

Localised irrigation performance in a date palm orchard in the oases of deguache

Etude des paramètres de performance de trois techniques d'irrigation localisée sous palmiers dattiers dans les oasis de Deguache

L. DHAOUADI ¹, A. BOUGHDIRI ², I. DAGHARI ³, S. SLIM ², S. BEN MAACHIA ¹, C. MKADMIC⁴

¹ Regional Research Center for Oasis agriculture of Deguache, Tunisia.

² School of Higher Education of Agriculture in Mateur, Tunisia.

³ National Institute in Agronomy of Tunisia, Carthage University, Tunisia.

⁴ Faculty in Science of Gafsa, Gafsa University, Tunisia

*Corresponding author: Latifa_hydro@yahoo.fr

Abstract - The scarcity of irrigation water combined with the effect of climate change and poor management in oases; pose a major threat to the sustainability of the oasis ecosystem. In order to increase the yield of date products while coping with the weather conditions in Tunisia, subsidies were granted to farmers with the aim of practicing water saving techniques and improving the efficiency of use of water, Water in irrigated areas. However, despite these incentives, the productivity of water in irrigation of date palms remains far from predicted.

The aim of this work is to identify the best efficient irrigation system under the date palm. It consists mainly of an evaluation of the different irrigation techniques that are currently applied under date palms in the Tunisian oases, namely irrigation by mini diffuser, by bubbling and by underground irrigation. The experiments were carried out within an oasis plot of Deguache. The coefficient of uniformity exceeds 85% for the three localized techniques. The most efficient application of irrigation water was 57% for bubbler irrigation system. The best yield and the best productivity of the water were obtained by the technique of drip irrigation, they were respectively 66 kg / palm and 0.66 kg / m³.

Keywords: Date palm, oasis, localized irrigation, efficiency of application, water use efficiency

Résumé - La rareté des eaux d'irrigation conjuguée à l'effet des changements climatiques et leur mauvaise gestion dans les oasis ; présentent une grande menace pour la durabilité de l'écosystème oasien. Pour augmenter le rendement en produits dattiers tout en faisant face aux aléas climatiques en Tunisie, des subventions ont été accordés aux agriculteurs dans le but de pratiquer des techniques d'économie d'eau et d'améliorer l'efficacité d'utilisation de l'eau dans les périmètres irrigués. Toutefois, malgré ces incitations, la productivité de l'eau en irrigation des palmiers dattiers reste loin des prévisions.

L'objectif de ce travail est l'identification de la technique d'irrigation la plus efficace sous le palmier dattier. Il consiste principalement en une évaluation des différentes techniques d'irrigation qui sont actuellement appliquées sous palmier dattier dans les oasis tunisiennes à savoir l'irrigation par mini diffuseur, par barboteur et par l'irrigation souterraine. Les expérimentations ont été menées au sein d'une parcelle oasienne de Deguache. Il s'en sort que le coefficient d'uniformité dépasse 85% pour les trois techniques localisées. La meilleure efficacité d'application d'eau d'irrigation (57%), le meilleur rendement et la meilleure efficacité ont été obtenus par la technique d'irrigation par barboteur. Ils ont été 66 kg/palmier et 0,66 kg /m³ respectivement.

Mots clés : Palmier dattier, oasis, irrigation localisée, efficacité d'application, efficacité de l'utilisation de l'eau

1. Introduction

Les oasis jouent un rôle important dans le développement des régions arides et désertiques puisqu'elles représentent une source d'emploi et de revenu pour une majorité de populations du Sud qui y vivent. Elles constituent des milieux fertiles par leurs un milieu hautement productif en fournissant des produits agricoles à hautes valeurs marchandes, notamment les dattes qui occupent une place importante dans l'économie du pays de certains pays. Les oasis à palmiers dattiers dans le monde se répartissent sur tous les continents avec une concentration dans au niveau de la région élargie du MENA (Algérie, Maroc, Egypte, Jordanie et Tunisie) avec plus que 96 % dont 32,4 % en Afrique du nord (Sghair, 2014). Les autres localisations secondaires sont en Californie aux USA (0,48%), en Espagne (0,48%, palmeraie d'Elche), au Pérou en Amérique du sud (0,05%) en Australie (désert du Queensland) (Belguedj, 2010) (Figure 1).

Sghair (2014) a classé les oasis tunisiennes comme suit :

- Les oasis continentales qui prédominent avec 33 723 ha soit 83 % de l'ensemble des oasis. Ces oasis contiennent plus que 89% de l'effectif total des palmiers dattiers du pays et contribuent à 85% de la production nationale des dattes. Ces oasis se répartissent elles-mêmes en oasis sahariennes et oasis de Montagnes.

- Les oasis littorales se situent essentiellement dans la région de Gabès et occupent 7 080 ha soit 15 % de l'ensemble et contiennent 10 % de l'effectif total des palmiers. La culture du palmier dattier est représentée par des variétés comme Bouhattem, Lemsi, Arichti, et d'autres variétés communes qui contribuent par 16% dans la production nationale.

Dans les zones oasiennes tunisiennes, la culture du palmier dattier constitue l'activité agricole dominante. Le palmier dattier constitue la réelle ossature de l'économie de ces zones, en particulier dans le Nefzaoua et le Djérid, où il dynamise non seulement l'essentiel de leur agriculture mais aussi l'essentiel de leurs industries manufacturières (stockage et conditionnement des dattes) et une bonne partie de leurs services marchands (commerce, transport, etc.). En effet, la production agricole du pays où l'exportation des dattes représente 16 % des exportations agricoles du pays. De ce fait, la Tunisie prend le 4^{ème} rang mondial pour le volume des exportations est le 4^{ème} exportateur mondial de dattes et le 1^{er} pour la valeur des exportations (Abdedayem, 2015).

