



**DIAGNOSTIC DES PRATIQUES D'IRRIGATION LOCALISEE
SOUTERRAINE EN TUNISIE
EFFET SUR LA VARIATION DU STOCK EN EAU DU SOL, LE
RENDEMENT D'UNE CULTURE DE MAÏS ET L'EFFICIENCE
DE L'UTILISATION DE L'EAU**

DOUH B., BOUJELBEN A.

Département du génie des systèmes horticoles et du milieu naturel, Institut Supérieur Agronomique de Chott Meriem (ISA-CM), BP 47, Code postale 4042, Sousse, Tunisie.

boutheina_douh@yahoo.fr

RESUME

Malgré les nombreux travaux qui ont été menées sur l'irrigation goutte à goutte souterraine, des informations locales sur la réponse de la croissance du maïs et de la dynamique de l'eau avec ce système d'irrigation sont très limitées en Tunisie. Cet article vise à étudier la dynamique de l'eau dans le sol pour des systèmes d'irrigation goutte à goutte de surface et souterrain. L'essai a été conduit au sein de l'Institut Supérieure Agronomique de Sousse-Tunisie, sur une culture de maïs. La teneur en eau du sol est mesurée par la TDR. Les plus faibles variations des stocks en eau du sol sont enregistrées pour le système d'irrigation souterraine à 0,35 m de profondeur entraînant une bonne disponibilité en eau pour la plante dans la zone racinaire, traduisant des conditions hydriques plus stables et une économie d'eau de 11,4% par rapport à une irrigation localisée enterré à 0,05 cm. Ces conditions hydriques ont assuré une augmentation de la production pour le système d'irrigation goutte à goutte enterré en générale et en particulier pour celui dont la profondeur est de 0,35 m où le rendement a augmenté de 22,8% par rapport au mode de surface pour atteindre 134,72 q.ha⁻¹.

Mots clés: Irrigation souterraine, teneur en eau, stock d'eau, TDR, rendement, efficacité de l'utilisation de l'eau, maïs.

ABSTRACT

Despite there're many researches have been conducted in subsurface drip irrigation (SDI), local information on the response of corn growth and water dynamics with SDI is very limited in Tunisia. As in many parts of the world, the interaction of climate, soils, and crop production presents unique arrangements that require local research to adjust the production systems. In this paper we suggest determining the water soil dynamics for the surface and subsurface drip irrigation and to evaluate the water's saving of each irrigation system. This study was conducted at the High Agronomic Institute of Sousse-Tunisia, for a maize crop. The soil moisture was measured by TDR. Lows water's stock variation in soil stored for subsurface drip irrigation system at 0.35 m depth have led to improve the availability of water for the crop in the root zone translating more stable water condition and better water conservation to nearly 11.4% compared to a buried drip irrigation to 0.05 cm. These water conditions have ensured an increase in the production system buried drip irrigation in general and especially for one whose depth is 0.35 m where the yield increased of 22.8% compared to the surface mode to achieve 134.72 qha⁻¹.

Keywords: subsurface drip irrigation, soil moisture content, stock of water, TDR, yield, water use efficiency, maize.

INTRODUCTION

Si la rareté des ressources en eau ou leur limitation est une caractéristique intrinsèque du climat des pays du Maghreb, ce phénomène a semblé connaître une certaine accentuation au cours des dernières décennies marquées par des sécheresses plus fréquentes. La Tunisie occupe un territoire soumis à un climat aride à semi-aride marqué par des précipitations irrégulières dans le temps et dans l'espace. Par conséquent, le régime pluvial ne pourrait plus satisfaire les besoins en eau des cultures et garantir une production agricole stable et suffisante, d'où le recours à l'irrigation afin de se prémunir contre les aléas climatiques (Mailhol, 2005). Puisque la Tunisie ne dispose pas de ressources hydriques importantes, il s'avère nécessaire de porter une attention particulière sur la surconsommation d'eau en milieu agricole (Najafi, 2002). D'ailleurs, en 1990 Zayani et al. ont souligné que l'irrigation consomme près de 83% des ressources en eau du pays. Depuis 1995, et afin d'atteindre le plein potentiel du secteur agricole tunisien en matière de sécurité et d'autosuffisance alimentaire, des subventions sont accordées aux agriculteurs ayant adopté des techniques d'économie d'eau, qui vont de 40 à 60% du montant des investissements, selon la superficie équipée en économie d'eau (Louhichi, 1999). Ce problème hydrique national nécessite d'améliorer l'efficacité des systèmes d'irrigation,

