



## **ÉVALUATION DU FONCTIONNEMENT D'UN PÉRIMÈTRE IRRIGUÉ DANS LA RÉGION DE KAIROUAN APRÈS SA MISE EN VALEUR**

***EL AMRI A.<sup>1</sup>, \*MAJDOUB R.<sup>1</sup>, BEN AYED S.<sup>2</sup>, M'SADAK Y.<sup>1</sup>***

<sup>1</sup>Département du Génie des Systèmes Horticoles et du Milieu Naturel. Université de Sousse. Institut Supérieur Agronomique, BP 47, 4042 Chott Meriem, Sousse, Tunisie

<sup>2</sup>Arrondissement Exploitation des Périmètres Publiques Irrigués. Commissariat Régional au Développement Agricole. Cité Layouni, El Hajjem, Kairouan, Tunisie

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

### **RESUME**

En raison de la pénurie des eaux conventionnelles d'irrigation qui devient de plus en plus aiguë en Tunisie suite aux aléas climatiques et aux performances encore réduites du secteur irrigué, une meilleure valorisation des ressources en eau allouées au secteur agricole est alors exigée. La présente étude a pour but d'évaluer le fonctionnement du périmètre public irrigué Zaafrana II de la délégation de Bouhajla (Gouvernorat de Kairouan) réhabilité en 2005 dans le cadre de la stratégie nationale d'économie d'eau d'irrigation. Cette évaluation basée sur l'analyse de divers paramètres de performance (taux d'utilisation des ressources hydriques allouées, efficacité de distribution, taux d'équipement en matériel d'économie d'eau, taux d'intensification agricole, taux de satisfaction des cultures et efficacité agronomique) a permis de révéler que le réseau hydraulique sur les plans équipement et fonctionnement ne constitue pas une contrainte pour la valorisation du périmètre. L'efficacité du réseau, estimée à 95%, a assuré une réduction relativement considérable du taux de pertes d'eau tout en permettant un taux de satisfaction des besoins en eau des cultures de l'ordre de 85% ; ce qui confirme la bonne utilisation de l'eau. Le renouvellement du réseau de distribution a encouragé les agriculteurs à s'orienter vers la pratique de l'irrigation sous pression. De plus, le taux d'intensification a évolué progressivement dans le temps pour atteindre les 100% à partir de la campagne agricole 2008/2009. Ces résultats ont prouvé que ce périmètre a bien mérité l'investissement et que sa réhabilitation a contribué à

l'orientation des agriculteurs à pratiquer davantage les techniques d'économie d'eau à la parcelle. La mise en valeur des périmètres publics irrigués contribuera à l'utilisation rationnelle et efficiente des ressources hydriques disponibles.

**Mots clés :** Economie d'eau, périmètre public irrigué, indicateurs d'efficience, mise en valeur.

## ABSTRACT

Faced to the limited water resources, the increased demand and the growing agricultural sector, the climate changes and the reduced performance of irrigation systems in Tunisia, a better water use in agriculture is required. This study aims to evaluate and to analyze the functioning of a public irrigated area Zaafrane II, located in the delegation of Bouhajla (Kairouan region) and rehabilitated in 2005 within the national water-saving strategy.

The evaluation of the functioning of developed perimeter was based on a set of parameters (the rate of use of water resources allocated to the perimeter, the distribution network efficiency, the rate of water-saving equipment, the agricultural intensification rate, the rate of satisfaction of crop water needs and the agronomic efficiency). The efficiency of hydraulic network is estimated to 95% to show the proper use of water. In the field, the rehabilitation has encouraged farmers to use water saving equipments. The intensification rate has increased with time to achieve 100% since 2008/2009 to confirm that the perimeter is well exploited. The average satisfaction rate of crop water requirements is around 85%, confirming the proper use of water resources by farmers of the perimeter Zaafrane II. These results proved that the studied perimeter has earned the State investment and that its rehabilitation has contributed to the orientation of farmers to practice more the water-saving equipments. The rehabilitation projects will ensure the rationalization of irrigation water use.