Ces régions oasiennes disposent de 13 % des ressources des nappes phréatiques de la Tunisie, soit près de 96,1 Mm³/an (nappes d'oasis et alluviales). Les nappes d'oasis, les plus sollicitées dans le Eljérid, sont alimentées essentiellement par les eaux de drainage et du surplus des eaux d'irrigation. Leur salinité est élevée (3 à 10 g/l). En revanche, les régions oasiennes dotées de ressources en eau profondes, totalisent 651,5 Mm³ sur les 1421 Mm³/an disponibles pour toute la Tunisie, soit plus de 46% des ressources en eau profondes totales du pays dont 63 % de ces ressources sont situées à Eljérid et Nefzaoua.

L'irrigation telle que pratiquée dans ces oasis n'est pas conduite en fonction des besoins réels des cultures. Ainsi cette gestion peut induire des stress hydriques et par conséquent des chutes de rendement, ou au contraire un apport d'eau important et un gaspillage de la ressource. Les agriculteurs sont conscients de la nécessité d'améliorer la gestion des eaux d'irrigation dans les oasis. Le groupement de l'agriculture Bio-Dynamique et la société Bani Greb, dans les oasis de Hizwa (Djérid oasis), sont les premiers qui ont introduit (depuis 2009) la nouvelle technique localisée par barboteurs sous les palmiers dattiers. Jusqu'à la fin de l'année 2015, les techniques d'irrigation localisée adoptées par les agriculteurs sont essentiellement les mini-diffuseurs et l'irrigation souterraine.

Dans ce travail, des essais expérimentaux ont été menés pour identifier la technique d'irrigation la plus efficace pour le palmier dattier dans la zone de Déguache (oasis d'Eljérid).

On a commencé par l'analyse expérimentale de l'irrigation par barboteurs telle qu'est pratiqué par l'agriculteur (date et durée d'irrigation, débit, espacement et nombre de distributeurs). Un essai d'évaluation de la technique d'irrigation souterraine et par mini diffuseur a été effectué en appliquant le même volume fourni par barboteur. Ensuite une étude de la dynamique de l'eau, dans le sol irrigué par un seul barboteur, a été effectuée.

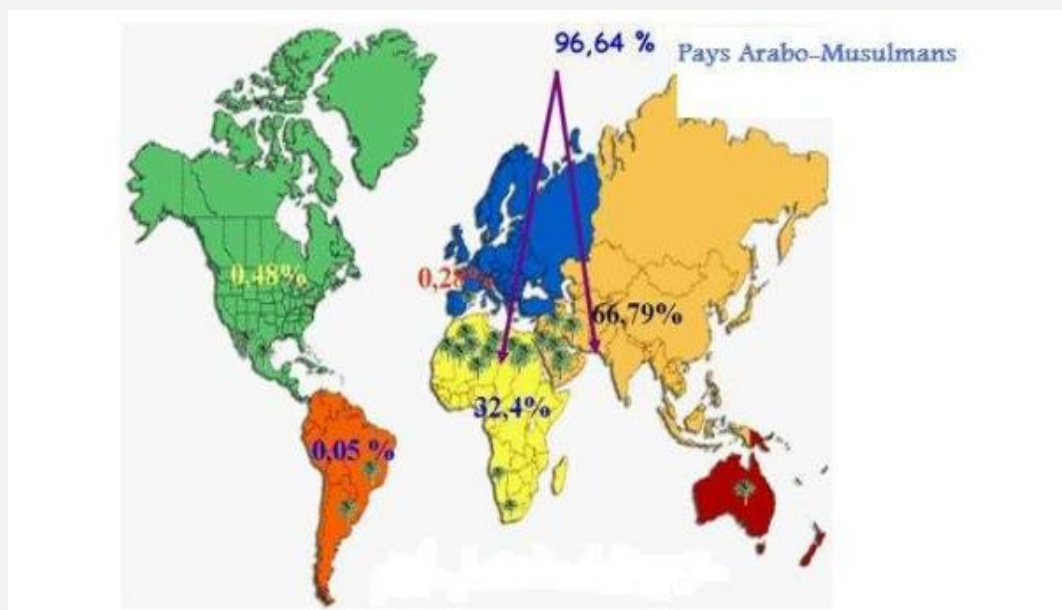


Figure 1: Répartition géographique des oasis à palmier dattier dans le monde (Belguedj, 2010).

2. Matériel et méthodes

2.1. Présentation du site

L'exploitation expérimentale est située sur le versant du Chott Eljérid au Nord-ouest de l'ancien oasis de Déguache. Cette parcelle appartient au Centre Régional de Recherche en Agriculture Oasienne. La superficie totale a été de 4 hectares irrigués à partir des eaux de forage alimentant une borne d'irrigation par l'intermédiaire d'un bassin de stockage. Une partie de cette superficie occupe 2025 m² implantée par des palmiers a été suivi.

2.2. Expérimentations réalisées

2.2.1. Paramètres physiques du sol

- L'analyse granulométrique des différentes échantillons prélevées à différentes profondeurs : 30, 60, 90 et 120 cm montre que la texture du sol est sablonneuse (Dhaouadi et al., 2015).
- La densité apparente du sol déterminée par la méthode des cylindres.
- La conductivité hydraulique à la saturation a été déterminée par la méthode de Muntz.
- Les teneurs en eau à la capacité au champ et au point de flétrissement ont été déterminées par la méthode de la marmite de Richard sur une profondeur de 120 cm et tous les 30 cm.

