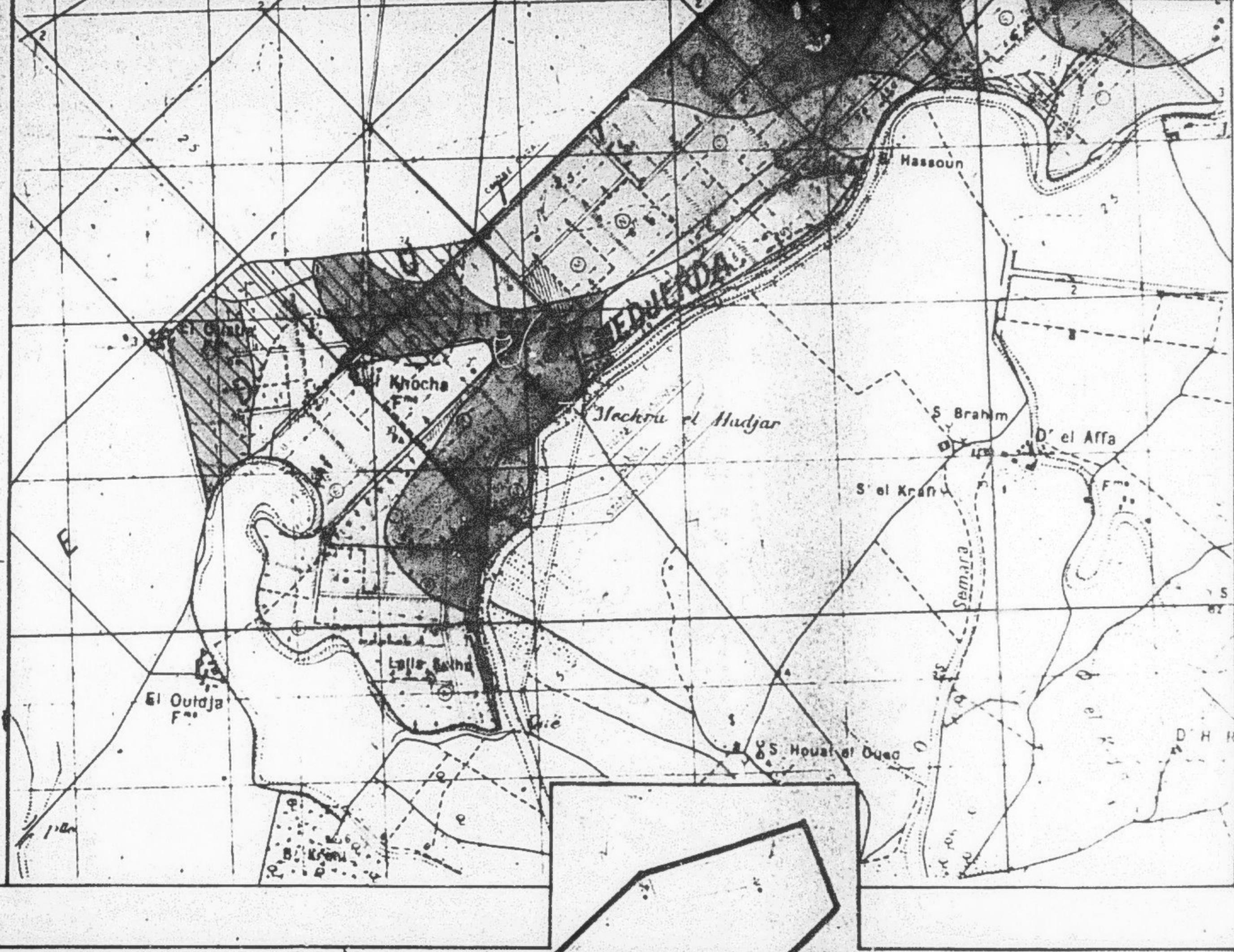
Mactrou el Hadjar

S. Brahim

D. el Affa

S. el Kraft

STATION



Hassoun

MEDJENDA

Kroche

Mekrou el Hudjar

S. Brahim

D' el Affa

S' el Krafi

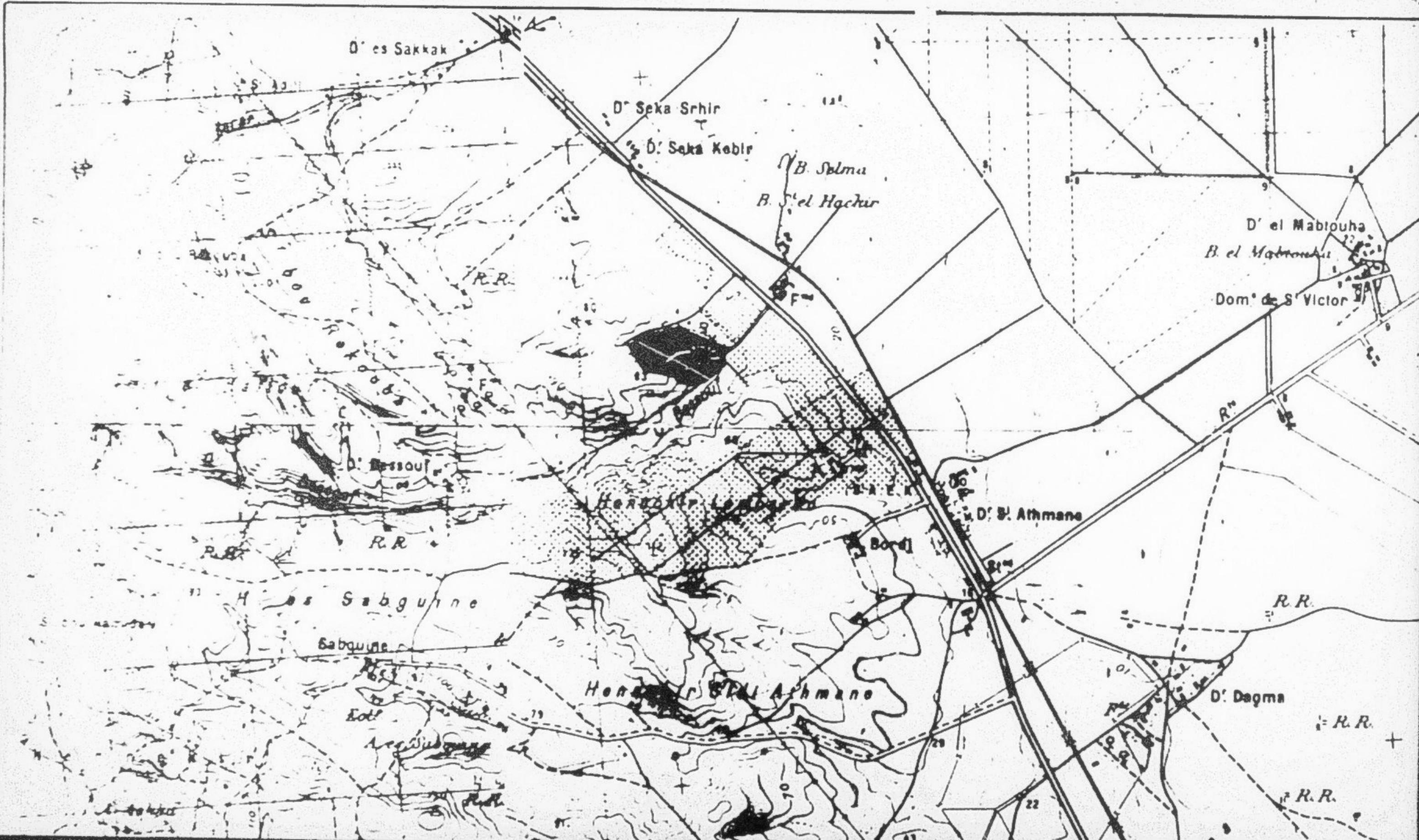
Semara

Lalla Salha

El Outja

S. Houat el Ouad

1/2000





Abiouha

Victor

Sebkhet el Melh

el Abiouha