**Key-words :** Water economy, public irrigated perimeter, efficiency indicators, development.

## INTRODUCTION

L'agriculture est une activité fondamentale et vitale pour satisfaire les besoins alimentaires. Quand les apports naturels en eau ne permettent pas de combler les besoins alimentaires, l'irrigation est adoptée pour utiliser moins de terre (Ben Mechlia, 2004). En effet, le passage d'une agriculture pluviale (tributaire du calendrier, de l'intensité et de la répartition des pluies ainsi que des

inondations) à l'irrigation d'appoint ou intégrale a été un sort déterminant aussi bien pour la production que pour la qualité (Zella et Smadhi, 2007).

La Tunisie est considérée parmi les pays les moins dotés en ressources hydriques dans le bassin méditerranéen. C'est un pays où les précipitations sont généralement insuffisantes pour l'agriculture pluviale. De plus, l'agriculture irriguée qui occupe 8% de la surface agricole utile, prélève environ 80% de la ressource mobilisée (Gharbi, 2007). Ainsi, devant la capacité limitée des ressources en eau, la demande accrue et croissante du secteur agricole et les changements climatiques en Tunisie, des politiques d'économie d'eau se sont avérées indispensables (Al Atiri, 2004).

Le Gouvernement Tunisien a lancé une stratégie nationale d'économie d'eau d'irrigation dont le plan d'action est fondé principalement sur : i) la réhabilitation et la modernisation des réseaux collectifs d'irrigation des périmètres publics irrigués, ii) la promotion des différentes techniques d'économie d'eau à la parcelle, et la valorisation des ressources en eau par un choix adéquat de cultures de haute valeur économique et iii) le renforcement des capacités régionales en matière d'économie d'eau au niveau de la recherche appliquée, de la vulgarisation et de la gestion des systèmes d'irrigation, en vue d'apporter un meilleur encadrement des exploitants agricoles.

La stratégie nationale d'économie d'eau d'irrigation est justifiée par la faible intensification agricole des périmètres publics irrigués, les fortes pertes d'eau causées par le mauvais état des réseaux collectifs d'irrigation, les techniques d'irrigation adoptées, et l'absence de tradition de l'irrigation chez plusieurs exploitants (Louati, 2008). Dans cette perspective, 24 périmètres publics irrigués ont été réhabilités dans la région de Kairouan dans une perspective de rationalisation de l'utilisation des ressources d'eau (CRDA, 2005). Cette réhabilitation devrait améliorer les performances des systèmes d'irrigation, augmenter l'efficacité d'application de l'eau à la parcelle et garantir une meilleure valorisation des eaux d'irrigation (Al Atiri, 2004). La présente étude concerne particulièrement le périmètre public irrigué Zaafrana II qui a été réhabilité en 2005. Elle a pour objet d'évaluer et d'analyser le fonctionnement de ce périmètre après sa mise en valeur afin de dégager éventuellement les contraintes auxquelles se heurte ce dernier et de juger s'il a bien mérité l'investissement de l'État. L'étude en question faisant appel à un certain nombre d'indicateurs d'efficacité relatifs respectivement au fonctionnement du réseau d'irrigation et à l'évaluation de la mise en valeur du périmètre.

## **MATÉRIEL ET MÉTHODES**

### **Présentation du périmètre d'étude**

#### ***Localisation***

L'étude réalisée a porté sur le périmètre public irrigué Zaafrana II qui fait partie de la délégation de Bouhajla du gouvernorat de Kairouan. Il est situé à 14 km, à vol d'oiseau, de Bouhajla et possède les coordonnées géographiques suivantes : altitude de 60 m, latitude de 35°40', et longitude de 10°05'. Le périmètre créé en 1964 et réhabilité en 2005 couvre une superficie totale de 145 ha répartie sur 62 parcelles exploitées par 46 exploitants. Il est géré par un Groupement de Développement Agricole (GDA) depuis sa réhabilitation (BICHE, 2005).