2.2.2. Teneur en eau

La détermination de la teneur en eau dans le sol a été effectuée par la méthode gravimétrique (fr.mt.com/mt_ext_files/Editorial/.../5/.../Appl_Moisture_f.pdf). A l'aide d'une tarière, on a fait des prélèvements des échantillons de sol aux profondeurs 30 cm, 60 cm, 90 cm, et 120 cm pour chaque technique avant et après irrigation. Avec cette méthode les échantillons collectés sont pesés puis mis dans une étuve à 105° C jusqu'à atteindre un poids constant. L'équation de la teneur en eau volumique d'un échantillon est :

$$\theta = \left(\frac{P_h - P_s}{P_s} \right) * D_a \quad (1)$$

Avec, θ : teneur volumique en eau du sol (%), P_h : poids humide de l'échantillon (g), P_s : poids sec de l'échantillon (g), D_a : densité apparente du sol (g/cm³).

2.3. Protocole expérimental

Les essais ont été menés dans une parcelle de superficie 2025 m², ayant une forme carré de coté 45 m implanté par des palmiers dattiers espacées de 8 x 8m. Trois techniques d'irrigation localisée ont été adoptées dans cette parcelle, à savoir : l'irrigation souterraine, l'irrigation par les mini-diffuseurs et l'irrigation par barboteurs. La parcelle est irriguée à partir d'une borne sous pression, alimentée à

partir d'un forage profond (figure 3). Deux rampes sont installées de part et d'autre de la ligne de palmier, espacées de 1,2 m qui alimentent les distributeurs. Les caractéristiques des techniques d'irrigation étudiées sont :

- Irrigation par des barboteurs: caractérisée par des barboteurs de débit 360 l/h, espacés de 1,5 m. Les barboteurs sont installés sur deux rampes espacées de 1,2 m, soit deux barboteurs par palmier.
- Irrigation souterraine : Les émetteurs sont installés à une profondeur de 30 cm, de débit 324 l/h. Quatre émetteurs alimentent en eau un palmier, soit deux émetteurs par rampe espacés de 1,2 m.
- Irrigation par des mini-diffuseurs: le débit d'un mini-diffuseur est de 252 l/h, quatre mini-diffuseurs par palmier ont été installés. L'étude de ces différentes techniques a été effectuée en appliquant le même volume d'eau, soit 3600 l d'eau d'irrigation. Les durées d'arrosage ont été de 2.7 h, 3 h et 5 h respectivement pour l'irrigation souterraine, l'irrigation par des mini-diffuseurs et l'irrigation par les barboteurs. La comparaison entre ces techniques a été effectuée sur la base plusieurs de paramètres telles que la dynamique de l'eau dans le sol, l'uniformité de distribution, l'efficacité d'application et la productivité de l'eau.

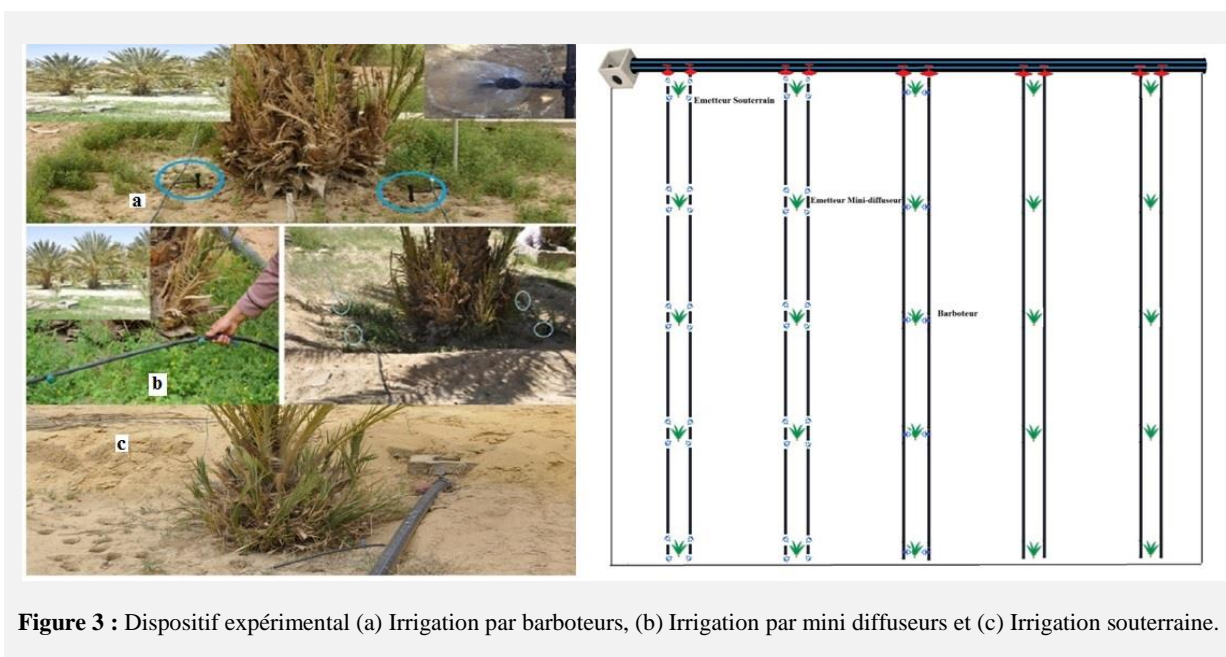


Figure 3 : Dispositif expérimental (a) Irrigation par barboteurs, (b) Irrigation par mini diffuseurs et (c) Irrigation souterraine.