De Carnieres

D' el Hadjerine

D' Mepnchia

Cherfeh

D' Abd Derdoari

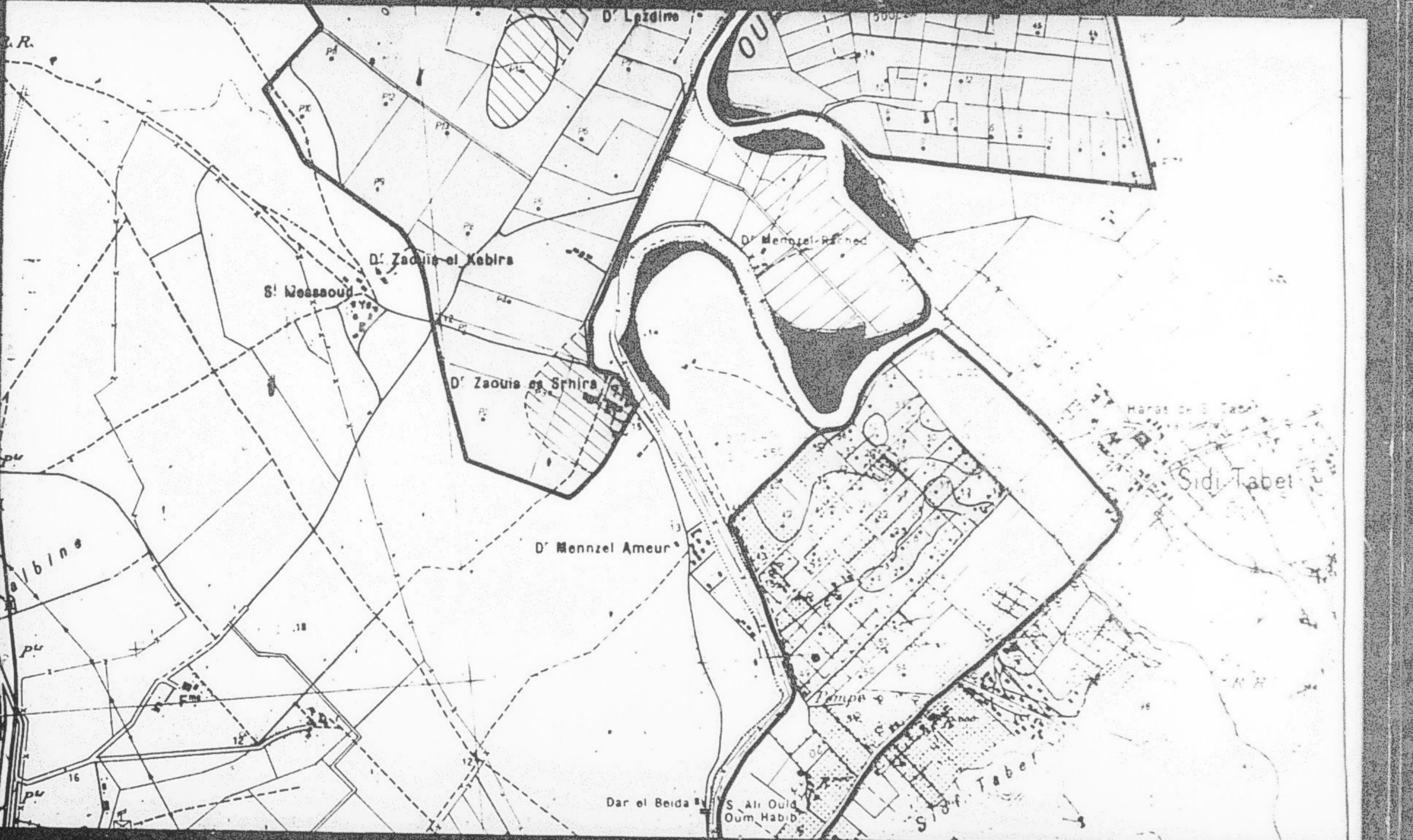
D' Lezdine

OUED

R.R.

R.R.

F.M.



D' Lozdine

OU

D' Zaouia el Kebira

S' Messaoud

D' Menzel Ameur

D' Zaouia es Sghira

D' Menzel Ameur

Dar el Beida

S' Ali Ould Oum Habib

Sidi Tabet

Haras de S. Tabet

R.