### ***Conditions climatiques***

Le périmètre d'étude est soumis au bioclimat aride supérieur, à hiver tempéré. Il s'agit d'un climat continental marqué par un été très chaud avec une moyenne des maxima au mois de juillet de 37,1°C et un hiver froid avec une moyenne des minima de l'ordre de 4,8°C au mois de janvier. La pluviométrie annuelle moyenne est de l'ordre de 303 mm et elle est caractérisée par son irrégularité interannuelle. Quant au vent, la région est soumise à l'influence de deux vents dominants, celui du Nord-Ouest en hiver et celui du Sud-Est en été avec un vent chaud d'origine saharienne (Sirocco) dont la vitesse moyenne varie entre 2 et 3 m/s. Pour la gelée, elle est fréquente, mais peu durable et commence en décembre jusqu'au mois de mars avec une moyenne annuelle de 3 à 4 jours.

### ***Occupation du sol***

Le périmètre considéré étant implanté dans la plaine alluviale de l'oued Zéroud, caractérisée par des sols peu évolués alluviaux dans la plaine et des sols calcimagnésiques bruns calcaires sur glaciais (au Sud du périmètre). Le système de production pratiqué est basé essentiellement sur les grandes cultures (céréales et fourrages) qui occupent 85% de la superficie et le reste est occupé par l'olivier à huile avec une densité de plantation de 50 pieds par ha. Les cultures pratiquées sont généralement des cultures saisonnières. Les cultures estivales appartenant aux familles de solanacées et de cucurbitacées commencent en avril et se terminent en août, alors que les cultures hivernales comme les céréales et les cultures fourragères ont un calendrier cultural varié. L'assolement pratiqué par les exploitants est biennal ou triennal.

### **Desserte du périmètre**

### ***Origine et qualité de l'eau***

Les ressources en eau du périmètre proviennent du forage de Zaafrana II réalisé en 1958. Ce dernier exploite les nappes contenues dans les formations quaternaires de la plaine de Zaafrana. La main d'eau est de 20 l/s et les propriétés chimiques de l'eau d'irrigation montrent qu'il s'agit d'une eau relativement chargée avec une salinité de 2,7 g/l et un pH quasiment neutre de 6,8.

### ***Réseau d'irrigation***

Au départ du forage, la distribution de l'eau d'irrigation est assurée par un tronçon commun de diamètre 200 mm et d'une longueur de 89 m qui alimente trois secteurs A, B et C de superficie respective, 52, 51 et 42 ha en passant par un réservoir de régulation de 10 m<sup>3</sup> de capacité. La distribution aux trois secteurs est à la demande, alors que la distribution à l'intérieur du secteur est au tour d'eau. Les secteurs A, B et C sont alimentés par un débit de l'ordre de 7,2; 7; et 6 l/s, de façon respective.

### ***Système d'irrigation***

Le mode d'irrigation le plus répandu dans le périmètre est le système sous pression. En effet, 57 ha sont irrigués par le goutte à goutte, 68 ha par l'aspersion, alors que 22 ha seulement sont destinés à l'irrigation par le système gravitaire amélioré. Ce dernier est employé en faisant recours à des conduites placées entre les parcelles pour maîtriser les débits, améliorer l'uniformité de distribution de l'eau et diminuer le ruissellement en tête de la raie. Une différence de 2 ha est notée entre la surface totale irriguée (147 ha) et la surface réelle du périmètre (145 ha), étant donné qu'elles sont exploitées par aspersion lors de la saison hivernale et par un système gravitaire amélioré lors de la saison estivale.

### **Besoins des cultures en eau d'irrigation**

Les besoins bruts des cultures en eau d'irrigation ont été définis à partir des besoins nets, évalués sur la base du bilan hydrique (Doorenbos et Pruitt, 1977), et en tenant compte de l'efficacité globale de l'irrigation (du réseau et à la parcelle). L'évapotranspiration potentielle de référence (ET<sub>o</sub>) a été déterminée par la formule de Penman-Monteith, vu sa base théorique dérivée du bilan des flux énergétiques à la surface du couvert végétal (Allen et al., 1994). Une efficacité globale de 0,9 a été fixée pour le système d'irrigation localisée et de 0,8 pour l'irrigation par aspersion. Étant donné que le système d'irrigation utilisé dans la majeure partie du périmètre est l'aspersion, une efficacité globale

de 0,8 a été retenue. Pour les cultures irriguées par le système goutte à goutte, les besoins bruts ont été réduits de 30% pour aboutir à un besoin réel de l'ordre de 70%.