2.4. Uniformité de l'irrigation

L'homogénéité de la répartition de l'eau à l'échelle de la parcelle a été évaluée en se référant au test d'uniformité établi par le CEMAGREF, qui consiste à mesurer les débits de 16 distributeurs bien répartis conformément à l'approche de Keller et Karmelli (CEMAGREF, 2003). Le coefficient d'uniformité (C_u) est déterminé en utilisant l'expression de Keller et Karmelli (1974).

2.5. Efficacité de l'utilisation de l'eau

L'efficacité de l'utilisation de l'eau (WUE) pourrait être définie de plusieurs manières. Toutes les définitions potentielles consistent en une certaine quantité de production par unité de volume d'eau apportée.

$$WUE (Kg/m^3) = \frac{\text{Rendement (Kg/palmier)}}{\text{Volume d'eau apportée (m}^3\text{)}} \quad (3)$$

2.6. Efficacité d'application de l'eau

L'efficacité d'application de l'eau à la parcelle (E_a) est communément définie par le rapport (Marvin 2007):

$$Ea (\%) = \left[\frac{\text{Stock d'eau après irrigation} - \text{Stock avant irrigation}}{\text{Volumé délivrée en m}^3} \right] \times 100 \quad (2)$$

3. Résultats et discussion

3.1. Caractérisation des sols in-situ

L'analyse granulométrique montre que la texture du sol est sablonneuse (Dhaouadi et al., 2015). Pour ce type de sol, les apports d'eau devraient être bien maîtrisés pour éviter des pertes par lixiviation des éléments minéraux apportés. Il est conseillé donc de fractionner au maximum les doses d'irrigation.

- La densité apparente moyenne du sol a été 1.44 g/cm^3 , varie légèrement en fonction de la profondeur. La valeur maximale est de 1.51 g/cm^3 (Dhaouadi et al. 2015), proche de celle enregistrée par Mkadmi (2012) pour un sol oasisien (1.59 g/cm^3). Ce sol n'est pas durablement compact et ne nécessite pas des améliorations (Maitre et al. 2014).

- La conductivité hydraulique à la saturation est égale à 2.410^{-3} cm/s (Dhaouadi et al., 2015).

- Les teneurs en eau à la capacité au champ et au point de flétrissement ont été déterminées. Elles ont été évaluées sur une profondeur de 1,20 m et tous les 30 cm. A la capacité au champ La teneur en eau la capacité au champ varie de 9 à 12%. Au point de flétrissement, elle est de 6%. En effet la réserve utile est faible, elle oscille entre 9 et 18 mm.

Tableau 1 : Les teneurs en eaux caractéristiques du sol dans la parcelle d'étude

| Profondeur (cm) | θ_{cc} (%) | θ_{pf} (%) | RU (mm) |
|-----------------|-------------------|-------------------|---------|
| -30 | 12 | 6 | 18 |
| -60 | 11 | 6 | 15 |
| -90 | 12 | 6 | 18 |
| -120 | 9 | 6 | 9 |

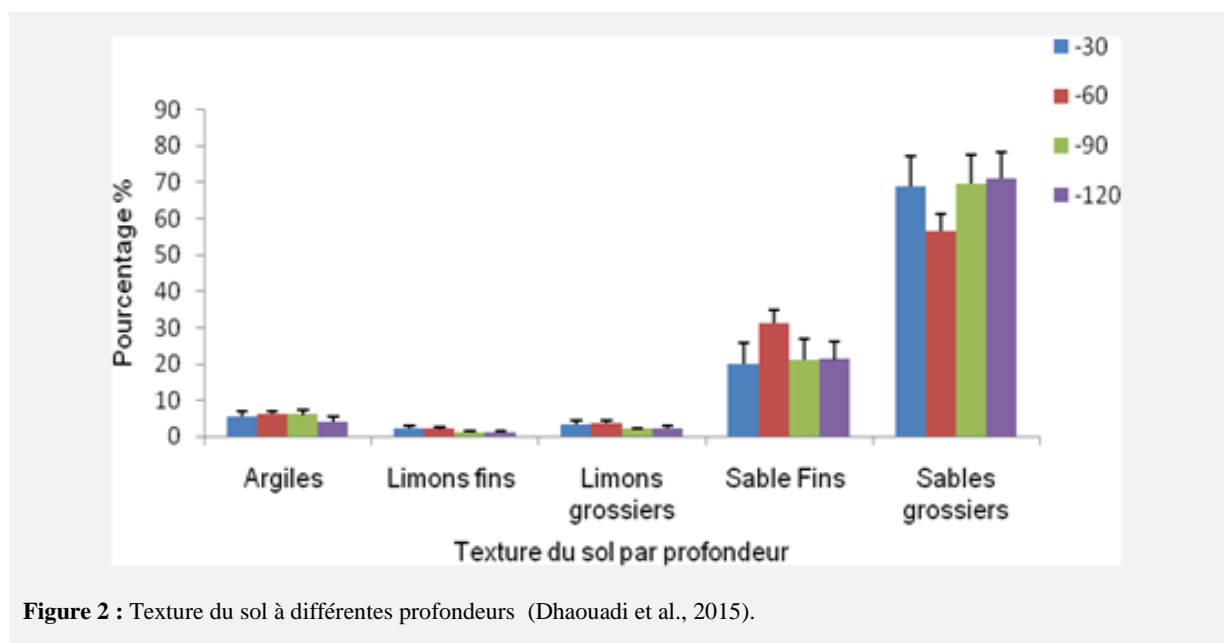


Figure 2 : Texture du sol à différentes profondeurs (Dhaouadi et al., 2015).

