

**UTILISATION DES CAPTEURS EN CERAMIQUE POREUSE POUR L'ETUDE  
DE LA SALINITE DE LA SOLUTION D'UN SOL SULFATE ACIDE DE  
BASSE CASAMANCE (SENEGAL) :  
APPLICATION ET COMPARAISON AVEC LES METHODES SUR EXTRAITS  
AQUEUX DE SOL.**

(Jean-Pierre MONTOROI\*)

La salinité d'un sol est le plus souvent exprimée à partir de la détermination d'une mesure de conductance réalisée sur un extrait aqueux de sol. L'extraction sur pâte saturée constitue la méthode de référence qui se rapproche des conditions naturelles (humidité du sol à l'état saturé) et à partir de laquelle ont été définis les seuils de tolérance des plantes à la salinité. Cependant, elle est longue à mettre en oeuvre au laboratoire. On préfère employer des extraits aqueux de plus ou moins grande dilution (volume d'eau variable par rapport à un poids de sol et indépendant de la nature du sol) pour des raisons pratiques et économiques, notamment lorsque la teneur en sels est élevée.

Le prélèvement de la solution du sol "in situ", à l'aide de capteurs en céramique poreuse, est largement répandu lorsque l'on souhaite suivre des évolutions temporelles. Cette méthode non destructrice présente l'avantage d'être proche des conditions réelles du milieu.

Ces méthodes de terrain et de laboratoire ont été appliquées sur un sol sulfaté acide représentatif de basse Casamance (Sénégal), le long d'un transect présentant une gamme salinité comprise entre 10 et 100 dS/cm. Les échantillons de sol sont prélevés en conditions saturées, au voisinage de la nappe.

Les résultats sont exprimés sous forme de relations statistiques permettant la comparaison entre les différentes méthodes. Ce calage constitue un outil de base pour quantifier les mouvements de sel dans le milieu étudié. Les limitations pratiques des méthodes utilisées sont indiquées.

## INTRODUCTION

Les méthodes de mesure de la salinité font appel à la mesure d'une conductance qui se pratique à des teneurs en eau du sol variables:

- humidité à saturation ( $H_s$ , en g/100 g de sol) pour l'extraction sur pâte saturée,
- solution diluée (100x5 g/100 g de sol) pour l'extraction 1/5 (50 ml d'eau pour 10 g de sol),
- humidité du sol en place ( $H_{is}$ , en g/100 g de sol) pour le capteur de solution du sol "in situ".

Ces méthodes, couramment utilisées dans les études de sols salés (RHOADES, 1984), donnent des valeurs difficilement exploitables dans l'absolue. Pour réaliser des bilans de matière, une analyse chimique complète doit être faite simultanément, ce qui alourdit considérablement les expérimentations.

La connaissance de l'humidité du sol permet de relier les différentes concentrations ioniques (C) obtenues par chaque méthode selon la relation:

$$C_s \times H_s = C_{e1/5} \times (5 \times 100) = C_{ss} \times H_{is} \quad (1)$$

où  $C_s$ ,  $C_{e1/5}$  et  $C_{ss}$  représentent la concentration ionique de l'extrait de sol saturé, de l'extrait 1/5 et de la solution du sol.

Pour raisonner en terme de conductivité électrique (CE), on admet, en pratique, qu'il existe une relation de proportionnalité implicite entre C et CE de la forme  $C = a \times CE$ , valable quelque soit la méthode utilisée (LE BRUSQ et LOYER, 1982).

---

\* ORSTOM, Laboratoire des formations superficielles, 72 route d'Aulnay, 93143 Bondy.



On pourra écrire:

$$CE_{es} \times H_s = CE_{e1/5} \times (5 \times 100) = CE_{es} \times H_s$$

Cette relation de proportionnalité doit être vérifiée pour chaque méthode. LE BRUSQ et LOYER (1982) montrent qu'elle peut être admise pour des raisons pratiques (par exemple, pour le classement des sols en fonction de leur salinité), mais qu'en théorie, il existe un biais lié à la dilution de l'extrait.

Cette communication se propose d'établir, pour les sols sulfatés acides et salés de basse Casamance, le lien statistique entre les mesures de CE au laboratoire et celles obtenues sur le terrain. Celui-ci permettra d'établir des bilans pondéraux lors d'études agronomiques ou d'études spatialisées mesurant, par exemple, l'impact d'un aménagement hydro-agricole sur l'évolution des sols d'une vallée chimiquement dégradée (ALBERGEL et al., 1990).