considérant l'éventualité de sécheresses et de pénuries successives. L'irrigation goutte à goutte de surface et souterraine sont considérées comme les moyens les plus efficaces pour fournir l'eau et les nutriments directement aux plantes ainsi que pour augmenter la productivité des cultures (Douh et Boujelben, 2010a, Tiwari et al., 1998; Tiwari et al., 2003). L'irrigation goutte à goutte souterraine est définie comme étant une application d'eau sous la surface du sol à travers des émetteurs qui débitent l'eau à des taux généralement similaires à ceux de l'irrigation goutte à goutte de surface (ASAE, 1999).

Plusieurs travaux ont été effectués sur l'irrigation goutte à goutte; certains auteurs (Douh et Boujelben, 2007; Thompson et al., 2002; 2003) ont étudié l'effet de l'irrigation goutte à goutte souterraine sur le rendement et la qualité de quelques cultures maraichères. En 2003, Bryla et al. ont étudié l'effet de l'irrigation goutte à goutte souterraine à 30, 45 et 60 cm de profondeur sur les exigences en eau d'une culture d'haricot. Sakellariou et al. (2002) concluent dans leurs travaux qu'une économie d'eau et une augmentation du rendement de la canne à sucre ont été enregistrées pour l'irrigation goutte à goutte souterraine à 45 cm de profondeur. Lamm et Trooien (2003) ont étudié l'effet de l'irrigation goutte à goutte souterraine sur la productivité d'une culture de maïs pendant 10 années à Kansas. En 2004, Al-Omran et al. ont effectué une comparaison entre l'irrigation goutte à goutte de surface et souterraine pour différentes textures du sol dans le but d'améliorer l'efficacité en eau et diminuer la salinité. Vernon et Segarra (2004) ont abordé un aspect économique par l'étude du coût d'installation et le gain économique apporté par l'irrigation goutte à goutte souterraine pour une culture de coton. Une amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'eau par l'irrigation goutte à goutte souterraine, pour des cultures de navet, de tomate, d'oignon et d'okra, a été prouvée par certains auteurs (Enciso et al. 2007; Najafi et Tabatabaei, 2007; Singh et Rajput, 2007; Thompson et al., 2009). En 2007, Lazarovitch et al. ont étudié la distribution de l'eau dans le sol à partir d'un gouteur pour un système d'irrigation goutte à goutte souterraine. Malgré les nombreuses recherches qui ont été menées en ce qui concerne l'irrigation goutte à goutte souterraine (SDI), des informations locales sur ce système d'irrigation sont très limitées en Tunisie. Comme dans de nombreuses régions du monde, l'interaction du climat et des sols avec la production agricole présente des arrangements uniques qui nécessitent des recherches locales pour adapter les systèmes de production. C'est dans cette optique que cette étude a été effectuée pour évaluer l'effet du système d'irrigation sur la variation du stock en eau dans le sol, l'efficacité d'utilisation de l'eau et le développement végétatif de quelques paramètres agronomiques d'une culture de maïs.

MATERIEL ET METHODE

Dispositif expérimental

Cette étude a été effectuée du 03 juin au 19 juillet 2008 au domaine expérimental de l'Institut Supérieur Agronomique de Chott Meriem, situé à Sousse en Tunisie (Longitude 10°38E, Latitude 35°52N, altitude 6 m). Le microclimat du site expérimental est semi-aride supérieur à hiver doux et humide et été chaud et sec, avec une pluviométrie annuelle de 230 mm et une évaporation moyenne de 6 mm.j⁻¹. Une station météorologique située à 100 m du site expérimental a fourni des données journalières sur la température, l'humidité, l'ensoleillement, les précipitations et la vitesse du vent pendant la période d'étude. Le suivi de ces conditions climatiques a permis d'effectuer les applications stratégiques d'eau par irrigation selon les conditions d'humidité du sol. La stratégie d'irrigation a été effectuée de façon à ce que les réserves facilement utilisables en eau (RFU) du sol ne soient jamais épuisées. En effet, le pilotage d'irrigation est géré en adaptant un calendrier prévisionnel d'arrosage aux événements: stade de la culture irriguée, données climatiques (pluviométrie, ensoleillement, vitesse du vent), tension en eau du sol.