3.2. Qualité des eaux d'irrigation

Des analyses physico-chimiques des eaux du forage ont été réalisées. Ces analyses portent sur la température, le Ph, la conductivité électrique, le résidu sec et les teneurs en ions (tableau 2). La salinité de l'eau d'irrigation n'a pas dépassé 2 g/l, valeur considérée acceptable pour l'irrigation des palmiers dattiers. L'activité relative des ions de sodium dans les réactions d'échange s'exprime par la détermination du SAR dont la valeur est de 6,37. Les résultats d'analyses sont résumés dans le tableau suivant:

Tableau 2 : Analyses physico-chimiques des eaux d'irrigation dans la parcelle d'étude (Dhaouadi et al., 2015)

| Eaux de forage | | | |
|---------------------------------|-------|--------|-------|
| Température (°C) | 25,3 | 6 | 70 |
| pH | 7,46 | 6 | 60 |
| Conductivité électrique (µs/cm) | 3,38 | 6 | 68 |
| Résidu sec (mg/l) | 1,91 | 6 | 32 |
| Teneur en ions | mg/l | Mmol/l | Meq/l |
| Calcium | 152,8 | 3,82 | 7,64 |
| Magnésium | 78,04 | 3,21 | 6,42 |
| Sodium | 3,89 | 16,91 | 16,91 |
| Potassium | 23 | 0,58 | 0,58 |
| Bicarbonate | 352 | 5,77 | 5,77 |
| Sulfate | 427 | 4,44 | 8,89 |
| Chlorure | 568 | 16 | 16 |
| Nitrate | 8,7 | 0,14 | 0,14 |

3.3. Suivi de la teneur en eau

3.3.1. Irrigation souterraine

Pour cette technique, la durée d'irrigation était 2,7 heures. La teneur en eau moyenne initiale était environ 7%. Elle oscille entre 6 et 9 % ; des valeurs légèrement supérieures à θ_{pf} . A la fin de l'irrigation la teneur en eau maximale atteint 20% ; la moyenne était 17%. L'humidité du sol diminue progressivement au cours du temps pour atteindre 14% . Le rayon humecté, à la fin de l'irrigation a été environ 120 cm où les teneurs moyennes en eau ont été de 9% et 18% respectivement pour tout le profil et aux alentours du point d'émission.

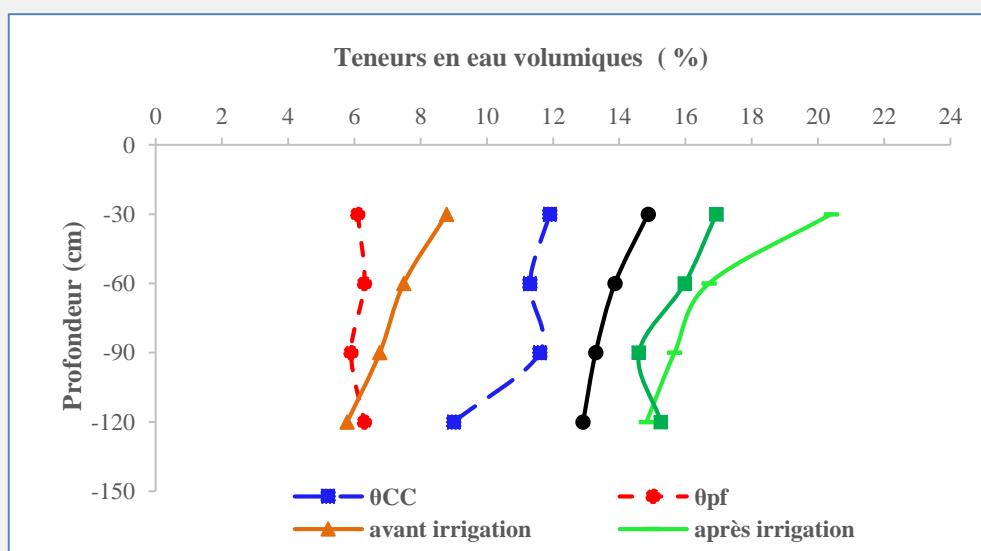


Figure 4 : Profil hydrique du sol tout près du palmier irrigué par la technique d'irrigation souterraine

3.3.2. Irrigation par mini-diffuseurs

L'irrigation pratiquée par cette technique a duré 3 heures. La teneur en eau moyenne initiale (7%) était légèrement supérieure à la teneur en eau θ_{pf} (6%). La valeur maximale (9%) a été enregistrée au niveau de l'horizon 0-30 cm (figure 5). Juste à la fin de l'irrigation l'humidité de sol oscille entre 15 et 17% en fonction de la profondeur. La diminution de la teneur en eau en fonction du temps est régulière en fonction du temps et elle est remarquable sur toute la profondeur racinaire. Après 48 h, la teneur en eau moyenne minimale est de 13% qui est supérieure à la teneur en eau moyenne à la capacité au champ θ_{cc} (11%). A la fin de l'irrigation, la teneur en eau, par rapport à l'émetteur mini-diffuseur, est 17% sachant que le rayon du front humide est 110 cm où la valeur moyenne de l'humidité du sol est 14% sur toute la profondeur racinaire.

Le stock d'eau, juste après l'irrigation est environ 194 mm, qui est supérieur à la capacité au champ (132 mm). Dans ce cas la perte vaut 62 mm.

