

Contribution à l'évaluation de l'opportunité de l'irrigation de complément du blé dans quelques périmètres du nord



IABC
International
TUNISIA
2015

MONCEF HAMMAMI^{1*}, MOHAMED HAMMAMI¹,
CHAHINE KARMOUS¹, SLIM SLIM¹, SANA
DHANE¹ RADHIA SOLTANI², AFEF SAHBANI³

¹Ecole Supérieure d'Agriculture de Mateur

²Ecole Supérieure des Ingénieurs d'Équipement Rural de Medjez

³Ecole Supérieure d'Agriculture de Megrane.

* Auteur correspondant: hammami.moncef@ymail.com

Abstract - In Tunisia, cereal complementary irrigation becomes a must rather than a choice. In fact, recorded yields remain very variable and strongly affected by the highly changeable climatic conditions. Consent on such problem, subsidies and encouragement were provided by the government to promote and extend watering wheat cropped surface in the irrigated districts. Nevertheless, water use efficiency for wheat irrigation still low and not yet in manner to reap best from the local natural resources potentialities.

In order to highlight the origins of such low water use efficiency in wheat irrigated plots, investigations and in situ analysis were carried out in Mateur and Medjez irrigated districts.

The preliminary obtained results showed that in general used irrigation methods and equipment are suitable to the local edaphic-climatic conditions. But supplied water amounts were always not conforming to the crop water requirement evolution. Even though in whole investigated plots, irrigated crop wheat productivity was similar to that of some irrigated summer crops.

keys words - irrigation, wheat, water use efficiency, productivity.

Résumé - L'irrigation de complément des céréales en Tunisie est devenue une nécessité plutôt qu'un choix puisque les rendements sont tributaires des variations très aléatoires des conditions climatiques. Conscient de cette contrainte, des investissements ont été consentis par le gouvernement pour étendre les superficies de blé dur dans les périmètres irrigués. Toutefois, malgré les encouragements accordés aux agriculteurs, les rendements restent en deçà des inspirations et des potentialités disponibles. Pour dévoiler les origines de la faible efficacité de l'eau en irrigation de complément du blé, des enquêtes, des analyses et des suivis *in situ* ont été entrepris dans les périmètres de Mateur et Medjez.

Les résultats préliminaires montrent que les techniques et les équipements d'irrigation adoptés sont dans la plupart des cas adaptés aux conditions agro-pédologiques. Mais les apports en eau ne sont pas souvent conformes à l'évolution des besoins en eau de la culture. L'analyse économique montre que, dans toutes les parcelles investiguées, l'opportunité de l'irrigation de complément du blé est certaine. En fait, la productivité de l'eau (en irrigation de complément du blé) est aussi égale à celle utilisée pour l'arrosage des cultures estivales (tomate, pomme de terre) très fréquemment pratiquées en Tunisie.

Mots clés - irrigation, blé, efficacité de l'eau, productivité

1. Introduction

En Tunisie, la céréaliculture couvre en moyenne 1,60. 10⁶ d'hectares, soit 32% de la surface agricole utile. Mais on n'est pas encore au point d'en assurer l'autosuffisance puisque la production varie d'une façon très aléatoire avec les conditions climatiques, en particulier l'évolution spatio-temporelle des précipitations. En conséquence, l'irrigation de complément des céréales est devenue une nécessité. Les premières tentatives d'irrigation des céréales ont démarré au cours des années 1960 dans le cadre du projet CRUESI dont l'objectif était focalisé sur la tolérance des céréales à la salinité. A partir des années 1980, des essais sur l'opportunité de l'irrigation de complément du blé ont été entrepris aux



stations expérimentales de l'INRGREF (ex-CRGR) à Cherfech et à Hendi-Zitoun (Kairouan). Au cours des années 1990, ces essais ont été étendus aux régions céréalières du Nord-ouest (Kef, Jendouba et Béja). Ces travaux ont abouti à l'élaboration d'un calendrier de pilotage des irrigations permettant d'assurer une productivité moyenne de 60 q/ha pour un potentiel de 70 q/ha pour le blé dur (Mailhol et al., 2004). Des études plus récentes (Rezgui et al. 2005), menées dans cinq sites à différents étages bio climatologiques : sub-humide (Bou Salem), semi-aride supérieur (Saïda), semi-aride inférieur (Hendi-Zitoun), aride (Chebika et Sidi Ahmed Salah) ont montré que la productivité en irrigué blé dur (variété de Karim) fluctue entre 11 et 81 q/ha. A la suite de trois années d'essais consécutifs dans les stations de Cherfech (Tunis) et Hendi-Zitoun, Slatni et al. (2013) ont enregistré un rendement de 65 qx/ha pour un niveau d'épuisement de 60% des réserves en eau du sol et par suite une marge brute de 1064 DT/ha. Des travaux conduits dans des conditions analogues au Maroc ont montré qu'à quelques irrigations d'appoints, l'augmentation des rendements du blé pourrait varier de 22% à 168% (Benbella et al. 2003). Les mêmes travaux ont montré aussi qu'un apport excessif d'eau ne s'accompagne pas d'un accroissement proportionnel du rendement en grains (2 irrigations presque identiques à 3 irrigations).

