

GESTION DE L'EAU DANS LES PÉRIMÈTRES IRRIGUÉS : MAINTIEN D'UNE PRODUCTION DURABLE ET RÉHABILITATION DES SOLS SALÉS

WATER MANAGEMENT IN IRRIGATED AREAS: DURABILITY OF THE PRODUCTION SYSTEMS AND REHABILITATION OF THE SALINE SOILS

Roland **Poss**¹, Mohamed **Badraoui**²
Mohamed **Belghiti**, Brahim **Soudi**, Aziz **Bellouti**,
Olivier **Grünberger** et Claude **Hammecker**

(note présentée par Roland Poss)

RÉSUMÉ

Le développement de l'agriculture dans les zones arides et semi-arides, et le développement de la riziculture partout dans le monde, reposent sur une extension des zones irriguées. Cette extension devient de plus en plus difficile pour différentes raisons, dont les contraintes qui pèsent sur la ressource : l'eau est en quantité limitée et l'agriculture est en compétition avec les usages non-agricoles. Il en résulte que les agriculteurs utilisent de plus en plus des eaux de moins bonne qualité. Dans toutes les zones arides à semi-arides, de l'eau salée est utilisée à des degrés divers pour compléter l'irrigation quand l'eau de bonne qualité vient à manquer. Les agriculteurs sont appelés à produire davantage, avec moins d'eau et une eau de moins bonne qualité, tout en restant compétitifs et assurant la durabilité du système de production. Ces facteurs conduisent tous les acteurs à tenter d'améliorer les systèmes existants.

Le Maroc, dont les superficies irriguées sont passées de 137 000 hectares en 1967 à 1,4 millions d'hectares aujourd'hui, est confronté à ces problèmes. Au niveau institutionnel, l'entretien des systèmes d'irrigation a été négligé, en partie en raison d'un faible taux de recouvrement des redevances d'eau. Il en résulte des fuites importantes : les quantités livrées au niveau des exploitations ne sont souvent plus suffisantes en été, ce qui contraint les agriculteurs à utiliser des eaux chargées en sels. Les dégradations non réparées se sont accumulées au cours du temps, conduisant à des travaux de réhabilitation très coûteux. Un total de 200 millions d'euros a été dépensé entre 1983 et 2000 pour réhabiliter les grands périmètres irrigués, et 160 millions supplémentaires sont engagés pour la période 2000-2004. Au niveau des exploitations agricoles l'efficacité de l'utilisation de l'eau reste faible. Alors que seulement 6 % des exploitations pratiquent l'irrigation localisée, le développement de ces techniques est un défi majeur à relever.

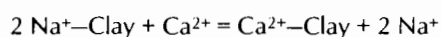
Plusieurs types de dégradation du milieu physique sont observés au Maroc. Les nappes phréatiques peu profondes sont polluées par les nitrates dans certains grands périmètres à cultures intensives. Des pollutions industrielles se développent à proximité des complexes liés aux périmètres irrigués (sucre...). L'hydromorphie induite par la remontée de la nappe phréatique, consécutive à un aménagement défectueux (drainage insuffisant) et à la sur-irrigation, est fréquente. Mais les deux problèmes environnementaux majeurs sont l'érosion hydrique et la salinisation secondaire. L'érosion cause un engorgement des retenues, une détérioration des ouvrages et la turbidité des eaux. La

1. Directeur de recherches à l'IRD (Institut de recherche pour le développement).

2. Correspondant de l'Académie d'Agriculture, professeur de Sciences du Sol à l'Institut agronomique et vétérinaire Hassan II, BP 6202, Rabat-Instituts, Rabat, Maroc.

salinisation secondaire, qui se développe par remontée capillaire dès que la nappe est située à moins de 2 mètres de la surface du sol, affecte déjà 350 000 hectares.

La salinisation secondaire conduit le plus souvent à la formation de sols salés sodiques (conductivité de l'extrait de la pâte saturée supérieure à 4 mS/m et proportion de sodium sur le complexe d'échange supérieur à 10 %). La réhabilitation de ces sols passe par la diminution de la teneur en sels et par le remplacement du sodium par le calcium sur le complexe d'échange selon la réaction :



Cela nécessite l'apport de quantités d'eaux suffisantes et d'un amendement. L'amendement le plus souvent utilisé est le gypse, en raison de son faible coût. Une autre option est l'utilisation d'acide sulfurique, quand le sol contient du CaCO_3 . Le principe est de dissoudre du CaCO_3 pour libérer du calcium. Cette option, utilisée à grande échelle en URSS et aux États-Unis dans le passé, est en cours de développement rapide au Maroc, où cinq petits générateurs d'acide sulfurique in situ sont opérationnels. Bien que l'eau d'irrigation traitée ne soit pas vraiment acide (pH 6,5 à 6,8), la diminution de pH est suffisante pour dissoudre en partie les carbonates et produire du calcium en excès dans la solution du sol. La proportion de sodium sur le complexe (ESP) a diminué de 17 à 6 % en une semaine d'irrigation dans l'horizon de surface, et la proportion de sodium dans la pâte saturée (SAR) a diminué sur l'ensemble du profil après 5 semaines. Une autre option possible en milieu carbonaté est la phytoremédiation. Son principe est d'utiliser le CO_2 de la respiration racinaire et l'excrétion de protons par les racines pour acidifier le milieu et produire la libération du calcium. Dans des essais conduits au Moyen Orient la phytoremédiation a prouvé qu'elle était une option efficace et peu coûteuse, dont les résultats sont comparables à ceux obtenus avec du gypse.