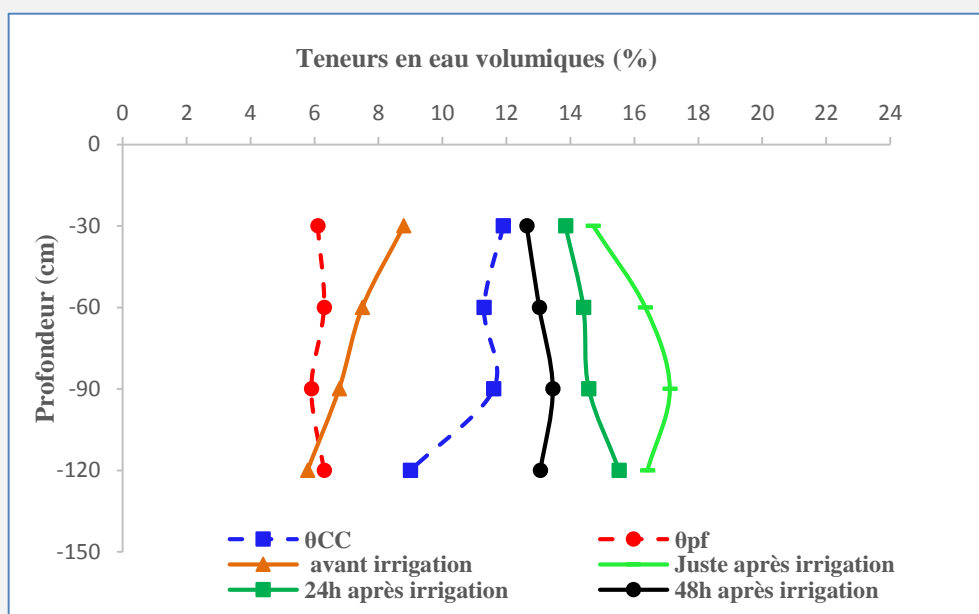


Figure 5 : Profil hydrique du sol tout près du palmier irrigué par le mini-diffuseur

3.3.3. Irrigation par barboteur

Avec cette technique, l'irrigation a duré 5 heures. La teneur en eau moyenne initiale ne dépassait pas 7%. Juste après irrigation, l'humidité minimale était environ 16%; valeur supérieure à θ_{cc} .

- A la fin de l'irrigation, le rayon humecté était de 170 cm. Les teneurs en eau moyennes sont de 19% tout près du barboteur, cette teneur décroît dans la zone non commune aux 2 barboteurs pour atteindre 14%.

- La distribution de l'humidité dans la zone racinaire est homogène et diminue régulièrement en fonction du temps. En effet, avant irrigation, elle ne dépasse pas 7%. Par contre, juste après irrigation, elle atteint 21% (à 60 cm du barboteur) mais elle n'a pas dépassé 10% à la limite du front d'humectation (à 140 cm du barboteur).