Toutefois, à l'échelle des périmètres irrigués, la productivité moyenne du blé n'a pas dépassé les 45 q/ha et ce malgré les encouragements accordés par l'état (subventions d'achat des équipements d'irrigation, tarification privilégiée de l'eau d'irrigation des céréales). Certes, les problèmes à l'origine de cette modeste productivité sont multiples mais encore difficiles à cerner. En effet, Rajaram et Braun (2008) ainsi que Latiri et al. (2010) accordent les faibles productivités réalisées (1,0 à 6,0 t/ha), pour la variété Razak (de potentiel de production 9,5 t/ha), à la sécheresse et à la mauvaise conduite culturale. Sander et Wim (2014) rapportent qu'à travers le Monde, la productivité de l'eau en irrigation de complément du blé est très large et varie de 0,60 à 1,70 kg m⁻³. Ils attribuent cette variabilité entre autres aux conditions climatiques, à la fertilisation des sols et surtout à la gestion de l'eau en irrigation d'appoint du blé.

L'objectif de ce travail est de faire une analyse diagnostic sur la culture du blé dur conduite en irrigué et en pluvial (conduite culturale, gestion des apports d'eau) dans deux périmètres du nord afin de: (i) dégager l'opportunité de l'irrigation de complément du blé dans ces régions, (ii) apporter quelques éléments de réponse à cette faible efficacité de l'eau en irrigations de complément du blé et (iii) essayer de proposer quelques recommandations.

2. Matériels et méthodes

Afin d'atteindre cet objectif, des enquêtes, des analyses et des suivis *in situ* ont été entrepris. Ces investigations ont été menées dans les périmètres irrigués de Medjez El Babet celui de Mateur : des régions qui faisaient, depuis l'ère romaine le grenier de la Tunisie et où la céréaliculture constitue l'ossature de toute activité socio-économique. Le PPI Medjez s'étend sur une superficie de 6696 ha et de coordonnées géographiques : latitude = 36° 38' Nord et longitude = 9° 36' Est. Le PPI de Mateur s'étend sur une superficie de 2139 ha et de coordonnées géographiques : latitude = 37° 02' Nord ; longitude = 9° 39' Est. Le nombre d'échantillons enquêtés, des parcelles représentatives ainsi que la fréquence des visites étaient fonction de l'étendue des périmètres et de la diversité des situations qui s'y présentent.

2.1. Enquêtes

Les données nécessaires ont été collectées par des observations, des mesures et des questionnaires d'enquêtes technico-économiques directes réalisés auprès de: 33 agriculteurs parmi 82 du PPI de Mateur (soit 42.24% des cas) et 14 agriculteurs du PPI de Medjez.

A travers ces enquêtes, on visait à reproduire les conditions, les ressources et la caractérisation des moyens mobilisés au niveau de chaque cas (échantillon) pour répondre aux exigences de la culture du blé. Les questionnaires ont été beaucoup plus focalisés sur:

- La caractérisation des ressources et des moyens mobilisés: Semences, eau, sol, engrais, produits de traitement, etc,...
- L'identification du matériel et/ou des techniques adoptées: travail du sol fertilisation et traitements de la culture, techniques d'irrigation adoptées
- L'adéquation des techniques adoptées aux conditions *in situ*.

2.2. Suivis

Ces suivis ont été réalisés dans le but de mettre en exergue le savoir-faire des agriculteurs, faire une adéquation entre les exigences de la culture et les sources et moyens disponibles pour justement dégager les origines de la faible productivité de l'eau en irrigation de complément du blé. Par conséquent, les mesures et analyses dans chaque parcelle ont été menés de façon à reproduire la conduite culturale du blé, la gestion des irrigations puis en évaluer les recettes et les charges consenties pour dégager la marge brute de production d'un quintal de blé en irrigué et en pluvial.