### Indicateurs de performance

L'évaluation du fonctionnement et de la mise en valeur du périmètre Zaafrana II s'est basée sur six indicateurs d'efficacité (Tableau 1) caractéristiques notamment du mode de fonctionnement des systèmes d'irrigation et de la qualité de gestion de l'eau au niveau du périmètre (Louhichi, 1999).

**Tableau 1 : Indicateurs de performance utilisés**

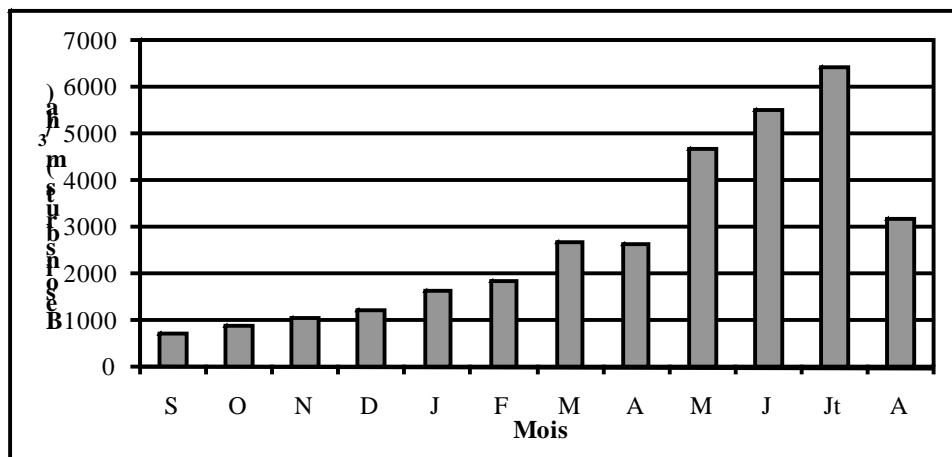
Indicateur	Expression
Taux d'exploitation (%)	$Te = (Vp/Vdisp) \times 100$
Efficacité de distribution (%)	$Ed = (Vdist/Vp) \times 100$
Taux d'équipement en matériel d'économie d'eau (%)	$Tequip = (Sequip/S) \times 100$
Taux d'intensification agricole (%)	$Ti = (Scult/Sirrig) \times 100$
Taux de satisfaction des cultures (%)	$Ts = (Vdist/Vth) \times 100$
Efficacité agronomique de l'eau d'irrigation (kg/m <sup>3</sup> )	$Ea = Rt/C_{eau}$

Avec  $Vp$ ,  $Vdisp$ ,  $Vdist$  : volumes pompé, disponible et distribué, respectivement.  $S_{equi}$  : superficie équipée en matériel d'économie d'eau,  $S$  : superficie totale,  $Scult$  : superficies cultivées en irrigué,  $Sirrig$  : superficie irrigable du périmètre,  $Vth$  : volume théorique,  $Rt$  : rendement moyen de la culture,  $C_{eau}$  : quantité d'eau consommée par hectare cultivé.

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

### Évaluation des besoins des cultures en eau d'irrigation

Les besoins bruts des cultures en eau d'irrigation, en considérant une efficacité globale de 80%, ont été évalués à 32350 m<sup>3</sup>/ha avec une consommation de pointe de 6422,5 m<sup>3</sup>/ha, enregistrée au mois de juillet (Figure 1). Ces résultats ont été obtenus sur la base d'une ETo de 1626,9 mm/an.



