

LE POINT SUR...

synthèses, notes techniques et actualités

Cette rubrique est consacrée à des articles qui offrent au lecteur des mises au point, des notes techniques, des travaux de synthèse, dans le domaine de l'agronomie tropicale, s'ajoutant aux travaux originaux de recherche publiés par la revue.

Le contrôle de la salinité à l'aide de capteurs électriques : application à un périmètre irrigué en Tunisie

II — La sonde quadripôle

J.-P. MONTOROI (1)

RÉSUMÉ — La sonde quadripôle, fabriquée au laboratoire, est testée au champ au cours d'une expérimentation menée dans la vallée alluviale de la Medjerda. Les résultats montrent que cet instrument est sensible aux variations de la salinité et permet de distinguer les différents mécanismes régissant la mobilisation des sels (concentration, dissolution...). Un étalonnage préalable est nécessaire pour caler la sonde sur les autres méthodes de mesure de la salinité. Son coût modique est un atout supplémentaire pour développer son emploi. L'information acquise est comparée à celle obtenue à l'aide d'un autre capteur, le capteur électrique de salure. Lorsque le sol est proche de la saturation, il existe une relation étroite entre les mesures enregistrées par ces deux instruments de mesure.

Mots clés : salinité, capteur électrique de salure, irrigation, conductivité électrique, résistivité, Tunisie.

Les centres de recherche sur les sols salés, comme ceux de Riverside (Etats-Unis) ou de Bet-Dagan (Israël), ont largement diffusé la méthode des sondages électriques permettant de déterminer la salure des sols.

(1) ORSTOM, BP 1386, Dakar-Hann, Sénégal.

Adresse actuelle : ORSTOM, 72 route d'Aulnay, 93143 Bondy Cedex, France.

Utilisée en géologie pour les recherches d'eau souterraine, cette technique a été adaptée aux formations superficielles. Elle consiste à mesurer la résistivité apparente du sol soit à partir de la surface — dispositif Wenner (RHOADES et INGVALSON, 1971) — soit directement dans le sol — sonde quadripôle (RHOADES et VAN SCHILFGAARDE, 1976 ; RHOADES, 1979). Le premier mode d'investigation a fait l'objet de travaux dans les oasis du Sud tunisien (VIEILLEFON et ZANTE, 1981). Le présent article se propose de tester la sonde quadripôle sur un sol argileux de la région de Tunis.

Matériel et méthode

Le site d'étude et le dispositif expérimental ont été décrits dans le précédent article.

Les sondes quadripôles sont situées obliquement, à 15, 30, 45, 60, 120 et 180 cm. Les mesures sont effectuées durant la saison pluvieuse et au cours des irrigations estivales.

Les sondes quadripôles utilisées (figure 1) ont été fabriquées au laboratoire de la direction des ressources en eau et en sols (Tunis-Ariana) sur le modèle de RHOADES (1979), dérivé du modèle commercial décrit par RHOADES et VAN SCHILFGAARDE (1976).

Après avoir été introduit dans le sol à la profondeur désirée, le capteur est branché sur un générateur-résistivimètre de type Megger qui envoie, par l'intermédiaire des deux électrodes externes, un courant continu d'intensité I . Le champ électrique ainsi créé au voisinage de la sonde est enregistré par la différence de potentiel U entre les deux électrodes internes. Le rapport U/I , équivalent à une résistance (loi d'Ohm), est alors mesuré par l'appareil.

Cette résistance apparente R (ohms) de la zone explorée par le courant doit être ensuite convertie en conductivité électrique apparente CEa ($mS\ cm^{-1}$), en prenant en compte la constante de cellule K (cm^{-1}) de la sonde. A une température du sol donnée t ($^{\circ}C$), on a :

$$CEa(t) = \frac{K}{R(t)}$$

Par souci de cohérence avec des travaux antérieurs (VIEILLEFON *et al.*, 1983 ; EL OUMRI et VIEILLEFON, 1983), on adoptera la terminologie « conductivité électrique globale », CEG, plus représentative que CEa .

