



Projet INCO-WADEMED
Actes du Séminaire
Modernisation de l'Agriculture Irriguée
Rabat, du 19 au 23 avril 2004



Pratiques d'irrigation et rôle du drainage pour le contrôle de la salinité : Cas du périmètre irrigué de Kalaât Landelous en Tunisie

F.Slama¹, A. Bahri¹, S. Bouarfa², C. Chaumont², R. Bouhlila³

¹ INRGREF, BP n ° 10 Ariana 2080, Tunisie

² Cemagref, Montpellier, France

³ LMHE, Ecole nationale d'ingénieurs de Tunis, Tunisie

E-mail : sam.bouarfa@montpellier.cemagref.fr

Résumé - Les périmètres irrigués collectifs du nord de la Tunisie ont été équipés en drainage pour lutter conjointement contre la salinité et les engorgements hivernaux. En été, le fonctionnement du drainage est intimement lié aux pratiques de l'irrigation. Des systèmes de drainage ont été mis en place pour assurer le lessivage des sels et éviter l'hydromorphie, depuis 1986, dans la zone étudiée de la vallée de la Méjerda. L'utilité de la fonction de lessivage du drainage durant la période d'irrigation, qui induit des pertes en eau, doit être analysée à l'échelle de l'année hydrologique pour également tenir compte du lessivage provoqué par les précipitations hivernales. L'objectif est d'affiner la réflexion sur les pratiques d'irrigation économes en eau et dont les impacts en terme de salinité pourraient être maîtrisés par le drainage. La communication présente les résultats d'un suivi de l'irrigation et du drainage d'une parcelle de 1 ha, au sein du périmètre irrigué côtier de Kalaât Landelous, dans la basse vallée de la Mejerda au nord de la Tunisie. La parcelle est équipée d'un système de drains enterrés, espacés de 40 m débouchant dans un fossé à ciel ouvert, la salinité est mesurée quotidiennement à la station de pompage et des compteurs sont disposés en amont de chaque vanne d'irrigation. Les termes des bilans hydrique et salin ont été estimés. Ces bilans ont été évalués à l'échelle de l'année hydrologique 2001-2002 sur une culture de tomate après une intense saison d'irrigation au goutte-à-goutte au cours de l'été 2001. Les résultats témoignent d'apports en eau d'irrigation largement supérieurs aux besoins de la culture (de l'ordre de 1 000 mm au lieu de 600 mm requis) et d'un lessivage hivernal important par le drainage ; en effet, sur 25 t/ha de sels importés, environ 8 t/ha sont évacuées par les pluies. Ce lessivage hivernal par les pluies montre que des apports supplémentaires pour lutter contre la salinité accompagnant l'irrigation ne sont pas justifiés.

Mots clés : bilan hydrique, drainage, irrigation, irrigation au goutte-à-goutte, lessivage, pluie, salinité, sel, tomate, Tunisie, vallée de la Mejerda.

1 Introduction

En Tunisie, les ressources en sols et en eaux de bonne qualité sont limitées, notamment dans la basse vallée de la Mejerda au nord. De plus, pour créer de nouvelles zones irriguées, il est

fréquent d'implanter des périmètres sur des sols médiocres et d'utiliser des eaux chargées en sels pour l'irrigation. Il en résulte des risques de salinisation à plus ou moins long terme. Les problèmes de salinisation rencontrés dans les périmètres irrigués sont également associés à un manque de maîtrise et de contrôle d'une nappe peu profonde et salée.

Cette situation impose la mise en place de systèmes de drainage pour assurer le lessivage des sels et éviter l'hydromorphie. Le drainage a également permis la récupération de sols salés et hydromorphes (CRUESI, 1968[3]).

Dans le contexte de la basse vallée de la Mejerda, le climat est semi-aride et les pluies hivernales contribuent au lessivage des sels. Il demeure donc important de définir les justes besoins en drainage pour parvenir à cet objectif dans un contexte d'économie d'eau en irrigation et de soucis environnementaux (Bouarfa *et al.*, 2002[2]). Il s'agit donc de concevoir et d'entretenir des réseaux qui permettent de concilier économie de l'eau et durabilité des périmètres irrigués.