A cette fin, des parcelles représentatives ont été identifiées (parmi celles déjà enquêtées) dans chaque périmètre: 8 parcelles (dont 4 conduites en irrigué et 4 conduite sous régime pluvial) ont été repérées à Mateur et 12 exploitations (dont 6 conduites en irrigué et 6 conduites sous régime pluvial) ont été repérées à Medjez. La figure 1 illustre la répartition spatiale des sites suivis au PPI Mateur.

2.2.1. Suivis de la conduite culturale du blé.

Pour chaque périmètre, ces suivis ont été menés dans quelques parcelles jugées représentatives où les facteurs de productions (superficie, nature du sol et/ou source d'eau) sont nettement distincts. A chaque visite, les opérations suivantes ont été reproduites : travail du sol (date, outil utilisé et nombre de passages), semi (date, densité et matériel utilisé), fertilisation et/ou traitement fongique ou herbicide (date, produits appliqués, concentration et/ou quantité).

2.2.2. Suivi de la conduite des irrigations du blé.

Des visites périodiques ont été organisées auprès de chacun des agriculteurs pour collecter des renseignements relatifs :

a- Caractérisation des techniques d'irrigation utilisées

Par planche, par aspersion, ou par calant,...

b- Pilotage des irrigations.

Des visites ont été aussi effectuées auprès de chacun des agriculteurs (représentatifs) pour:

i)- déterminer la dose fournie (D_f) par l'une de ces deux méthodes :

- Lectures directes sur compteur (en cas de disponibilité). La différence de lectures entre deux visites successives permet d'en déduire le volume fourni.

- A travers le temps ou la durée d'arrosage (T_a) retenu à chaque fois :

$$D_f = T_a \cdot N \cdot Q_a \quad (1)$$

Où, D_f = dose fournie à chaque irrigation (en m^3)

T_a = durée d'arrosage (en heures)

N = Nombre d'arroseurs en fonctionnement.

Q_a = débit (mesuré *in situ*) d'un arroseur (en m^3 /heures)

ii)- déterminer la période des irrigations par des visites et/ou par consultations des agriculteurs.

Les apports mensuels ainsi calculés sont par la suite comparés aux besoins en eau d'irrigation déterminés par le modèle CROPWAT (Allen et al, 2006) fondé sur:

$$B_i = (K_c \cdot ET_0 - (P_e + SU)) / (E_c \cdot DU) \quad (2)$$

B_i = Besoins en eau d'irrigation (en mm/mois).

ET_0 = Evapotranspiration de référence (mm/mois).

K_c = Coefficient cultural dont les valeurs pour les différents stades du blé ont été déterminé à partir du bulletin de laFAO 56 (Allen et al. 2006).

P_e = Pluie efficace

SU = Stock utile en eau dans le profil enraciné, estimé égal à la différence ($P_e - ET_0$) enregistrée à chaque mois (en cas où cette dernière est positive), il est supposé nul dans le cas contraire.

DU = Coefficient d'uniformité de la distribution de l'eau. Pour l'irrigation par aspersion, on a pris $DU = 0,85$.

E_c = Efficience d'application de l'eau à la parcelle. Puisque l'aspersion a été introduite dans ces périmètres depuis leur mise en eau, on a pris $E_c = 0,80$.

2.2.3. Estimation de la marge brute

Moyennant les prix en cours, la collecte et le dépouillement de telles données permettent de dégager les dépenses consentis pour assurer la campagne agricole. Par suite le rendement en grains dans chaque parcelle, a été estimé par échantillonnage (quatre blocs choisis au hasard où ont été déterminés: le nombre d'épis, le nombre de grains par épi et le poids de mille grains).

2.2.4. Estimation de l'efficacité de l'eau en irrigation de complément du blé

Le concept économique général de l'efficacité (E_e) d'un système ou d'un processus de production est défini par le rapport (Theodore et al. 2007) :

$$E_e = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \quad (3)$$

Les inputs (ou charges) et les outputs (ou recettes) sont exprimés par la même unité de quantité (en valeur ou en produit). D'une façon plus explicite, l'efficacité d'utilisation de l'eau (E_u) en irrigation de complément du blé pourrait être déterminée par:

$$E_u = \frac{\text{Rendement du blé irrigué} - \text{Rendement du blé en pluvial}}{\text{Volume (m}^3\text{) d'eau mobilisée à la parcelle}} \quad (4)$$

Puisqu'on cherche à déterminer la productivité de l'eau, en irrigation de complément du blé, d'une part et à évaluer son pouvoir compétitif (par rapport à l'irrigation des cultures estivales) d'autre part, on était amené à adopter l'expression (4).