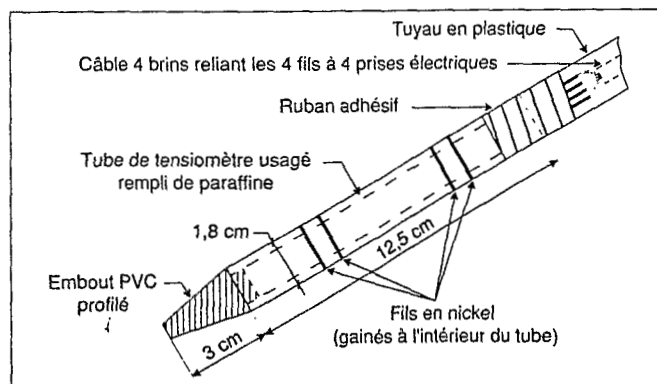


Figure 1. La sonde quadripôle.

Tableau I. Valeurs moyennes de K (cm^{-1}) obtenues pour la station ST0, en fonction de la profondeur. (D'après MECHERGUI, 1980.)

Profondeur (cm)	ST0
10	137,2
25	131,6
50	134
80	142,7
120	128,9
160	130,3

Pour comparer toutes les mesures de sondes quadripôles, réalisées au cours de l'année à des températures du sol variables, on les ramène à la température conventionnelle de $25\ ^{\circ}C$. Ces températures sont évaluées à l'aide des capteurs électriques de salure soit directement, lorsque les deux types de capteurs sont situés à la même cote, soit par interpolation entre deux valeurs encadrant une mesure de sonde quadripôle. Cela détermine un facteur de correction $F(t)$ indiqué dans une table (US Salinity Laboratory Staff, 1954). On obtient :

$$CEG(25\ ^{\circ}C) = CEG(t) \times F(t) = \frac{K}{R(t)} \times F(t)$$

La constante K , caractéristique de la sonde considérée, est déterminée empiriquement au laboratoire par immersion dans plusieurs solutions de conductivité électrique connue puis mesure des résistances R de ces solutions. Celles-ci n'étant pas toujours à la température de $25\ ^{\circ}C$, il y a lieu de corriger la valeur de R à l'aide du facteur $F(t)$. On obtient l'expression :

$$K = CE(25\ ^{\circ}C) \times R(25\ ^{\circ}C) = CE(25\ ^{\circ}C) \times \frac{R(t)}{F(t)}$$

Les résultats (valeurs moyennes de K) obtenus pour les sondes utilisées ont été rassemblés dans les tableaux I et II.

Tableau II. Valeurs moyennes de K (cm^{-1}) obtenues pour les stations ST1, ST2 et ST3, en fonction de la profondeur.

Profondeur (cm)	ST1	ST2	ST3
15	129,9	127,2	132,5
30	132,0	132,7	135,1
45	126,7	136,9	131,2
60	137,0	141,6	136,9
120	133,9	140,3	134,2
180	137,6	127,6	130,3

Résultats expérimentaux

L'évolution de la CEG (figure 2) montre que les horizons de surface subissent nettement l'influence des pluies et des irrigations. Les pics de variation correspondent à la solubilisation des sels précipités. Dès que le sol se dessèche, les variations sont beaucoup moins accentuées car la remontée des sels depuis la nappe et leur précipitation progressive sont plus lentes. Les sondes placées dans la nappe n'enregistrent pas de différences significatives.

Signification de la mesure de la CEG

La mesure de la résistivité d'un sol, qui s'inspire des techniques de prospection géophysique et de laquelle on déduit la conductivité électrique apparente ou globale, a fait l'objet de nombreux travaux depuis plus d'une quinzaine d'années. L'objectif principal est d'établir une relation satisfaisante entre la conductivité électrique globale (CEG) et la conductivité électrique de la solution du sol (CEes), pour laquelle on se réfère à l'extrait de pâte saturée (US Salinity Laboratory Staff, 1954). Peu d'articles font intervenir des mesures *in situ* de la conductivité électrique de la solution du sol, sans doute à cause de certaines limites dans l'emploi des appareils.