albino

pu

pu

16

18

12

10

20

30

40

50

60

70

80

90

100

110

120

130

140

150

160

170

180

190

200

210

220

230

240

250

260

270

280

290

300

310

320

330

340

350

360

370

380

390

400

410

420

430

440

450

460

470

480

490

500

510

520

530

540

550

560

570

580

590

600

610

620

630

640

650

660

670

680

690

700

710

720

730

740

750

760

770

780

790

800

810

820

830

840

850

860

870

880

890

900

910

920

930

940

950

960

970

980

990

1000

1010

1020

1030

1040

1050

1060

1070

1080

1090

1100

1110

1120

1130

1140

1150

1160

1170

1180

1190

1200

1210

1220

1230

1240

1250

1260

1270

1280

1290

1300

1310

1320

1330

1340

1350

1360

1370

1380

1390

1400

1410

1420

1430

1440

1450

1460

1470

1480

1490

1500

1510

1520

1530

1540

1550

1560

1570

1580

1590

1600

1610

1620

1630

1640

1650

1660

1670

1680

1690

1700

1710

1720

1730

1740

1750

1760

1770

1780

1790

1800

1810

1820

1830

1840

1850

1860

1870

1880

1890

1900

1910

1920

1930

1940

1950

1960

1970

1980

1990

2000

2010

2020

2030

2040

2050

2060

2070

2080

2090

2100

2110

2120

2130

2140

2150

2160

2170

2180

2190

2200

2210

2220

2230

2240

2250

2260

2270

2280

2290

2300

2310

2320

2330

2340

2350

2360

2370

2380

2390

2400

2410

2420

2430

2440

2450

2460

2470

2480

2490

2500

2510

2520

2530

2540

2550

2560

2570

2580

2590

2600

2610

2620

2630

2640

2650

2660

2670

2680

2690

2700

2710

2720

2730

2740

2750

2760

2770

2780

2790

2800

2810

2820

2830

2840

2850

2860

2870

2880

2890

2900

2910

2920

2930

2940

2950

2960

2970

2980

2990

3000

3010

3020

3030

3040

3050

3060

30

SUITE EN

F 2



MICROFICHE N°

05500

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

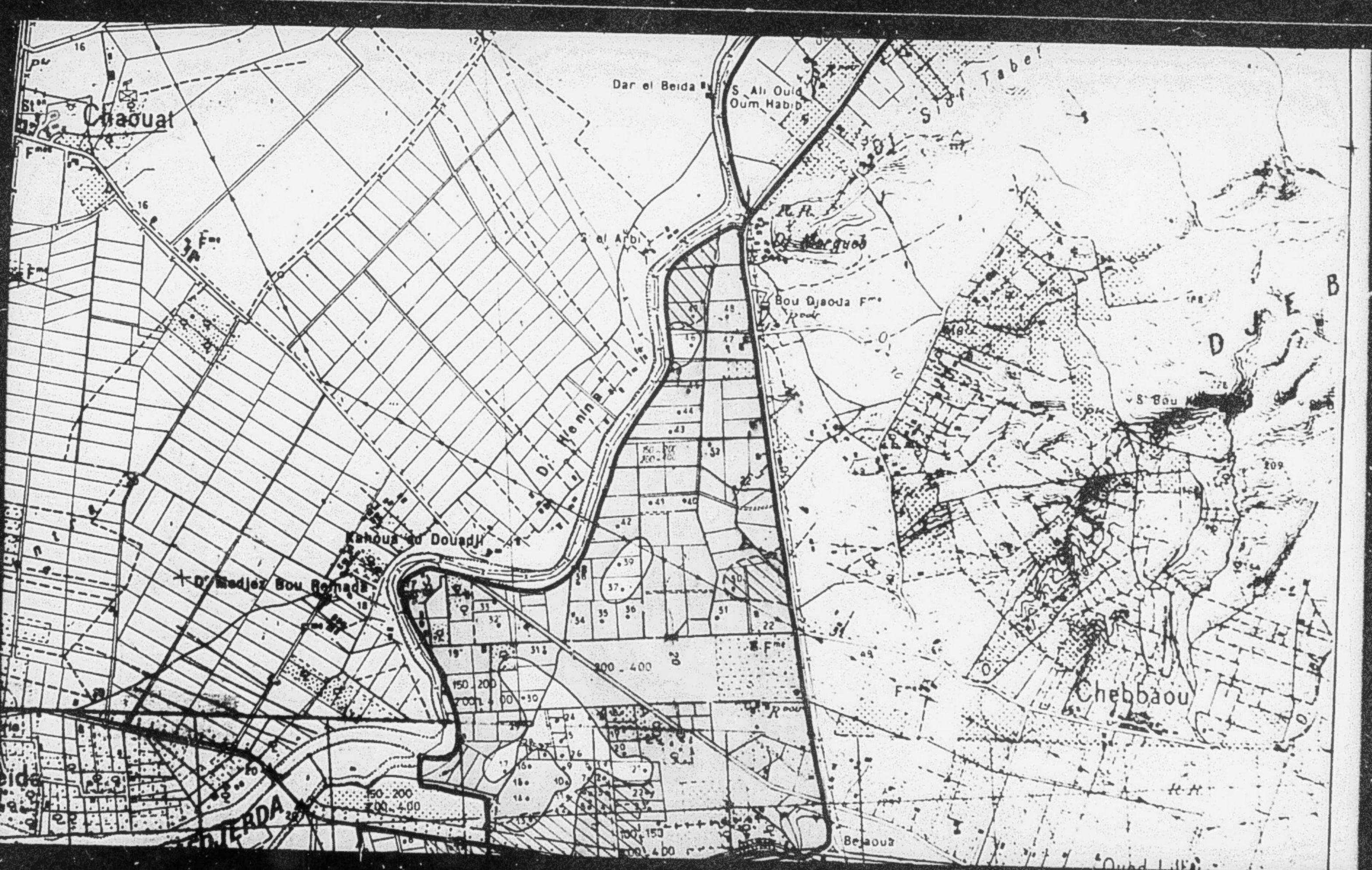
TUNIS

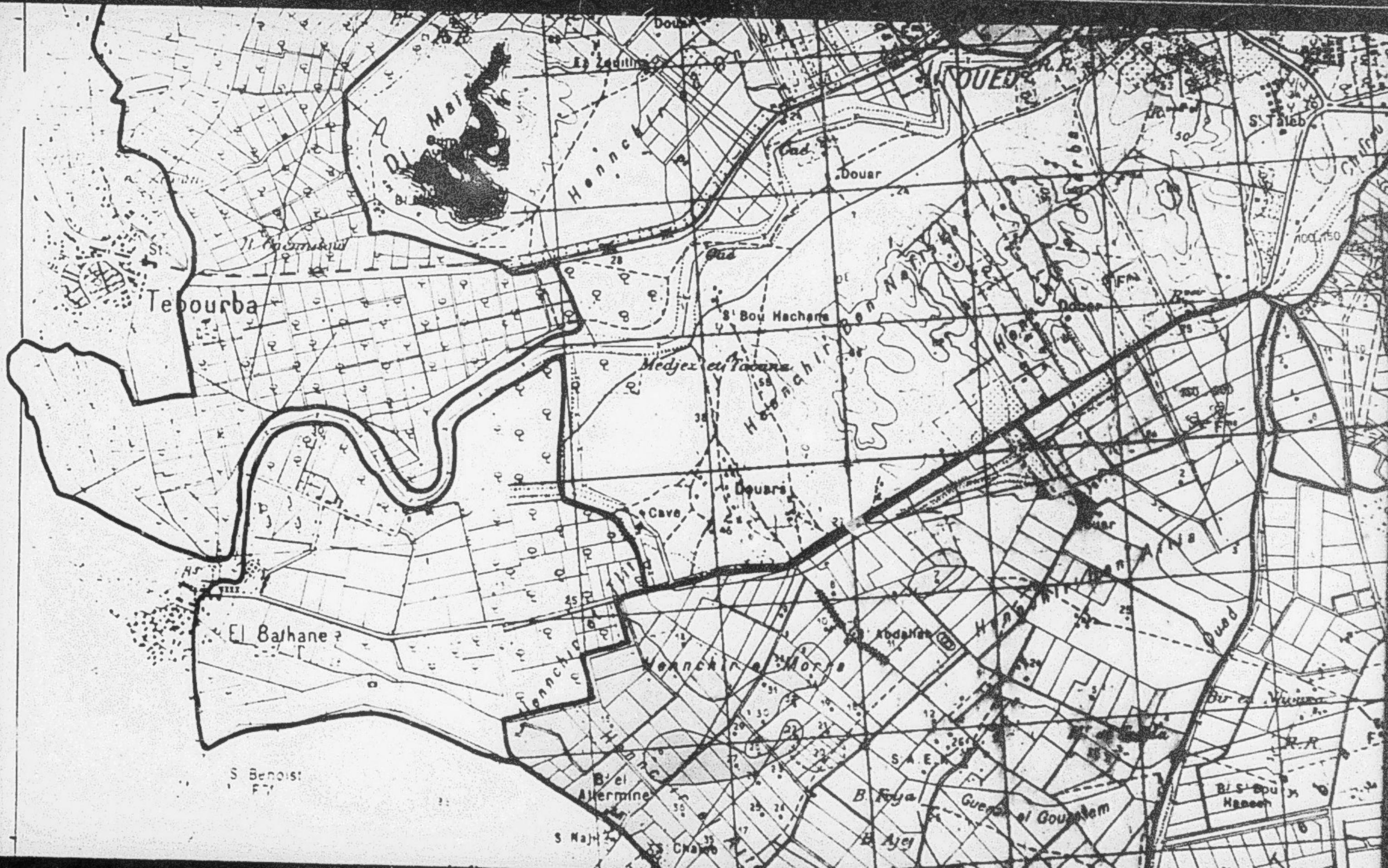
الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