Figure. 1 : Localisation des parcelles représentatives conduites en irrigué (★) ou en pluvial (★) dans le PPI de Mateur.

3. Résultats et discussion

3.1. Milieu physique

En général, les conditions édapho-climatiques dans les deux périmètres, sont favorables à la céréaliculture: Les sols sont profonds à texture pour la plupart argileuse, limono-argileuse à limono-sableuse (PPI Mateur) et argilo-limoneuse à limono-argileuse d'apport alluvial (PPI Medjez). Les températures moyennes mensuelles varient respectivement de 11,0 et 9,5°C (en janvier) à 27,0 ; 27,5°C (en juillet) à Mateur et Medjez. Le déficit hydrique moyen annuel (Pluie – ET₀) est respectivement de 940 et 1247 à Mateur et Medjez. Cependant, tout au long du cycle végétatif du blé, le déficit hydrique moyen chute respectivement à environ: 130 et 305 dans les deux sites. En l'occurrence, on pourrait même avoir des moments d'excès d'humidité au cours de cette période pendant les années pluvieuses particulièrement dans le PPI de Mateur. De ce fait, la céréaliculture demeure la principale spéculation dans ces régions et couvre en moyenne 52 % et 50 % des superficies emblavées dont 77,8% et 50,0% sont en blé. Toutefois, la répartition des précipitations et de l'ET₀ fait ressortir des déficits importants (de l'ordre de 120 à 180 mm) et fréquents au cours de la période printanière (Fig. 2) où la culture du blé est plus sensible à la sécheresse. Ceci était à l'origine de l'introduction de l'irrigation de complément du blé dans ces régions. La fraction des superficies de blé dur conduites en irrigué a évolué d'environ 0% au début des années 80 à plus de 33,5% et 7,0% respectivement dans les régions de Mateur et Medjez.

Les périmètres sont approvisionnés en eau (à la demande) par des réseaux collectifs sous pression et à la demande, respectivement à partir du barrage Joumine (salinité moyenne ≈ 0,5g/l) et oued Medjerda (salinité moyenne ≈ 2,0 g/l). Bien qu'ils soient que relativement élevés (surtout pour les eaux de la Medjerda), ces taux de salinité ne sont pas au point d'induire des chutes de rendements puisque le blé tolère des niveaux de salinité jusqu'à 3,6 g/l sans effets significatifs sur sa croissance (Dudal, 1979).

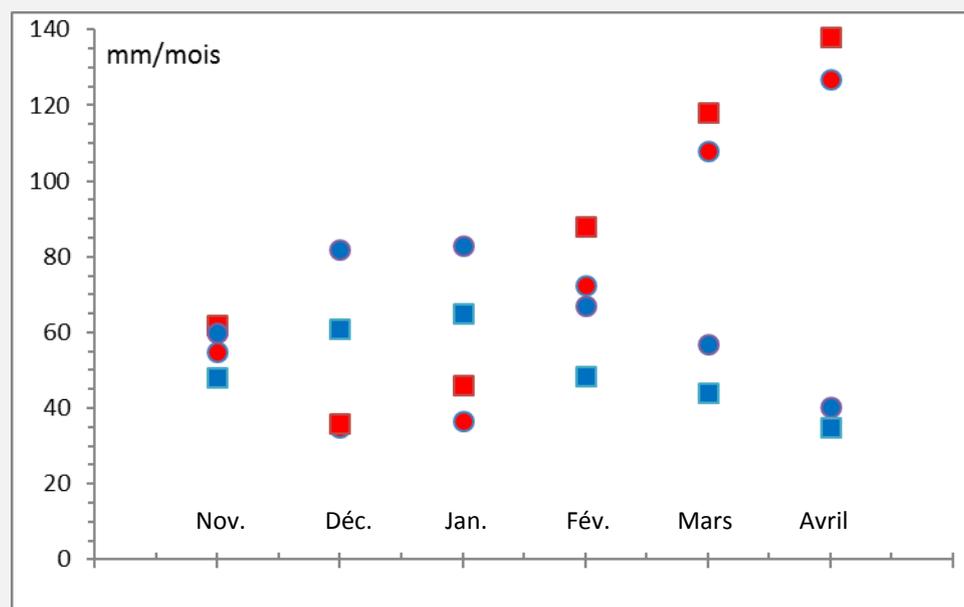


Figure. 2: Les valeurs moyennes mensuelles de l'ET₀ (en rouge) et de la pluie (en bleu) enregistrées à Mateur (cercles) et à Mjez El Bab (carrés) au cours du cycle végétatif du blé.

