

# Etude Comparative des techniques d'irrigations sous palmier dattier dans les oasis de Deguache du Sud Tunisien

DHAOUADI L<sup>1</sup>, BEN MAACHIA S<sup>1</sup>, MKADEMI C<sup>2</sup>, OUSSAMA M<sup>3</sup>, DAGHARI H<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Centre Régional de Recherche en Agriculture Oasienne Dégache Tozeur, TUNISIE

<sup>2</sup>Faculté des sciences Université de Gafsa, TUNISIE

<sup>3</sup>Spanish National Council for Scientific Research CEBAS-CSIC / Department of irrigation, Spain.

<sup>4</sup>Institut National d'agronomie, TUNISIE

\* Corresponding author: latifa\_hydro@yahoo.fr

**Abstract** - Deguache Oases, localized in south-west of Tunisia, are subject to cumulative effects of climate change and irrational irrigation management. This work was conducted to evaluate and compare irrigation technics adopted under date palms in a plot of 1ha in this oasis (Irrigation basin, Bubbler, mini-diffuser and underground irrigation). The experimental soil hydrodynamic characterization revealed that the soil is sandy, the bulk density of about 1.44 g / cm<sup>3</sup>, the conductivity at saturation Ks is about 2410-3 cm / s and the volumetric water content at field capacity and permanent wilting point are respectively 10.95% and 6.15%. The monitoring of moisture and soil salinity under these techniques for four successive irrigations showed that depletion of water was concentrated along the root zone between 0.8 and 1.2m, the soil salinity is lower under the bubbler and the bowl technics compared to other ones. In addition, the best irrigation efficiency is for the Bubbler technic (78%).

**keys words:** Date palm, irrigation technics, efficiency, oasis

**Résumé** - Les oasis de Deguache, situées au sud-ouest de la Tunisie, sont soumises à des effets cumulés d'une part des changements climatiques et d'autre part d'une gestion irrationnelle de l'irrigation. Ce travail a été effectué afin d'évaluer et comparer des techniques d'irrigation adoptées sous palmiers dattiers dans une parcelle de 1ha de cette oasis (Irrigation par cuvette, par Bubbler, par mini-diffuseur et irrigation souterraine). Une caractérisation hydrodynamique expérimentale des sols de la parcelle d'étude a révélé que le sol in situ est sableux, son densité apparente est de l'ordre de 1.44 g/cm<sup>3</sup>, la conductivité à la saturation Ks est environ de 2.410<sup>-3</sup> cm/s et les teneurs en eau volumiques à la capacité au champ et au point de flétrissement permanent sont respectivement 10.95% et 6.15%. Le suivi de l'humidité et de la salinité des sols sous ces techniques pour quatre irrigations successives a montré que l'épuisement de l'eau se concentre le long de la zone racinaire 0.8 à 1.2m, que la diminution de salinité des sols est remarquable sous la technique bubbler par rapport aux autres techniques et que ce dernier est la technique la plus efficace (78%).

**mots clés:** palmier dattier, techniques d'irrigation, efficacité, oasis.

## 1. Introduction

La demande d'eau en Tunisie est répartie entre quatre secteurs fortement compétitifs : l'irrigation, les ménages, le tourisme et l'industrie. Les estimations de la consommation d'eau diffèrent considérablement, ce qui s'explique sans doute par d'amples variations de l'utilisation de l'eau pour l'irrigation d'une année à l'autre, en fonction des pluies, mais aussi de l'inclusion ou de l'exclusion de l'irrigation complémentaire et d'une différence entre le volume de l'eau "alloué" à l'irrigation et le volume effectivement utilisé (Louhichi 1999). Ce problème, et sous l'effet des changements climatiques présente un handicap majeur pour les agriculteurs dans les oasis tunisiennes où la demande en eau d'irrigation augmente malgré que le palmier dattier est une culture tolérante à la sécheresse où ces besoins varient de 0.5 à 3.5 mmd-1 (Carr, 2012). Par ailleurs, l'irrigation telle que pratiquée dans les oasis n'est pas conduite en fonction des besoins réels de cultures. Ce mode de 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. La distribution de l'eau dans les oasis se fait suivant le système du tour d'eau, préétabli en fonction des superficies et non en fonction des cultures. Sur



chaque antenne, on trouve une série de bornes d'irrigation dont chacune irrigue un ensemble de parcelles (3 à 4 ha). La durée d'irrigation est en moyenne de 10 à 14 heures/ha, soit une dose d'irrigation de 90 à 120 mm/tour d'eau. A partir du mois d'avril, l'apport de l'eau croît en augmentant soit la main d'eau, soit la durée d'irrigation. Mais, en pratique, les durées et les doses d'irrigation ne sont que partiellement respectées. Peux d'agriculteurs oasiens sont conscients de l'importance de la conversion des systèmes d'irrigation, surtout comme défis contre l'effet des changements climatiques sur leurs ressources naturelles eaux et sols.

Ce travail est une évaluation expérimentale des techniques d'irrigation adoptées sous palmier dattier dans une parcelle oasienne qui est située sur le versant du Chott El Djérid au Nord-ouest de l'ancien oasis de Déguache (33°59'28.27''N, 8°14'16.44''E). La région de Djérid est située au Sud Ouest de la Tunisie. Elle constitue la partie Nord Ouest du bassin du Djérid. Ce dernier est partagé entre les gouverneras de Tozeur et de Kébili. Notre zone d'étude appartient au domaine saharien qui est caractérisée par des reliefs assez plats sauf dans sa partie Est où se trouve la chaîne Nord des chotts. En allant vers l'Ouest, le Djérid se présente comme une zone surélevée orientée essentiellement NE-SW qui sépare les dépressions de chotts EL Gharsa au Nord et chotts EL Djérid au sud Tunisien. Cette région bénéficie d'une hygrométrie estivale la plus élevée de la région et nature des sols favorable à la culture du palmier dattier (Namsi, 2008).