Notre étude s'insère dans le cadre des travaux sur le drainage conduits antérieurement par le CRUESI (1970[4]). Elle vise à comprendre le fonctionnement hydraulique et salin du drainage et à acquérir des références locales et régionales en matière de drainage.

Pour répondre à ces objectifs, nous avons mené une étude expérimentale dans le périmètre irrigué de Kalaât Landelous dans la basse vallée de la Mejerda, pour la campagne de mesures 2001-2002, sur une parcelle d'environ 1 ha de ce périmètre.

2 Matériel et méthodes

Le périmètre de Kalaât Landelous se situe au Nord-Est de la Tunisie, à proximité de la mer. Il couvre une superficie de 2 905 ha dont une partie gagnée sur des zones marécageuses et saumâtres de l'embouchure de l'oued Mejerda. Le climat est méditerranéen semi-aride supérieur, à nuance maritime, avec une pluie annuelle de 450 mm et une évapotranspiration potentielle annuelle de 1 400 mm. Les sols sont alluvionnaires de texture argilo-limoneuse.

L'aménagement du périmètre a été entrepris en 1986. L'irrigation était pratiquée sans drainage artificiel avec une rotation des parcelles. Les cultures implantées étaient les céréales et le maraîchage irrigué par l'eau de la Mejerda. L'aménagement du périmètre comprend un réseau d'irrigation et un réseau de drainage. Le réseau d'assainissement et de drainage comprend un réseau tertiaire, un réseau secondaire, un réseau principal et enfin une station de pompage des eaux de drainage vers la mer. Les drains tertiaires ont une longueur de 150 m, un diamètre de 80 mm et un écartement de 40 m. Les collecteurs secondaires sont constitués de fossés à ciel ouvert d'une profondeur variant de 1,60 à 1,90 m, avec un écartement de 360 m. Ils débouchent dans deux émissaires principaux E1 et E2 qui véhiculent les eaux de drainage vers la station de pompage P4.

Le périmètre de Kalaât est divisé en unités parcellaires de 5 ha, desservies par une borne d'irrigation. L'eau de la Mejerda est pompée par la station P0 qui envoie l'eau au bassin de Zhana et au barrage de Kharba fournissant ainsi la charge nécessaire pour l'irrigation par aspersion ou au goutte-à-goutte. Pour alimenter le périmètre, l'eau transite par une station P2 ; les cultures maraîchères et fourragères sont préconisées pour valoriser ces terres et rentabiliser les équipements (AHT, 1998[1]).

Représentatif des conditions hydro-pédologiques de la région et des aménagements d'irrigation et de drainage, un secteur de 35 ha a été retenu comme référence de l'étude. Ce secteur illustre la variabilité des cultures présentes sur le périmètre, certaines sont irriguées et d'autres conduites en pluvial.

La parcelle étudiée couvre environ 1,13 ha, elle est drainée par trois drains enterrés, D13, D14

et D15 (figure 1).

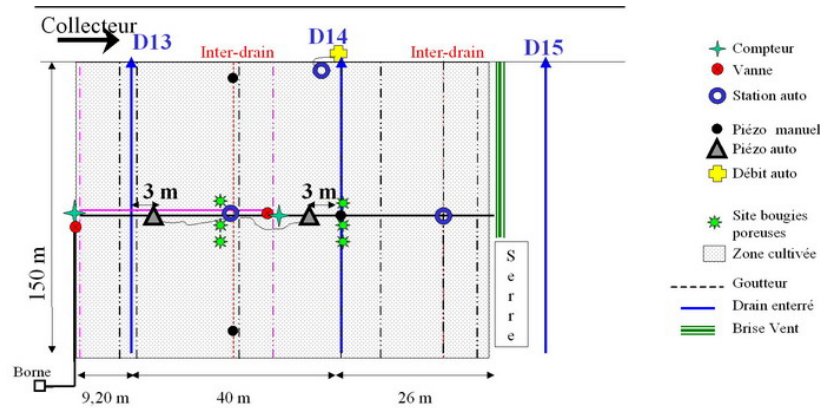


FIG. 1 – Disposition et instrumentation dans la parcelle de tomate.

