

# Evaluation et simulation des transferts hydro-salins dans les sols argileux.

Claude Hammecker IRD, Dakar

## 1. Introduction

Dans la vallée du fleuve Sénégal la riziculture irriguée s'est développée ces dernières décennies après la construction de deux barrages permettant de réguler le niveau et la qualité de l'eau du fleuve. Les périmètres irrigués sont aménagés essentiellement dans des cuvettes de décantation sur des sols alluviaux argileux qui par endroit peuvent atteindre des teneurs en argile de 70%. L'irrigation présente un risque de dégradation du sol par salinisation. Ce processus doit théoriquement dépendre en grande partie des flux d'eau et de solutés, et donc des propriétés de transfert des solutions des sols. L'étude présentée ici est située dans la région de Podor, plus particulièrement dans le périmètre irrigué villageois IT1 de Donaye. Sur ce site le sol est caractérisé par un dépôt argileux de deux mètres d'épaisseur surmontant les dépôts sableux du Nouakchottien renfermant l'aquifère. Ce sol renferme de 60 à 70% d'argiles (kaolinite, smectites ferrifères et interstatifiés) et développe des caractères vertiques très nets, dont des fentes de retrait pouvant atteindre 50-60 cm de profondeur et 15 cm de large. Par ailleurs ces parcelles sont caractérisées par l'absence de drainage.

## 2. Quantification des transferts hydro-salins

Le bilan hydro-salin a été quantifié sur plusieurs saisons de cultures. Un dispositif expérimental de mesure des entrées d'eau, de l'évapotranspiration (cases lysimétriques) et du stockage d'eau dans le sol (mesure de l'humidité pondérale au cours de la culture le long du profil) et de la lame d'eau superficielle a permis de quantifier le bilan hydrique. Par ailleurs deux sites de mesures tensiométriques et de prélèvement de solution du sol par bougies poreuses ont été installés. L'infiltration à l'échelle de la parcelle, déterminée à partir de ces mesures est nulle. Ce résultat est confirmé par l'évolution du profil tensiométrique, pour lequel on observe une saturation extrêmement lente du tensiomètre à 40 cm de profondeur. Pour simuler une évolution équivalente lors de la campagne de culture avec un modèle de transferts hydriques unidirectionnel et monophasique, il faut imposer au sol une conductivité hydraulique à saturation de 0.25 mm/j, qui dans ce cas n'a qu'une valeur de paramètres d'ajustement. En fait il existe un processus de piégeage d'air entre deux fronts d'imbibition qui limite, voire bloque, l'infiltration de l'eau d'irrigation (Hammecker et al., 1999).

L'eau d'irrigation, pompée du fleuve, est très douce et présente un faciès chimique carbonaté calci-magnésien. Cependant elle présente également une alcalinité résiduelle calcite positive ( $Alc > Ca \times 2$ ) et en saison sèche une alcalinité calcite + silicates magnésiens positive ( $Alc > [Ca + Mg] \times 2$ ). L'irrigation avec une eau de cette qualité sous des conditions évaporatoires typiques des régions sahéliennes comporte par conséquent le risque d'un processus d'alcalinisation. L'eau de la nappe par contre est plus concentrée est présente un faciès sulfaté chloruré sodique.

Le suivi de la solution du sol dans les bougies poreuses montre une augmentation de la concentration de tous les cations. L'alcalinité et les sulfates augmentent également au cours de la saison de culture, par contre la teneur en chlorures baissent systématiquement pendant cette période pour revenir à la même concentration à chaque début de saison culturale. Le suivi sur quelques années montre une accumulation de carbonates et suggère une évolution alcaline.

## 3. Modélisation des transferts couplés et interprétation

Le modèle couplé utilisé pour essayer de simuler l'évolution physico-chimique de ce profil de sol est LEACHM (Hutson et Wagenet, 1992). Il s'agit d'un modèle décrivant les transferts hydriques mono-

dimensionnels en milieu non saturé par résolution numérique de l'équation de Richards par la méthode des différences finies. Les transferts de solutés sont quant à eux modélisés par la résolution numérique de l'équation de convection-dispersion. Les équilibres chimiques sont évalués après calcul des activités ioniques (Debye Hückel) et des interactions avec le complexe d'échange cationique (Gapon). La saturation est calculée pour le gypse et la calcite et la composition de la solution ainsi que l'éventuel stock minéral est ajusté en fonction du produit ionique.

Les résultats de la simulation montrent une augmentation de la concentration des cations mais, contrairement aux résultats expérimentaux, la concentration de l'alcalinité diminue au fil des cycles culturaux. Ce résultat s'explique par la désorption de calcium du complexe d'échange lors de la précipitation de calcite. La solution se trouve alors avec une alcalinité résiduelle calcite négative entraînant une évolution vers une diminution de l'alcalinité. D'un autre côté le modèle prévoit une augmentation régulière de la teneur en chlorures alors que les chlorures diminuent cycliquement à chaque saison de culture. La simulation de l'évolution géochimique de la solution du sol montre un processus de salinisation, en particulier à cause de la concentration de l'eau de la nappe ayant un faciès salin neutre. Or les résultats expérimentaux semblent attester de l'existence de deux compartiments géochimiques distincts séparés à la faveur d'un processus de piégeage d'air. Par ailleurs l'évolution de la teneur en chlorures ne peut s'expliquer que par leur fixation sur une surface d'échange anionique ou l'assimilation dans une espèce minérale non commune. De récents travaux suggèrent l'éventualité de la précipitation d'une rouille verte chlorurée (Favre et al., 1999). Par ailleurs des résultats récents ont montré que la phase de submersion pendant toute la culture (100 jours) provoque une réduction du fer structural des smectites ferrifères dans ce sol, avec une importante augmentation de la capacité d'échange cationique (Favre et al., 1999). Au cours de cette réduction les coefficients de sélectivité varient pour les différents cations. Ces différentes possibilités, qu'il s'agisse des transferts hydriques biphasiques (présence d'eau et d'air dans le réseau poral), des processus d'oxydoréduction, de l'éventualité d'une CEC et des coefficients de sélectivité variables, et de l'éventualité de la précipitation d'une espèce minérale contenant des chlorures, ne sont pas prévues dans le modèle utilisé.

#### **4. Conclusion**

Le bilan hydro-salin dans les sols argileux de la vallée du fleuve Sénégal a pu être suivi sur différentes saisons de culture. On a pu observer une accumulation de carbonates et une augmentation du pH de la solution du sol, en accord avec la composition de l'eau d'irrigation. Pour prévoir l'évolution du système à plus long terme, on a eu recours à la simulation numérique, qui dans ce cas s'est trouvée en complète contradiction avec les résultats expérimentaux. En effet, l'évolution saline du milieu sur ces sols argileux est compliquée par différents processus physico-chimiques non pris en compte dans les modèles couplés classiques. Il est donc nécessaire de déterminer clairement et de quantifier l'incidence des différents processus identifiés afin de pouvoir construire un nouvel outil de prédiction de l'évolution des sols irrigués dans cette région.

**ONZIÈME RÉUNION DU GROUPE DE RÉFLEXION**  
**SUR L'ÉTUDE DE LA SOLUTION DU SOL**  
**EN RELATION AVEC L'ALIMENTATION DES PLANTES**  
**(GRESSAP)**

IRD Montpellier - 14 septembre 1999