Dans cette étude nous avons réalisé une caractérisation hydrodynamique du sol et un suivi des irrigations a été accompli afin d'identifier la technique la plus efficiente.

## 2. Matériel et Méthodes

### 2.1 Zone d'étude

La parcelle d'étude, appartient au Centre Régionale de Recherche en Agriculture Oasienne (Figure.1), avec une superficie de 4 hectares irrigués par bassins avec différentes qualités d'eau (eau de forage, eau d'association). À partir de l'année 2012 une irrigation gravitaire améliorée sous palmier a été réalisée. Trois techniques d'irrigation ont été adoptées à savoir le Mini-diffuseurs, le bubbler et le souterraine.



**Figure 1.** Localisation de la parcelle d'étude. A : la région d'étude. B : La parcelle expérimentale.

Nous avons choisi quatre palmier dattiers pour évaluer les techniques d'irrigation adoptées

\*Premier palmier : irrigation par cuvette, Débit 5l/s, durée d'irrigation 15 minute.

\* Deuxième palmier : Irrigation Souterraine : Débit 0.09l/s, Durée d'irrigation 5h, profondeur 30cm, deux emetteurs sur deux différentes rampes espacées de 1.2m.

\* Troisième palmier : Irrigation Mini-diffuseur : Débit 0.07l/s, Durée d'irrigation 5h, quatre emetteurs sur deux différentes rampes espacées de 1.2m.

\* Quatrième palmier : Irrigation par Bubbler : Débit 0.01l/s, Durée d'irrigation 5h, deux bubblers sur deux différentes rampes espacées de 1.5m.

Les expériences ont porté principalement sur les aspects suivants :

- Caractérisation physico-chimique de l'eau d'irrigation
- Caractérisation physique du sol
- Caractérisation de la dynamique de l'eau dans le sol.
- Suivi de l'humidité et la salinité des sols pour différents irrigations

## 2.2- Caractérisation de l'eau d'irrigation de la parcelle

Des échantillons d'eau ont été prélevés à partir de forage d'irrigation de la parcelle. La Température, le pH et la conductivité électrique de ces échantillons ont été mesurés in-situ par des appareils portatifs. Les éléments majeurs ont été analysés au laboratoire selon les méthodes standards telles que méthode volumétrique pour les ions bicarbonates, la dureté totale, Calcium, Magnésium, Les chlorures et la méthode colorimétrique qui concerne les Sulfates et les Nitrates. Le rapport d'adsorption de sodium (SAR), qui évalue le risque de sodisation du complexe adsorbant, a été calculé selon la formule suivante où les concentrations sont exprimées en (meq/L) (Hanson et al. 2006):

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad (1)$$

## 2.3 Caractérisation physique du sol

Des échantillons ont été utilisés pour déterminer la texture du sol, sa densité apparente, les teneurs en eau à la capacité au champ, teneur en eau au point de flétrissement, la teneur en eau à la saturation et la loi de la dynamique de l'eau dans le sol.

### 2.3.1 Analyses granulométriques

Les particules minérales constituant d'un sol peuvent être isolées, triées et classées suivant leur taille : c'est le principe de l'analyse granulométrique. En agronomie ce dernier doit porter sur la fraction de terre fine du sol (taille <2mm) car les éléments grossiers n'entrent pas dans la composition granulométrique d'un sol cultivé. Cette analyse permet de classer le sol dans une classe texture, qui définit certains paramètres de comportements physiques, de rétention en eau utile, de capacité à stocker les éléments fertilisants et de risque de perte de lessivage (Schvartz et al. 2005). Dans ce travail, la granulométrie a été effectuée à la pipette de Robinson, après destruction de la matière organique à l'eau oxygénée, du calcaire total à l'acétate de sodium et la dispersion à l'hexametaphosphate de sodium (Touhtouh et al., 2014). Les échantillons, qui ont subi l'analyse granulométrique, ont été prélevés à partir de quatre horizons (0-30, 30-60, 60-90 et 90-120 cm). On s'est limité à cinq profils de prélèvement : quatre aux sommets et un au milieu de la parcelle d'étude. Les résultats obtenus ont été utilisés pour identifier la texture du sol par le biais du diagramme USDA (United States Département of Agriculture) (De Forges et al., 2008).

### 2.3.2. Mesure de la densité apparente du sol

La densité apparente du sol traduit globalement l'état de compaction du matériau et indirectement, la porosité totale. Lorsqu'elle est élevée, le sol ne contient pas des pores nécessaires à la croissance des racines, les capacités en eau sont réduites et la circulation des fluides ralentie (Longom et al., 2013). La valeur de la densité apparente pondérée donnée par l'équation 2 va traduire si ce sol agricole est durablement compacté ou non (Maitre, 2014).

$$\text{Densité apparente pondérée} = \text{densité apparente}^* + 0.009 \times (\% \text{argile}) \quad (2)$$

D'après Ballou Yoro et al. (1990), il existe plusieurs méthodes de terrain qui permettent la détermination de la densité apparente comme propriété physique importante du sol. Ces méthodes sont essentiellement la méthode au sable, la méthode au densitomètre, la méthode par gammamétrie et la méthode au cylindre. Cette dernière est celle adoptée dans notre travail.