المركز القومي
للتوثيق الفلاحي
تونس

F 2







Tebourba

El Bahane

Honnef

Medjex el Tabane

OUED

S. Bou Hachane

S. Benois

S. Najm

B. Foyal

Guerr al Goualem

B. S. Bou Hachane

S. Taleb

Douars

Menchir el Morja

Abdallah

Cave

Douar

Douar

El Zedine

Mari

S. Benois

S. Benois

S. Benois

Chabo

50

100 150

200 300

25

24

23

22

21

20

19

18

17

16

15

14

13

12

30

29

28

27

26

25

24

23

22

21

20

19

18

17

16

50

40

30

20

10

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

50

40

30

20

10

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

50

40

30

20

10

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

50

40

30

20

10

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0



MEDJERDA

Bejaoua

Oued Liff

Saïda

Graba

Rh. el Oustalia

B. Heja

El Bahidj

R. S. O.

Melaj

S. Lakapora

B. Lakroua

S. Mohammed

S. Amone

Kabour Sola

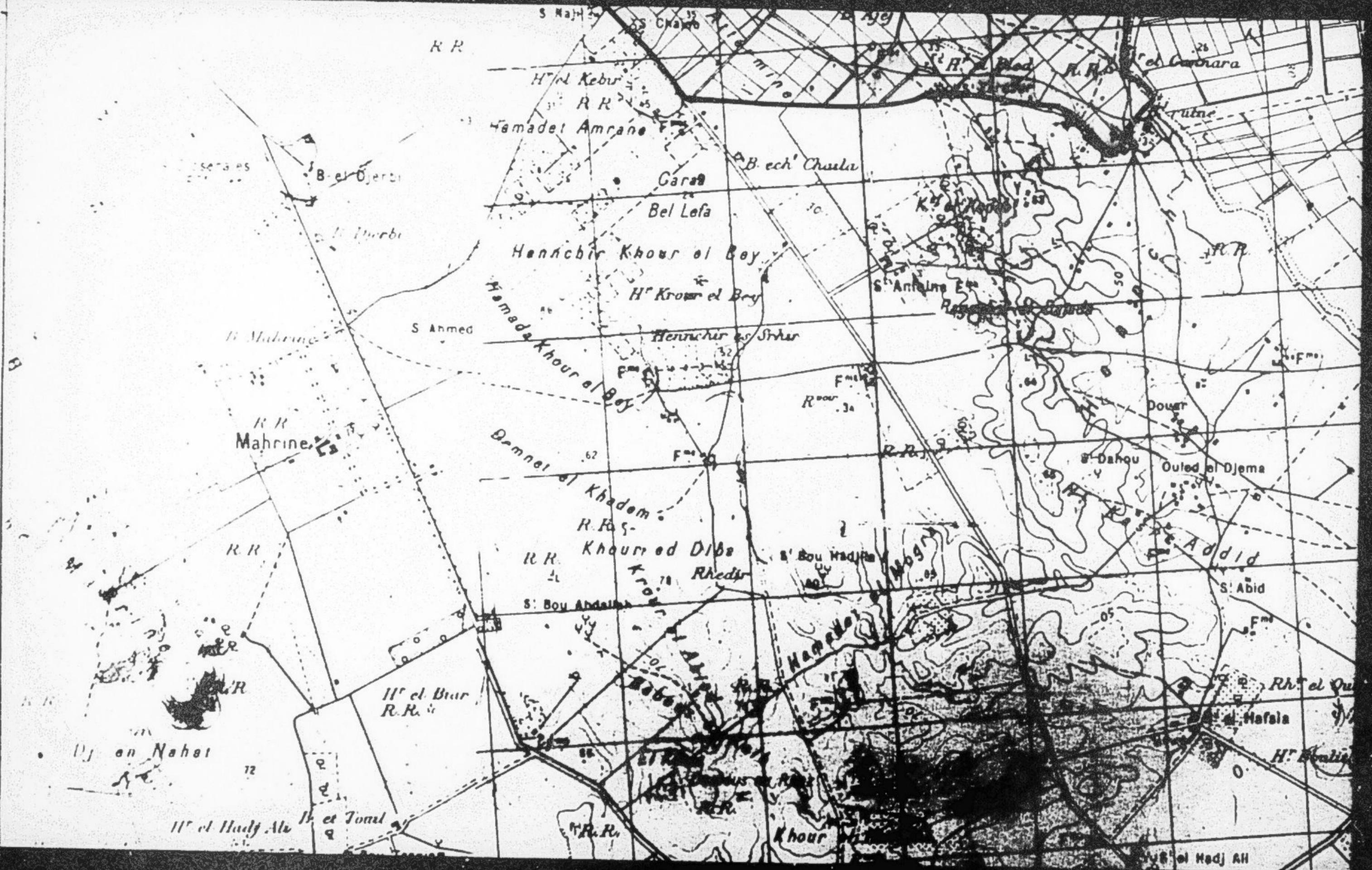
R. R.

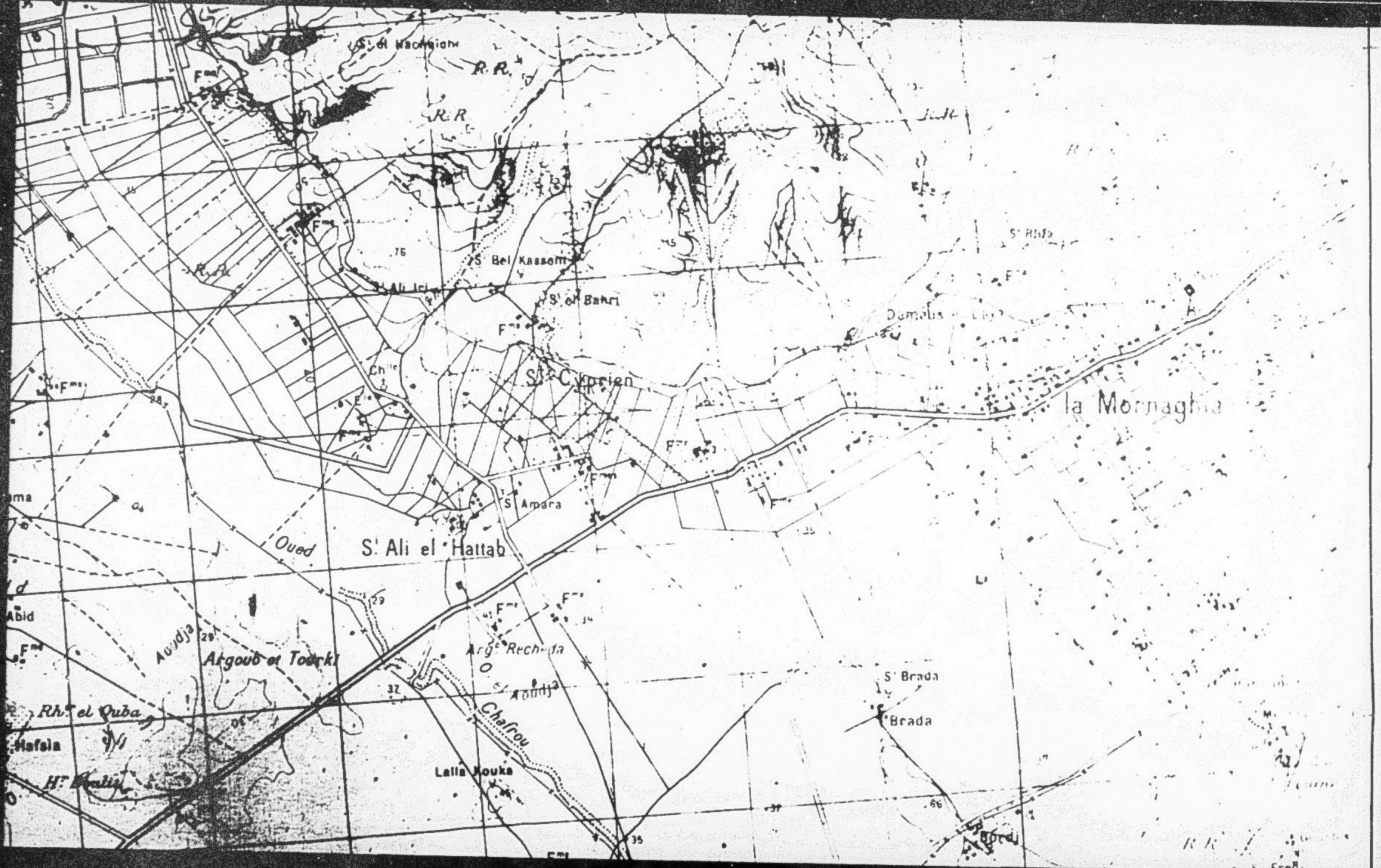
K R T M A

R. H.

D U

S. el Mochim





S' el Macchiom

R.R.

R.R.

.76

S' Bel Kassom

S' el Bahri

S' Hiza

Damalis

la Mornaghia

S' Cyprien

S' Amara

S' Ali el Hattab

Oued

ma

Abid

Aoudja

Argoub el Tourki

Arg' Rech-da

O el Aoudja

S' Brada

Brada

Rh' el Quba

Hafala

H' el Hattab

Lalla Kouka

Chafrou

R.R.

F.M.

SALURE DU SOL DANS LES PERIMETRES IRRIGUES
 ET CONTROLES DE LA BASSE VALLEE DE LA MEDJERDA

DONNEES DU MOIS D'OCTOBRE 1979

Par M. BEN HASSINE, Pedologue, et Dr. M. H. SOU
 BEN HASSINE et A. BEN AMMAR, Agronomes A. S. O. M. V.

ECHELLE 1 : 20 000

LEGENDE

SALURE DU SOL

La salure est exprimée en mmhos/cm, et correspond aux 80 premiers cm. du sol.

