SCIENCE DU SOL - 1989, 27 (1), 69-72

Une méthode de cartographie de la salinité des sols
Conductivité électromagnétique et interpolation par krigeage

P. BOIVIN[1]
M. HACHICHA[2]
J.-O. JOB[3]
J.-Y. LOYER[3]

RESUME

La conductivimétrie électromagnétique est une méthode rapide de mesure « in situ » de la conductivité électrique globale des sols. Elle permet de s'affranchir de la lourdeur des méthodologie conventionnelles de laboratoire. Elle rend compte de façon satisfaisante de la variabilité spatiale de la salinité dans les sols des périmètres irrigués. L'exploitation géostatistique des données permet d'identifier les variations spatio-temporelles des sels grâce à des cartes d'isosalinité précises.

MOTS CLES : Sols - Salinité - Cartographie - Conductivimétrie Electromagnétique - Krigeage.

ELECTROMAGNETIC CONDUCTIVITY AND KRIGING : A TOOL FOR CARTOGRAPHY OF SOILS SALINITY

The measurement of soil electro-magnetic conductivity is a way to differentiate soil salinity in irrigated areas. The combination with an appropriate geostatistical tool makes it possible to follow the variation of isosalinity curves with time.

KEY WORDS : Soils - Salinity - Mapping - Electromagnetic conductivity - Kriging.

INTRODUCTION

Le développement de l'agriculture irriguée a souvent comme conséquence, surtout dans les régions arides, l'apparition de manifestations salines secondaires dues à la nature initiale des sols, à la médiocre qualité des eaux utilisées ou à une mauvaise maîtrise du drainage. Il importe donc dans ces conditions d'effectuer une caractérisation de l'état salin des sols et des eaux avant exploitation, ainsi qu'un contrôle régulier de leur évolution saline.

Les variations spatio-temporelles de la salinité des sols, déjà sensibles dans les systèmes naturels, sont accélérées sous irrigation en raison de la forte mobilité des sels, particulièrement des chlorures. Les méthodes conventionnelles de mesure sur petits échantillons peuvent difficilement rendre compte d'un tel phénomène (BOIVIN et al., 1988). Les méthodologies développées in situ sont plus adaptées, en particulier la conductivimétrie électromagnétique qui appréhende de façon sensible la salinité sur un grand volume de sol. Sa mise en œuvre immédiate permet de collecter un grand nombre de données.

La chaîne de mesure qui comprend un étalonnage sur le terrain, un maillage systématique et un traitement géostatistique, aboutit, grâce à un logiciel approprié à une cartographie systématique et répétitive des parcelles sensibles.

(1) ORSTOM, 70-74, route d'Aulnay, 93140 Bondy
(2) Direction des sols, avenue de la République, Tunis
(3) ORSTOM, B.P. 5045, 34032 Montpellier cédex.

Association Française pour l'Etude du Sol - www.afes.fr - 2010

Après avoir rappelé le principe de la mesure de la conductivité électromagnétique, nous présenterons un exemple de cartographie de la salure réalisé grâce à cette méthodologie.

I. PRINCIPE DE LA MESURE DE CONDUCTIVITE ELECTROMAGNETIQUE

L'appareil, léger et utilisable par simple lecture dès mise en contact avec le sol, comporte deux bobines d'induction séparées d'un mètre. La bobine émettrice envoie dans le sol un champ magnétique de basse fréquence. La bobine réceptrice capte un champ secondaire qui est d'autant plus important que le sol est conducteur.

La mesure est proportionnelle à la conductivité propre du sol et de sa solution. La porosité, la texture et la teneur en eau au moment de la mesure sont donc à prendre en compte (McNeill, 1980). C'est pourquoi on cherche à se placer dans des conditions où l'on peut considérer les variations de texture et de teneur en eau comme faibles en regard des variations de salinité. Dans les périmètres irrigués, ces conditions sont souvent remplies à l'intérieur de chaque parcelle élémentaire.

On obtient alors une conductivité apparente globale des deux premiers mètres de sol environ. On l'étalonne par rapport à la conductivité de l'extrait 1/10° de sol sur quelques points de mesure représentatifs de la gamme rencontrée. D'autres méthodes d'étalonnage sont également proposées, notamment en étalonnant par rapport à une sonde quadripôle (CORWIN et RHOADES, 1982).

D'autre part, en réalisant un étalonnage sur des sites à profils hydriques différents, on peut obtenir si nécessaire l'équation permettant d'exprimer tous les résultats par rapport à la même teneur en eau du sol (JOB et al., 1987).

II. TRAITEMENT NUMERIQUE

Les données acquises à l'aide du conductivimètre électromagnétique sont traitées numériquement par des méthodes géostatistiques, en particulier, des cartes sont tracées à partir d'une interpolation par krigeage. L'étude des variogrammes peut également fournir des renseignements sur la variabilité spatiale de la mesure, susceptibles d'orienter les modes d'échantillonnage futurs. L'emploi de ces méthodes se trouve facilité par le développement de logiciels conversationnels fonctionnant sur micro-ordinateurs et pouvant même être utilisés sur du matériel portable (BOIVIN P., 1988).

L'emploi de la géostatistique s'impose dans ce type de situation. Il s'agit en effet de cartographier une seule variable, non corrélée de façon simple à des variations morphopédologiques. En outre, la cartographie est souvent mise en œuvre à une échelle détaillée, à l'intérieur d'une unité pédologique ; le choix de périmètres irrigués se situe le plus souvent en zone alluviale à topographie plane.

Enfin, la cartographie de la salinité doit pouvoir être répétée, en procurant une évaluation convenable de la variabilité temporelle. Les divers documents établis au cours du temps doivent donc être tracés avec une méthodologie précise, ou dénuée d'empirisme, de façon à assurer la cohérence des comparaisons et des interprétations qui seront faites.