Nous avons fait face à des prélèvements des échantillons à partir d'une fosse creusée (1.2m\*1.2m) dans les tranches 0-30, 30-60, 60-90 et 90-120 cm ; ces échantillons non perturbés et frais ont été transportés au laboratoire à l'aide des cylindres d'une tarière non perturbé. Connaissant le poids sec constant des échantillons à 105°C et le volume des cylindres nous avons mesuré la densité apparente du sol de la parcelle expérimentale.

## 2.4. Propriétés hydrodynamiques du sol

### 2.4.1 Teneurs en eaux caractéristiques $\theta_{CC}$ et $\theta_{pr}$

Dans ce travail les Casseroles de Richards ont été utilisées (Set de PF-mètre à plaque céramique, set standard basique) pour déterminer la teneur en eau à la capacité au champ qui présente l'humidité du sol après ressuyage avec une succion variable avec le type de sol, ainsi que la teneur en eau au point de flétrissement permanent qui correspond à la capacité maximale de succion par la plante (Kirkham, 2014).

Selon le modèle de van Genuchten (David et al.2003) la  $\theta_s$  la teneur à la saturation et  $\theta_r$  la teneur résiduelle ont été déterminées.

### 2.4.2. Infiltration de l'eau dans le sol

L'étude expérimentale de l'infiltration de l'eau dans le sol à l'échelle de la parcelle, a été effectuée par la méthode de MUNTZ (Figure.2). Ce dispositif est l'une des méthodes permettant d'évaluer la vitesse d'infiltration *in-situ* de l'eau dans le sol sous une charge variable (Mkademi et al., 2012).

Le résultat des essais d'infiltration cumulée en fonction du temps nous a permis de déterminer une loi d'infiltration de l'eau dans le sol par l'équation de Philip (Dhaouadi, 2010) et aussi la conductivité à la saturation.  $i(t) = 1/2 s t^{-0.5} + A$  (3)

Sachant que :  $A = \gamma s^2/r + (2-b)/3 * k(h_0)$ ,  $K(h_0) = q(h_0) - 4bs^2/\pi r$ ,  $q(h_0)$ : flux d'infiltration en régime permanent (à partir de courbe d'infiltration),  $s$ : sorptivité,  $r$ : rayon de disque intérieur 30 cm et  $b = 0.55$  et  $\gamma = 4b/\pi = 0.7$

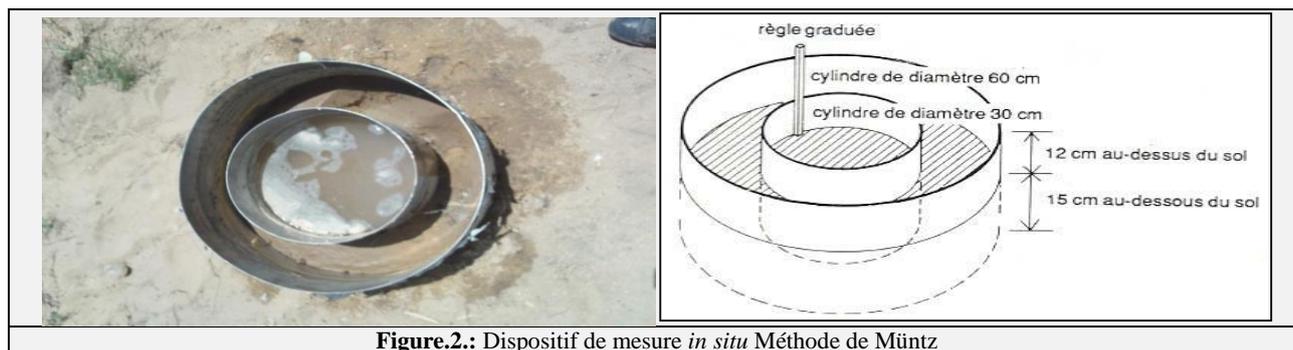


Figure.2.: Dispositif de mesure *in situ* Méthode de Müntz

### 2.5 Evaluation de l'irrigation

Les quatre techniques adoptées ont été évaluées sous quatre différents palmiers dattier de la variété BESR HILOU âgées de 15 ans. Quatre irrigations successives ont été suivies de 17 Mars au 17 avril 2014. Deux paramètres ont été évalués à savoir l'humidité (Méthode Gravimétrique) et la salinité (Méthode de l'extrait 1/5) des sols avant, juste après, 24h et 48h après l'irrigation à différents horizons (0-30; 30-60 ; 60-90 et 90-120).

### 3. Résultats et discussion

#### 3.1 Qualité des eaux d'irrigation de la parcelle

Les résultats d'analyses des eaux d'irrigation dans le tableau.1 nous permettent de calculer le SAR qui exprime l'activité relative des ions de sodium dans les réactions d'échange dans le sol. En utilisant la formule (1) pour déduire ce paramètre qui est de l'ordre de 6.37. Cette valeur est inférieure à 10 donc le risque d'accumulation du sodium dans le sol est minimal (N'DIAYE et al. 2010).