La salure est estimée par la formule :

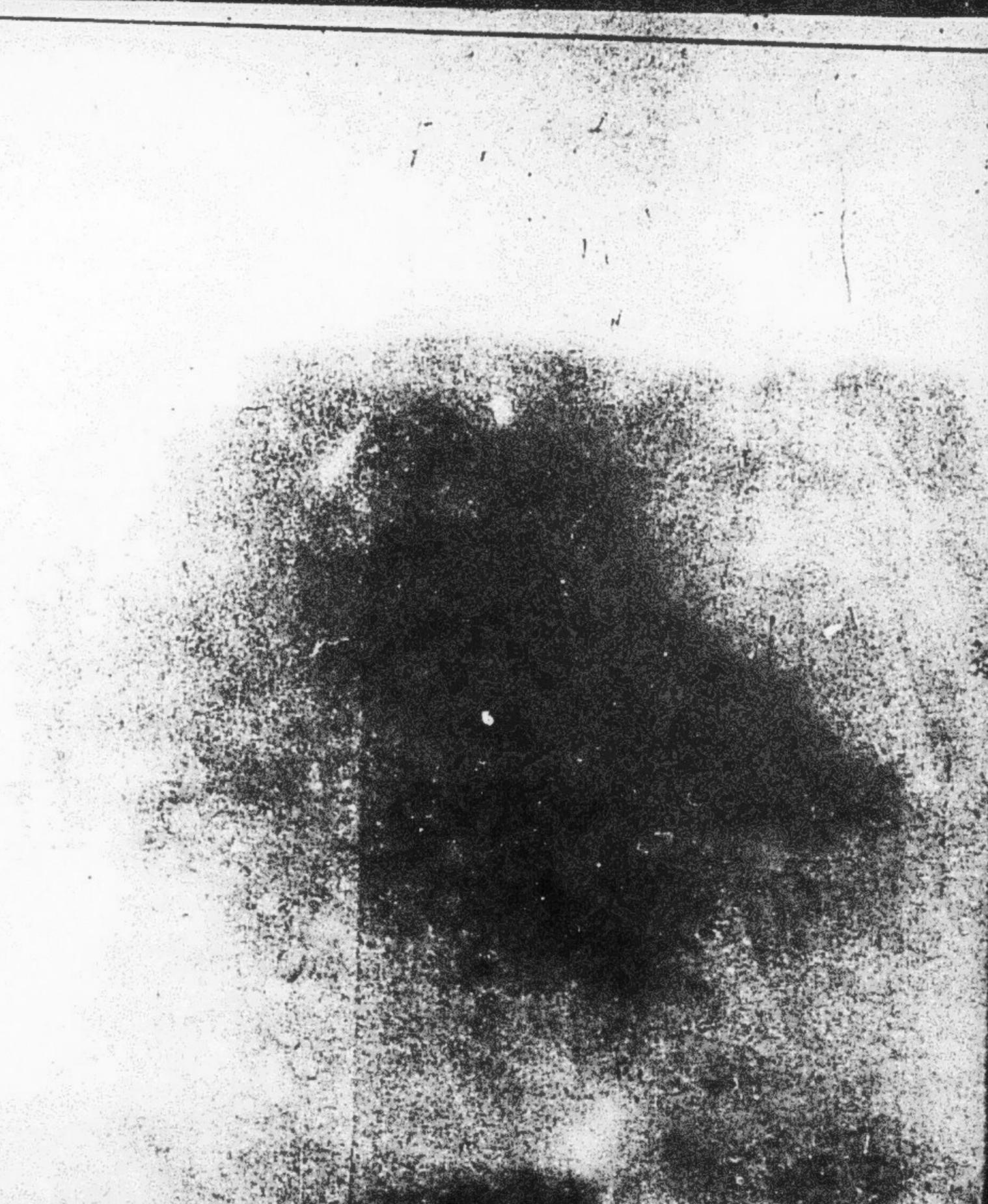
$$EC_{0-80} = 1/4 (2 EC_{0-20} + EC_{20-40} + EC_{40-80})$$

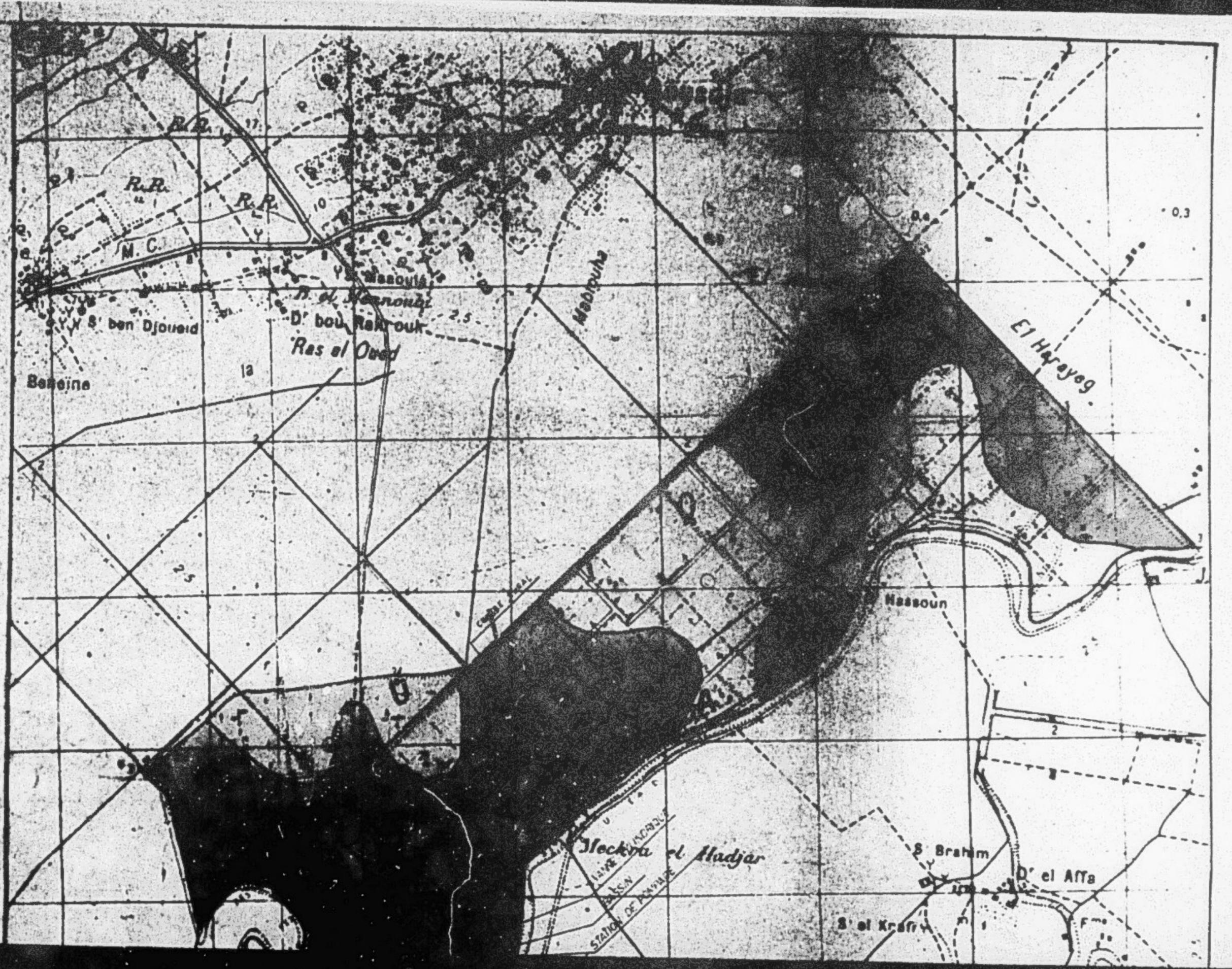
avec : $\left. \begin{array}{l} 0 - 20 \text{ cm} \\ 20 - 40 \text{ cm} \\ 40 - 80 \text{ cm} \\ 0 - 80 \text{ cm} \end{array} \right\}$ les profondeurs des couches du sol

