



## **APPRECIATION EXPERIMENTALE DE L'UNIFORMITE DE DISTRIBUTION DE L'EAU DANS LE PERIMETRE IRRIGUE ZAAFRANA II (TUNISIE CENTRALE)**

***EL AMRI A., MAJDOUB R., M'SADAK Y, AOUICHAOUI G.***

Département du Génie des Systèmes Horticoles et du Milieu Naturel. Université de Sousse  
Institut Supérieur Agronomique de Chott Meriem, BP 47, 4042 Chott Meriem, Tunisie

elasma@yahoo.com, rmajdoub@yahoo.com, msadak.youssef@yahoo.fr

### **RESUME**

La Tunisie ne dispose que de faibles ressources en eau de plus en plus sollicitées. Pour faire face à cette situation, l'État a lancé une stratégie nationale d'économie d'eau pour rationaliser l'utilisation de l'eau qui va permettre d'en tirer le meilleur profit économique et de maintenir la demande de l'irrigation à un niveau compatible avec les ressources en eau disponibles. Ceci peut être atteint moyennant l'amélioration de l'efficacité des réseaux d'irrigation et l'utilisation des techniques d'irrigation économes en eau. La présente étude concerne le périmètre public irrigué Zaafrana II de la délégation de Bouhajla (Gouvernorat de Kairouan, Tunisie Centrale) réhabilité en 2005. Ce périmètre est bien équipé en matériel d'économie d'eau avec un taux de 85% et dont 39% de sa superficie totale est occupée par des installations goutte à goutte, la technique d'irrigation la plus performante pour économiser l'eau. Dans cette étude, l'uniformité de distribution de l'eau à la parcelle par des installations goutte à goutte a été évaluée sur la base du test d'uniformité et des coefficients d'uniformité calculés par la formule de Keller et Karmeli. L'expérimentation a été réalisée en 2010 dans une parcelle formée de 10 unités parcellaires, cultivée en piment et couvrant une superficie de 4 ha. Pour chacune de ces dix unités, les valeurs des débits moyens de 16 goutteurs considérés ont donné des coefficients d'uniformité qui dépassent largement les 90% (variables entre 96,7% et 98,5%). Ces résultats démontrent le bon état du réseau d'irrigation à la parcelle et l'absence du problème de colmatage dans les conditions expérimentales considérées. De même, des faibles écarts entre les débits mesurés et

les débits nominaux des goutteurs ne dépassant pas les 5% ont été relevés, démontrant la bonne qualité de répartition de l'eau à la parcelle étudiée.

**Mots clés :** Tunisie Centrale, irrigation, économie d'eau, test d'uniformité, goutte à goutte.

## ABSTRACT

Tunisia has limited water resources which are increasingly requested. To cope with this situation, the state has established a national strategy for water saving in order to rationalize the water use which will allow to make the most economic profit and to maintain the demand for irrigation at a level compatible with the available water resources. This can be achieved through the improvement of the efficiency of the irrigation networks and the use of water-saving irrigation techniques. This study examines the public irrigated perimeter Zaafrana II of the delegation of Bouhajla (Kairouan region, Central Tunisia) rehabilitated in 2005. This area is well equipped with water saving systems with a rate of 85%; and 39% of the total area is occupied by a drip irrigation installations, the most efficient water saving technology. In this study, the uniformity of water distribution in a plot equipped by a drip system was evaluated on the basis of uniformity test, the uniformity coefficients were calculated by the formula of Keller and Karmeli. The experiment was conducted in 2010 in a plot composed by of 10 units cultivated with pepper and covering a total area of 4 ha. For each of these ten units, the values of the average flow rates of the 16 considered drippers have yielded a coefficients uniformity that greatly exceed the 90% (varying between 96.7% and 98.5%). These results show the good state of the plot irrigation system and the absence of the problem of clogging under the considered experimental conditions. Similarly, small differences between the measured flow rates and the drippers nominal flow rates not exceeding the 5% were observed, showing the good quality of water distribution in the studied plot.