	Eau Forage			Eau association		
T(°C)	25,3			23,4		
PH	7,46			7,5		
Cond(ms/cm)	3,38			3,84		
Rs (mg/l)	1,91			1,66		
Teneur en ions	mg/l	Mmol/l	Meq/l	mg/l	Mmol/l	Meq/l
Calcium	152,8	3,82	7,64	131,2	3,28	6,52
Magnésium	78,04	3,21	6,42	72	2,55	7,4
Sodium	3,89	16,91	16,91	516,5	13,24	13,24
Potassium	23	0,58	0,58	27,4	1,19	1,19
Bicarbonate	352	5,77	5,77	128,1	2,1	2,1
Sulfate	427	4,44	8,89	489	5,09	10,18
Chlorure	568	16	16	504	14,19	14,19
Nitrate	8,7	0,14	0,14	3,1	0,5	0,05

### 3.2 Texture du sol

Statistiquement parlant le limon représente le constituant le moins important dans le sol des oasis. Par ailleurs, le sable représente la majeure portion. Il faut toutefois signaler que le pourcentage en sable grossier est le plus élevé comparé aux autres constituant suivi du sable fin, d'argile et finalement le limon avec des pourcentage statistiquement non différent pour le limon grossier et fin. Le diagramme USDA de texture montre que le sol de la parcelle est un sol sablonneux.

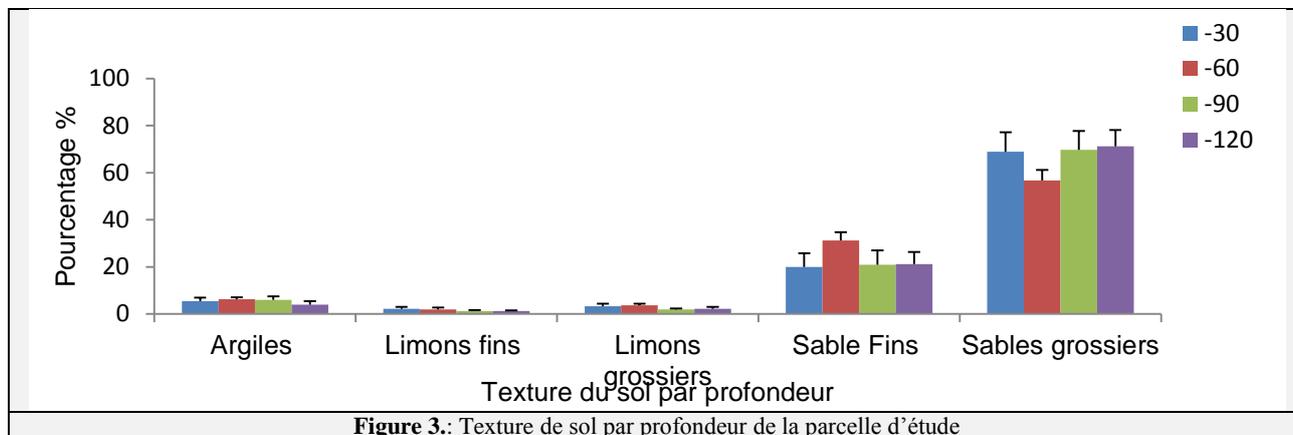


Figure 3.: Texture de sol par profondeur de la parcelle d'étude

### 3.3 Densité apparente

La densité apparente du sol exprime l'état de compaction du matériau et indirectement, la porosité totale. Lorsqu'elle est élevée, le sol ne contient pas des pores nécessaires à la croissance des racines, les capacités en eau sont réduites et la circulation des fluides ralentie (Alongo et al., 2013). Quatre essais ont été réalisés afin d'évaluer expérimentalement la densité apparente du sol à l'échelle de la parcelle. La Figure 4 révèle que cette densité varie légèrement en fonction de la profondeur et que sa moyenne est de l'ordre de 1.44 g/cm<sup>3</sup>. La valeur seuil de la densité apparente pondérée est de l'ordre de 1.51 g/cm<sup>3</sup>. Cette valeur est proche de celle enregistrée par Mkadmi en 2012 pour un sol oasien (1.59 g/cm<sup>3</sup>). Elle est inférieure aussi à 1.7 g/cm<sup>3</sup> donc le sol agricole n'est pas durablement compacte et ne nécessite pas des améliorations (Maitre et al., 2014).

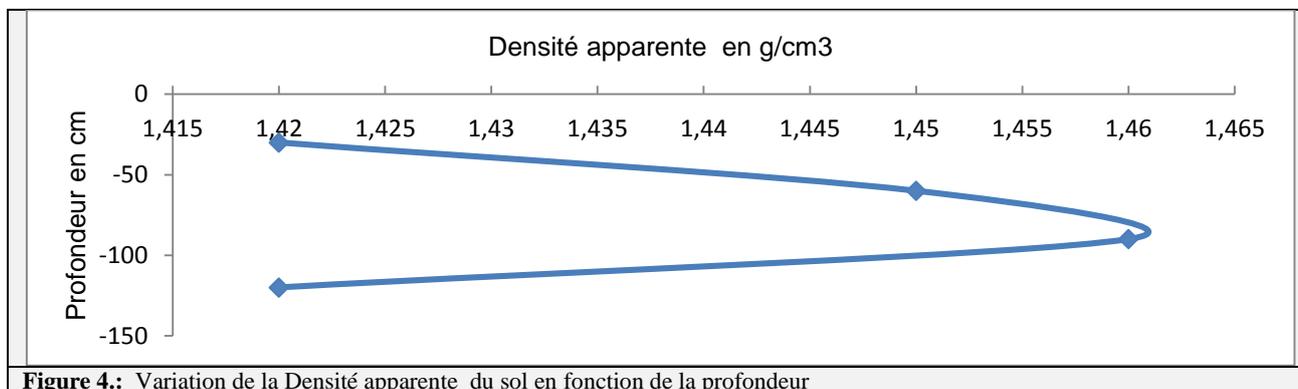


Figure 4.: Variation de la Densité apparente du sol en fonction de la profondeur

### 3.4 Les teneurs en eaux caractéristiques

Les valeurs expérimentales des teneurs en eaux  $\theta_{cc}$  et  $\theta_{pf}$  ont été déterminées. L'utilisation du modèle de Van Genuchten (1978 & 1980) nous a permis de calculer les autres teneurs telles que  $\theta_s$  et  $\theta_r$  (Tableau.2).