Le système de culture de juillet 2001 à juin 2002 de cette parcelle est le suivant :

- juillet à octobre 2001, culture de tomate irriguée au goutte-à-goutte ;
- novembre à janvier 2001, jachère ;
- janvier à juin 2002, culture de blé, complément d'irrigation au goutte-à-goutte et par aspersion.

Pour quantifier les bilans hydrique et salin, nous avons suivi les variables climatiques, l'irrigation, la nappe et le drainage. Les bilans hydrique et salin seront établis à l'échelle de toute la parcelle et de la surface drainée par le drain D14. Quant à la période d'estimation de ces bilans, elle couvrira en premier lieu la saison de la tomate (pour la totalité de la parcelle) et l'année hydrologique (de juillet 2001 à juillet 2002 pour la surface drainée par le drain D14).

L'évapotranspiration de référence a été calculée à l'aide du programme ET_o conçu par la FAO (1999). Nous avons appliqué la formule de Penman-Monteith (FAO, 1998) calculée au pas de temps journalier à l'aide des moyennes de la vitesse du vent et de l'humidité de l'air et des températures maximale et minimale enregistrées quotidiennement. Ces données sont celles de la station expérimentale de Cherfech, à environ 15 km de Kalaât Landelous. La pluie est enregistrée à Kalaât Landelous au pas de temps horaire.

Pour suivre les doses d'eau d'irrigation, nous avons placé deux compteurs en amont de chaque vanne d'irrigation (figure 1). Un calendrier d'irrigation a été établi par l'agriculteur, indiquant pour chaque secteur les heures de début et de fin de l'irrigation, ainsi que les relevés des deux compteurs. La salinité des eaux d'irrigation est fournie par la SECADENORD (Société d'exploitation du canal et des adductions des eaux du Nord) à partir des mesures faites quotidiennement à la station de pompage des eaux d'irrigation.

La parcelle a été équipée de deux stations d'enregistrement automatique du niveau de la nappe. Une station près de l'interdrain D13-D14 comporte un capteur à ultrason (servant à déterminer le niveau horaire de la nappe) et une sonde de conductivité, et deux capteurs à ultrason sont placés chacun à 3 m du drain D13 et du drain D14. Une autre station placée au niveau de l'interdrain D14-D15 comporte uniquement un capteur à ultrason. En parallèle, nous avons installé deux sites de bougies poreuses en milieu de parcelle (l'un près du drain et l'autre près de l'interdrain). Le site sur le drain permet de caractériser deux profondeurs (160 et 180 cm) avec 3 répétitions distantes de 1 m. Le site sur l'interdrain permet de caractériser trois profondeurs (130, 160 et 180 cm) avec également 3 répétitions distantes de 1 m. Toutes les bougies sont placées dans des horizons saturés. Les prélèvements sont effectués selon une fréquence de 15 jours avec une purge de toutes les bougies la veille du prélèvement.

Le débit et la qualité des eaux de drainage sont suivis manuellement à raison de trois fois par semaine pour les trois drains. Une station automatique, installée au niveau du drain D14, enregistre au pas de temps horaire la hauteur de la lame d'eau drainée.

3 Résultats et discussion

Les différents résultats expérimentaux seront discutés : il s'agit tout d'abord d'analyser le bilan, notamment salin, à l'échelle de la culture de tomate irriguée au goutte-à-goutte. Ensuite, le bilan salin de l'année hydrologique 2001-2002 sera présenté.

3.1 Bilan saisonnier

Au cours du cycle d'irrigation de la tomate, nous observons d'importantes fluctuations de la nappe. La nappe atteint fréquemment 30 cm de profondeur et elle affleure à trois reprises (figure 2).