**Key words :** Central Tunisia, irrigation, water saving, uniformity test, drip system.

## INTRODUCTION

L'agriculture, qui représente 18% du PIB Tunisien, prélève plus de 80% des eaux mobilisées et constitue le premier consommateur d'eau en Tunisie (Gharbi, 2007). De plus, les cultures irriguées produisent 35% de la valeur de la production agricole et fournissent 27% de l'emploi agricole (Abid-Karray, 2006). Néanmoins, la rareté de l'eau devant la demande croissante du secteur agricole irrigué posait un

problème sérieux et incitait l'Etat à valoriser l'eau et rationaliser son utilisation dans le secteur agricole (MARE-DGGRRE, 2007). Ceci peut être atteint en ayant recours à l'amélioration de l'efficacité des réseaux d'irrigation et l'utilisation des techniques d'irrigation économes en eau. En particulier, la technique d'irrigation localisée au goutte à goutte connaît une expansion très remarquable puisqu'elle est considérée comme prometteuse dans des conditions de pénurie d'eau (Tizaoui, 2004). D'ailleurs cette technique a été introduite dès 1974, en vue de mettre en place une agriculture parcimonieuse en eau (Zayani et al., 2000). Outre l'économie d'eau (50 à 70% par rapport au gravitaire et 30% par rapport à l'aspersion) et d'engrais, cette technique permet également d'augmenter le rendement (de 20 à 40%) et d'améliorer la qualité des productions maraîchères (Elattir, 2005).

Néanmoins, le système d'irrigation goutte à goutte présente notamment un risque potentiel de colmatage ou de bouchage des distributeurs. Le colmatage entraîne une mauvaise répartition de l'eau au niveau de la parcelle et affecte ainsi la croissance et le développement des plantes causant des effets négatifs sur les rendements des cultures en quantité et en qualité. De plus, il engendre, dans certains cas, du gaspillage d'eau tel est le cas de certains périmètres irrigués en Tunisie (Slatni et al., 2004) lorsque l'agriculteur tend à augmenter la durée d'irrigation pour surmonter ce problème et se trouver dans des conditions d'hydromorphie. Il est à signaler également que le phénomène de colmatage a pour conséquence de raccourcir la durée de vie de l'installation déjà coûteuse au départ. De ce fait, l'économie d'eau et sa valorisation ne dépendent pas exclusivement de la technique d'irrigation adoptée, mais également de l'état de l'installation d'irrigation. C'est dans ce cadre que se situe la présente étude qui se propose d'évaluer l'état du réseau d'irrigation goutte à goutte installé dans le périmètre irrigué Zaafrana II dans le cadre de la stratégie d'économie d'eau et d'apprécier l'uniformité de la distribution de l'eau à la parcelle.

## **MATÉRIEL ET MÉTHODES**

### **Site d'étude**

Le site d'étude est le périmètre public irrigué Zaafrana II (Délégation de Bouhajla), créé en 1964 et réhabilité en 2005, du gouvernorat de Kairouan faisant partie de la Tunisie Centrale et positionné géographiquement à une altitude de 60 m, une latitude de 35°40', et une longitude de 10°05'. Le périmètre couvre une superficie totale de 145 ha répartie sur 62 parcelles exploitées par 46 exploitants. Le site d'étude appartient à l'étage bioclimatique aride supérieur caractérisé par un été très chaud avec une température moyenne des maxima de 37,10°C (juillet) et un hiver

froid avec une température moyenne des minima de 4,8°C (janvier). La pluviométrie annuelle moyenne de la région est de 303 mm et la vitesse du vent variait entre 2 et 3 m/s.

### **Systèmes d'irrigation adoptés**

L'irrigation du périmètre d'étude est assurée par le forage de Zaafrana II qui exploite les nappes contenues dans les formations quaternaires de la plaine de Zaafrana. L'eau du forage est caractérisée par une salinité de 2,65 g/l et un pH neutre. L'irrigation localisée au goutte à goutte s'est développée rapidement au niveau du périmètre et est devenue très répandue en occupant 39% de sa superficie, toutefois, l'irrigation par aspersion garde toujours le premier rang (46%). La superficie restante (15%) est occupée par l'irrigation gravitaire améliorée.