Le site expérimental sur lequel s'est effectuée l'étude couvrait une superficie de 1000 m² (25 m x 40 m) et avait une pente moyenne de 1 mm.m⁻¹. Le sol possédait une texture sablo-argileuse, une perméabilité moyenne de 14 mm.h⁻¹ et une densité apparente moyenne de 1,62 t.m⁻³ (tableau 1).

Tableau 1 : Paramètres physiques et hydrodynamiques du sol

Layer		0-20cm	20-60cm	60-100cm
Classe		Sablo-limoneux	Sablo-limoneux	Sablo-limoneux
Texture	% sable	61	68	52
	% limon	31	27	43
	% argile	8	5	5
Teneur en eau	$\theta_{pfp}[\%]$	0,0640	0,0589	0,0600
	$\theta_{cc}[\%]$	0,3714	0,3711	0,3712
Conductivité hydraulique	$K_s [cm.h^{-1}]$	1,39	1,38	0,31
Densité apparente	$d_a [g.cm^{-3}]$	1,58	1,66	1,61
Porosité	-	0,4037	0,3736	0,3924

Un labour profond à 40 cm de profondeur a été effectué, suivi d'un labour superficiel à 20 cm de profondeur. Le maïs a été planté selon une densité d'un plant par 0,32 m². Les plants d'aubergines ont été repiqués avec un écartement intra-ligne de 0,40 m comme et un écartement interligne de 0,80 m.

Les traitements étudiés consistaient en une irrigation goutte à goutte de surface (témoin T0) et une irrigation goutte à goutte souterraine à 0,05, 0,20 et 0,35 m de profondeur respectivement (T1), (T2) et (T3). Les essais en parcelles ont été effectués en appliquant le même protocole d'irrigation pour chaque traitement. Les rampes d'irrigation utilisées avaient un diamètre de 16 mm avec des goutteurs intégrés espacés de 40 cm qui débitaient 4 l.h⁻¹ d'eau à une pression de 1 bar (10 tuyaux d'irrigation par parcelle). L'eau d'irrigation provenait du barrage de Nebhana, situé à environ 80 km du site expérimental. Durant l'étude, cette eau présentait une salinité de 1,8 à 2,3 g.l⁻¹. Le rendement des cultures de maïs a été mesuré à la fin de l'étude pour chaque système d'irrigation.

Suivi de la teneur en eau du sol

Les mesures d'humidité du sol ont été effectuées quotidiennement à l'aide d'un TDR (Time Domain Reflectometry) de type TRIME FM3. Six tubes d'accès de 1 m de longueur ont été implantés sur la parcelle pour chaque traitement, tels qu'illustrés sur la figure 1. Les mesures de teneur en eau ont été réalisées par couche de 10 cm sur une profondeur de 70 cm.

Le stock en eau du sol est calculé en intégrant les profils hydriques relatifs au domaine D (20cm x 40cm x 70cm). Les volumes du sol ont été considérés homogènes afin de faciliter les calculs. La mesure de la teneur en eau est faite sur le ¼ de la surface du goutteur et on a raisonné par symétrie.

$$S = 4 \iiint_D \theta(x, y, z) dx dy dz \quad (1)$$

où S est le stock en eau par plante [L^3 par goutteur], $\theta(x,y,z)$ est la teneur en eau volumique du sol au point nodal de coordonnées (x,y,z) [$m^3.m^{-3}$], dx,dy,dz sont les dimensions de l'espace qui couvre l'ensemble du domaine d'intégration D [L], D est le domaine ou volume du sol [L^3].

La variation du stock en eau du sol (ΔS) est calculée par :

$$\Delta S = S(t + \Delta t) - S(t) \quad (2)$$

Avec Δt l'intervalle de temps entre deux mesures successives (1jour).

Suivi des paramètres agronomiques

Les tests au laboratoire ont porté sur les mesures du poids de 100 graines (Pds), le poids moyen des épis, le rendement, la teneur en eau dans les racines, la tige et les feuilles de chaque traitement. Le poids de 100 graines a été obtenu par peser à l'aide d'une balance analytique à 0,01 g de précision. Vint cinq (25) échantillons par traitement ont été prélevés et mesurés. La mesure de la teneur en eau des graines s'est faite suivant la méthode de la température basse constante (ISTA, 2005). La différence de poids notée qui correspondait au poids de l'eau évaporée a été exprimée en pourcentage du poids frais de l'échantillon.