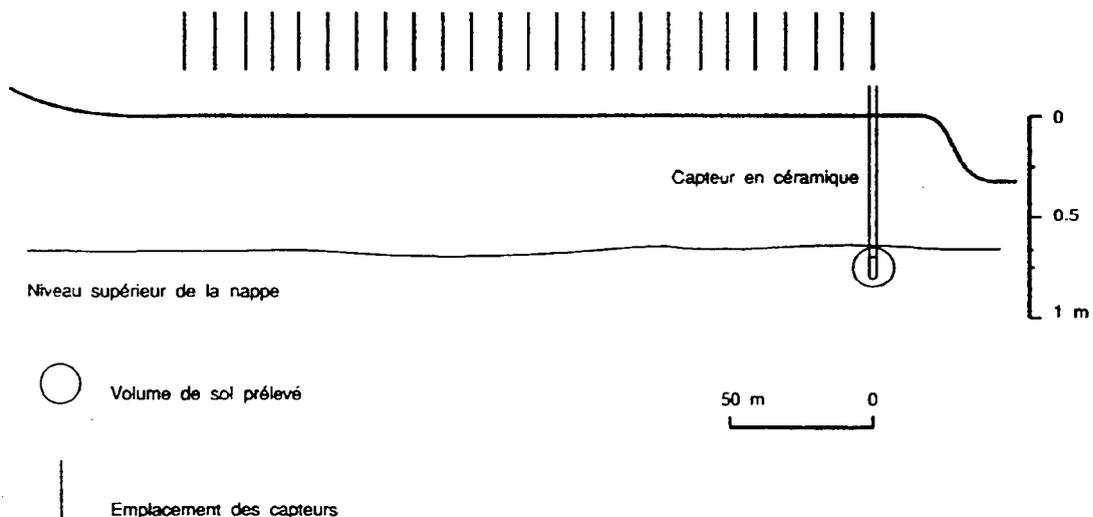
## DISPOSITIF EXPERIMENTAL

Les sols de la vallée de Djiguinoum présentent des manifestations extrêmes de salinisation liée à l'invasion des eaux marines au cours de la récente sécheresse. Leur salinité, forte au voisinage du lit du marigot, décroît à mesure que l'on s'en éloigne et que l'on se rapproche des versants du plateau environnant. Pour se situer dans une gamme de variation de la salinité suffisamment large, une séquence a donc été choisie perpendiculairement à l'axe du marigot sur un sol sulfaté acide salé (BRUNET, 1988).

Les capteurs en céramique poreuse ont été disposés tous les 6 m le long de cette séquence, à la profondeur de 75 cm, juste sous le niveau statique de la nappe (entre 60 et 70 cm). L'ensemble des 25 sites couvrent approximativement une distance de 144 m déterminant 25 sites de mesure (figure 1). Avant leur installation sur le terrain, les capteurs ont été rincés, au laboratoire, tout d'abord à l'eau distillée désaérée, puis à l'eau acidifiée (POSS, 1991). Plusieurs tests de conductivité hydraulique en milieu aqueux ont été effectués pour connaître l'homogénéité des lots et constater d'éventuels défauts (CHEVERRY, 1983).

La dépression appliquée a été de 500 mb pendant 24 h. Après le prélèvement de la solution du sol, une fosse est creusée pour l'enlèvement de la canne et la prise d'un échantillon de sol autour de la céramique, destiné aux analyses sur extraits aqueux.

Figure 1



Le long de ce transect et en regard de chaque site de mesure, à une distance d'environ un mètre, un forage à la tarière a été réalisé afin de prélever l'eau de la nappe approximativement à la même profondeur. La conductivité électrique des eaux est mesurée quelques jours après au laboratoire et leur analyse chimique complète est effectuée par les méthodes classiques (spectrométrie, colorométrie).