### **Essai mis en oeuvre**

L'essai a été réalisé en 2010. Il consiste à tester l'uniformité de distribution de l'eau d'irrigation au niveau d'une parcelle irriguée au goutte à goutte. La parcelle choisie, de superficie 4 ha et cultivée en piment, a été identifiée aléatoirement. Elle est formée de 10 unités parcellaires avec un interligne de 1,5 m et un interplant de 0,5 m. Sur la base d'une efficacité globale du système d'irrigation de 0,8 et un coefficient de réduction des besoins bruts en eau d'irrigation de 30%, les besoins réels des plantes au mois de pointe (juillet) sont évalués à 2295 m<sup>3</sup>/ha. Les goutteurs utilisés sont intégrés de type GR, délivrant un débit nominal de 4 l/h sous une pression de 1 bar.

Le test d'uniformité consiste à mesurer, dans chaque unité parcellaire (vanne), le débit au niveau de 16 goutteurs bien répartis (CEMAGREF, 2003). Quatre points du porte rampes ont été sélectionnés ; soient la première rampe, au tiers du porte rampes, au deux tiers du porte rampes et la dernière rampe. Ensuite, sur chacune de ces rampes, quatre goutteurs ont été retenus ; dont le premier est au début de la rampe, le deuxième au tiers de la rampe, le troisième au deux tiers de la rampe et le quatrième à la fin de la rampe. Ensuite, la mesure du débit de chaque goutteur a été réalisée. Au total, 16 goutteurs sont sélectionnés dans chaque unité parcellaire et 160 mesures de débit ont été relevées dans toute la parcelle d'étude.

### Dépouillement des données relevées

L'étude de l'homogénéité de la répartition de l'eau au niveau du poste d'arrosage s'est basée sur le coefficient d'uniformité (Keller et Karmeli, 1974). Plus le coefficient d'uniformité (Cu) est élevé, plus la répartition est meilleure (Tableau 1).

**Tableau 1 :** Critères d'identification du coefficient d'uniformité

Coefficient d'uniformité	Fonctionnement du réseau
Cu > 90%	Réseau en bon état
70% < Cu < 90%	Réseau à nettoyer
Cu < 70%	Réseau colmaté

Pour chaque secteur (16 goutteurs), le coefficient d'uniformité Cu a été calculé en se servant du débit moyen,  $\bar{q}$  des goutteurs (Équation 1), de la moyenne des quatre débits les plus faibles (Équation 2) et de l'expression de Keller et Karmeli (1974) (Équation 3).

$$\bar{q} = \frac{\sum_{i=1}^{16} q_i}{16} \quad (1)$$

$$\bar{q}_{25} = \frac{\sum_{i=1}^4 q_{faibles}}{4} \quad (2)$$

$$Cu (\%) = 100 \times \frac{\bar{q}_{25}}{\bar{q}} \quad (3)$$

avec  $q_i$  : débit d'un goutteur (l/h).

Pour mieux qualifier l'uniformité de distribution de l'eau d'irrigation, les écarts des débits moyens par rapport aux débits nominaux (E) ont été déterminés en utilisant l'Équation 4.

$$E (\%) = 1 - \frac{\bar{q}}{q_n} \times 100 \quad (4)$$

Avec  $q_n$  : débit nominal du goutteur (l/h).

## RESULTATS ET DISCUSSION

### Variation des débits des goutteurs par secteur

Les débits des goutteurs retenus au niveau de 10 vannes relevant de la parcelle d'étude ont été mesurés (Tableau 2).

**Tableau 2 :** Débits mesurés moyens et extrêmes des goutteurs par secteur

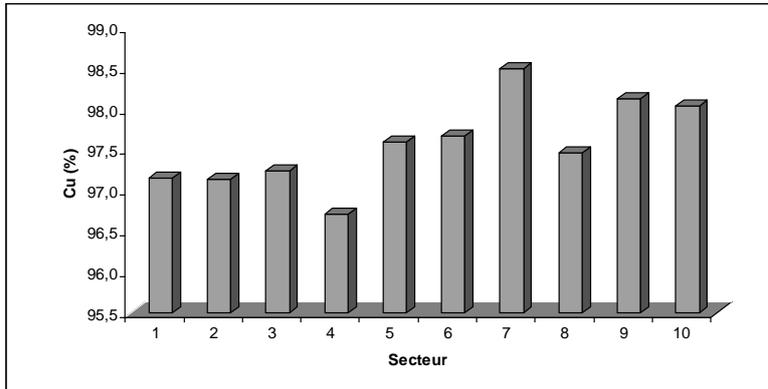
Secteur	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\bar{q}$ (l/h)	4,04	4,00	3,98	4,02	3,90	3,90	3,89	3,85	3,84	3,80
$q_{\min}$ (l/h)	3,85	3,84	3,83	3,84	3,78	3,76	3,78	3,72	3,72	3,70
$q_{\max}$ (l/h)	4,20	4,20	4,20	4,20	4,10	3,97	3,96	3,96	3,96	3,95