RESULTATS ET DISCUSSION

Evolution temporelle du stock en eau du sol

La figure 1 présente la variation temporelle des stocks en eau du sol pour les systèmes d'irrigation goutte à goutte souterraine à 0,05, 0,20 et 0,35 m de profondeur.

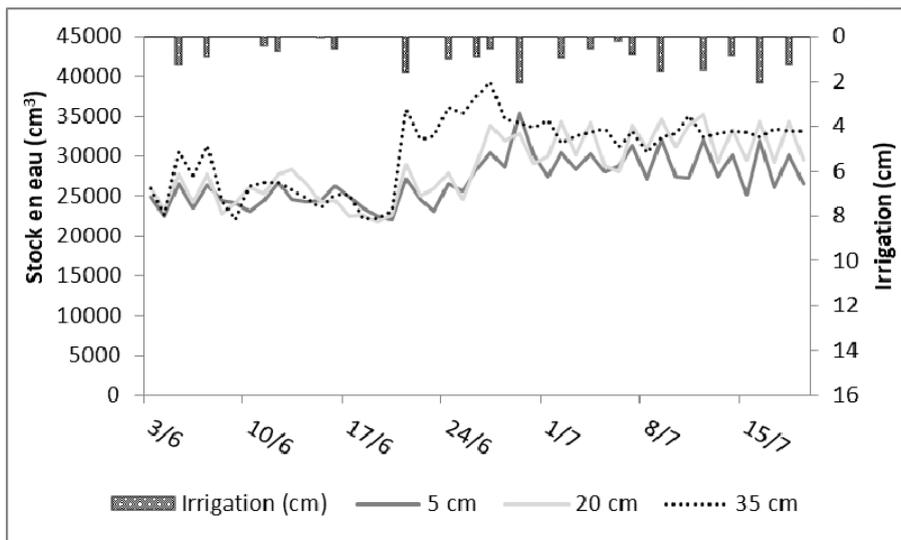


Figure 1: Stock en eau du sol pour le système d'irrigation goutte à goutte souterraine à 0,05, 0,20 et 0,35 m de profondeur

Les mesures obtenues indiquent que le stock d'eau du sol résultant du traitement T3 était supérieur à celui du T1 et T2. Ainsi, la période d'étude peut être divisée en deux intervalles avant et après 19 juin où les conditions climatiques deviennent plus sévères, par conséquent l'intervention par irrigation est plus fréquente. Le stock d'eau pour T1 et T2 fluctuait entre 78 mm et 107 mm, alors que pour l'irrigation souterraine il variait entre 95 mm et 122 mm. En effet, l'analyse statistique par l'utilisation du test SNK a permis de prouver que le système d'irrigation a un effet hautement significatif sur le stock d'eau du sol. De façon générale, les stocks d'eau du sol augmentaient suite à une irrigation ou à une pluie et diminuaient entre deux irrigations successives sans précipitations importantes. Cette diminution du stock d'eau devenait plus rapide au fur et à mesure que le climat s'échauffait et que la culture de maïs atteignait un stade végétatif avancé. En moyenne, l'irrigation souterraine présentait un stock d'eau par plante ayant 84,3, 89,3 et 95,2 mm respectivement pour T1, T2 et T3. Ce qui fait que le stock en eau de l'irrigation souterraine à 0,35 m est plus élevé de 11,4% par rapport à T1 et 6,2 par rapport à T2. Ceci peut être expliqué par les pertes d'eau par évaporation qui ont été plus faibles pour T3, ce qui a permis d'enregistrer une économie d'eau moyenne en faveur de la plante. En effet, Les travaux de Sakellariou et al. (2002), ont prouvé une économie d'eau de 16,6% en faveur du système d'irrigation souterrain enfoui à 0,45 m de profondeur par rapport à celui de surface étudié pour une culture de betteraves à sucre. Ainsi, ces résultats s'accordent aussi avec ceux de Douh et Boujelben (2010a) qui ont

prouvé que l'irrigation souterraine permet une économie d'eau de l'ordre de 22,9% par rapport à l'irrigation localisée de surface.

Evolution temporelle de la variation du stock en eau du sol

La figure 2 présente l'évolution temporelle de la variation journalière du stock d'eau pour le système d'irrigation enterré à 0,05, 0,20 et 0,35 m.