Les méthodes utilisées pour évaluer la résistivité d'un sol sont assez variées et procèdent de la technique du quadripôle. On l'emploie sur le terrain soit selon un dispositif en ligne (configuration Wenner), soit à l'aide d'une sonde mobile (RHOADES et VAN SCHILFGAARDE, 1976) ou fixe, de fabrication plus artisanale (RHOADES, 1979). Au laboratoire, des échantillons prélevés dans de petits cylindres sont dotés d'un dispositif multiélectrodes, soit sur le pourtour (GUPTA et HANKS, 1972), soit sur le sommet (RHOADES *et al.*, 1977).

Les différentes méthodes sont fondées sur le même principe : une différence de potentiel appliquée entre deux électrodes externes induit un courant entre les deux électrodes internes. Ce courant est fonction de l'aptitude qu'offre le matériau à la conductivité.

L'étude comparée des méthodes de terrain menée par NADLER et DASBERG (1980) montre que, pour des humidités proches de la capacité au champ, la sonde quadripôle permet une bonne estimation de la salinité d'un sol. En revanche, à des teneurs en eau plus faibles, le système Wenner reste encore opérationnel, dans la mesure où le sol ne présente pas de fortes hétérogénéités. Une technique au champ, faisant appel à l'induction électromagnétique, a été récemment développée dans les études de DE JONG *et al.* (1979), ainsi que celles de RHOADES et CORWIN (1981, 1982).

Les travaux de GUPTA et HANKS (1972) ont montré la dépendance de la CEG vis-à-vis de la teneur en eau, selon une relation de la forme :

$$\frac{CEG}{CEes} = a \times \theta + b$$

où :

– θ = humidité volumique ;

– CEG = conductivité électrique globale ;

– CEes = conductivité électrique de l'extrait de saturation.

Cette relation correspond à des conditions expérimentales bien précises.

RHOADES *et al.* (1976) ont ensuite développé un modèle théorique qui assimile la phase liquide et la surface d'échange cationique des particules argileuses (phase solide) à deux conducteurs placés en parallèle. La CEG s'exprime alors comme étant la somme d'une conductivité apparente liée aux ions libres présents dans la solution qui circule au sein du système poreux (CE1) et d'une conductivité apparente de surface liée aux ions échangeables à l'interface liquide-solide (CEs) : $CEG = CE1 + CEs$.

En admettant que la conductivité électrique de la phase liquide dépende de la conductivité électrique de l'eau (CEes), de son humidité volumique θ , ainsi que de sa distribution dans le système de pores, la relation s'écrit alors :

$$CEG = CEes \times \theta \times T + CEs \quad (1)$$

où T est un coefficient de transmission qui tient compte de la géométrie des pores et de la perte de mobilité des ions au voisinage des interfaces liquide-solide et liquide-gaz.

RHOADES *et al.* (1976) démontrent que T dépend linéairement de l'humidité volumique :

$$T = a \times \theta + b$$

où a et b sont des coefficients empiriques.

En déterminant les paramètres a, b et CEs, les auteurs établissent une série de droites CEG/CEes à différentes teneurs en eau, constituant ainsi une méthode d'étalonnage.

Cette théorie suppose que le paramètre CEs soit constant. Or, SHAINBERG *et al.* (1980) montrent que, pour des conductivités électriques inférieures à 4 mS cm^{-1} , la relation CEG/CEes devient non linéaire, et ce d'autant plus que la teneur en argile est élevée (NADLER et FRENKEL, 1980). La contribution