3.2. Conduite culturale du blé

Aussi bien dans le PPI de Mateur que celui de Mjez El Bab, la culture du blé dur occupe une place prépondérante dans les systèmes de culture. A PPI Mateur, le blé dur occupe 78% des emblavures céréalières dont uniquement 33,5% sont conduites en irrigué. La variété « Karim » a été utilisée exclusivement par les exploitants en mode pluvial. Cependant, les agriculteurs ayant appliqués les irrigations d'appoint ont utilisés plusieurs variétés à savoir : Razzek (29%), Karim (30%), Sarragolla (37%) et Maali (3%). La dose de semis utilisée varie de 200 à 220 kg/ha. Le précédent cultural les plus utilisés sont la féverole, le funegrec et la pomme de terre. Une fertilisation phospho-azotée avec du DAP a été appliqué par tous les agriculteurs avec une dose variant de 120 à 200 kg/ha. La fertilisation

azotée a été fractionnée en trois apports pour la plus part des agriculteurs sondés. Néanmoins, un agriculteur a entrepris un quatrième apport au stade épiaison dépassant de la sorte les recommandations (Ayedi et al. 2014).

3.3. Conduite des irrigations

3.3.1. Techniques d'irrigation

En général, l'aspersion est adoptée dans 100% des cas recensés dans les PPI Medjez et de Mateur. Ce choix semble raisonné puisque les conditions *in situ* (culture dense, sources d'eau sous pression et sols pour la plupart profonds) s'y prêtent bien. Même le risque de brûlure des feuilles qui pourrait être induit suite aux accumulations de sels serait estampé par les quelques chutes de pluie qui pourraient survenir pendant la saison printanière. A la suite d'essais de comparaison entre trois systèmes (goutte à goutte, à la raie et par planche) pour l'irrigation de complément de trois variétés (Razzak, Khlar et Maali) de blé dur, Arraouadi et al. (2015) n'ont enregistré de différence significative entre les trois systèmes.

3.3.2. Pilotage des irrigations

Aux figures 3 et 4 sont reportées les valeurs des besoins en eau d'irrigation (B_i) calculés (histogramme en bleu) avec les apports enregistrés dans chacune des parcelles sélectionnées. Les précipitations étaient suffisantes, même supérieures aux besoins, au cours des mois de décembre, janvier, février et mars (2015) ce qui explique les valeurs nulles de B_i . Par contre, elles étaient insuffisantes en mars mais surtout négligeables, tout au long du mois d'avril ce qui justifie les valeurs élevées de B_i dans les deux périmètres. La Figure 3 montre des sur-irrigations dans toutes les parcelles pendant le mois de décembre avec des apports largement insuffisants aussi bien au PPI de Medjez (déficits ≥ 70 mm au PPI) qu'au celui de Mateur (déficits ≥ 100 mm au PPI) au cours du mois d'avril dans la majorité des parcelles. En milieux arides, l'irrigation des céréales est souvent déficitaire. Le déclenchement de l'irrigation s'opère à un stade de stress hydrique avancé, aboutissant à une mobilisation importante des réserves en eau du sol. Toutefois, si le stress est aussi aigu et parvient à un stade aussi critique que celui du remplissage des grains les dégâts sur le rendement seraient très significatifs.