## RESULTATS

### 1. Représentativité de l'extraction de la solution du sol *in situ*

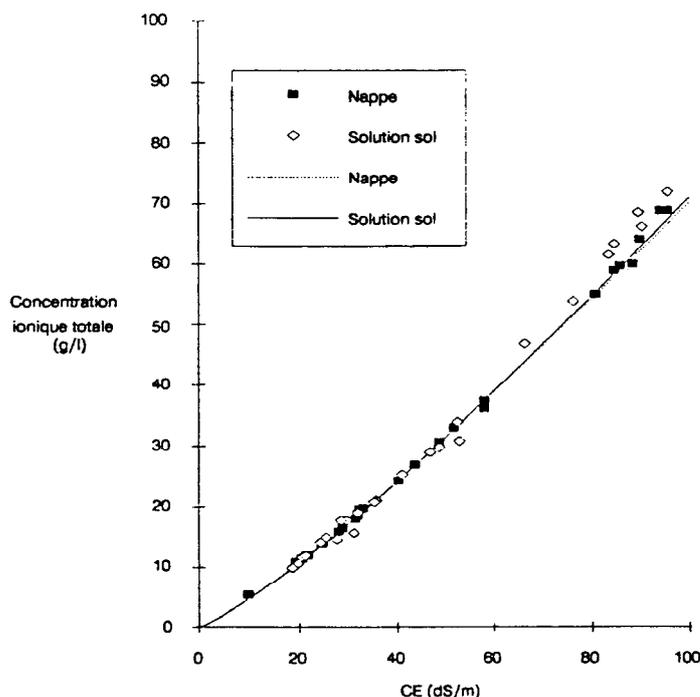
La figure 2 montre que les mesures de salinité de la solution du sol obtenues par les céramiques poreuses (C<sub>ss</sub>, C<sub>Ess</sub>) sont du même ordre de grandeur que celles des eaux de nappe (C<sub>n</sub>, C<sub>En</sub>).

Les courbes ajustées ont pour équation:

$$C_{ss} = 0.284 C_{Ess}^{1.209} \quad r^2 = 0.994$$

$$C_n = 0.347 C_{En}^{1.153} \quad r^2 = 0.994$$

Figure 2



### 2. Détermination de la C<sub>Ess</sub> à partir des données de laboratoire (extrait 1/5)

- Relation entre les concentrations ioniques

Cette relation est de la forme:  $C_{ss} \times H_{is} = C_{e1/5} \times (5 \times 100)$  avec C<sub>ss</sub> et C<sub>e1/5</sub> en g/l et H<sub>is</sub> en g/100g

-Transformation en termes de conductivité électrique

Elle peut être réalisée en considérant deux types de modèles:

. un modèle de calcul pratique qui fait intervenir une relation de proportionnalité de la forme:

$C = a \times CE$  que l'on admet être unique.

Le calcul de la CE de la solution du sol se déduit de la relation (1):

$$C_{Essp} = C_{Ee1/5} \times 500 / H_{is}$$

. un modèle de calcul théorique qui fait appel à une relation exponentielle de la forme:  $C = a \times CE^c$  (Mac NEAL et al., 1970).

En considérant que, pour chacune des méthodes utilisées, il existe une relation différente (il conviendra d'en vérifier statistiquement l'unicité), la CE de la solution du sol est calculée à partir de l'équation logarithmique suivante:

$$\log CE_{ssc} = (d/c) \log CE_{e1/5} - (1/c) \log H_{is} + (1/c) (\log 500 + \log(b/a))$$

où a, b, c et sont les coefficients d'ajustement statistique des relations  $C_{ss} = a \times CE_{ss}^c$  (méthode de terrain) et  $CE_{1/5} = b \times CE_{e1/5}^d$  (méthode de laboratoire).

Les relations statistiques obtenues sont les suivantes:

