

RÉSULTATS D'UN ESSAI D'IRRIGATION À L'EAU SALÉE EN TUNISIE

J. P. COINTEPAS ¹

PRINCIPE

Les ressources hydroagricoles de la Tunisie se caractérisent par la rareté et une salure généralement élevée des eaux d'irrigation. Les utilisateurs se trouvent donc pris entre deux impératifs contradictoires: limiter les doses d'irrigation à une valeur économiquement rentable et augmenter les doses d'irrigation pour lessiver les sels solubles accumulés dans le sol.

L'expérience décrite ici et réalisée pour le compte du Secrétariat d'État à l'Agriculture de Tunisie, a pour but d'étudier les besoins en eau de quelques cultures et l'évolution de la salure du sol au cours de l'irrigation. Dans la présente note nous n'évoquerons que le problème de la salure du sol.

MILIEU NATUREL

Le climat de Tunis où se situe l'essai est de type méditerranéen semi-aride. La température moyenne annuelle est de 18,3°C. Le pluviométrique moyen annuel est de 415 mm, l'évapotranspiration potentielle (ETP) est de 1 410 mm. Les maximums de pluviométrie se situent en Décembre (72 mm) et Janvier (67 mm), le maximum de l'ETP en Juillet avec 220 mm. La parcelle expérimentale est située sur un sol peu évolué, profond sur alluvions limono-argileuses (30 à 40% d'argile, 40% de limon), très calcaires (40% dont 12% de calcaire actif). Les réserves en eau utilisables jusqu'à 2 m sont estimées à 400 mm. La nappe phréatique est profonde: 8 m.

On irrigue soit avec l'eau de la ville (0,2 g/l) soit avec l'eau de la nappe phréatique qui titre 2,68 g/l dont 1,18 g/l de chlore avec un SAR de 5.

¹ Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre Mer, FRANCE.

O. R. S. I. O. M. 793

21 OCT. 1968

Collection de Référence

n° /2431ex/

DÉROULEMENT DE L'ESSAI

L'évapotranspiration potentielle étant considérée comme la valeur maximale des besoins en eau d'un couvert végétal continu, les doses d'irrigation sont calculées à partir de l'évapotranspiration potentielle (ETP) mesurée à l'aide d'évapotranspiromètres type Thornthwaite. On restitue au sol soit l'ETP, soit l'ETP diminuée chaque jour d'une valeur constante (1, 2, 4, 6 mm/j). La plante est amenée ainsi à utiliser les réserves d'eau du sol. Cette contribution du sol à l'alimentation en eau des plantes entraîne à la fois le dessèchement de ce sol et l'augmentation de sa salure. D'où une augmentation du potentiel de l'eau qui se traduit pour les plantes par une diminution de leur évapotranspiration réelle et corrélativement de leur rendement. Outre l'effet sur la pression osmotique des solutions du sol, le sel peut également agir par sa toxicité.

La parcelle d'essai comporte trois cultures :

— des oliviers, variété Chétoui, plantés en Octobre 1955 à 6×6 m, auxquels on applique trois doses :

— une dose forte égale à ETP soit 8 000 à 9 000 m³/ha/an,

— une dose moyenne : ETP- 2,5 mm/jour soit 3 000 à 4 000 m³/ha/an,

— une dose réduite : ETP — 5 mm/jour (1 500 m³/ha/an),

— des orangers, variété Maltaise demi sanguine et Valencia Late, plantés en 1956 à 4×4 m et qui reçoivent les mêmes quantités d'eau que les oliviers ;

— des cultures annuelles recevant les doses, ETP- 1 mm/j, ETP-2 mm/j, ETP — 4 mm/j, ETP — 6 mm/j.

On a pratiqué successivement des cultures de maïs, coton, blé, luzerne (fig. 1).

RÉSULTATS

1. Le sol de la parcelle d'essai avait au départ une conductivité moyenne de 1,0 mm hos/cm. On a vu la salure augmenter progressivement pour atteindre son équilibre à la fin de la deuxième campagne. Le graphique ci-contre correspond aux différentes phases de l'évolution du profil.