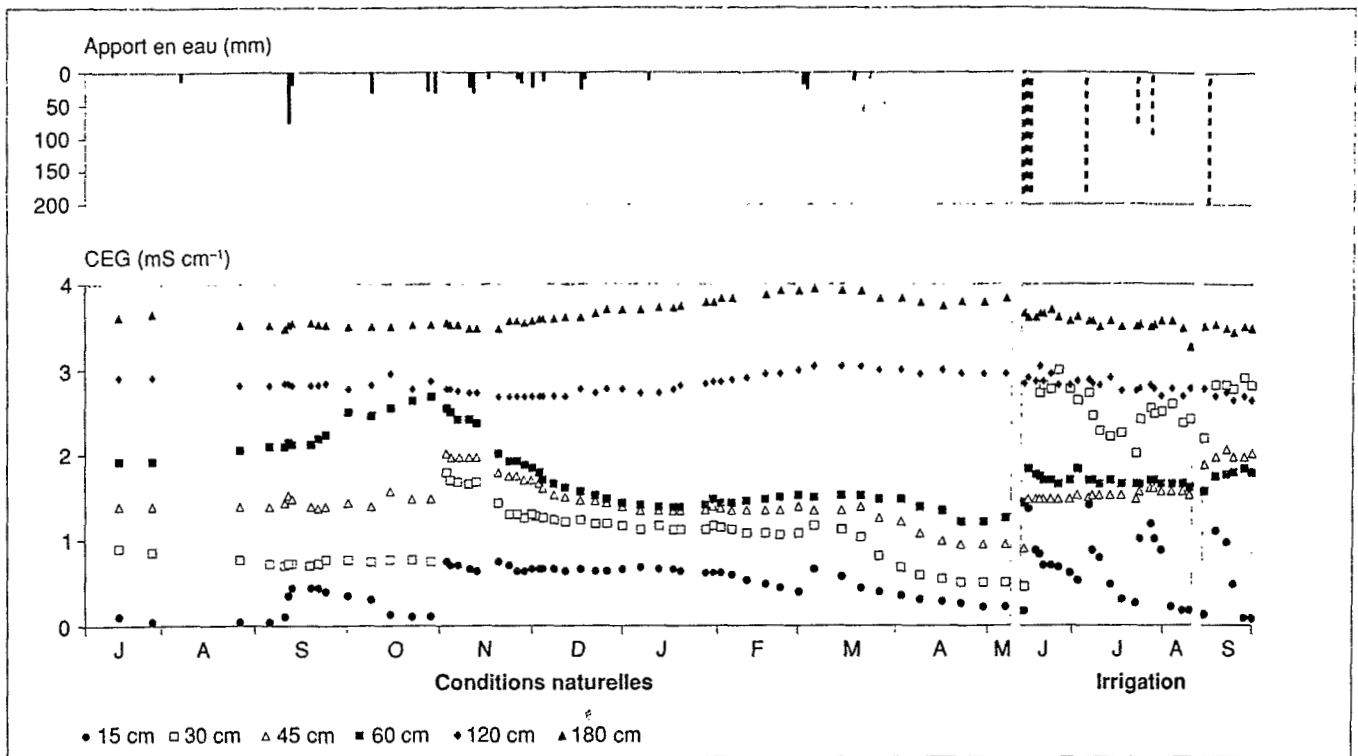


Figure 2. Evolution de la conductivité électrique globale (CEG) à différentes profondeurs sur la station ST3, en conditions naturelles et avec irrigation.

du terme conductivité de surface (CEs), qui n'est plus constante, devient de plus en plus prépondérante au fur et à mesure que la conductivité électrique de la solution du sol diminue.

NADLER et FRENKEL (1980) introduisent dans la relation 1, à la place de $\theta \times T$, un facteur F qui évalue la tortuosité d'un milieu poreux. La CEG s'écrit alors :

$$CEG = \frac{CEes}{F} + CEs$$

Pour que cette équation soit valable dans une large gamme d'humidité, ils suggèrent une équation modifiée :

$$CEG = \frac{CEes}{F} \times \frac{\theta}{\theta_{sat}} + CEs$$

Le facteur F, dépendant de l'humidité volumique, est lié au potentiel de succion par une relation de la forme :

$$h(\theta) = a \times F(\theta)$$

où a est un coefficient de proportionnalité (NADLER, 1982).

Comparaison avec la méthode du capteur électrique de salure

L'évolution en fonction du temps de la conductivité électrique globale (CEG) et de la conductivité électrique de la solution du sol (CEs), mesurée par le capteur électrique de salure (MONTOROI, 1992), est assez similaire. Elle montre les points suivants :

- le phénomène de la salinisation à partir de la nappe phréatique est mieux perçu avec les mesures des sondes quadripôles. Cela a également été observé en laboratoire par VIEILLEFON *et al.* (1983) ;
- les variations de la CEG suivent étroitement celles de la teneur en eau, surtout lorsque s'amorce une période de dessèchement (figure 3). Cette relation est en fait peu influencée par les périodes de dessiccation et d'humectation (BOTTRAUD et RHOADES, 1985b). Il en résulte une certaine distorsion avec les résultats des capteurs électriques, qui mettent alors en évidence une remontée des sels ;
- la sonde quadripôle semble être beaucoup plus sensible aux variations de la salinité du sol, ce qui entraîne un léger décalage par rapport à la réponse du capteur électrique. Ces distorsions ont été observées dans les cas d'augmentation (dissolution des sels ou salinisation par la nappe) ou de diminution (lixiviation des sels) de la salinité.