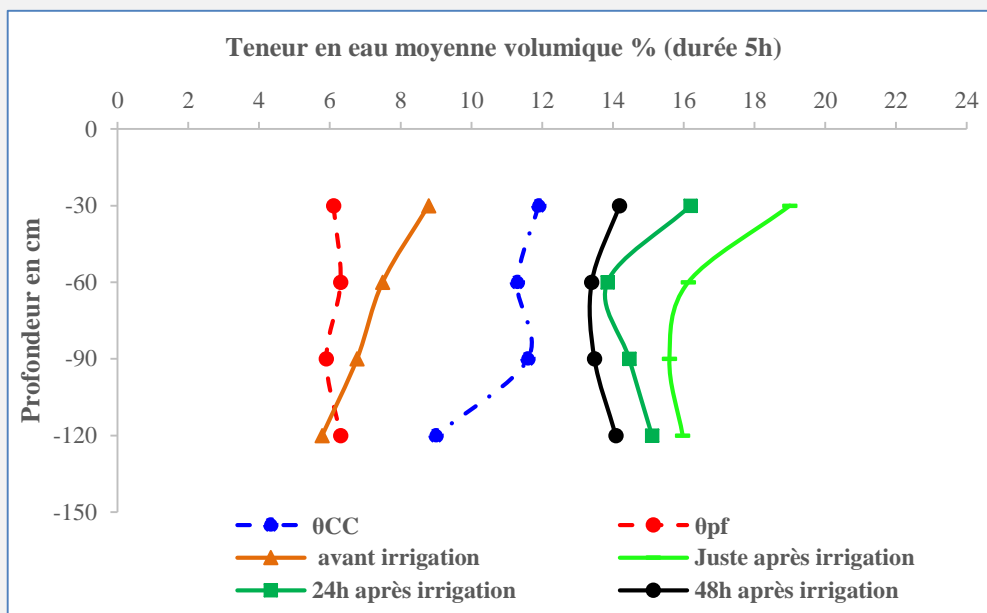


Figure 6: Profil hydrique tout près du palmier irrigué par barboteur

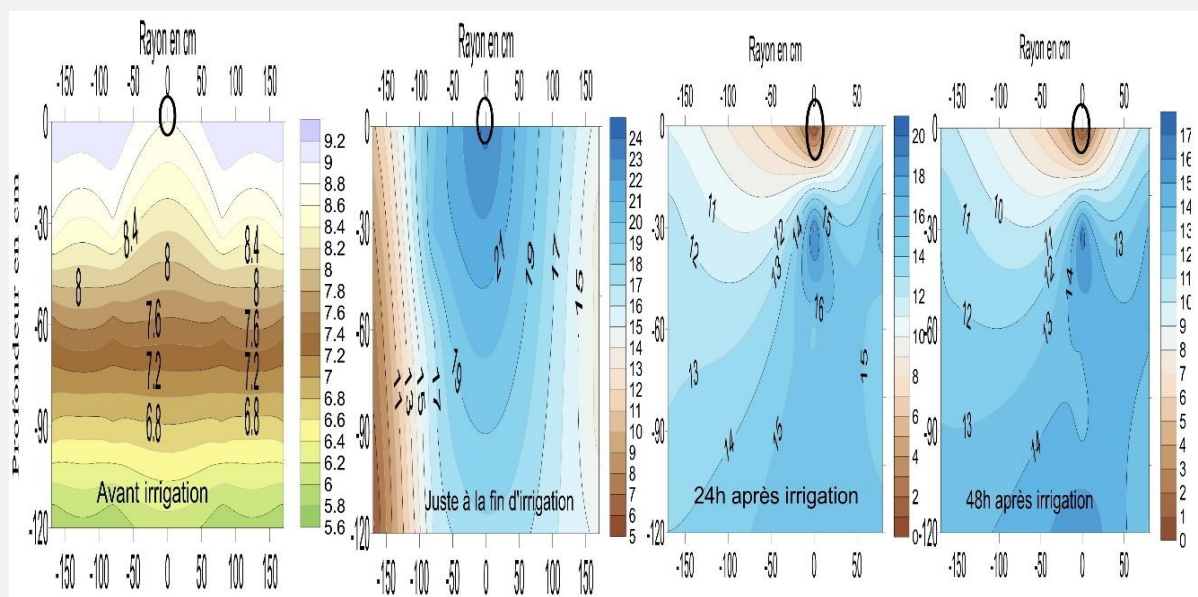


Figure 7 : Evolution spatio-temporelle des iso-teneurs en eau pour l'irrigation par barboteurs de durée 5h

3.4. Efficacité d'application

L'efficacité d'application de l'eau pour les différentes techniques adoptées était de 57%, 36 % et 30%, obtenues respectivement pour l'irrigation par barboteurs, souterraine et par mini-diffuseurs. Ces faibles efficacités obtenues, peuvent être expliquées par la faible capacité de rétention de l'eau du sol et les doses relativement excessives, Ce qui a engendré des pertes excessives d'eau par percolation.

3.5. Rendement

Les résultats d'analyse montrent que pour l'année 2013, les rendements moyens par palmier n'étaient pas significativement différents entre les trois techniques d'irrigation adoptées, soit 42 kg/arbre. En 2015, la production a été de 63, 59 et 66 kg/palmier en irrigation par mini diffuseurs, souterraine et par barboteurs respectivement. Le meilleur rendement obtenu a été enregistré par le barboteur. En

2011, Talat Farid Ahmed a prouvé que l'irrigation localisée de surface est plus rentable par rapport à l'irrigation localisée souterraine dans une palmeraie d'Al-Gassim (Saudia Arabia). Ce résultat ne concorde pas avec le travail qui a été élaboré par d'Al-Amoud (2006), sur l'irrigation souterraine sous palmier dattier dans la même région (AL-Gassim, Saudia Arabia), qui a recommandé que la technique d'irrigation souterraine appliquée par les agriculteurs peut favoriser une meilleure production par rapport aux autres techniques ou l'augmentation de la production peut atteindre 50%.

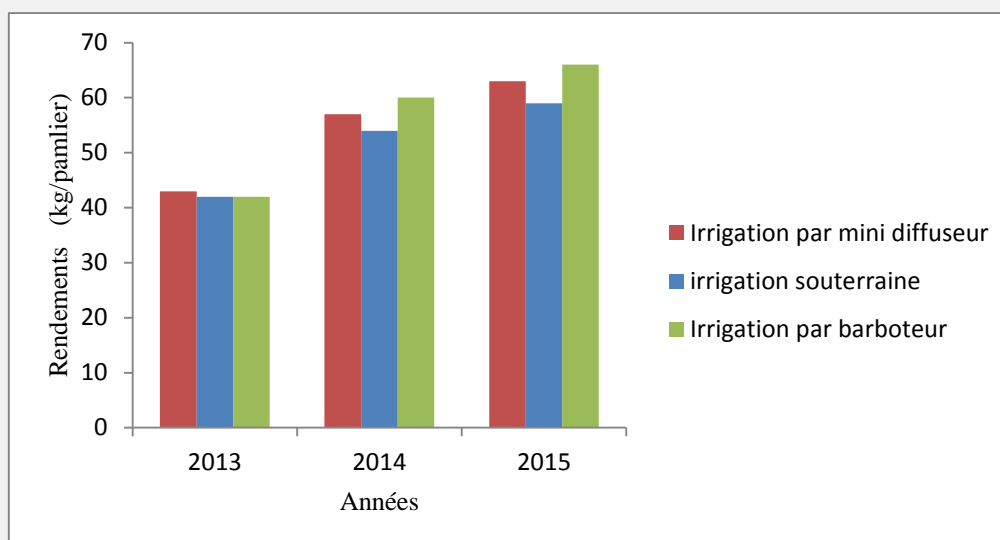


Figure 8 : Rendements moyens (kg) par palmier dans la parcelle d'étude

3.6. Efficience de l'utilisation de l'eau (WUE)

Les volumes moyens d'eau d'irrigation fournis durant les trois années d'études, en irrigation souterraine, irrigation par mini diffuseurs et en irrigation par barboteurs sont respectivement 169 m³/an, 13 m³/an et 101 m³/an. Ces volumes consommés permettent de calculer la productivité de l'eau ou bien l'efficience de l'utilisation de l'eau pour chaque technique d'irrigation étudiée. En comparant les techniques entre elles, La meilleure efficience a été enregistrée sous les barboteurs. En effet, en 2015, cette productivité a été de 0,66 kg/m³ ; 0,48 kg/m³ et 0,34 kg/m³ respectivement pour l'irrigation par barboteurs, par mini diffuseurs et l'irrigation souterraine. L'efficience a été de 0,42 kg/m³ en 2013 et 0,66 kg/m³ en 2015. Cette amélioration de la productivité peut être expliquée par l'économie d'eau et l'adaptation du palmier à cette nouvelle technique.