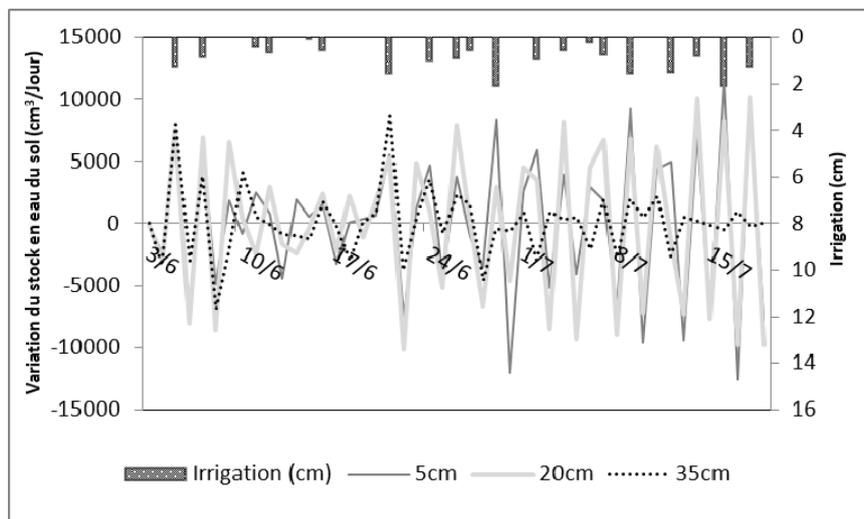


Figure 2: Variation du stock en eau du sol pour le système d'irrigation goutte à goutte souterraine à 0,05, 0,20 et 0,35 m de profondeur

Durant la période d'étude, les variations quotidiennes du stock d'eau pour T3 oscillaient entre $-14,3 \text{ mm.j}^{-1}$ et $+10,9 \text{ mm.j}^{-1}$ alors que celles de T1 et T2 variaient entre $-37,4 \text{ mm.j}^{-1}$ et $+36,3 \text{ mm.j}^{-1}$. Ainsi, les stocks d'eau issus de l'irrigation souterraine à 0,35 m ont accusé une variation journalière moins importante que ceux issus des deux autres profondeurs, en particulier depuis le 19 juin (accentuation de la période de sécheresse). Par conséquent, l'amplitude moins élevée des variations du stock d'eau a favorisé un développement optimum du système racinaire de la culture dans des conditions plus stables d'humidité du sol. En effet, elle permettait une conservation d'humidité satisfaisante du sol au voisinage des racines et offrait une bonne économie de l'eau d'irrigation (Payero et al., 2008; Zoldoske et al., 1999).

Paramètres agronomiques

Le tableau 2 présente le poids moyen de 100 graines, poids moyen des épis et le rendement par hectare pour l'irrigation goutte à goutte de surface et souterraine à 0,05, 0,20 et 0,35 m de profondeur.

Tableau 2: Poids moyen de 100 graines, poids moyen des épis et le rendement par hectare

Traitement	Poids de 100 graines (g)	Poids moyen des épis (g)	Rendement (q/ha)
T0	16,83 ± 3,25 ab	110,94 ± 31,32 bc	104,00 ± 29,36 b
T1	15,88 ± 3,62 b	107,41 ± 36,42 c	100,69 ± 34,14 b
T2	18,05 ± 4,03 a	131,38 ± 40,24 ab	123,17 ± 37,72 ab
T3	18,13 ± 2,73 a	143,70 ± 35,67 a	134,72 ± 33,44 a

La comparaison du poids de 100 graines pour chaque système d'irrigation a révélé que la différence était significative ($P < 0,05$) et a permis de les classer en deux groupes. En effet, le calibre le plus important est enregistré pour le système d'irrigation enterré à 0,20 et 0,35 m. De même pour le poids moyen des épis et le rendement qui sont respectivement de $143,70 \pm 35,67$ g et $134,72 \pm 33,44$ q/ha pour T3. On peut donc confirmer que le système d'irrigation goutte à goutte souterrain à 0,35 m de profondeur nous a permis un gain du rendement de 22,8%, une amélioration du calibre des graines et du poids moyen des épis par rapport au système d'irrigation goutte à goutte de surface. Ceci peut être expliqué par la stabilité de la teneur en eau du sol pour T3 et la disponibilité de l'eau dans la zone racinaire surtout pendant la période sécheresse.