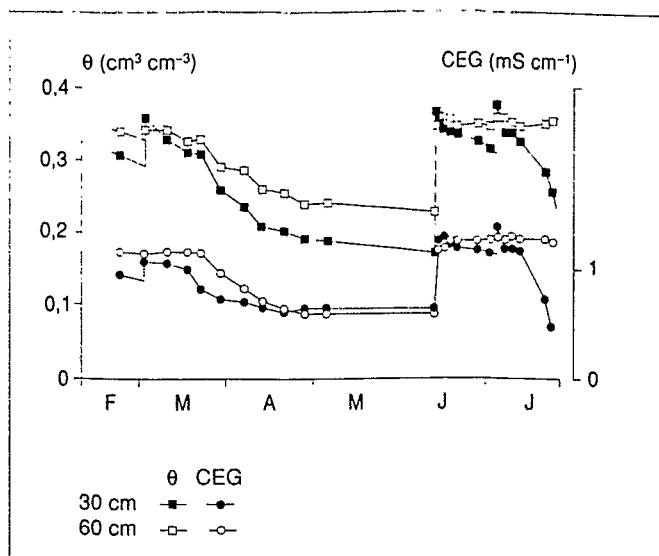


Figure 3. Evolution simultanée de l'humidité volumique et de la conductivité électrique globale sur la station ST2, en conditions naturelles, en 1983.

Relation expérimentale CE_{ss}/CEG

On établit une relation satisfaisante lorsque la teneur en eau du sol est relativement constante. C'est le cas au voisinage de la nappe phréatique et après plusieurs apports réguliers. On obtient, par exemple à 60 cm sur la station ST3, la relation linéaire suivante :

$$CE_{ss} = 3,07 \times CEG - 1,43 \quad (2)$$

avec un coefficient de corrélation $r = 0,977$ (figure 4) et un écart-type résiduel de 0,136.

Cette relation est voisine de celle établie par HALVORSON *et al.* (1977) pour une famille de sol présentant des caractéristiques similaires :

$$CE_{es} = 3,48 \times CEG - 1,07$$

où CE_{es} représente la conductivité électrique de l'extrait de saturation.

D'autres travaux, menés sur des sols argileux de Tunis, ont également permis la détermination de relations du même type :

– sur un sol situé à proximité du site d'El Habibia, avec $CE_{es} = 2,15 \times CEG - 1,30$ (EI OUMRI et VIEILLEFON, 1983) ;

– sur un monolithe de sol de la basse vallée de la Medjerda (site de Cherfech), avec $CEG = 0,41 \times CE_{ss} + 1,72$ à la cote 10 cm ; ou encore $CE_{ss} = 2,46 \times CEG - 4,23$ (VIEILLEFON *et al.*, 1983).

Toutes ces droites CE_{ss} ou CE_{es}/CEG, relatives à des sols argileux, possèdent une pente comprise entre 2 et 3,5. Celle-ci est, en outre, fortement liée à la texture

du sol : elle est d'autant plus élevée que le sol est plus sableux (HALVORSON *et al.*, 1977 ; EL OUMRI et VIEILLEFON, 1983).

Le fait de considérer dans cette relation, soit la conductivité électrique de la solution du sol — CE_{ss} mesurée *in situ* à l'aide de capteurs électriques —, soit la conductivité électrique de l'extrait de saturation — CE_{es} mesurée au laboratoire —, ne signifie pas tout à fait la même chose dans la mesure où des sels peu solubles, comme le gypse, ayant précipité dans le sol, peuvent être mis en solution lors de la préparation de la pâte saturée (NADLER, 1981).