Pour l'ensemble des vannes, le débit moyen a varié entre 3,80 et 4,04 l/h, les minima ( $q_{\min}$ ) ont varié de 3,70 à 3,85 l/h et les maxima ( $q_{\max}$ ) de 3,95 à 4,20 l/h. De telles variations relativement faibles représentent un bon signe pour une répartition homogène de l'eau à la parcelle.

### Uniformité de distribution de l'eau par secteur

Les résultats des coefficients d'uniformité obtenus à partir de 160 (16 goutteurs x10 vannes) valeurs de débits mesurés au niveau de 10 unités parcellaires sont présentés sur la figure 1. Cette dernière montre des Cu très élevés variant entre 96,7% et 98,5%. Pour un débit moyen de 3,92 l/h, le coefficient d'uniformité moyen étant de 97,6%, ce qui montre une bonne homogénéité de répartition de l'eau à la parcelle. A partir de cette figure et en se référant au tableau 1 de classification de Cu, tous les coefficients Cu dépassent 90% justifiant d'un bon état du réseau et de l'absence de problème de colmatage au moment du suivi mis en œuvre.

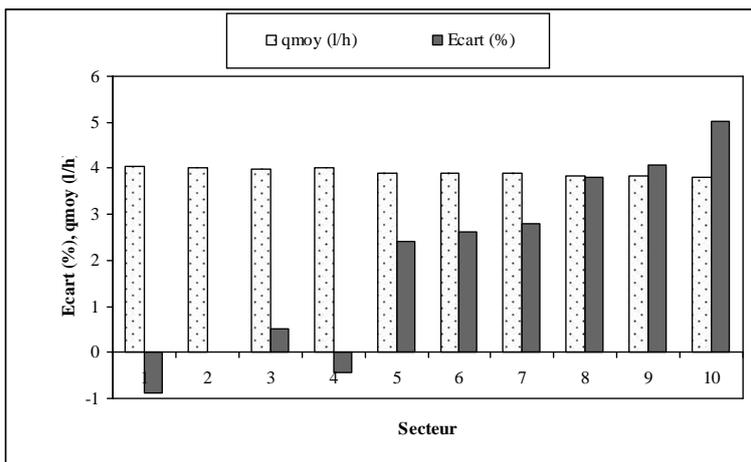
*Appréciation expérimentale de l'uniformité de distribution de l'eau dans le périmètre irrigué Zaafrana II (Tunisie centrale)*



**Figure 1 :** Variation des coefficients d'uniformité par secteur

**Ecart entre les débits réel et nominal des goutteurs par secteur**

La figure 2 illustre les variations des écarts des débits moyens (réels) par rapport au débit nominal (théorique) des goutteurs de chaque secteur.



**Figure 2:** Variation des écarts entre le débit moyen et le débit nominal des goutteurs par secteur

Selon cette figure, les débits moyens des goutteurs variant de 3,80 à 4,04 l/h sont répartis comme suit : 70% des goutteurs débitent entre 3,80 et 3,98 l/h pour donner des écarts négatifs (surtout à cause des impuretés) et 20% des goutteurs donnent des

débits supérieurs à 4 l/h, correspondant ainsi à des écarts des débits moyens par rapport au débit nominal positifs (notamment à cause de leur usure). Les débits mesurés sont jugés bons et presque analogues aux exigences requises (4 l/h) et les écarts entre les débits mesurés et le débit nominal sont faibles atteignant un maximum de 5%, ce qui confirme bien la bonne uniformité d'irrigation à la parcelle assurée par le bon état du réseau et l'absence du problème de colmatage signalés précédemment. Signalons que, dans l'ensemble, 10% des goutteurs montrent un débit similaire au débit nominal alors que 90% dévoilent un débit non approprié (à la baisse ou à la hausse selon son état obstrué ou usé, de façon respective). Une telle situation du matériel disponible est amplement admissible, étant donné les faibles écarts de débit enregistrés ainsi que la bonne uniformité de l'eau relevée dans les conditions expérimentales considérées.