Certains auteurs (Bajracharya et Sharma, 2005) et Singh et Rajput (2006) ont vérifié l'amélioration du rendement de quelques cultures comme la culture de concombre, de tomate et du gombo en utilisant le système d'irrigation goutte à goutte souterraine par rapport à celui de surface.

Toutefois, nos résultats entrent en contradiction avec ceux d'Enciso et al. (2007) qui ont remarqué que l'irrigation goutte à goutte souterraine n'avait aucun effet significatif sur la teneur en eau du sol et le rendement de quelques cultures maraichères.

Efficacité de l'utilisation de l'eau d'irrigation et productivité

du système d'irrigation

Le tableau 3 présente les résultats de l'efficacité de l'utilisation de l'eau d'irrigation et la productivité du système d'irrigation enterré par rapport à celui de surface.

Tableau 3: Efficience de l'utilisation des eaux d'irrigation et productivité du système d'irrigation

Traitement	IWUE (kg m ⁻³)	WUE (Kg m ⁻³)	IE (fois)
T0	-	3,03	-
T1	-0,10	2,93	0,96
T2	0,56	3,58	1,18
T3	0,89	3,92	1,30

L'efficience du système d'irrigation (IE) reflète l'interaction entre l'eau d'irrigation et le rendement de la culture. En effet, pour le système d'irrigation enterré à 0,35 m le rendement est 1,3 fois supérieur à celui de l'irrigation de surface. L'efficience de l'utilisation des eaux d'irrigation (IWUE) est de 0,89 kg.m⁻³ pour T3. Donc, une amélioration de la productivité du système d'irrigation a été enregistrée. L'agriculteur peut irriguer profitablement davantage de terres en utilisant pour le mieux l'eau disponible; l'efficience de l'irrigation peut atteindre des niveaux plus intéressants par le bon choix du système d'irrigation. Plusieurs auteurs se rejoignent sur l'amélioration de l'efficience d'utilisation de l'eau par l'irrigation goutte à goutte souterraine pour des cultures de navet, de tomate, d'oignon et d'okra (Enciso et al. 2007; Najafi et Tabatabaei, 2007; Singh et Rajput, 2007; Thompson et al., 2009).

CONCLUSION

L'objectif principal de ce travail était d'évaluer et de comparer l'effet de l'irrigation goutte à goutte de surface et souterraine en région semi-aride sur la variation du stock en eau dans le sol, l'économie en eau et l'efficience de chaque système d'irrigation. Pour l'irrigation souterraine, le stock en eau était plus élevé et assez constant pour l'irrigation goutte à goutte souterraine à 0,35 m, avec cependant des légères variations dues aux apports d'eau provenant des pluies ou des irrigations. Donc, les pertes d'eau par évaporation et par drainage ont été plus faibles pour l'irrigation souterraine, ce qui a contribué à économiser d'avantage l'eau d'irrigation. Les faibles variations des stocks d'eau du sol pour le cas du système d'irrigation souterrain ont entraîné une meilleure disponibilité en eau pour la plante (i.e. conditions hydriques plus stables) et une meilleure économie d'eau atteignant près de 11,4% par rapport à une irrigation par un système enterré à 0,05 m. Une augmentation de la production pour le système d'irrigation goutte à goutte enterré à 0,35 m est de l'ordre de 22,8% par rapport au mode de surface.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AL-OMRAN, A.M., FALATAH A.M., SHETA A.S., AL-HARBI A.R. (2004). The use of clay deposits in drip irrigation system for water conservation. International Conf. on Water Resources and Arid Environment.
- ASAE Standards (1999). Soil and water terminology. Trans ASAE Standards. St. Joseph, MI.
- BAJRACHARYA R.M., SHARMA S. (2005). Influence of drip-irrigation method on performance and yields of cucumber and tomato. Int J. Appl Sci Eng Tech. Vol. 1, N°1.
- BRYLA, D.R., BANUELOS G.S., MITCHELL J.P. (2003). Water requirements of subsurface drip irrigated faba bean in California. Irrig. Sci., 22(1), 31-37.
- DOUH B., BOUJELBEN A. (2010a). Water saving and eggplant response to subsurface drip irrigation, Journal of Agricultural Segment, Vol. 1, N°2: 1525.
- DOUH B., BOUJELBEN A. (2010b). Etude de l'irrigation localisée souterraine sur la culture d'aubergine, Livre, Editions Universitaires Européennes, N° 6001, 124p.
- DOUH B., BOUJELBEN A. (2007). Effet du système d'irrigation goutte à goutte souterrain sur une culture d'aubergine, Séminaire international, Exploitation des ressources en eau pour une agriculture durable. Hammamet-Tunisie 21 et 22 novembre, in Abstract book, p70.
- ENCISO J., JIFON J., B. WIEDENFELD B. (2007). Subsurface drip irrigation of onions: Effects of drip tape emitter spacing on yield and quality, J. Agr. Water Manage., 92, 126–130
- LAMM, F.R., TROOEN T.P. (2003). Subsurface drip irrigation for corn productivity. A review of 10 years of research in Kansas. Irrig. Sci. , Vol.22, N° 3-4, 195-200.
- LAZAROVITCH N., WARRICK A.W., FURMAN A., SIMUNEK J. (2007). Subsurface Water Distribution from Drip Irrigation Described by Moment Analyses, Vadose Zone J., 6:116–123.
- LOUHICHI K. (1999). L'amélioration de l'efficacité de l'irrigation pour une économie d'eau : cas d'un périmètre irrigué en Tunisie, Rapport final, plan d'action pour la méditerranée, Ciheam - Plan Bleu - 20/10/00, p9.
- MAILHOL J.C. (2005). Contribution à la maîtrise de l'irrigation et de ses impacts, Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches, UR Irrigation Cemagref Montpellier, p18.
- NAJAFI P., TABATABAEI S.H. (2007). Effect of using subsurface drip irrigation and ET-HS model to increase WUE in irrigation of some crops, Irrig Drain., Vol. 56, Issue 4: 477- 486.