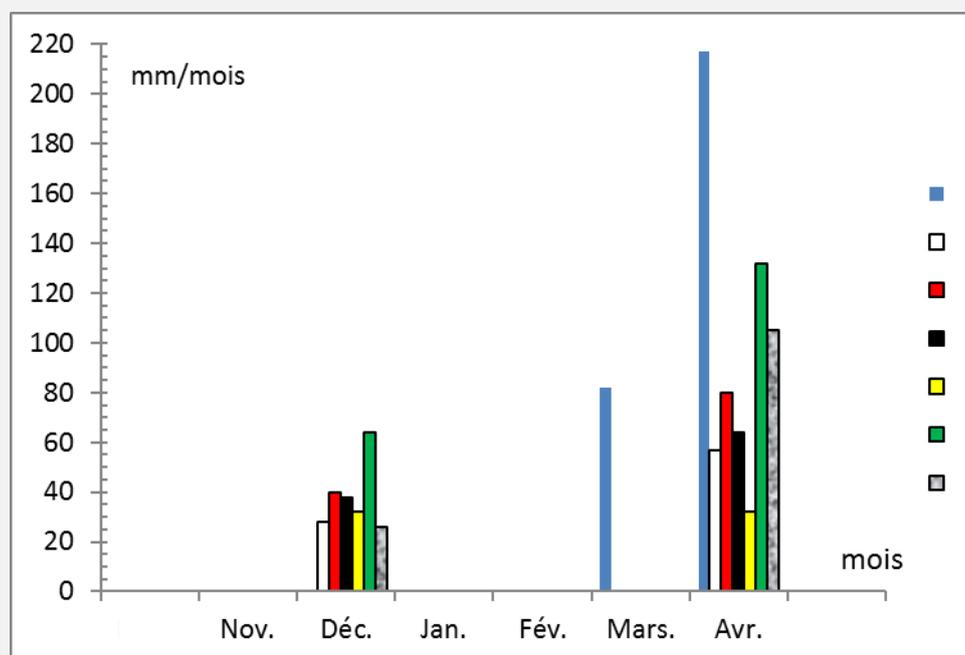


Figure 3: Les Besoins (en bleu) et les apports en eau d'irrigation enregistrés dans quelques parcelles de blé dur au PPI Medjez pendant la campagne 2014/15

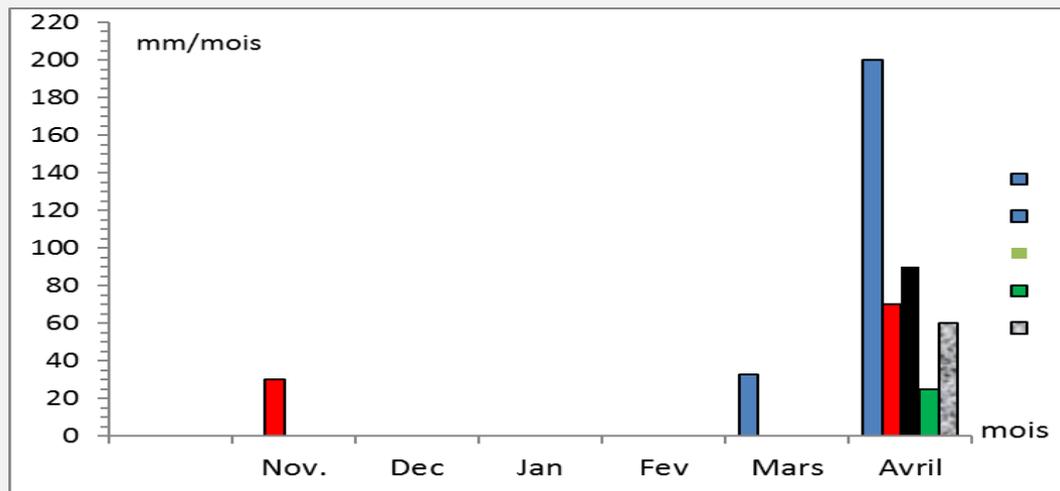


Figure 4: Les Besoins (en bleu) et les apports en eau d'irrigation enregistrés dans quelques parcelles de blé dur au PPI Mateur pendant la campagne 2014/15.

3.4. Estimation de quelques indicateurs économiques

3.4.1. Productivité de l'eau en irrigation de complément du blé

Ce concept est souvent utilisé par les décideurs pour optimiser la productivité de l'eau (P_e), surtout lorsque les ressources sont limitées et les compétitions entre usagers sont multiples. Ce paramètre met en exergue les secteurs permettant de mieux valoriser l'eau. A la figure 4 sont reportées les valeurs de P_e déterminées dans les PPI de Mateur et de Medjez. Ces données ne sont autres que les différences entre les marges brutes engendrées par la culture du blé conduite en irrigué et en pluvial. La valeur de P_e est, dans au moins 60% des cas, supérieure à 1200 DT/ha. Mais, il semble que l'eau est plus valorisée au PPI de Medjez puisque P_e y est plus importante aussi bien en valeur qu'en fréquence ($P_e > 1200$ DT/ha dans tous les cas alors qu'elle est toujours ≤ 1200 DT/ha dans le PPI Mateur). Ceci pourrait être justifié, entre autre, par une maîtrise des apports d'eau acquise par des irrigations plus fréquentes (déficits en eau plus fréquents et plus importants) et une plus longue expérience (aménagement et mise en eau du PPI Medjez avant celui de Mateur) dans la gestion des irrigations. Des études réalisées en Tunisie ont montré qu'un apport total de 200 mm garantit en moyenne, une année sur deux, des rendements atteignant 50 qx/ha (Zairi et al. 1998).