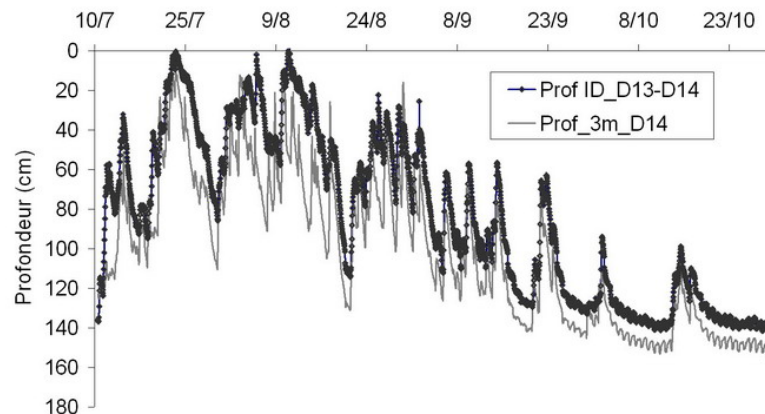


FIG. 2 – Evolution horaire de la profondeur de la nappe au niveau de l'interdrain D13-D14 et à 3 m du drain D14, pour la période du 10 juillet 2001 au 30 octobre 2001.

En effet, de la mi-juillet à la mi-octobre, l'irrigation est continue et intensive. Les lames journalières atteignent 11 mm et à la fin de la culture, la lame cumulée enregistrée est d'environ 1 000 mm, soit 10 000 m³/ha (figure 3). Ces doses sont très supérieures aux besoins de la culture (calculé plus loin, $K_c \times ET_o = 490$ mm). Cette pratique témoigne de l'absence d'une maîtrise de l'irrigation au goutte-à-goutte par l'agriculteur.

Une estimation globale des quantités d'eau entrées et sorties a été faite à l'échelle de la parcelle, du 10 juillet au 14 octobre 2001. L'analyse des cumuls des irrigations et de la pluie (entrées) et, ceux de l' ET_o et de la lame drainée par les trois drains (figure 4) montre que :

- irrigation + pluie $\approx 1\ 032$ mm ;
- drainage ≈ 240 mm ;
- $ET_o \approx 428$ mm ;
- $K_c \times ET_o \approx 490$ mm.

Où K_c est le coefficient cultural de la tomate à un stade bien développé, il peut être donc pris égal à 1,15 (FAO, 1975[5]). Le bilan est positif d'environ 300 mm. Ceci peut être expliqué par une alimentation latérale des parcelles adjacentes qui ne sont pas irriguées, du fait qu'on ne comptabilise pas la quantité d'eau drainée par le fossé et

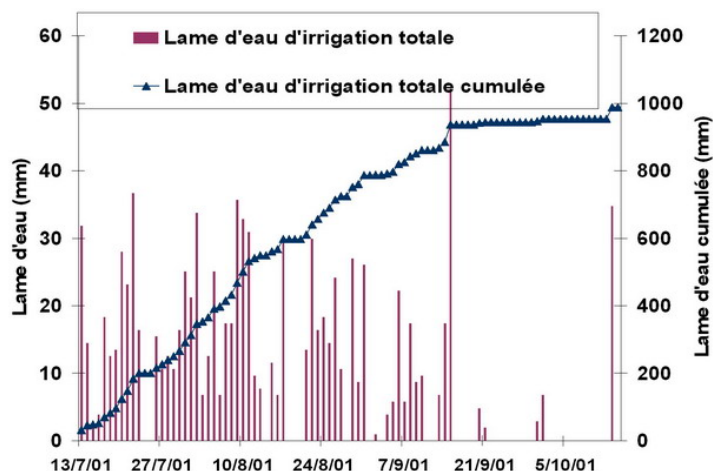


FIG. 3 – Lame d'eau d'irrigation journalière et cumulée à l'échelle de la parcelle du 13 juillet 2001 au 14 octobre 2001.

par la percolation profonde. Notons, également, que le drainage représente 24 % de l'irrigation.