Estimation de la relation CE_{es}/CEG

RHOADES (1981) propose une méthode d'évaluation des coefficients de la relation CE_{es}/CEG à partir de certaines caractéristiques du sol. Ainsi, la pente se trouve être fortement corrélée avec le pourcentage de saturation ou l'humidité à la capacité de rétention. L'ordonnée à l'origine se calcule en multipliant la pente par la valeur de la conductivité électrique de surface (CE_s), égale à l'ordonnée à l'origine de la relation inverse CEG/CE_{es}. Une relation linéaire lie ce paramètre CE_s au taux d'argile dans le sol. En se référant aux droites de corrélation établies par l'auteur, pour ST3, à 60 cm, avec un taux de saturation de 55 % et 30 % d'argile, on déduit la relation suivante :

$$CE_{es} = 2,54 \times CEG - 1,82 \quad (3)$$

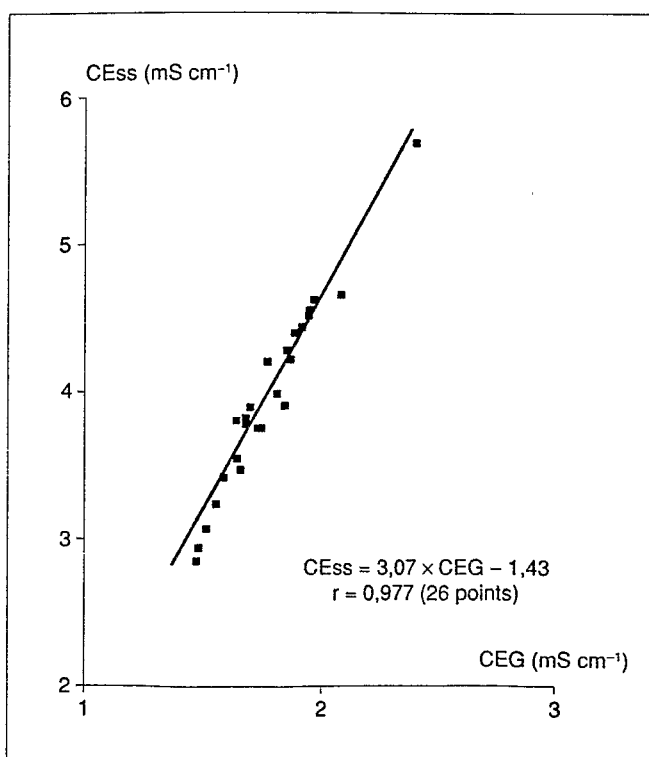


Figure 4. Relation entre la conductivité électrique de la solution du sol (CE_{ss}) et la conductivité électrique globale (CEG) sur la station ST3, à 60 cm.

Cette relation est assez voisine de celle que l'on a obtenue avec les mesures directes de la salinité (équation 2). La méthode peut se révéler très utile, lors d'un diagnostic de la salinité à l'aide de la technique du quadripôle sur un sol pour lequel on ne dispose pas d'étalonnage CEes/CEG.

Estimation de la CEs

Pour des teneurs en sels suffisantes — supérieures à 4 mS cm^{-1} —, la relation CEG/CEes est linéaire et permet une estimation de la conductivité de surface (CEs). L'équation 2 inversée donne ainsi une valeur de $0,46 \text{ mS cm}^{-1}$ qui est proche de celle calculée par RHOADES *et al.* (1976) sur un sol ayant une teneur en argile équivalente.

L'estimation de ce paramètre à partir des relations empiriques proposées par RHOADES en 1981 est de $0,7 \text{ mS cm}^{-1}$. Des considérations plus théoriques permettent le calcul de la CEes lorsque la relation n'est plus linéaire (NADLER et FRENKEL, 1980).

Conclusion

L'étude des variations de la conductivité électrique au cours du temps met bien en évidence les processus de dissolution, de précipitation et de lessivage des sels au niveau des profils observés. Le sol étant très peu salé, l'amplitude de variation est généralement peu importante. Seule la présence d'une nappe phréatique salée à faible profondeur engendre, au cours de longues périodes de sécheresse, de forts accroissements.

Pour pallier ce phénomène de salinisation par remontée capillaire de la nappe, il est absolument impératif de procéder à une irrigation systématique, le rythme pouvant être d'environ une quinzaine de jours. Des apports d'eau successifs entraînent également une resalinité du sol, processus qui demeure cependant moins intense : l'eau d'irrigation est peu salée, si on la compare à celle de la nappe. Les pluies hivernales évacuent ensuite une partie des sels.