- NAJAFI P. (2002). Assessment of optimum model of using treated wastewater in irrigation of some crops. Ph.D. Thesis, Khorasgan Azad University, Isfahan, Iran, p304. (In Persian).
- PAYERO J.O., TARKALSON D., IRMAK S., DAVISON D, PETERSEN J.L. (2008). Effect of irrigation amounts applied with subsurface drip irrigation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency, and dry matter production in a semiarid climate. *Agr Water Manage*, 95 (8): 895-908.
- SAKELLARIOU M., KALFOUNTZOS D., YYRLAS P. (2002). Water saving and yield increase of sugar beet with subsurface drip irrigation, *Global Nest: the Int. J.* Vol. 4, No 2-3, 85 -91.
- SINGH D.K., RAJPUT T.B.S. (2007). Response of lateral placement depths of subsurface drip irrigation on okra (*Abelmoschus esculentus*), *Int. J. Plant Production* 1: 73-84.
- THOMPSON T.L., WHITE S.A., WALWORTH J.L., G.S. SOWER G.S. (2003, Fertigation Frequency for Subsurface Drip-Irrigated Broccoli, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 67:910-918.
- THOMPSON T.L., DOERGE T.A., GODIN R.E. (2002). Subsurface drip irrigation and fertigation of broccoli: agronomic, economic, and environmental outcomes and environmental outcomes. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 66:178-185.
- THOMPSON T.L., PANG H, LI Y. (2009). The Potential Contribution of Subsurface Drip Irrigation to Water-Saving Agriculture in the Western USA, *Agr. Sci. in China*, Vol. 8, Issue 7: 850-854
- TIWARI, K.N., SINGH A., MAL P.K. (2003). Effect of drip irrigation on yield of cabbage (*Brassica oleracea* L. var. capitata) under mulch and non-mulch conditions. *Agric. Water Manage.*, 58, 19-28.
- TIWARI, K. N., MAL P.K., SINGH R.M., CHATTOPADHYAY A. (1998). Response of Okra (*Abelmoschus esculentus*"L." Moench) to drip irrigation under mulch and non-mulch condition. *Agric. Water Manage.* 38, 91-102.
- VERNON D.L., SEGARRA E. (2004). The dollars and cents of subsurface drip irrigation (SDI) for cotton in the southern high plains of Texas, Belt wide Cotton Conferences, San Antonio, TX-January 5-9.
- ZAYANI K., DALI N., ALOUINI A., HADJ TAIEB M. (1990). Evaluation de l'irrigation localisée de la vigne de table dans la région de Mornag, CIHEAM, Options Méditerranéennes.
- ZOLDOSKE D.F., GENITO S., JORGENSEN G.S. (1999). Subsurface Drip Irrigation (SDI) on Turfgrass: A University Experience. *J. Int. Water and Irrigation*, Vol. 19, No. 1, 18-19.