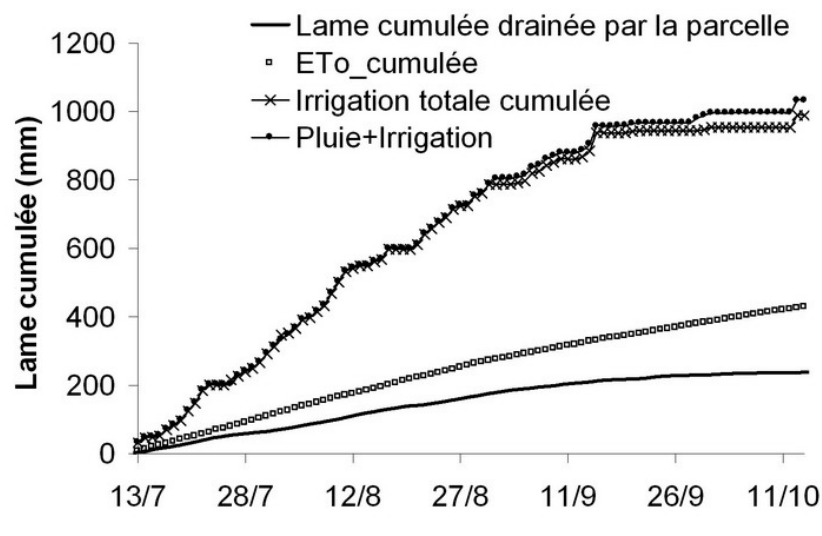


FIG. 4 – Evolution des cumuls des lames d'eau d'irrigation, de la pluie, de l' ET_o et du drainage entre le 10 juillet 2001 et le 14 octobre 2001.

Les quantités de sels importés et exportés ont été estimées à l'échelle de la parcelle en se basant sur le bilan de l'eau et les salinités respectives de l'eau d'irrigation (environ 2 g/l) et des eaux de drainage (environ 6 g/l). Représentées sous forme de cumuls (figure 5), les quantités importées s'équilibrent avec les quantités exportées, à cette échelle de temps, en considérant les incertitudes exprimées sur le bilan hydrique.

Toutefois il est important d'analyser le bilan des sels à l'échelle de l'année pour comprendre le rôle des pluies dans le lessivage des sels.

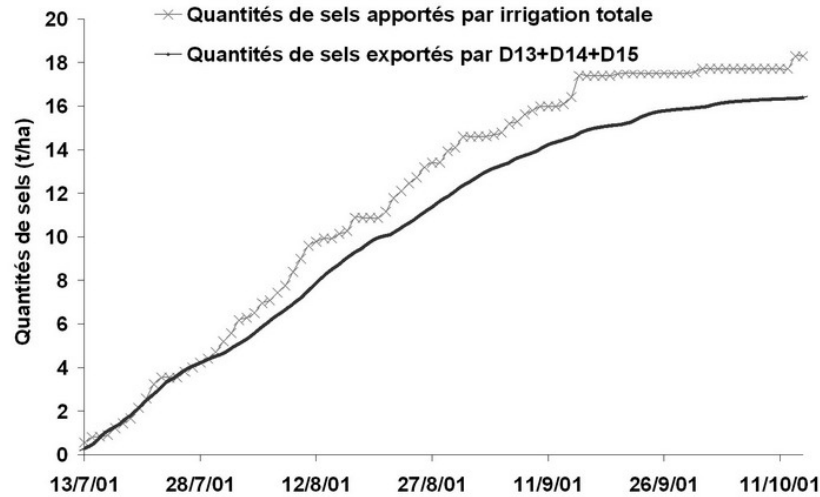


FIG. 5 – Evolution des cumuls des sels importés et exportés à l'échelle de la parcelle entre le 13 juillet 2001 et le 14 octobre 2001.

3.2 Bilan annuel

Sur l'année hydrologique (juillet 2001 à juillet 2002), nous avons estimé la quantité de sels exportés par le drain D14 (équipé d'une station d'enregistrement automatique). La quantité exportée durant cette période est de l'ordre de 25 t/ha (figure 6). Etant donné que le blé a été conduit en pluvial avec un complément d'irrigation n'excédant pas 200 mm, nous pouvons conclure que la majeure partie des sels importés provient de l'irrigation de la tomate. Durant cette culture de tomate, environ 17 t/ha de sels ont été exportées contre 8 t/ha de sels exportées par les pluies. Notons également que le cumul des pluies durant cette année hydrologique est inférieur à 350 mm, ce qui correspondrait à une année sèche. Cela nous amène à déduire que les pluies contribuent à une évacuation importante (environ le 1/3) des sels. Si l'agriculteur avait appliqué une dose proche des besoins de la tomate (environ 600 mm, ce qui conduirait à importer seulement 12 t/ha de sels); la majeure partie des sels importés seraient évacués par les pluies hivernales.