## CONCLUSION

Dans le cadre de l'adoption du matériel économe en eau d'irrigation en vue de valoriser et rationaliser son utilisation à la parcelle, la présente étude s'est intéressée à l'évaluation expérimentale de l'uniformité de répartition de l'eau dans le périmètre irrigué Zaafrana II relevant de la Tunisie Centrale. En effet, l'économie d'eau et sa valorisation ne résident pas uniquement dans le choix de la technique adoptée mais aussi dans la mise en état de l'installation d'irrigation. L'uniformité d'application a été étudiée pour une parcelle formée de 10 unités parcellaires, irriguée au goutte à goutte, cultivée en piment. L'étude s'est fondée sur le coefficient d'uniformité défini par Keller et Karmeli et déterminé en suivant la procédure basée sur les mesures de débits de 16 goutteurs uniformément répartis sur chaque unité. De plus, les écarts entre le débit nominal et les débits mesurés des goutteurs ont été déterminés. Les résultats relevés ont révélé que la totalité des mesures correspondent à un coefficient d'uniformité supérieur à 90% montrant ainsi le bon état du réseau d'irrigation et l'absence du problème de colmatage des goutteurs. A ceci s'ajoutent les faibles écarts enregistrés entre les débits mesurés et le débit nominal des goutteurs n'ayant pas dépassé les 5% pour confirmer la bonne uniformité d'irrigation à la parcelle et l'absence du dysfonctionnement du réseau adopté lors du diagnostic mis en œuvre. Par ailleurs, il convient de noter qu'il y a tendance vers le bouchage (avec 70% des goutteurs débitant moins que normalement) alors qu'une tendance vers l'usure est de loin plus faible (avec 20% des goutteurs débitant plus que ce qui est préconisé). Le reste des goutteurs (10%) fonctionne convenablement.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- ABID-KARRAY J. (2006). Bilan hydrique d'un système de cultures intercalaires (olivier-culture maraîchère) en Tunisie Centrale : Approche expérimentale et essai de modélisation. Thèse de Doctorat. Université Montpellier II. Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Montpellier, 203 p.
- CEMAGREF (2003). Irrigation - Guide pratique. Editions du CEMAGREF, 342p.
- ELATTIR H. 2005. La conduite et le pilotage de l'irrigation goutte à goutte en maraîchage. Bulletin mensuel d'information et de liaison du PNTTA. Transfert de technologie en agriculture. Ministère de l'agriculture, du développement rural et des pêches maritimes, Maroc. pp. 1-6.
- GHARBI N. (2007). Programme national de l'économie d'eau d'irrigation - Expérience Tunisienne, Ministère de l'agriculture et des ressources hydrauliques, 20 p.
- KELLER J. ET KARMELI D.(1974). Trickle irrigation design parameters. ASAE Transactions, 17(4): 678-684.
- MARE-DGGRRE (Ministère de l'Agriculture et des Ressources en Eau, Direction Générale du Génie Rural et des Ressources en Eau), 2007. Rapport de préparation du projet d'investissement dans le secteur de l'eau, 25 p.
- SLATNI A., MAILHOL J.C., CHATEAU G., ZAÏRI A. (2004). Diagnostic des pratiques d'irrigation localisée dans la vallée de la Medjerda (Tunisie), Séminaire Euro-Méditerranéen «la modernisation de l'agriculture irriguée», 19-21 Avril 2004 Rabat (Maroc).
- TIZAOUI C. (2004). Promotion de l'irrigation localisée dans le périmètre irriguée de la basse Moulaya au Maroc. Séminaire Euro-Méditerranéen «la modernisation de l'agriculture irriguée», 19-23 Avril 2004 Rabat (Maroc).
- ZAYANI K., DALI N., ALOUINI A. ET HADJ TAIEB M. (2000). Evaluation de l'irrigation localisée de la vigne de table dans la région de Mornag. CIHEAM, Proceeding of the Annual Meeting of the Mediterranean Network on Collective Irrigation Systems (GIS-Net), Options méditerranéennes, Serie B, 31, pp. 95-107.