La qualité de la méthode a été testée pour des sols salés d'origines diverses : Sénégal, Syrie, Tunisie, Espagne (JOB et al., 1987, BEN HASSINE et al., 1988). Il a été montré pour divers types de sols salés (BOIVIN et al., 1988), que l'emploi du conductivimètre électromagnétique couplé à un traitement numérique de type géostatistique aboutit au tracé de cartes, estimées et interpolées par krigeage à partir d'un lot de mesures de terrain, cartes satisfaisant aux critères de fiabilité et de reproductivité énoncés ci-avant.

Association Française pour l'Etude du Sol - www.afes.fr - 2010

III. EXEMPLE

L'exemple choisi illustre l'usage de cette méthode cartographique sur un périmètre irrigué à topographie plane. Une première approche sur un secteur de 145 ha, présenté en figure 1, met en évidence un gradient de salinité orienté sud-est nord-ouest, pour des salinités variant de 20 à 120 S/m, soit 0,2 à 0,7 mS/cm sur extrait au 1/10e de sol. La salinité a été estimée dans le cas de la figure 1 par valeurs moyennes sur des blocs de 4 ha.

Une étude plus détaillée a été réalisée dans une partie ou des salinités supérieures à 0,7 mS/cm sur extrait 1/10e de sol sont fortement probables. Sur cette parcelle à risques, de 6 ha, un maillage régulier de 104 points a permis de calculer les isolignes 80, 120, 160 et 200 mS/m, soit de 0,52 à 1,14 mS/cm sur extrait au 1/10e de sol. Ces isolignes, présentées en figure 2, sont déterminées avec un écart-type d'estimation moyen de l'ordre de 22 mS/m et une erreur moyenne nulle, pour une valeur moyenne de 130 mS/m. La valeur moyenne de la conductivité électromagnétique sur l'ensemble de la parcelle est effectivement supérieure à 120 mS/m, comme permettait de le prévoir la cartographie présentée en figure 1. En revanche, à cette échelle d'observation, le gradient de salinité est plutôt orienté nord-est sud-ouest. Ce détail ne pouvait pas apparaître à l'échelle d'observation de la figure 1, où la salure avait été estimée en valeur moyenne sur des blocs de grande taille.

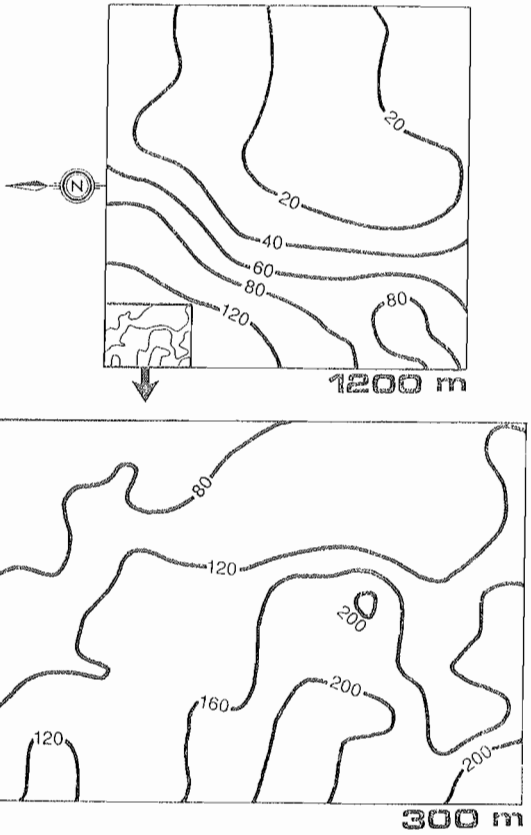

Figure 1 et 2 : Cartes des isovaleurs de conductivité électromagnétique du secteur 2 et de la parcelle SS6 du périmètre de Sidi Saad (Tunisie), en juin 1988.

Association Française pour l'Etude du Sol - www.afes.fr - 2010

CONCLUSION

La précision d'estimation obtenue est très satisfaisante au regard des coefficients de variation généralement rencontrés pour la salinité (VAUCLIN, 1982). D'autre part, la conductivité électromagnétique étant fortement structurée dans le cas présenté, et la multiplication des points de mesure n'entraînant pas de surcoût d'acquisition, il est possible, au cours des futures prospections, de définir un plan d'échantillonnage en fonction d'un écart-type d'estimation recherché.

BIBLIOGRAPHIE

BEN HASSINE H., HACHICHA M., JOB J.O., LOYER J.Y., 1988. — La conductivité électromagnétique. Application au suivi de la salinité des périmètres irrigués de Tunisie. ORSTOM. Direction des Sols de Tunisie, 22 pages dactylographiées.

BOIVIN P., BRUNET D. et **JOB J.O.**, 1988. — Conductivimétrie électromagnétique et cartographie des sols salés, Cahiers de Pédologie ORSTOM, 1988, I.

BOIVIN P., 1988. — GEOSTAT-PC logiciel conversationnel pour calcul géostatistique, Bull. GFHN, 1988, Juin, p. 77-92.

CORWIN D.L. et **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 : 517-520.

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., Vol. XXIII, N° 2, 123-131.

McNEIL J.D., 1980. — Electrical conductivity of soils and rocks, Geonics. Technical note TN-5, 22 pages.

VAUCLIN M., 1982. — Méthodes d'étude de la variabilité spatiale des propriétés d'un sol. Colloque SHF-INRA Avignon, Juin 1982, 9-45.

Association Française pour l'Etude du Sol - www.afes.fr - 2010