2. Une fois l'équilibre atteint, la répartition du sel revêt sensiblement la même forme quelque soit le traitement et correspond à la courbe de la figure 1. La salure globale est d'autant plus forte que la dose est plus importante.

3. La profondeur du maximum de salure varie avec les traitements et la nature des cultures. Pour les oliviers arrosés à la dose ETP ce maximum se situe vers 1,25 ou 1,50 m. À la dose ETP — 2 mm/j il se situe à 0,75 m. À la dose ETP — 5 mm/j il est à 0,50 m. Dans les parcelles d'orangers les profondeurs respectives sont 0,75, 0,50 et 0,50 m. Sous cultures annuelles le problème est plus complexe. En effet pour assurer un bon démarrage des semis on a été obligé d'apporter sur tous les traitements des doses d'eau uniformes égales à l'ETP. Ces doses ont eu pour effet de

faire descendre chaque année le maximum de salure qui est passé progressivement de 0,75 à 1,00 puis 1,25 m.

4. Les conductivités maximales enregistrées varient elles aussi avec les doses et la nature des cultures.

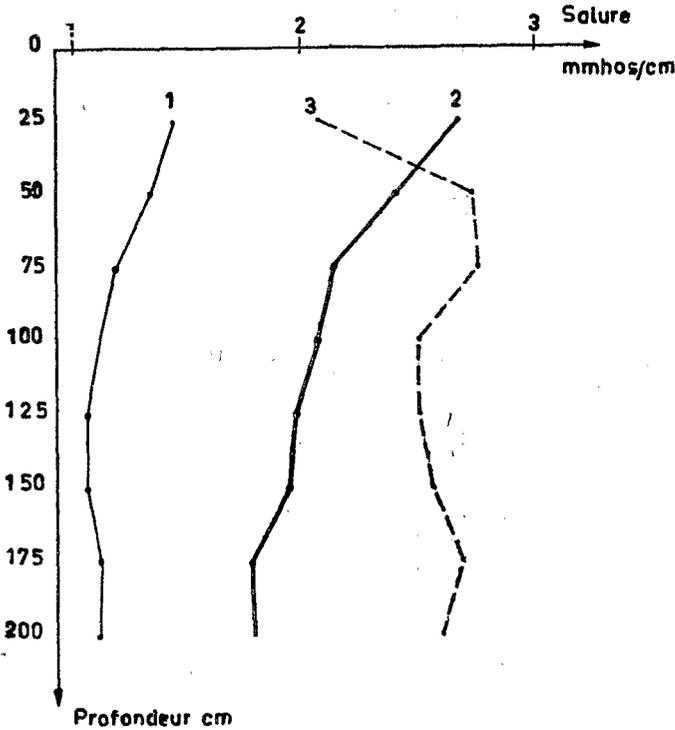


Fig. 1. Évolution de la salure en profondeur :
 1 — profil de salure au départ; 2 — profil en fin de saison;
 3 — profil à la fin de la 2-ème saison.

À la dose ETP la salure des plantes arbustives atteint 3,1 mmhos/cm. Pour les cultures annuelles on note une pointe à 5,5 mmhos/cm sous culture de coton. Mais avec les cultures suivantes la salure est retombée à 4,1—4,5 mmhos/cm.

À la dose ETP-2,5 mm/j la conductivité maximum sous oranger est de 3,7 mmhos/cm, sous olivier 4,2 à 4,5 mmhos/cm, sous cultures annuelles 4,0 à 4,8 mmhos/cm.

À la dose ETP — 5 mm/j ces valeurs sont respectivement 3,1—4,0 à 5,0—3,3 à 3,8 mmhos/cm.