La sonde quadripôle, d'un coût peu élevé, peut être utilisée au champ de manière fixe ou mobile. C'est un outil intéressant de diagnostic ou de contrôle de la salure des sols irrigués. Il nécessite cependant un étalonnage préalable par rapport à une méthode de mesure de la conductivité électrique de la solution du sol, soit directe (par exemple à l'aide du capteur électrique de salure), soit indirecte (extrait de saturation). Cet étalonnage doit être effectué à des teneurs en eau relativement constantes.

Pour des sols présentant une forte alcalinisation, les travaux récents de BOTTRAUD et RHOADES (1985a) montrent que le diagnostic de leur degré de salinisation n'est pas entaché d'erreurs significatives.

En mode fixe, la sonde quadripôle permet de connaître la répartition verticale des sels dans le sol, de suivre leur évolution temporelle et de détecter leur migration. En mode mobile, des sondages réguliers sur une aire donnée expriment la répartition spatiale de la salinité à différentes profondeurs. Si l'on souhaite seulement acquérir une information globale de la salinité d'un sol en un lieu donné, on choisira plutôt la méthode du conductivimètre électro-magnétique. De répétition facile, elle offre la possibilité d'une cartographie de l'information spatialisée (CAMERON *et al.*, 1981 ; JOB *et al.*, 1987).

Reçu le 11 juin 1991.

Accepté le 20 juin 1991.

Références bibliographiques

- BOTTRAUD J.-C., RHOADES J.D., 1985a. Effect of exchangeable sodium on soil electrical conductivity-salinity calibrations. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 49 (5) : 1110-1113.
- BOTTRAUD J.C., RHOADES J.D., 1985b. Referencing water content effects on soil electrical conductivity-salinity calibrations. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 49 (6) : 1579-1581.
- CAMERON D.R., DE JONG E., READ D.W.L., OOSTERVELD M., 1981. Mapping salinity using resistivity and electromagnetic techniques. *Can. J. Soil Sci.*, 61 : 67-78.
- CORWIN D.L., RHOADES J.D., 1982. An improved technique for determining soil electrical conductivity- depth relations from above-ground electromagnetic measurements. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 46 (3) : 517-520.