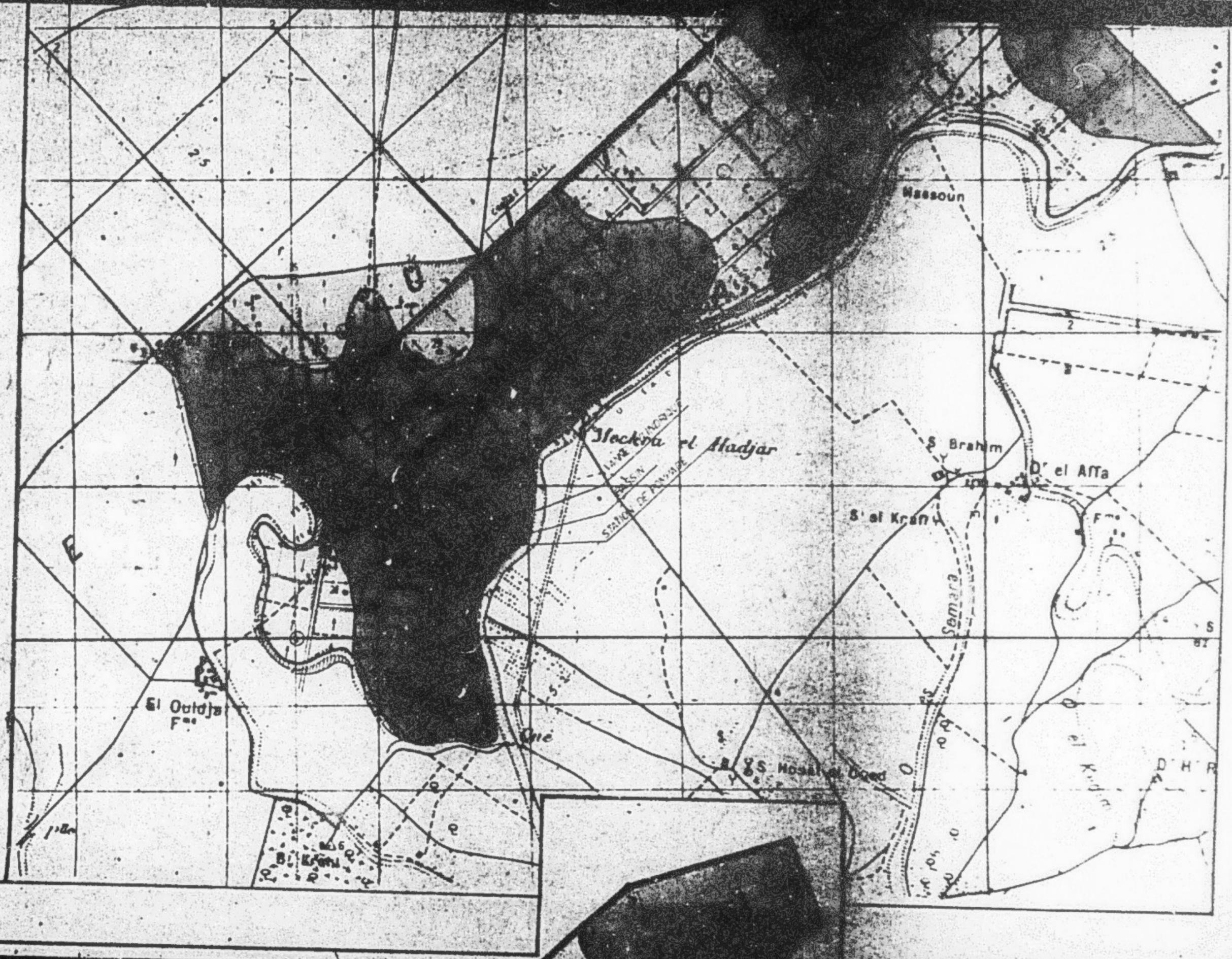
-  0 - 2 mmhos/cm
-  2 - 4 mmhos/cm
-  4 - 8 mmhos/cm
-  8 - 12 mmhos/cm
-  > 12 mmhos/cm

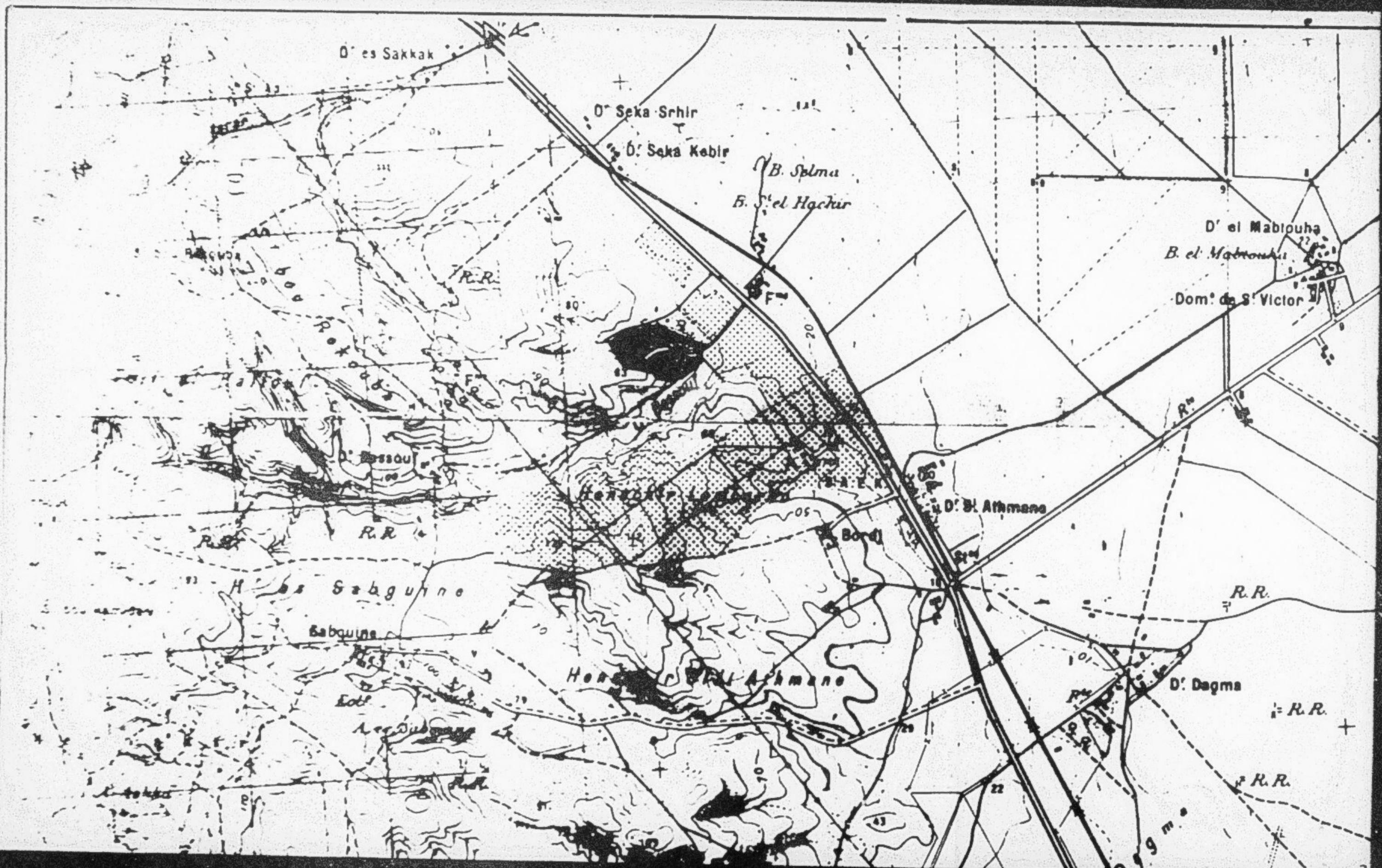
PROFONDEUR DE LA RAPPE

 Profondeur $\leq 1,20 \text{ m}$









D' es Sakkak

D' Saka Sghir

D' Saka Kabil

B. Splma

B. el Hachir

D' el Mablouha
B. el Mablouha

Dom' de S' Victor

D' B. Athmana

D' B. Athmana

Bordj

R.R.