Tableau 2. : Les teneurs en eaux caractéristiques du sol de la parcelle expérimentale.

profondeur en cm	$\theta_{cc}$	$\theta_{pr}$	$\theta_s$	$\theta_r$
-30	11.9	6.1	41.0	3.6
-60	11.3	6.3	40.1	3.8
-90	11.6	5.9	41.3	3.3
-120	9	6.3	40.1	4.4

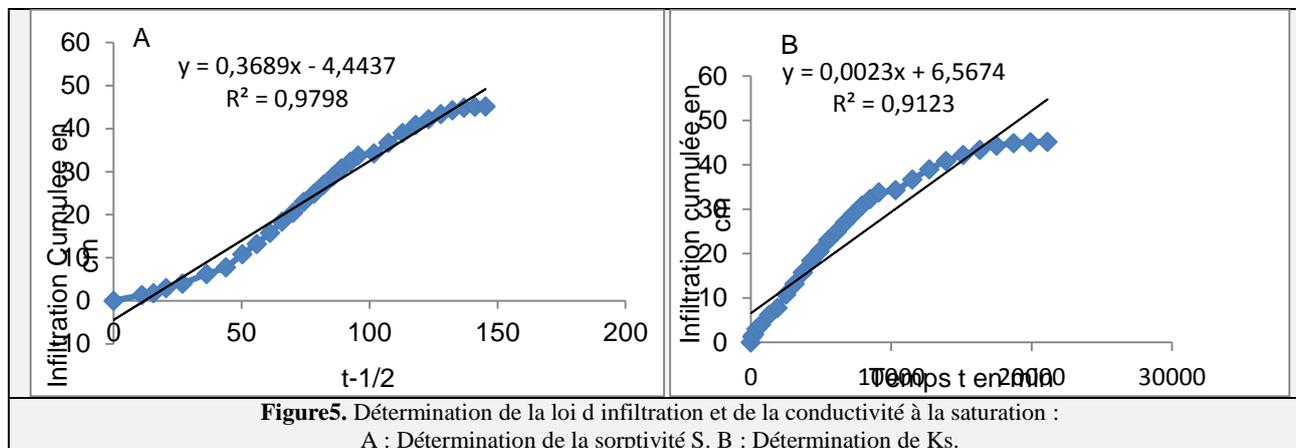
### 3.5 Infiltration de l'eau dans le sol

En utilisant les deux graphiques de la figure 5 on a déterminé la loi d'infiltration de l'eau dans le sol (selon la loi de Philip ; équation 3) et la conductivité hydraulique à la saturation  $K_s$ .