**Figure 1 :** Besoins bruts des cultures en eau d'irrigation

Les besoins bruts en eau par hectare assolé du mois de pointe, sont de l'ordre de 785 m<sup>3</sup>/ha, ce qui correspond à un d.f.c. de 0,3 l/s/ha. Ainsi, la surface maximale à irriguer durant le mois de pointe est de l'ordre de 67 ha; la superficie réelle à irriguer durant ce mois a été en réalité de 68 ha (33 ha de piment, 7 ha de pastèque, 6 ha de melon et 22 ha d'oliviers).

### Evaluation du fonctionnement du réseau d'irrigation

L'examen des infrastructures hydrauliques aménagées au niveau du périmètre irrigué Zaafrana II (station de pompage, réservoirs, etc.) n'a pas montré d'anomalies remarquables, à l'exception d'un mauvais état (conduites brisées, fissures, présence de déchets, etc.) du réservoir de stockage.

### Taux d'exploitation des ressources allouées

Le taux d'exploitation annuel des quantités d'eau allouées au périmètre avant et après réhabilitation est donné au Tableau 2. Ce taux a été calculé durant la période 2002-2009 en supposant que le réseau fonctionne 16 h/j, 25 j/mois et 10 mois/an. D'après les résultats relevés, on peut conclure qu'avant la réhabilitation, le taux moyen d'utilisation est inférieur à 5% reflétant une sous exploitation notable des ressources allouées. Ce taux, par contre, s'est trouvé en hausse après la réhabilitation; il augmentait pour atteindre les 69% en 2006/2007 et les 98% en 2008/2009, confirmant ainsi que le périmètre était bien exploité et qu'il y a une utilisation convenable de l'eau d'irrigation.

**Tableau 2 :** Taux d'exploitation et efficacité de distribution de l'eau

Campagne agricole	Vp (m <sup>3</sup> )	Vdisp (m <sup>3</sup> )	Te (%)	Vdist (m <sup>3</sup> )	Ed (%)
2002/2003	14 356	288 000	5,0	14000	97,5
2003/2004	15 033	288 000	5,2	14650	97,4
2004/2005	16 558	288 000	5,8	16010	96,7
2005/2006	7950	288 000	2,8	7600	95,6
2006/2007	194 658	282 962	68,8	185150	95,1
2007/2008	239 657	269 568	88,9	229775	95,9
2008/2009	303 239	308 160	98,4	286278	94,4

### *Efficiéce de distribution de l'eau*

L'efficiéce du réseau de distribution permet d'évaluer le taux de pertes d'eau occasionnées dans le réseau. L'efficiéce a été déterminée durant la période 2002-2009 et elle est également relatée dans le Tableau 2. Ce dernier montre une efficiéce avant et après réhabilitation variant entre 94,4% et 97,5%. Cependant, la bonne efficiéce observée avant la réhabilitation pourrait s'expliquer par les faibles débits pompés et distribués ainsi que par l'absence des systèmes de comptage d'eau. De toute façon, l'efficiéce après la réhabilitation est conforme à la norme (95% en moyenne).

### *Taux d'équipement en matériel d'économie d'eau*

Le Tableau 3 présente le pourcentage des surfaces irriguées par les différentes techniques adoptées au niveau du périmètre Zaafrana II. Ce dernier montre un taux élevé d'équipement total en matériel d'économie d'eau de 85% ; soit 39% pour le goutte à goutte et 46% pour l'aspersion. Ce taux Tequip dépasse l'objectif fixé (75%), ce qui prouve que le périmètre d'étude est bien équipé, répondant ainsi à la stratégie nationale d'économie d'eau d'irrigation.