Les pointes de salure les plus élevées s'observent donc dans le traitement 2 et affectent surtout les oliviers (fig. 2 b). En fait ce dernier point s'explique peut être par le mode d'irrigation. Au lieu de répartir l'eau sur toute la surface de la parcelle élémentaire comme c'est le cas pour l'oranger et les cultures annuelles, l'olivier est irrigué en cuvette dont la surface est

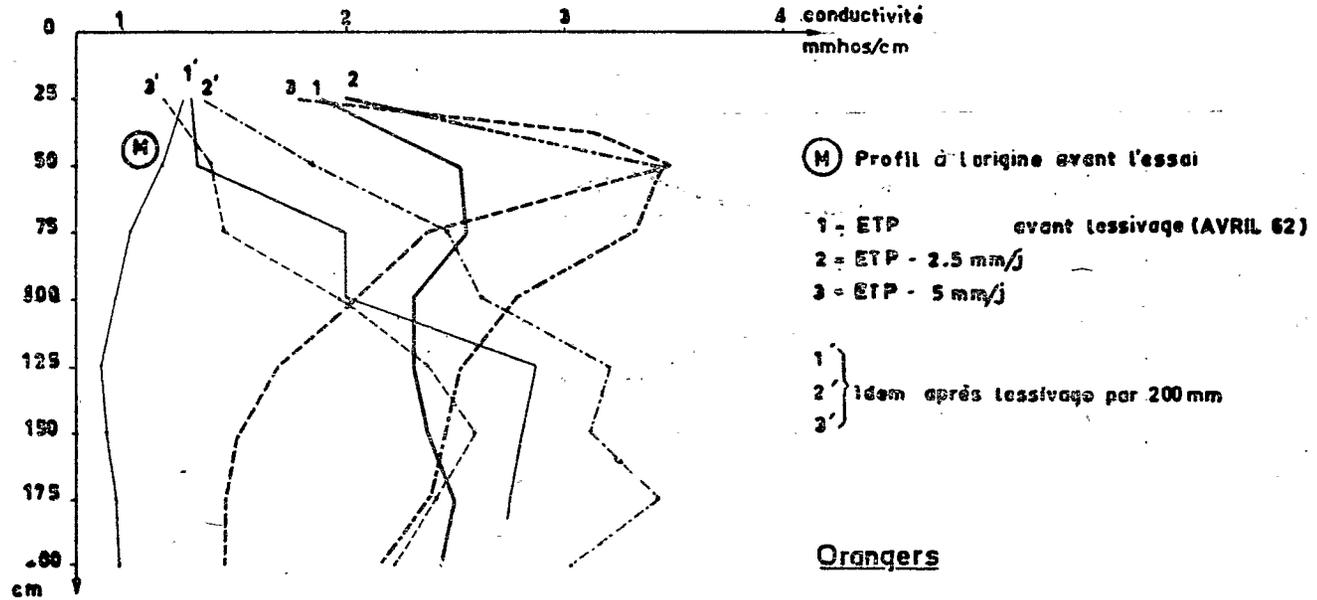


Fig. 2 a. Répartition de la salure dans un sol irrigué à l'eau salée.