$$i(t) = 0,18 t^{-0,5} + 21,99$$

et

$$K_s = 2.410^{-3} \text{ cm/s}$$



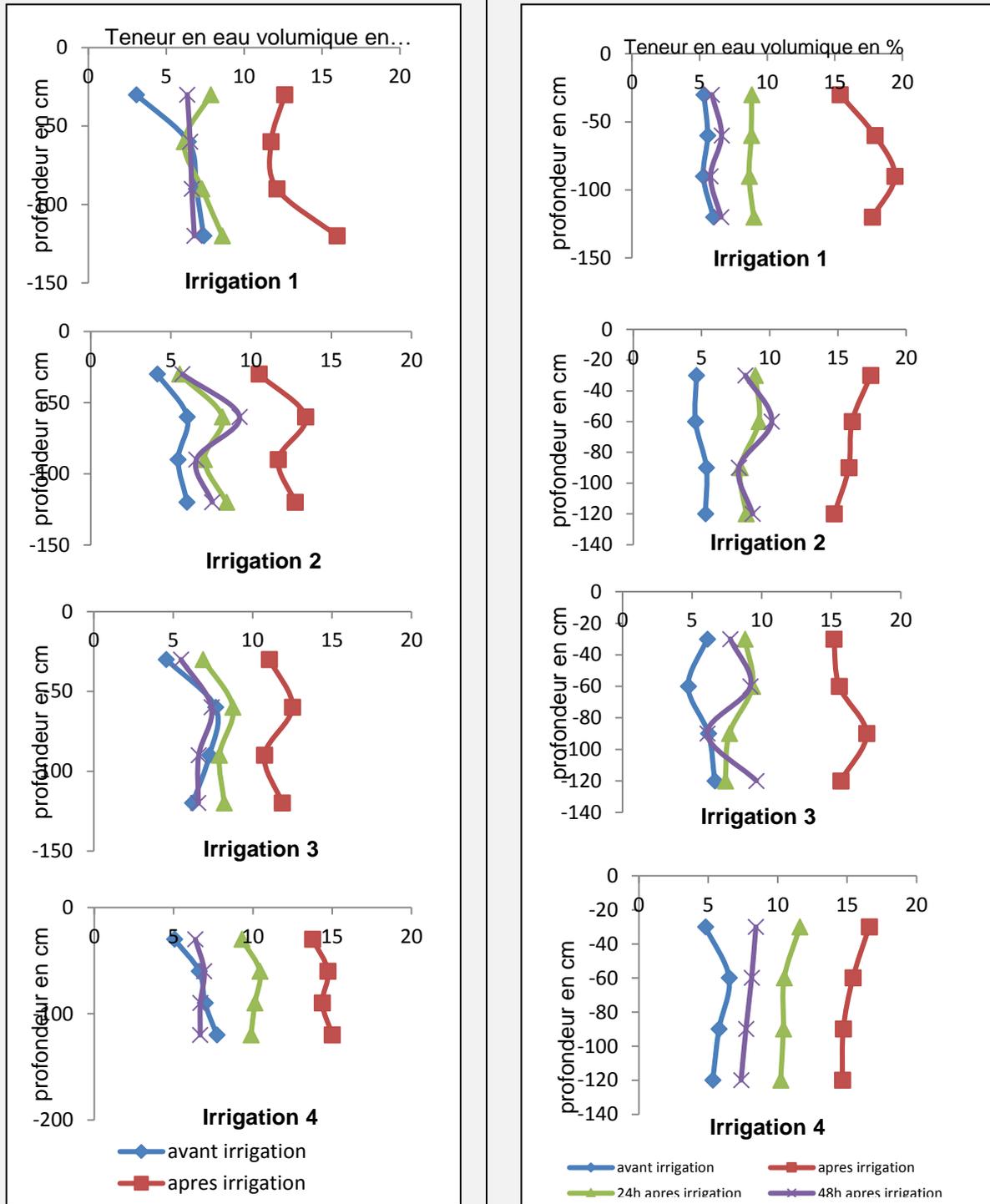
### 3.4 Evaluation de l'irrigation

#### 3.4.1 Suivi de l'irrigation

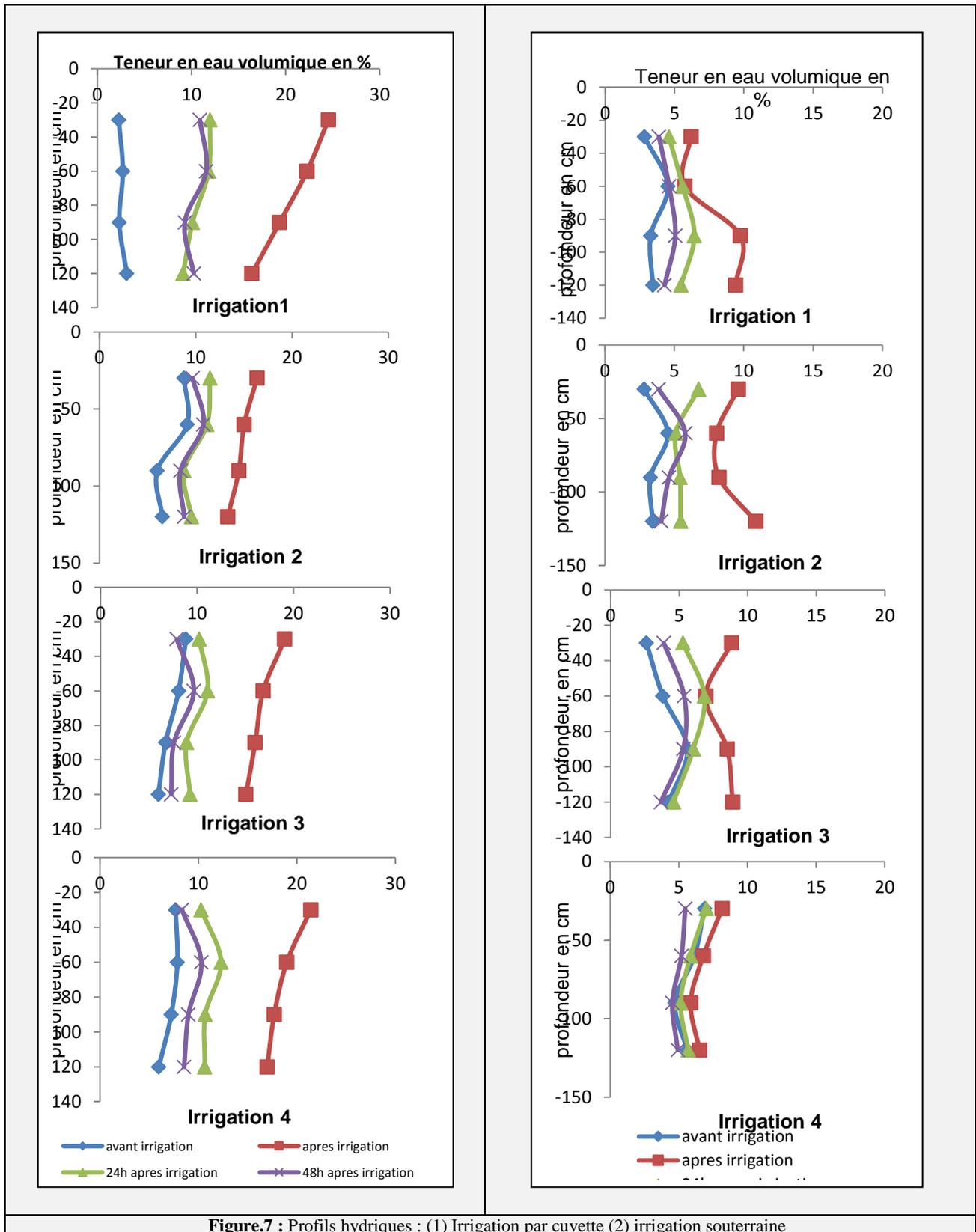
Des mesures expérimentales des teneurs en eau du sol ont été effectuées pour les quatre irrigations consécutives pour chaque technique adoptée sous palmier dattier. Ces mesures permettent d'une part de donner le profil hydrique de l'eau pour chaque irrigation et pour chaque technique et d'autre part de déterminer l'efficacité de toutes les irrigations qui ont été suivies. Les profils hydriques de toutes les techniques d'irrigation (Figures.6. et 7) montrent que les teneurs en eau volumique après 48 heures de l'irrigation sont presque équivalentes à la valeur moyenne de la teneur au point de flétrissement (6.15%). Ces figures indiquent aussi que le palmier dattier épuise de l'eau le long de la zone racinaire de 0.8 à 1.2 cm. Nos résultats corroborent avec ceux de Gilles (2000) et Sedra (2003), qui ont montré que la zone d'enracinement à rôle nutritifs est située entre 0.9 et 1.5 m de profondeur.