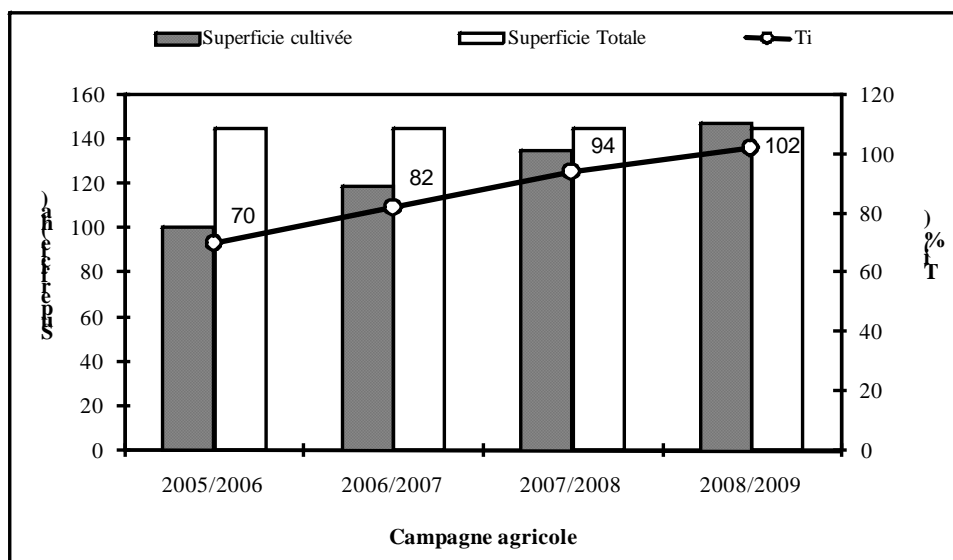
**Tableau 3 :** Systèmes d'irrigation disponibles au niveau du périmètre

Techniques d'irrigation		
Goutte à goutte	Aspersion	Gravitaire améliorée
39%	46%	15%

### Evaluation de la mise en valeur du périmètre

#### Taux d'intensification agricole à la parcelle

L'évolution annuelle du taux d'intensification agricole du périmètre depuis sa réhabilitation est illustrée par la figure 2. Ce taux a évolué linéairement d'une année à l'autre pour passer de 70%, pour la campagne agricole 2005/2006 à 102% pour la campagne 2008/2009. Le taux moyen dépasse les 80%, d'où le périmètre est convenablement exploité.



**Figure 2 :** Variation du taux d'intensification agricole du périmètre

#### Taux de satisfaction hydrique des cultures

La figure 3 illustre la variation mensuelle du taux de satisfaction des besoins en eau d'irrigation durant l'année 2008/2009. Cette figure permet de constater que les mois d'octobre, novembre et décembre présentent des taux de satisfaction dépassant les 100%. Le minimum du taux apparaît au mois d'avril, il est de l'ordre de 15% et correspond à un très faible volume d'eau distribué au

périmètre, soit 12 389 m<sup>3</sup> comparativement aux besoins évalués à 84 400 m<sup>3</sup>. Ceci, étant donné les fortes pluies enregistrées durant ce mois. Le taux de satisfaction moyen est de l'ordre de 85%, ce qui confirme une bonne utilisation des ressources en eau de la part des agriculteurs du périmètre Zaafrana II. De plus, cette satisfaction s'avère être plus importante pour les cultures d'hiver avec un taux minimum de 50% reflétant le grand intérêt à pratiquer les cultures d'hiver.