$$C_{ss} = 0.284 CE_{ss}^{1.225} \quad r^2 = 0.994$$

$$C_{1/5} = 0.258 CE_{e1/5}^{1.27} \quad r^2 = 0.993$$

$$\log CE_{ssc} = 0.793 \log CE_{e1/5} - 1.046 \log H_{is} + 2.852$$

$$r^2 = 0.904$$

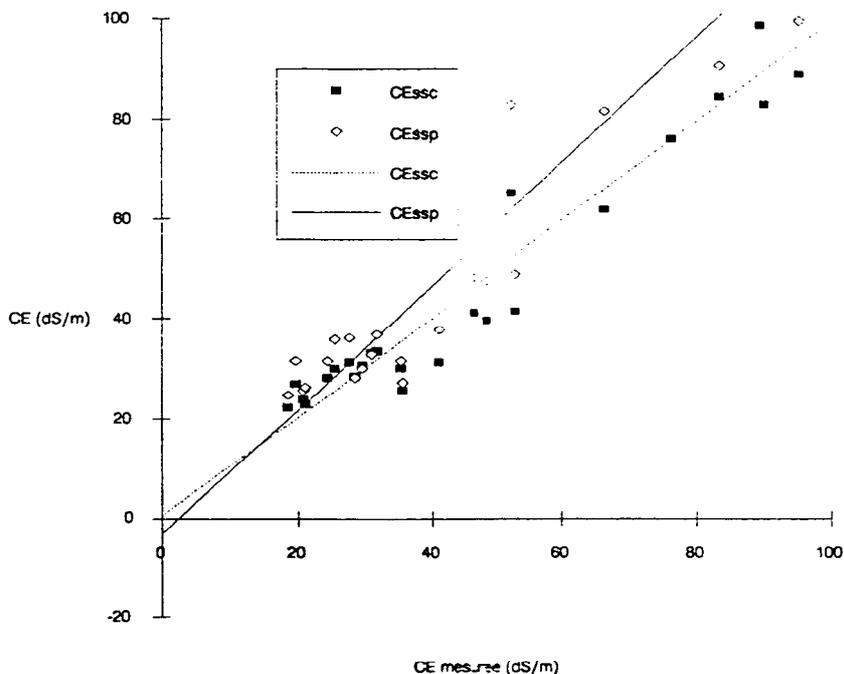
. validité des modèles

Les valeurs estimées de  $CE_{ssp}$  et de  $CE_{ssc}$  sont comparées aux valeurs mesurées (figure 3). L'ajustement statistique se révèle être meilleur avec les 25 couples  $CE_{ssc}/CE_m$ :

$$CE_{ssc} = 0.988 CE_m - 0.48 \quad r^2 = 0.922$$

$$CE_{ssp} = 1.242 CE_m - 3.20 \quad r^2 = 0.905$$

Figure 3



## CONCLUSION

Les résultats, obtenus sur un sol sulfaté acide salé, montrent que l'on peut aisément déduire la salinité de la solution du sol au moment du prélèvement à partir d'une détermination de laboratoire. Il est impératif d'effectuer simultanément la mesure de l'humidité du sol. La démarche employée peut être appliquée à d'autres sites.

Le modèle théorique permet une meilleure estimation de la  $CE_{ss}$ . On pourra simplement utiliser le modèle pratique, avec une précision équivalente, sur la domaine 0 - 40 dS/m.

La méthode de terrain étant limitée par les conditions hydriques du sol (humidité voisine de la saturation), le recours aux méthodes de laboratoire est nécessaire pour de longs suivis. Dans ce cas, les relations statistiques trouvées doivent être maniées avec prudence, car l'évolution géochimique de la solution au cours de sa concentration (précipitation de minéraux) n'est pas prise en compte.

## BIBLIOGRAPHIE

- ALBERGEL J., BRUNET D., DUBEE G., MONTOROI J.P., ZANTE P., 1991. Gestion d'un barrage anti-sel en basse Casamance (Sénégal). In A. KERGREIS et J. CLAUDE (réd.), "Utilisation rationnelle de l'eau des petits bassins versants en zone aride", Ed. AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext, Paris, 275-285.
- BRUNET D., 1988. Etude pédologique de la vallée de Djiguinoum (basse Casamance). Multigr., ORSTOM/Dakar, 28 p. + annexes.
- CHEVERRY C., 1983. L'extraction de la 'solution du sol' par le biais de bougies poreuses: une synthèse bibliographique des problèmes méthodologiques posés par ces dispositifs. Bull. GFHN, 14, 47-71.
- LE BRUSQ J.Y., LOYER J.Y., 1982. Relations entre les mesures de conductivités sur des extraits de sols de rapports sol/solution variables, dans la vallée du fleuve Sénégal. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol XIX, 3, 293-301.
- Mac NEAL B.L., OSTER J.D., HATCHER J.T., 1970. Calculation of electrical conductivity from solution composition data as an aid to in-situ estimation of soil salinity. Soil Sc., 110, 405-415.
- POSSR., 1991. Dynamique et lixiviation des éléments minéraux dans les terres de barre du Togo. L'Agron. Trop., 45, 4, 259-273.
- RHOADES J.D., 1984. Principles and methods of monitoring soil salinity. In I. Shainberg and J. Shalhevet (Eds.), Soil salinity under irrigation. Processes and management, Berlin-Heidelberg- New York-Tokyo, 130-142.