H. es Sabguino

Sabguino

H. es Athmana

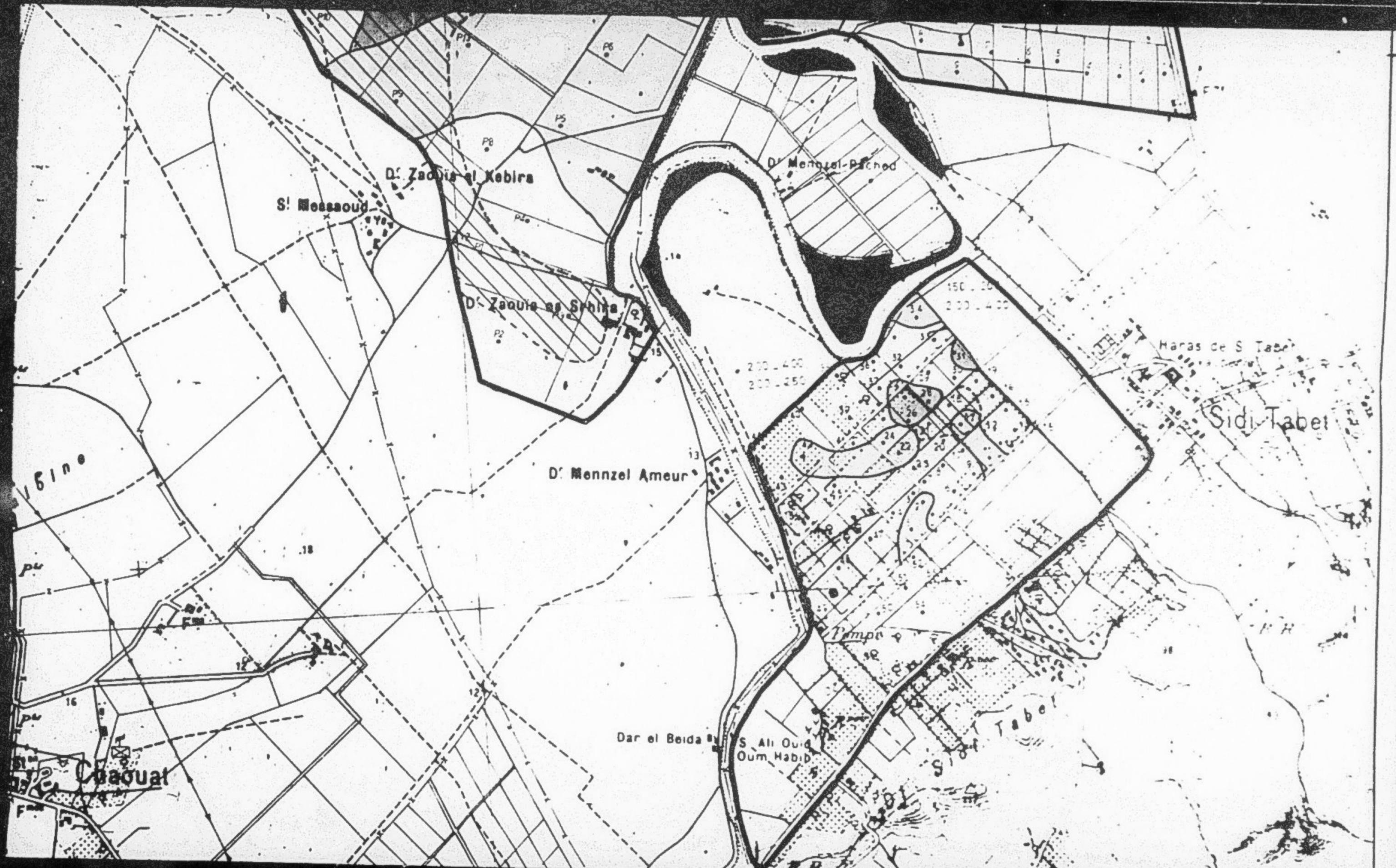
D' Dagma

R.R.

R.R.