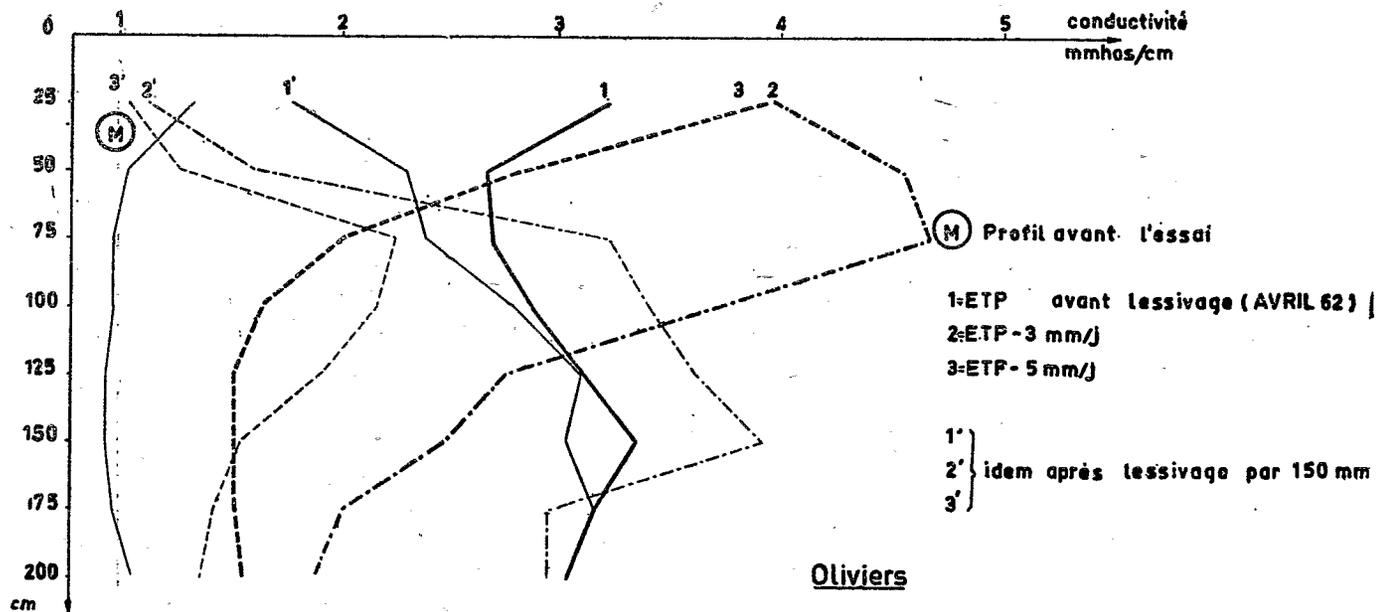


Fig. 2 b. Répartition de la salure dans un sol irrigué à l'eau salée.

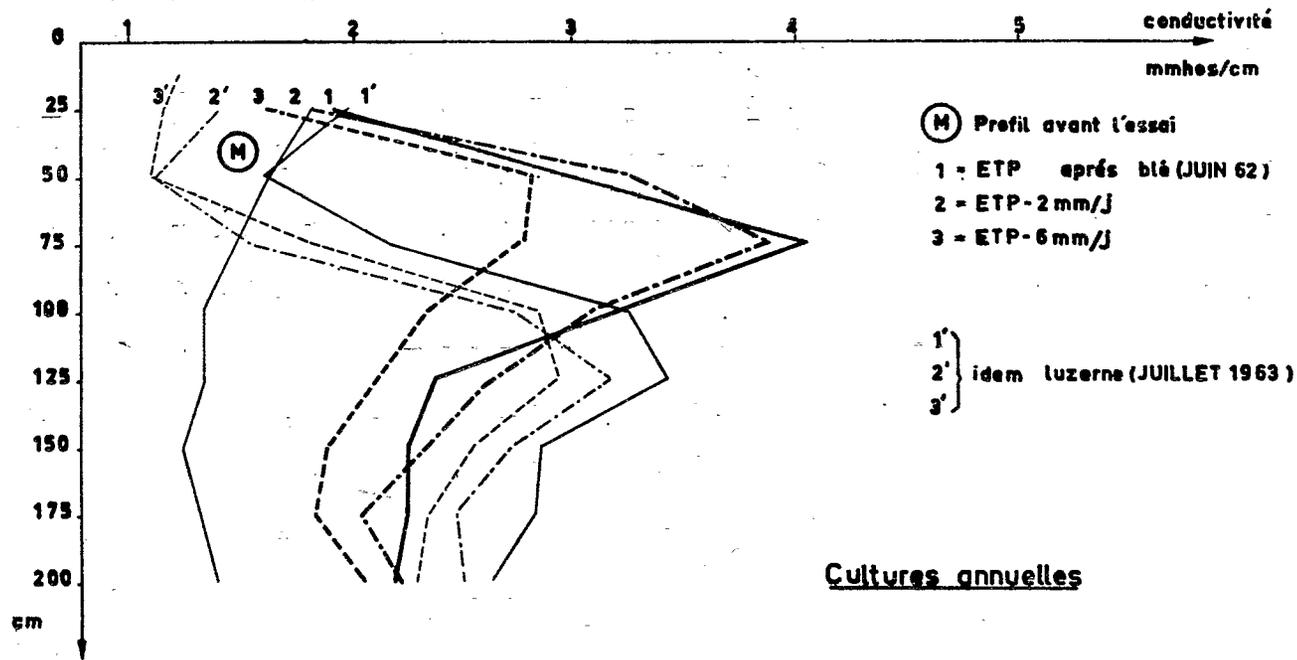


Fig. 2 c. Répartition de la salure dans un sol irrigué à l'eau salée.

le tiers d'une parcelle élémentaire. La diffusion latérale étant faible les oliviers ont donc reçu des doses plus élevées que les orangers.