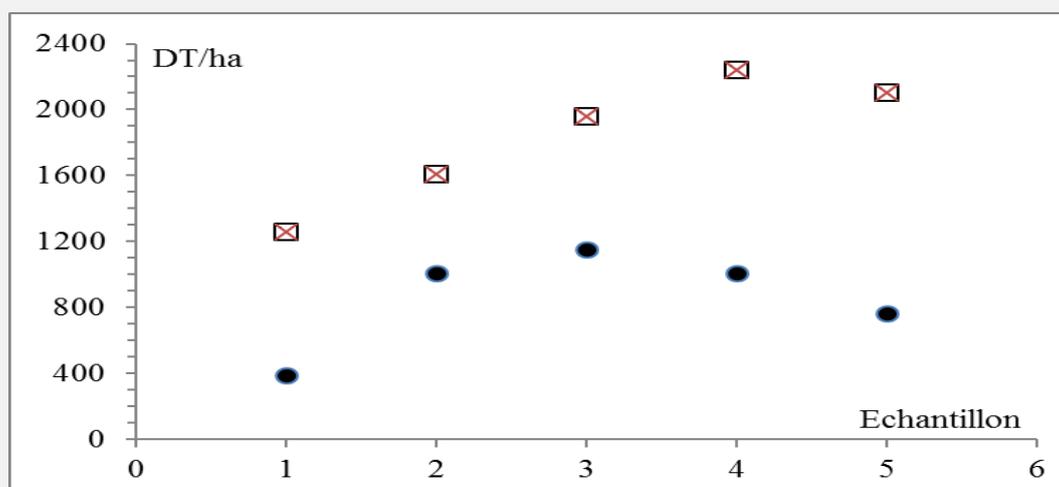


Figure. 5: Différences entre les marges brutes engendrées par la culture du blé en irrigué et en sec: Résultats obtenus aux PPI Mateur (cerles) et Medjez (carrés)

3.4.2. Efficience de l'irrigation de complément du blé

En appliquant l'expression 4, l'efficience d'utilisation de l'eau E_u à la parcelle varie de 1,10 à 4,00 Kg/m^3 et de 0,80 à 6,00 Kg/m^3 respectivement aux PPI de Medjez et de Mateur. Les valeurs moyennes sont cependant similaires 2,51 et 2,45 Kg/m^3 . Sur la base des prix en cours (70 DT/quintal), l'efficience moyenne de l'eau (en valeur) est respectivement 1,757 et 1,517 DT/ m^3 au PPI de Medjez et Mateur. A la suite d'une étude comparative entre différentes techniques de surface et trois régimes (0,3RU ; 0,6RU et 0,9RU) d'irrigation de complément du blé à la station expérimentale de Cherfech (INRGREF), Slatni (2015) a obtenu des efficacités comprise entre 0,770 et 1,078 DT/ m^3 . A la suite d'essais d'irrigation par aspersion d'une culture de tomate de saison à la même station, Yacoubi (2010) a enregistré des valeurs de E_u comprises entre 1,615 et 1,850 DT/ m^3 . Des valeurs similaires à celles enregistrés en irrigation du blé aux PPI de Medjez et de Mateur. Cependant l'irrigation du blé est souvent ramenée à deux ou trois apports pour tout le cycle végétatif de la culture ce qui limite le temps de mobilisation des moyens nécessaires (main d'œuvre, équipements, énergie,...) et réduit par conséquent les charges. Par ailleurs, l'irrigation de complément du blé est souvent conduite au cours des mois de mars et/ou avril : période à plus faible évaporativité atmosphérique qu'en été.

Il ressort de ce qui précède que l'irrigation du blé dans les PPI de Mateur et Medjez est, de point de vue économique, aussi rentable que l'arrosage des cultures estivales. Toutefois une meilleure adéquation des apports à l'évolution des besoins de la culture est nécessaire pour en améliorer les performances.

4. Conclusion

L'irrigation d'appoint est une technique indispensable, non seulement pour améliorer la productivité du blé dur et en assurer l'autosuffisance mais constitue également une alternative pour une meilleure valorisation des ressources en eaux et en sols. Les résultats collectés dans les PPI de Mateur et Medjez, montrent que l'irrigation de complément du blé permet non seulement d'améliorer nettement les rendements du blé dans ces régions mais elle est aussi rentable que l'arrosage des cultures estivales (tomate ou pomme de terre) très fréquemment pratiquées en Tunisie. Elle serait d'autant plus efficace si les apports d'eau étaient plus précis et conformes à l'évolution des besoins et/ou assurés pendant les stades critiques de croissance de la culture.