- DE JONG E., BALLANTYNE A.K., CAMERON D.R., READ D.W.L., 1979. Measurement of apparent electrical conductivity of soils by an electromagnetic induction probe to aid salinity surveys. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 43 (4) : 810-812.
- EL OUMRI M., VIEILLEFON J., 1983. Etude expérimentale de la conductivité électrique globale des sols. Application à l'estimation de leur salinité. *Cah. ORSTOM, Sér. Pédol.*, 20 (2) : 91-108.
- GUPTA S.C., HANKS R.J., 1972. Influence of water content on electrical conductivity of the soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 36 : 855-857.
- HALVORSON A.D., RHOADES J.D., REULE C.A., 1977. Soil salinity. Four-electrode conductivity relationships for soils of the Northern Great Plains. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 41 : 966-971.
- JOB J.O., LOYER J.Y., AILOUL M., 1987. Utilisation de la conductivité électromagnétique pour la mesure directe de la salinité des sols. *Cah. ORSTOM, Sér. Pédol.*, 23 (2) : 123-131.
- MECHERGUI M., 1980. Etude dynamique de l'eau dans le sol dans les conditions naturelles par les méthodes tensiométrique et neutronique. Mémoire de fin d'études, INA, Tunis, 129 p.
- MONTORO J.-P., 1992. Le contrôle de la salinité à l'aide de capteurs électriques : application à un périmètre irrigué en Tunisie. I. Le capteur électrique de salure. *L'Agron. Trop.*, 46 (3) : 223-231.
- NADLER A., 1981. Field application of the four-electrode technique for determining soil solution conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45 (1) : 30-34.
- NADLER A., 1982. Estimating the soil water dependence of the electrical conductivity soil solution/electrical conductivity bulk soil ratio. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 46 (4) : 722-726.
- NADLER A., DASBERG S., 1980. A comparison of different methods for measuring soil salinity. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44 (4) : 725-728.
- NADLER A., FRENKEL H., 1980. Determination of soil solution electrical conductivity from bulk soil electrical conductivity measurements by the four-electrode method. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44 (6) : 1216-1221.
- RHOADES J.D., 1979. Inexpensive four-electrode probe for monitoring soil salinity. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 43 (4) : 817-818.
- RHOADES J.D., 1981. Predicting bulk soil electrical conductivity versus saturation paste extract electrical conductivity calibrations from soil properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45 (1) : 42-44.
- RHOADES J.D., CORWIN D.L., 1981. Determining soil electrical conductivity-depth relations using an inductive electromagnetic soil conductivity meter. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 45 (2) : 255-260.
- RHOADES J.D., INGVALSON R.D., 1971. Determining salinity in field soils with soil resistance measurements. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 35 : 54-60.
- RHOADES J.D., KADDAH M.T., HALVORSON A.D., PRATHER R.J., 1977. Establishing soil electrical conductivity-salinity calibrations using four-electrode cells containing undisturbed soil cores. *Soil Sci.*, 123 (3) : 137-141.
- RHOADES J.D., RAATS P.A.C., PRATHER R.J., 1976. Effects of liquid-phase electrical conductivity, water content, and surface conductivity on bulk soil electrical conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 40 : 651-655.
- RHOADES J.D., VAN SCHILFGAARDE J., 1976. An electrical conductivity probe for determining soil salinity. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 40 : 647-651.
- SHAINBERG I., RHOADES J.D., PRATHER R.J., 1980. Effect of exchangeable sodium percentage, cation exchange capacity, and soil solution concentration on soil electrical conductivity. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44 : 469-473.
- US SALINITY LABORATORY STAFF, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *USDA Handbook*, n° 60, Washington, USDA, 160 p.
- VIEILLEFON J., ZANTE P., 1981. Etude du régime hydrique et de la salure en périmètre irrigué sur sol gypseux salé. Tunis, DRES-ORSTOM, 101 p. (Etudes spéciales, n° 190.)
- VIEILLEFON J., VALLES V., VALLES A.-M., 1983. Etude méthodologique des transferts d'eau et de sels dans un monolithe de sol argileux. Troisième partie : Suivi de la salure par capteurs et caractérisation chimique des solutés. Tunis, DRES-ORSTOM, 70 p. (Etudes spéciales, n° 203.)

Summary

J.-P. MONTOROI – Salinity control by means of electric sensors: application to an irrigation scheme in Tunisia. II – The quadripole sensor.

The four-electrode probe, made in the laboratory, was tested in the field in a trial conducted in the alluvial Mejerdah valley. Results show that this instrument is sensible to salinity variations and makes it possible to distinguish the different mechanisms governing salt mobilization (concentration, dissolution...). The device must be preliminarily calibrated to adjust it on the other determinations of salinity. Its modest cost is an additional advantage for a systematic use. Information recorded are compared with those obtained using another device, the salinity sensor. When the soil is near saturation, there is a close relationship between the measurements recorded by the two measuring instruments.

Key words: salinity, salinity sensor, soil, irrigation, electrical conductivity, resistivity, Mejerdah, Tunisia.

Resumen

J.-P. MONTOROI – Control de la salinidad con captadores eléctricos : aplicación a un perímetro de regadío en Túnez. II – La sonda cuadripolar.

Se ha probado en el campo la sonda cuadripolar, fabricada en laboratorio, con motivo de una experimentación realizada en una parcela del valle aluvial del Mejerdah. Los resultados demuestran que el instrumento es sensible a las diferencias de salinidad y que permite distinguir los distintos mecanismos que rigen la movilización de las sales (concentración, disolución...). Es preciso hacer un contraste previo para fijar la sonda en las otras determinaciones de salinidad. Su costo módico representa una ventaja adicional para una utilización sistemática. Se comparan los datos obtenidos con los datos suministrados por otro captador denominado captador eléctrico de salinidad. Cuando el suelo se halla cerca de la saturación, existe una estrecha relación entre los valores registrados por ambos aparatos de medición.

Palabras-clave : salinidad, captador eléctrico, suelo, riego, conductividad eléctrica, resistividad, Mejerdah, Túnez.