9 m





S. Messaoud

D. Zaouia el Kebira

D. Menzel Piched

D. Zaouia el Sghira

D. Menzel Amour

Dar el Beida

S. Ali Oum
Oum Habib

Maras de S. Tabet

Sidi Tabet

1610

18

13

10

150 - 200

200 - 400

200 - 400

200 - 250

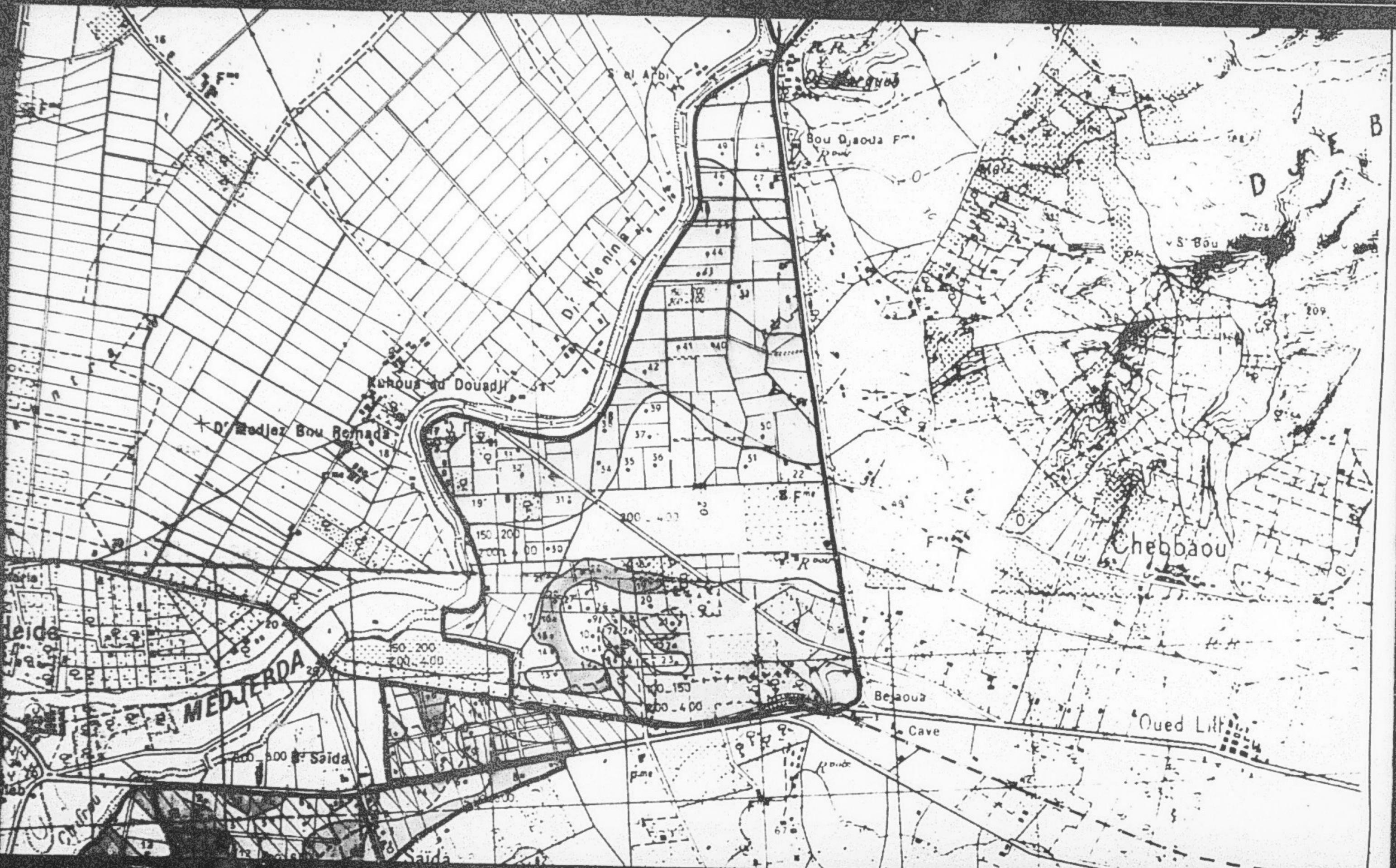
16

Caoual

Tempe

S. Tabet





MEDJERDA

Chebbaou

Beaoua

D' Medjer Bou Bernada

Kahoua ad Douadj

D' Henina

Bou Ousoua Fm

Saïda

Saïda

Oued Litt

Cave

100 200

100 150
200 400

150 200
200 400

500 500

300 400

37 39

35 36

34 35

32 33

31 32

30 31

29 30

28 29

27 28

26 27

25 26

24 25

23 24

22 23

21 22

20 21

19 20

18 19

17 18

16 17

15 16

14 15

13 14

12 13

11 12

10 11

9 10

8 9

7 8

6 7

5 6

4 5

3 4

2 3

1 2

0 1

944 943

942 941

941 940

940 939

939 938

938 937

937 936

936 935

935 934

934 933

933 932

932 931

931 930

930 929

929 928

928 927

927 926

926 925

925 924

924 923

923 922

922 921

921 920

920 919

919 918

918 917

917 916

916 915

915 914

914 913

913 912

912 911

911 910

910 909

909 908

908 907

907 906

906 905

905 904

904 903

903 902

902 901

901 900

900 899

899 898

898 897

897 896

896 895

895 894

894 893

893 892

892 891

891 890

890 889

889 888

888 887

887 886

886 885

885 884

884 883

883 882

882 881

881 880

880 879

879 878

878 877

877 876

876 875

875 874

874 873

873 872

872 871

871 870

870 869

869 868

868 867

867 866

866 865

865 864

864 863

863 862

862 861

861 860

860 859

859 858

858 857

857 856

856 855

855 854

854 853

853 852

852 851

851 850

850 849

849 848

848 847

847 846

846 845

845 844

844 843

843 842

842 841

841 840

840 839

839 838

838 837

837 836

836 835

835 834

834 833

833 832

832 831

831 830

830 829

829 828

828 827

827 826

826 825

825 824

824 823

823 822

822 821

821 820

820 819

819 818

818 817

817 816

816 815

815 814

814 813

813 812

812 811

811 810

810 809

809 808

808 807

807 806

806 805

805 804

804 803

803 802

802 801

801 800

800 799

799 798

798 797

797 796

796 795

795 794

794 793

793 792

792 791

791 790

790 789

789 788

788 787

787 786

786 785

785 784

784 783

783 782

782 781

781 780

780 779

779 778

778 777

777 776

776 775

775 774

774 773

773 772

772 771

771 770

770 769

769 768

768 767

767 766

766 765

765 764

764 763

763 762

762 761

761 760

760 759

759 758

758 757

757 756

756 755

755 754

754 753

753 752

752 751

751 750

750 749

749 748

748 747

747 746

746 745

745 744

744 743

743 742

742 741

741 740

740 739

739 738

738 737

737 736

736 735

735 734

734 733

733 732

732 731

731 730

730 729

729 728

728 727

727 726

726 725

725 724

724 723

723 722

722 721

721 720

720 719

719 718

718 717

717 716

716 715

715 714

714 713

713 712

712 711

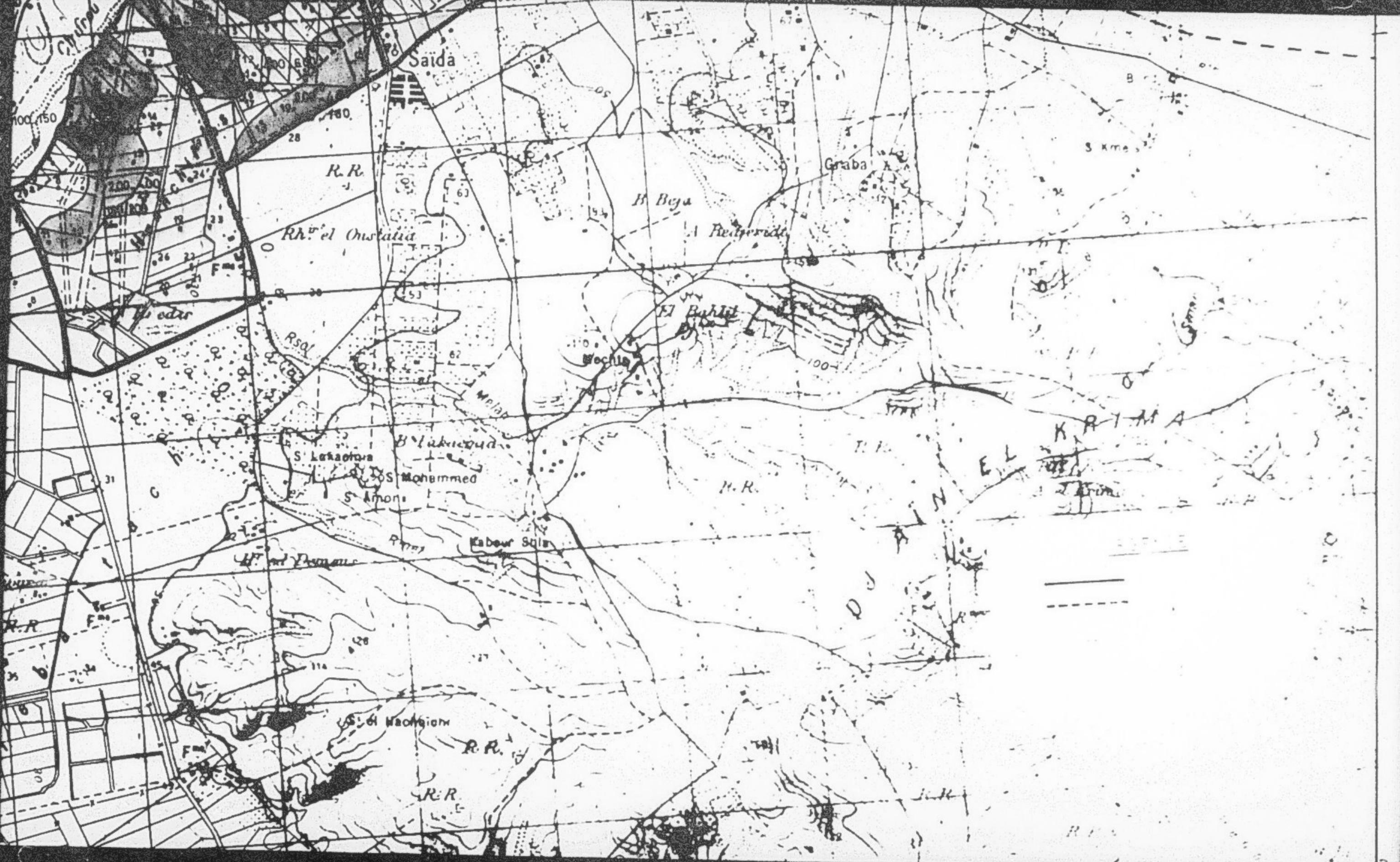
711 710

710 709

709 708

708 707

707 706



Suda

Graba

Rh. el Oustalia

H. Beja

El Redwidi

El Bahat

Wochla

S. Lakaofara

S. Mohammed

S. Anoni

Kabaw Sidi

S. el Maqgiam

R.R.

R.R.

R.R.

R.R.

K R I M A
E L
K R I M A



S' Bel Kassam

S' el Bahci

S' Cyprien

S' Amara

S' Ali el Hattab

Arg' Recheda

Chafrou

Lalla Kouka

S' Brada

Brada

la Monnaghia

Oued

Aoudja

Argoub et Tourki

Rh' el Quba

H' Boualit

B. Achour

Aérodrome

.76

.75

.69

.35

.29

.34

.32

.35

.35

.39

.38

.38

S' Riha

Damous el Lay

S A E K

FIN

63

VUES