4. Conclusion

Au cours de cet essai, le même volume d'eau d'irrigation a été fourni avec les trois techniques d'irrigation : par barboteurs, mini diffuseurs et irrigation souterraine avec des durées respectivement de 5, 3 et 2,7 heures. L'évolution de l'humidité du sol qui a été l'objet d'un suivi, montre qu'initialement les teneurs en eau moyennes dans le sol à différentes profondeurs sont les mêmes pour les trois techniques, soit une teneur de 7%. Les teneurs en eau moyennes à la fin de l'irrigation et 48 h après l'irrigation ont été respectivement de 17% et 14%. Tandis que juste à la fin de l'irrigation, la variation de l'humidité en fonction de la profondeur n'est pas homogène au niveau de l'horizon 0-30 cm, où la teneur en eau est de 20% pour l'irrigation par barboteur et l'irrigation souterraine, et 16% pour le cas de l'irrigation par mini diffuseur. A partir de la profondeur 60 cm les teneurs en eau sont proches. Les rayons humectés à la surface du sol après l'irrigation sont de 170 cm pour le cas de l'irrigation par barboteur, 120 cm pour le cas de l'irrigation souterraine et 110 cm pour le cas de l'irrigation par mini diffuseur.

Une bonne uniformité a été observée. Elle dépasse 85% pour les trois techniques adoptées dans cet essai.

Les mesures des humidités des sols après l'essai d'irrigation par les trois techniques d'irrigation localisée révèle que l'efficacité d'application de l'eau par barboteur est 57% tandis qu'elle est de 36% et de 30% respectivement pour la technique souterraine et celle par mini diffuseur.

Pendant les années 2014 et 2015, la technique d'irrigation par barboteur a donné le meilleur rendement, soit une moyenne de 62 kg/palmier.

Au cours de l'année 2015, l'efficacité de l'utilisation de l'eau le plus faible est obtenu par l'irrigation souterraine, soit 0,34 kg/m³. Le plus important est enregistrée par barboteur soit une efficacité de 0,66 kg/m³.

A l'issue de ce travail il faut tenir compte des effets des changements climatiques sur le degré d'apparition et de propagation des maladies affectant les palmiers dattiers, en considérant les changements possibles sur le plan économique tels que le coût de l'eau et des autres intrants qui peuvent toucher la productivité de l'eau.

5. Références

- Dhaouadi L , Ben maachia S , Mkademi Ch , Oussama M , Daghari H(2015).** Etude Comparative des techniques d'irrigations sous palmier dattier dans les oasis de Deguache du Sud Tunisien. Journal of New sciences Volume 18(3).658-667.
- Al-AmoudA (2008).** Performance of Bubbler Irrigation System as compared to trickle for Large Size Date Palm Tree Farm. Presentation at the CSBE/SCGAB 2008 Annual Conference NorthVancouver, British Columbia, p12.
- Belguedj M, 2010.** Préservation des espèces oasiennes et stratégie à mettre en œuvre. Cas du palmier dattier (Phoenix Dactylifera. L) Institut Technique de Développement Agricole Saharienne, ITDAS/OADA 13-14/12/2010.
- CEMAGREF (2003).** Irrigation-guide pratique. Editions de CEMAGREF, 342p.
- Farid Ahmed T, Hashim N, Ghumman A, Sheikh A., 2011.** Performance assessment of surface and subsurface drip irrigation system for date palm fruit trees. African Journal of Agricultural Research Vol. 7(10), pp. 1542-1549.
- Keller J et Karmelli D, 1974.** Trickle irrigation design parameters. ASAE transactions, 17 (4). 678-684.
- Marvin E. Jensen., 2007.** Beyond irrigation efficiency. Irrig.sci.25: 233-245
- Mkadmi CH., Dhawadi ., DaghariH., 2012.** Experimental Study of the Infiltration in the Gafsa Oases in Tunisia. Journal of Engineering Vol. 1, p4.
- Sghair, M., 2014.** Perspective de développement de l'approche filière pour sa structuration des activités des communautés locales au niveau de la region Mena (Algérie,Egypte, Jordanie, Maroc et Tunisie.
- Wiesman Z., Itzhak D., Ben Dom N., (2004).** Optimisation du niveau d'eau saline pour la production durable d'olives et d'huiles de Barnea dans des conditions désertiques. Scientia Horticulturae, 100, 257-266.
- Wallali I., Chimitah M., Loussert R., Mahou A., Boulouha B., (1984).** Caractères morphologiques et physiologiques de clones d'oliviers, Picholine marocaine.Olivae, 3, 26-30.
- W. Mo, Q. Zhang (2012).** Systèmes de Traitement des eaux usées municipales peuvent être neutre en carbone.J. Environ. Manag., 112, pp. 360-367.