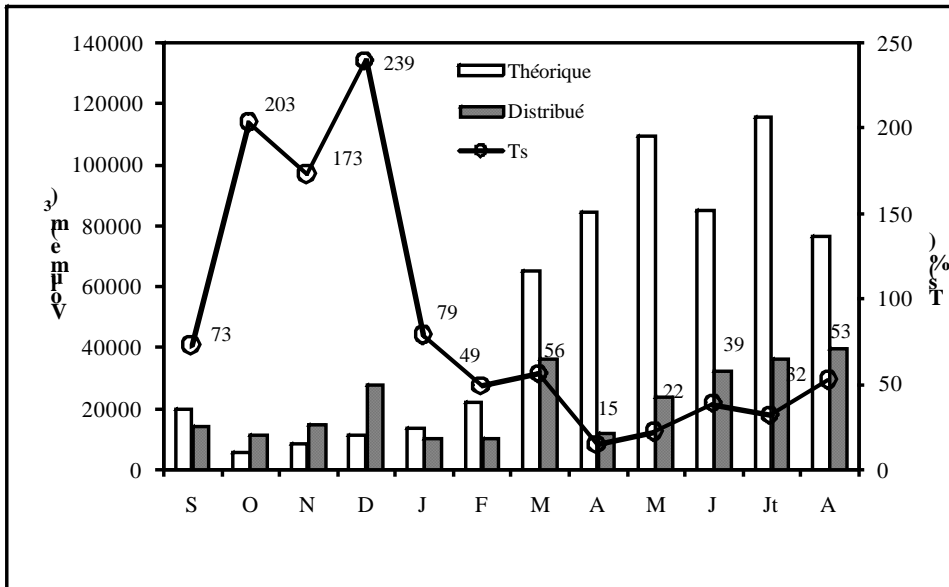


Figure 3 : Évolution du taux de satisfaction hydrique des cultures

### Efficienc e agronomique de l'eau d'irrigation

Les rendements des différentes cultures pratiquées et les volumes d'eau consommés ayant servi pour l'évaluation de l'efficienc e agronomique de l'eau d'irrigation durant la période 2005-2009 sont donnés dans le tableau 4.

**Tableau 4 :** Évaluation des rendements des cultures

Spéculation	Superficie (ha)	Production (T)	Rt (T/ha)	Volume (m <sup>3</sup> /ha)
Orge	10	30	3	3096,5
Blé	50	150	3	3716,5
Olivier	22	88	4	3683,8
Fève verte	8	96	12	1674,6
Oignon	4	72	18	2434,0
Melon	6	150	25	7664,0
Pastèque	7	210	30	6870,8
Piment	33	231	7	9863,0

La Figure 4, illustrant l'efficacité agronomique ou efficacité de conversion de l'eau d'irrigation ou encore productivité de l'eau d'irrigation, montre que les cultures qui présentent les coefficients d'efficacité agronomique les plus élevés sont l'oignon ( $E_a = 7,4 \text{ kg/m}^3$ ) et la fève ( $E_a = 7,2 \text{ kg/m}^3$ ). En effet, ces cultures ont consommé les plus faibles quantités d'eau. De plus, il est à noter que la pastèque et le melon ont enregistré les rendements les plus élevés, mais par contre ne présentaient pas nécessairement les meilleures productivités. Enfin, il y a lieu de signaler que la culture de piment a enregistré la productivité la plus faible de l'eau d'irrigation ( $E_a = 0,7 \text{ kg/m}^3$ ), ce qui implique de revoir le choix des cultures à installer au niveau du périmètre en adoptant des solutions raisonnées permettant d'améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau. En outre, les aspects économiques méritent d'être étudiés pour un meilleur choix technico-économique des cultures à encourager au niveau du périmètre.