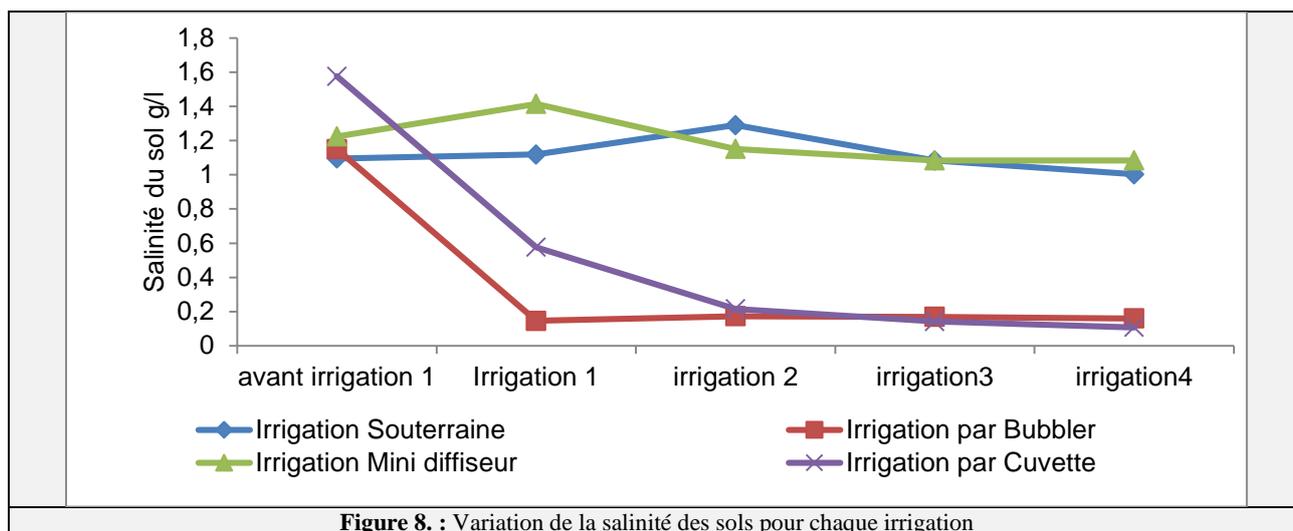
#### 4.4.2 Suivi de la salinité

Les résultats de l'évaluation de la salinité des sols sous les techniques d'irrigation adoptées ont révélé que la salinité a subi une diminution par rapport à l'état initial de l'ordre de 67% sachant que le palmier dattier tolère une salinité moyenne du sol qui peut atteindre 13 g/l (FAO Bulletin n°29). Malgré la rareté des études sur l'impact des techniques d'irrigation localisées sur la salinité globale des sols, ce résultat est confirmé par Hong-jie et al. (2013) et Sun et al. (2012). Cette diminution est remarquable à partir de l'irrigation 2 avec l'irrigation par cuvette et par bubbler contrairement elle est légère sous les autres techniques étudiées (Figure.8).



**Figure.6 : Profils hydriques : (1) Irrigation par Bubbler (2) irrigation par Mini-Diffuseur**





**Figure 8.** : Variation de la salinité des sols pour chaque irrigation

#### 4.4.3 Efficience de l'irrigation

Beaucoup des travaux ont été réalisées pour évaluer les systèmes d'irrigation localisées dans les oasis et ont montré que ces techniques d'irrigation sont les plus efficaces (Al-Amoud, 2006 ; Freddie et al. 2007 ; Farid Ahmed et al.2012 ; Jasim et al. 2013). Dans ce travail, l'efficience de l'irrigation des techniques installées sous palmier dattier de la parcelle d'étude varie d'une irrigation à une autre et d'une technique à l'autre (Tableau 3). D'après le tableau 3 la technique la plus efficace est celle de Bubbler (78%). Zubair et al. (2014) ont trouvé des résultats similaires dans les zones arides et semi arides sous arbres fruitiers. D'autres travaux ont été réalisés sous palmier par la technique bubbler et ont révélé une efficience inacceptable (Al-Amoud, 2008).