Pour toutes les cultures sauf le riz, la stratégie est de lixivier les sels de sodium à travers le profil et d'évacuer les eaux chargées en sel dans un réseau de drainage. Or, si les sols salés présentent généralement une perméabilité suffisante pour permettre la circulation des solutés, cette perméabilité diminue fortement lorsque les sels solubles sont évacués si le cation dominant sur le complexe d'échange est le sodium. Il est donc indispensable d'apporter l'amendement avant ou simultanément à l'eau de drainage pour éviter une détérioration pratiquement irréversible de la structure. Le rôle de la matière organique est considérable dans ce domaine pour maintenir la perméabilité du sol. Le mécanisme est moins un effet structurant des agrégats du sol que la création de chemins préférentiels de circulation de l'eau dans des horizons à faible stabilité structurale. La gestion des résidus de récolte est donc un point fondamental dans ce domaine.

Le déversement de grandes quantités d'eau salée des réseaux d'irrigation dans les rivières des régions sèches pose des problèmes environnementaux considérables. C'est pourquoi une équipe australienne a développé le concept de concentration biologique séquentielle. Le principe est de concentrer le sel dans les eaux de drainage en utilisant la même eau pour irriguer des plantes de plus en plus tolérantes à la salinité. L'eau fortement chargée en sel résultante est utilisée pour l'aquaculture, puis distillée par l'énergie solaire afin de produire de l'eau potable. Le seul déchet résultant est constitué par les sels, qui peuvent être facilement stockés.

Dans le cas du riz, le drainage vertical du sol est fortement ralenti, donc la lixiviation devient difficile. Ce ralentissement provient souvent de la présence d'une semelle de labour voulue par l'agriculteur pour maintenir l'eau d'irrigation dans la parcelle. Mais des travaux menés au Sénégal et en Camargue ont montré que le ralentissement provenait également du piégeage d'air entre la nappe phréatique de moyenne profondeur et la lame de surface. Il en résulte l'existence de deux compartiments d'eau qui restent disjoints. Les simulations montrent que le piégeage d'air est très probablement un phénomène très fréquent dans les sols rizicoles à structure fine.

Les sels doivent donc être retirés en utilisant la lame d'eau de surface. Il ne s'agit pas de dessaler l'ensemble du profil, mais de dessaler chaque année l'horizon dans lequel le riz développe son système racinaire. Cette opération, somme toute assez peu coûteuse en eau, permet de préserver la qualité du sol. Dans de nombreux cas le lessivage est assuré par les fuites dans les diguettes ou les débordements par-dessus ces dernières à la suite des pluies. Les problèmes de structure sont moins importants dans les sols de rizière. Des travaux en Thaïlande ont en effet montré que le Fe^{2+} jouait un rôle comparable au calcium dans le maintien de la floculation des sols réduits.

SUMMARY

Meeting the needs for a growing world population relies on the extension of the irrigated areas. However, this extension becomes increasingly difficult, water resources are limited and the agricultural use of water is in dramatic competition with non-agricultural uses. As a result farmers use salted water to supplement their irrigation, putting production systems at risks of accelerated degradation.

Morocco typifies this situation. At the institutional level, the maintenance of the irrigation systems has been neglected, leading to expensive rehabilitation costs (160 million euros in 2000-2004). At farm level water use efficiency remains low and the development of localised irrigation techniques is a major challenge. The environment is being degraded, the most severe forms being erosion and secondary salinisation (350 000 hectares).

The rehabilitation of saline soils passes by a decrease in salt content and the replacement of sodium by calcium on the exchange complex. Even though gypsum is the most frequent amendment, another option is sulphuric acid. The principle is to dissolve CaCO_3 to release calcium. This option is being developed in Morocco, where 5 small sulphuric acid generators are operational. Although the treated water is not strongly acid (pH 6,0 to 6,8), carbonates are partly dissolved and calcium released in the soil solution. Exchangeable sodium percentage decreased in the topsoil from 17 to 6 % in one week. Another possible option in carbonated soils is phytoremediation. Its principle is to use CO_2 produced by root and micro-organism respiration and the excretion of protons by the roots to acidify the soil and release calcium. Published results are comparable with those obtained with gypsum.

For all cultures except rice, the strategy is to leach the sodium salts through the soil. However, soil permeability strongly decreases when soluble salts are leached if the dominating cation is sodium. It is thus essential to bring the amendment before or simultaneously to the water to avoid practically irreversible soil degradation. Moreover, the discharge of large quantities of salted water in the water bodies poses considerable environmental threats. As a consequence, an Australian team has developed the concept of sequential biological concentration. The principle is to concentrate the salts in the drainage water by using the same water to irrigate increasingly tolerant plants. The resulting brine is then used for aquaculture, then distilled by solar energy to produce drinking water. The only resulting waste consists in easily disposable salts.

In the case of rice, the vertical drainage of the soil is strongly impaired, often due to handmade plough pan to keep the water in the topsoil. However, studies in Senegal and Camargue have shown that air entrapment between the groundwater and the surface water results in two separated water compartments. Simulations have proved that air entrapment is probably a widespread feature in submerged soils. Salts must thus be withdrawn in the surface water, in order to remove the salts from the topsoil. This rather inexpensive operation is usually enough to preserve soil quality. Soil structure is less important in submerged soils than in other environments. A study in Thailand indeed showed that Fe^{2+} played a role comparable to calcium in maintaining clay flocculation.

The gap keeps increasing between the developed countries, that can manage and rehabilitate their soils, and the developing countries, where the soils are seriously at risk in the medium term.

(Reçu le 25 mai 2005)



LES COLLOQUES

de l'Académie d'Agriculture de France

IRRIGATION et DÉVELOPPEMENT DURABLE

Paris, 19 mai 2005