Par suite de la grande plasticité de l'olivier vis-à-vis des conditions d'alimentation en eau, on peut admettre que les arbres ont entièrement utilisé les doses faibles ou moyennes ce qui explique que humidité et salure aient été stoppées aux mêmes profondeurs que dans la culture d'oranger. Seule la dose la plus forte concentrée sur une surface plus petite n'est pas entièrement consommée et entraîne les sels solubles à une profondeur un peu plus grande.

5. En raison du déficit pluviométrique des années 1961 et 1962, on a reconstitué en fin 1962 une partie des réserves en eau du sol par des irrigations massives à l'eau douce. Sous oranger un apport de 200 mm a fait descendre la pointe de salure de 50 cm environ. Sous olivier où l'apport n'a été que de 150 mm mais toujours sur une surface réduite, le maximum de salure est descendu de 75 cm.

La reprise des irrigations différentielles en 1963 a amorcé la reconstitution d'une nouvelle pointe de salure dans la zone précédemment lessivée.

6. On a essayé sans succès de dresser un bilan des sels apportés et des sels accumulés dans le sol. Les mesures sont trop imprécises pour obtenir un bilan équilibré. Par ailleurs, l'examen des profils de salure montre que à la dose ETP il y a migration de sel au delà de 2 m de profondeur. À dose d'irrigation réduite l'accroissement de salure à 2 m et au delà est plus faible mais non négligeable. Or, l'étude de la variation des réserves d'eau à cette profondeur (Damagnez et De Villele) montre que l'humidité est sensiblement constante et très inférieure à la capacité au champ. Il faut donc admettre une migration du sel en profondeur sous l'influence d'un autre gradient, un gradient thermique probablement.

7. L'irrigation à l'eau salée a amorcé un léger phénomène d'alcalisation du sol. Les parcelles d'oliviers qui sont les plus salées ont également les taux les plus élevés de sodium échangeable dans le sol. Sous oranger l'alcalisation est moins importante. Les traitements à forte dose donnent les valeurs les plus élevées :

- sous oliviers maximum 10 à 12% en surface et jusqu'à 0,75 m
minimum 8% à partir de 1,50 m;
- sous orangers maximum 10% vers 0,75 m
minimum 6% à partir de 1,50 m.

Les doses les plus faibles n'ont modifié l'alcalisation que dans l'horizon superficiel.

La courbe des variations d'alcalisation avec la profondeur se superpose au profil de salure.

Le lessivage des sels effectué en 1963-1964 a fait descendre la salure en profondeur mais n'a pas modifié l'alcalisation. Ce phénomène est donc plus lent à se produire.

CONCLUSION

1. Au bout de trois ans l'utilisation d'une eau à 2,68 g/l pour l'irrigation n'a pas provoqué une salure élevée du sol. Il se produit néanmoins une concentration plus élevée du sel dans la zone d'exploration des racines qui coïncide du reste avec la profondeur maximum de pénétration du front humide.

2. L'utilisation de l'eau salée provoque une réelle diminution de rendement pour toutes les cultures à l'exception du coton et de l'olivier qui voient leurs rendements augmenter par irrigation à l'eau salée :

- maïs : réduction de 6 à 10% non significative,
- blé : augmentation de récolte de 35% environ,
- luzerne : 11 à 12% de réduction,