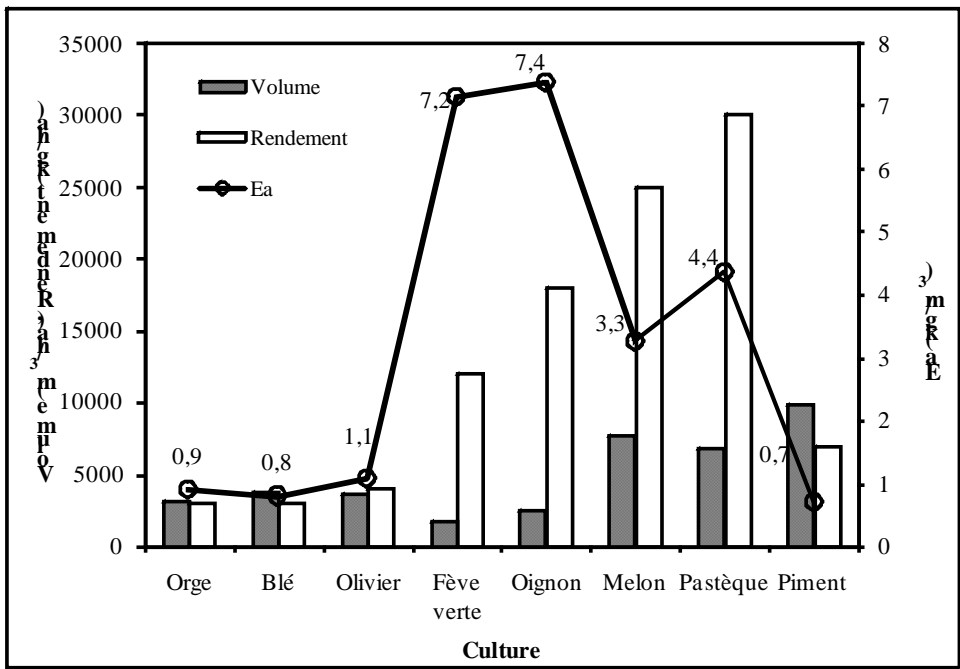


Figure 4 : Productivité de l'eau d'irrigation

## CONCLUSION

L'étude entreprise vise l'évaluation de l'intérêt de la modernisation du périmètre Zaafrana II de la région de Kairouan mis en valeur en 2005, en s'appuyant sur des données s'étalant entre 2002 et 2009. Les résultats obtenus ont démontré, en général, un bon état des équipements hydrauliques et une bonne efficacité du réseau, de l'ordre de 95%. La réhabilitation a amené à une augmentation du taux d'intensification agricole à la parcelle qui a dépassé les 100% lors de la campagne agricole 2008/2009 et à orienter davantage les agriculteurs à pratiquer les techniques d'économie d'eau à la parcelle. Le taux moyen de satisfaction des besoins en eau d'irrigation assuré par le réseau a été évalué à 85%. Ainsi, les résultats révèlent que le périmètre Zaafrana II a bien mérité l'investissement, ce qui encourage l'extension de cette modernisation pour d'autres périmètres publics irrigués. Par les projets de réhabilitation, le secteur irrigué en Tunisie se trouvera renforcé et générera, par ses multiples effets induits, le développement économique de l'Agriculture Tunisienne. Enfin, il convient de sensibiliser les agriculteurs quant à la pratique des cultures ayant montré une bonne efficacité de conversion de l'eau d'irrigation tout en ayant également recours à des études économiques pour mieux rentabiliser les ressources hydriques locales largement limitées.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AL ATIRI R. (2004). Les efforts de modernisation de l'agriculture irriguée en Tunisie, Projet INCO-WADEMED. *Actes du Séminaire, Modernisation de l'agriculture irriguée*. Rabat, 19-23 avril.
- ALLEN R.G., SMITH M., PERRIERA L.S., PERRIER A. (1994). An update of the calculation of reference evapotranspiration. *ICID Bulletin*, vol. 43, no. 2, 35-92.
- BEN MECHLIA N. (2004). Perspectives de valorisation de l'eau d'irrigation dans les pays du Maghreb. *Options méditerranéennes, Série B*, no. 47, 169-185.
- BICHE (2005). Étude de réhabilitation du périmètre irriguée Zaafrana II. *Rapport de faisabilité définitif*, 150 p.
- CRDA de Kairouan (2005). Etude de faisabilité du projet d'économie d'eau dans les périmètres irrigués de petite et moyenne hydraulique au Centre-Ouest de la Tunisie (PPI: Zaafrana II).
- DOORENBOS J., PRUITT W.O. (1977). Les besoins en eau des cultures, *Bulletin 24*, Ed. FAO, Rome, 176 p.
- GHARBI N. (2007). Programme national de l'économie d'eau d'irrigation, Expérience Tunisienne, *Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques*, 20 p.
- LOUATI M.H. (2008). Stratégie méditerranéenne pour le développement durable, Efficience d'utilisation de l'eau, Etude nationale de Tunisie, *Plan bleu*, 17 p.
- LOUHICHI K. (1999). Amélioration de l'efficiencie de l'irrigation pour une économie d'eau : cas d'un périmètre irrigué en Tunisie, *Plan d'action pour la méditerranée, CIHEAM-IAMM*, 59 p.
- ZELLA L., SMADHI D. (2007). Evolution de l'irrigation, *Larhyss Journal*, n° 6, 65-80.