4 Conclusion

Le dispositif expérimental a permis d'estimer les bilans hydrique et salin à différentes échelles d'espace (la parcelle et la surface drainée par le drain D14) et de temps (la saison de la tomate et l'année hydrologique).

Au cours de la culture de tomate irriguée au goutte-à-goutte, nous avons enregistré une lame d'eau d'irrigation de 1 000 mm (soit 10 000 m³/ha). Ces apports sont largement supérieurs aux besoins de la culture puisque $K_c \times E_t$ est de l'ordre de 500 mm. Cette pratique témoigne de l'absence de la maîtrise de l'irrigation au goutte-à-goutte qui ne peut être considérée, dans ce cas, comme un système économe en eau.

L'analyse du bilan annuel montre une importante évacuation des sels par les pluies hivernales dans des conditions d'année sèche. En effet, 8 t/ha de sels sur un total annuel de 25 t/ha sont évacuées par les pluies. L'importance de ce lessivage hivernal conforte l'idée que des apports supplémentaires pour lutter contre la salinité, accompagnant l'irrigation, ne sont pas justifiés.

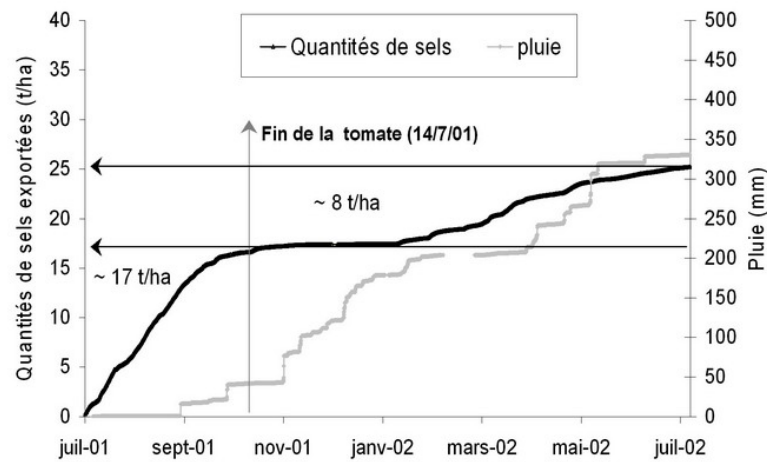


FIG. 6 – Cumuls des quantités de sels exportées par le drain D14 et de la pluie du 6 juillet 2001 au 6 juillet 2002.

Références

- [1] AHT International, 1995. Rapport de mission n° 6 : programme de suivi de la salinité des sols et de la qualité de l'eau. Analyse globale de la situation dans les périmètres irrigués. Ministère de l'Agriculture, CRDA de Bizerte et de l'Ariana, Tunis, Tunisie.
- [2] Bouarfa, S., Hammani, A., Debbarh, A., Zimmer, A., Taky, A., Chaumont, C., Vincent, B., Zerouali, M. 2002. Drainage design in the Gharb plain in Morocco. Kluwer Academic Publishers Irrigation and Drainage Systems, Pays-Bas, p. 89-110.
- [3] CRUESI-Tunisie, UNESCO, 1968. Lessivage des sols salés d'Utique. Note technique n° 4, Tunis. 12 p. + cartes.
- [4] CRUESI-Tunisie, PNUD-UNESCO, 1970. Recherche et formation en matière d'irrigation avec des eaux salées, 1963-1969. Rapport technique, Tun. 5, Paris, France. 256 p.
- [5] FAO, 1975. Les besoins en eau des cultures. Bulletin d'irrigation et de drainage, 24.
FAO, 1998. Crop evapotranspiration. Irrigation and drainage paper, 56.