Tableau 1

Doses d'irrigation et rendements obtenus par irrigation à l'eau salée

		1	2	3		
		ETP	ETP-2 mm/jour	ETP-5 mm/jour		
<i>Orangers</i>						
1960	Irrigation	805 mm	445 mm	147 mm		
	Rendements	12,1 Kg/arbre	12,6	10,4		
1961	Irrigation	945 mm	525 mm	180		
	Rendements	41,4 kg/arbre	39,7	29,5		
1962	Irrigation	805 mm	390	0		
	Rendements	11,8 kg/arbre	8,6	8,1		
1963	Irrigation	775 mm	355	140		
	Rendements	35,7 kg/arbre	37,5	33,7		
<i>Oliviers</i>						
1960	Irrigation	733 mm	367	143		
	Rendements	1,24 kg/arbre	0,97	1,50		
1961	Irrigation	860 mm	435	164		
	Rendements	57,4 kg/arbre	50,6	36,0		
1962	Irrigation	770 mm	294 mm	0		
	Rendements	saisonnement	saisonnement	saisonnement		
1963	Irrigation	850 mm	330 mm	150 mm		
	Rendements	Récolte encore sur l'arbre				
		ETP	ETP-1 mm/j	ETP-2 mm/j	ETP-4mm/j	ETP-6mm/j
Maïs 1960	Irrigation	400 mm	336	276	146	21
	Rendements	76,8qu/ha	73,1	72,2	49,3	20,7
Coton 1961	Irrigation	1.160 mm	1.071	1.014	876	747
	Rendements	25,0 qu/ha	24,8	21,4	18,2	16,0
Blé 1962	Irrigation	90 mm	40	0	0	0
	Rendements	35 qu/ha	35	35	35	35
Luzerne	Irrigation	1.245 mm	1.090	955	755	600
1962—1963	Rendements (matière sèche)	20 qu/ha	19,6	17,8	15,2	12,4

- oranger: 25 à 30% de réduction,
- coton: augmentation de 15 à 20%,
- olivier: augmentation de récolte de 23% en 1961 augmentation du rendement en huile.

Il est encore trop tôt pour déceler une interaction entre la salure et les doses d'irrigation. Pour l'instant les réductions de rendement sont les mêmes pour tous les traitements. Cependant, au simple examen des profils de salure, le traitement ETP — 2 mm/j semble le plus dangereux car il provoque une accumulation importante de sel et un début d'alcalisation dans la zone radiculaire. La salure moyenne dans les parcelles arrosées aux doses ETP — 2 mm/j est systématiquement plus élevée, alors que, au point de vue économique, cette dose semble la plus intéressante.

3. On peut opérer un lessivage des sels solubles du sol. Le lessivage par les pluies d'hiver est évidemment le meilleur procédé. Mais seules les grosses pluies provoquent une diminution sensible de salure. Ce résultat est fonction de l'état de dessiccation du sol. Plus un sol est sec, plus il se réhumecte difficilement et plus le lessivage est réduit. Lorsque la pluviométrie est insuffisante il faut lessiver à l'eau salée. Les apports massifs d'eau de lessivage augmentent la salure globale du sol mais font disparaître, la pointe de salure. Il semble plus efficace dans ces conditions d'effectuer le lessivage en période hivernale, au moment où le sol est déjà humide et où les besoins en eau des cultures sont plus faibles laissant ainsi un excédent d'eau disponible (tableau 1).

BIBLIOGRAPHIE

- COINTEPAS, J. P., ROEDERER, P., 1961, -*Premiers résultats de l'évolution de la salure du sol par irrigation à l'eau salée en Tunisie*, Ann. Agron., 12, 121—126.
- DAMAGNEZ, J., DE VILLELE, O., 1959, *Besoins en eau d'une culture d'orangers. Influence de la salure et de l'enracinement*, Ann. Inst. Nat. Rech. Agron. Tunisie, 32, 159—180.
- 1962, *Besoin en eau des oliviers. Comportement de l'olivier à l'irrigation soit à l'eau douce, soit à l'eau salée*, Ann. Inst. Nat. Rech. Agron., Tunisie (à paraître).
- DAMAGNEZ, J., RIOU, CH., DE VILLELE, O., EL AMAMI, S., 1963, -*Problèmes d'évapotranspiration potentielle en Tunisie*, Ann. Agron., 14, 543—558.
- VERNET, A., 1957, *Organisation et premiers résultats du Centre d'étude de l'eau de Tunis*, Ann. Serv. Bot. et Agr. Tunisie, 30, 73—116.