Cette étude est une contribution préliminaire pour dégager l'opportunité de l'irrigation d'appoint du blé dur dans les périmètres de Mateur et Medjez. Pour décerner des recommandations précises et dignes de foi, il est nécessaire de poursuivre de tels suivis sous différentes circonstances (autres conditions climatiques, différentes sources d'eau, etc.) et pour de plus longues périodes de suivi afin de couvrir toutes les éventualités climatiques (années sèches, années moyennes et années humides).

5. Références bibliographiques

- Arraouadi, S., Nasraoui, R., Gharbi W., Sellami M.H., 2015. Genetic Variation of Response to irrigation system of three durum wheat varieties (*Triticum durum* Desf.) cultivated in Sidi Bouzid (Tunisia). Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology, Volume 20(5), 804-809.
- Ayadi, S., Karmous, C., Hammami, Z., Trifa, Y., Rezgui, S., 2014. Variation of durum wheat yield and nitrogen use efficiency under Mediterranean rainfed environment. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. Vol., 7 (10): 693-699.
- Benbella, M., El Midaoui, M., Errachidi, Y.A., 2003. Valorisation de l'eau d'irrigation de complément chez le blé. Revue H.T.E. N° 127 – Septembre / Décembre 2.
- Dudal, R., 1979. Soil Survey investigations for irrigation. FAO Soils Bulletin N° 42.
- Jensen, M.E., 2007. Beyond irrigation efficiency. Irrig. Sci. 25:233-245.
- Latiri, K., Lhomme, J. P., Annabi, M., Setter, T.L., 2010. Wheat production in Tunisia: progress, inter-annual variability and relation to rainfall. Eur. J. Agron. 33 : 33- 42.
- Mailhol, J.C., Zairi, A., Slatni, A., Ben Nouma, B., El Amani, H., 2004. Analysis of irrigation systems and strategies for durum wheat in Tunisia. Agric. water manag. Vol. 70 (1):1 – 19.
- Rajaram, S., Braun, H., 2008. Wheat Yield Potential. In: Reynolds MP, Pietragalla J, and Braun HJ (ed) International Symposium on Wheat Yield Potential: Challenges to International Wheat Breeding. Mexico, D.F. CIMMYT 103-107.
- Richard, G.A., Pereira, L.S., RAES, D., Smith M., 2006. Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56.

- Sander J.Z., Wim G.M.B., 2014.** Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. *Agric. Water Manag.*, Vol. 69, Issue 2: 115-133.
- Slatni, A., 2015.** Elaboration et évaluation des scénarii d'amélioration des performances de l'irrigation de surface sur des sols gonflants. Thèses de Doctorat en sciences agronomiques, Institut National Agronomique de Tunisie, Université de Carthage-Tunis.
- Slatni, A., Zayani, K., Chebil, A., Zairi, A., Yacoubi S., Playan, E., 2013.** Improvement of durum wheat (*Triticum durum*) surface irrigation in swelling soils. *Scientific Research Engineering*, Vol. 5: 230-236.
- Theodore, C.H., Steduto, P., Fereres, E., 2007.** A systematic and quantitative approach to improve water use efficiency in agriculture. *Irrig. Sci.* 25:209-231.
- Yacoubi, S., Zayani, K., Zapata, N., Zairi, A., Slatni, A., Salvador, R., Playan, E., 2010.** Day and Night time sprinkler irrigated tomato: Irrigation performance and crop yield. *Biosystems Engineering* 107: 25 – 35.
- Zairi, A., Slatni, J.C., Mailhol, H.A., 1998.** Surface irrigation efficiency in cracking soils as influenced by water restriction. In: L.S. Pereira and J.W. Gowing, Eds., *Water and the Environment-Innovation Issues in Irrigation and Drainage*, CRC Press, Boca Raton, 1998, pp: 120-130.
- Zairi, A., Slatni, J.C., Mailhol, R., Boubaker, H., El Amani, M., Ben Ayed, Rebai, M., 2000.** Analyse diagnostic de l'irrigation de surface dans les périmètres publics irrigués de la Basse Vallée de la Medjerda. Numéro spécial des Annales de l'INREGREF, Actes du séminaire 'Economie de l'eau en irrigation', Hammamet 2000 : 10-26.