**Tableau 3.** Efficience des techniques d'irrigation étudiées.

profondeur en cm	Souterraine	Mini diffuseur	Bubbler	Cuvette
Irrigation 1	82,7	40.36	85.15	4.21
Irrigation 2	31,19	79.73	71.58	24.51
Irrigation 3	38.04	67.3	56.75	18.31
Irrigation 4	48.66	61.85	99.02	4.28

#### 5. Conclusion

Cette étude expérimentale a pour but d'identifier la technique la plus efficace sous palmier dattier dans une parcelle oasisienne du sud tunisien où l'utilisation l'irrigation localisée est encore très limitée. Le suivi et l'évaluation des techniques choisies aboutissent aux conclusions suivantes :

- 1- Les valeurs de  $\theta_{cc}$ ,  $\theta_{pf}$ ,  $\theta_s$  et  $\theta_r$  sont dans les normes des valeurs des teneurs d'un sol sableux dans l'environnement oasisien.
- 2- La quantité d'eau d'irrigation importante est épuisée dans la même zone racinaire (0.8 à 1.2 m) pour les quatre techniques étudiées.
- 3- Les techniques d'irrigations localisées ont une efficience qui dépasse 50% par rapport à l'irrigation par cuvette (13%)

Cependant il est indispensable de continuer l'étude de l'efficacité de ces systèmes dans les oasis de la Tunisie surtout étudier l'efficience de l'eau d'irrigation ainsi étudier l'adaptation de ces techniques avec l'environnement oasisienne surtout problème de colmatage des émetteurs (Qualités des ressources en eau d'irrigation, climat ect...).

## 6. Références

- Al-Amoud A (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 North Vancouver, British Columbia, p12.
- Alongo S, Kombele F (2013)** Evaluation de la densité apparent et du rapport C/N du sol sous les variétés exotiques et locale de Manioc dans les conditions naturelles de KISANGANI (R.D. CONGO). Annales de l'Institut Facultaires des sciences agronomiques de Yangambi, pp.197-214.
- Askri B, Bouhlila R (2010)** Évolution de la salinité dans une oasis moderne de la Tunisie Etude et Gestion des Sols, Volume 17 pages 197 à 212.
- Ballou Y, Godo G (1990)** les méthodes de mesure de la densité apparente : Analyse de dispersion des résultats dans horizon donné. Cah. ORSTOM, sér. Pédol. Volume 25 pages 423 à 429.
- Carr M (2013)** the water relations and irrigations requirements of the date palm (*Phoenix dactylifera* L.). Experimental Agriculture Volume 49, pp 91-113
- Demba N'diaye A, Ould sid'ahmed Ould Kankou M, Lo B (2010)** Etude de la salinité des eaux usées utilisées dans l'irrigation dans le périmètre maraîcher de Sebka. *The International Journal of Biological and Chemical Sciences* 4(6): 2060-2067.
- Farid Ahmed T, Hashim N, Ghumman A, Sheikh A (2012)** 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.
- Freddie R, James E, Francis S (2007)** Development in Agricultural Engineering 13: Micro irrigation for Crop Production. Eds Elsevier B.V, p 617.
- Gilles P (2000)** Cultiver le palmier-dattier. Guide illustré de formation eds CIRAD p34.
- Guan H, Li J, Li Y (2013)** Effects of Drip System Uniformity and Irrigation Amount on Water and Salt Distributions in Soil under Arid Conditions. Journal of Integrative Agriculture pages 924 à 939.
- Hanson BR, Grattan SR, Fulton A(2006)** Agricultural Salinity and drainage. Division of Agriculture and Natural Resources publication 3375 University of California Irrigation Program, p180.
- Ismael Jasim U (2013)** Drip irrigation system in arid area of Iraq for Olive-Cultivation. Thesis of First level Master Degree in irrigation Problems in Developing Countries p53. UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE.
- Ji Xia S, Yaohu K, Shuqin W, Wei H, Shufang J, Tibin Z (2012)** Soil salinity management with drip irrigation and its effects on soil hydraulic properties in north China coastal saline soils. Agricultural Water Management 115 pages 10 à 19.
- Kirkham MB (2014)** Principles of soil and plant water Relations. Eds ELSEVIER p 579.
- Louhichi K (1999)** L'amélioration de l'efficacité de l'irrigation pour une économie d'eau :cas d'un périmètre irrigué en Tunisie. Eds CIHEAM - Plan Bleu - 20/10/00 p57.
- Maitre V, Du pasquier P(2014)** Indicateurs de Développement durable. Matière organique et activités biologiques des sols agricoles. PEauSol, pp84.
- Mkadmi CH, Dhawadi L, Daghari H(2012)** Experimental Study of the Infiltration in the Gafsa Oases in Tunisia. Journal of Engineering Vol. 1, p4.
- Namsi A(2008)** la maladie des feuilles cassantes du palmier dattier en Tunisie.Thèse de Doctorat en protection des plantes et Environnement.ISA Chott Mariam. 153p.
- Radcliffe D, Simunek J (2003)** Soil Physics with Hydrus Modeling and applications. Eds CRC p373.
- Richer de Forges A, Feller C, Jamagne M, Arrouays D (2008)** Perdus dans le triangle des textures. Etude et Gestion des Sols, Volume 15, 2, 2008 - pages 97 à 111.
- Schvartz C, Charles Muller J, Jaques Décrois J (2005)** Guide de fertilisation raisonnée. Eds France Agricole p412.
- Carr M (2013)** the water relations and irrigations requirements of the date palm (*Phoenix dactylifera* L.). Experimental Agriculture Volume 49, pp 91-113.
- Touhtouh D, ElHalimi R, Moujahid Y, E.M.ElFaleh (2014)** Application des méthodes d'analyses statistiques multivariées à l'étude des caractéristiques physico-chimiques des sols de SAIS, Maroc. European Scientific Journal vol.10, No.15 : 140-158.
- Zubair M, Zahid D, Hussain S, Nouman W1, Balouch M, Ahmad Hussain 3, Mehmood M and Manzoor S (2014)** Comparative efficacy of HEIS in growing commercially important forest hardwoods. Journal of Food, Agriculture & Environment Vol.12 (2): 886-888.