RÉSUMÉ

En Tunisie, où les ressources en eau d'irrigation sont pauvres et généralement chargées en sel, on a réalisé un essai comparatif d'irrigation à l'eau salée (2,7 g/l) et à l'eau douce sur un sol limono-argileux profond et non salé.

On a constaté en trois ans d'expérimentation que :

- la répartition du sel est assez semblable dans les différents essais. Cette répartition est caractérisée par un maximum de salure au niveau du front d'humectation.
- la salure du sol est d'autant plus importante qu'on apporte plus d'eau.
- le maximum de salure est peu important: 3 à 4 mmhos/cm.
- pour l'instant, les variations de rendement sont davantage liées à la dose d'irrigation qu'à la salure.

SUMMARY

A comparative test between brackish water irrigation (2.7 g/l) and fresh water irrigation on a deep, non-saline clay loam, was carried out in Tunisia, where the irrigation water resources are poor and usually saline.

After three years of experimentation, the following conclusions were drawn:

- salt distribution is rather similar in the various tests. The distribution is characterized by a maximum salinity at the level of the wetting front;
- the greater the water supply, the higher the soil salinity;
- the maximum salinity is of little importance: 3 to 4 mmhos/cm;
- for the time being, yield variations are related more to the irrigation dose than to salinity.

ZUSAMMENFASSUNG

In Tunesien, wo die Hilfsquellen an Bewässerungswasser dürftig und im allgemeinen salzhaltig sind, wurde ein Bewässerungs-Vergleichsversuch mit salzhaltigem Wasser (2,7 g/l) und mit Süßwasser, auf einem tiefen und nicht-salzigen schluffig-tonigen Boden durchgeführt.

Während dreier Versuchsjahre wurde folgendes festgestellt:

- die Verteilung des Salzes ist bei den verschiedenen Versuchen eine ziemlich ähnliche. Diese Verteilung ist durch ein Maximum der Salzhaltigkeit auf der Höhe der Benetzungsfrent gekennzeichnet.
- die Bodensalzigkeit ist um so bedeutender je mehr Wasser zugeführt wird.
- Das Maximum an Salzigkeit ist unbedeutend: 3 bis 4 mmhos/cm.
- derzeit stehen die Ertragsschwankungen mehr mit der Bewässerungsdosis als mit der Salzhaltigkeit im Zusammenhang.

DISCUSSION]

M. VAN DER MOLEN (Hollande): Comment expliquez-vous les différentes formes d'accumulation de sel que vous avez observées dans le sol.

J. P. COINTEPAS: Dans le traitement à dose maximum le sel est entraîné en profondeur au dessous de 2 m (profondeur limite des sondages) par suite du mouvement de l'eau en profondeur. Pour les autres traitements le mouvement de l'eau est très réduit et le sel se concentre à faible profondeur, pratiquement dans la zone explorée par les racines.

M. CADERÉ (R. P. R.): Les études concernant la salure ne tiennent pas compte de l'effet de la nappe.

J. P. COINTEPAS: Dans l'essai décrit ici la nappe étant profonde, 8 m. environ, on a pu constater au cours de l'essai qu'elle n'avait aucune action.

Il existe des zones où la nappe phréatique plus ou moins en charge peut avoir une action qui se fait sentir jusqu'à la surface. Mais ce n'est pas le cas ici.

Pedu.

8th INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE
VIII^e CONGRÈS INTERNATIONAL DE LA SCIENCE DU SOL
VIII. INTERNATIONALER BODENKUNDLICHER KONGRESS

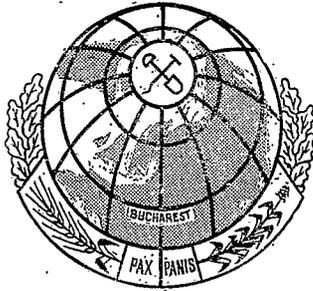
BUCHAREST — ROMANIA, 1964

TRANSACTIONS
COMPTES RENDUS
BERICHTE

VOLUME II

REPRINT

comptes (J.P.)



PUBLISHING HOUSE OF THE ACADEMY
OF THE SOCIALIST REPUBLIC OF ROMANIA

B 1243.1