

Durum wheat complementary irrigation management in some northern Tunisia districts

Conduite de l'irrigation de complément du blé dur dans quelques périmètres du nord de la Tunisie

M. HAMMAMI ¹, A. BOUGHDIRI ², F. OUNAIES ¹, S. SLIM ², R. SOLTANI ¹, A. SAHBANI ³

¹ School of Higher Education of Engineers in Rural Equipment of Medjez El Bab, University of Jandouba.

² School of Higher Education in Agriculture of Mateur, University of Carthage.

³ School of Higher Education in Agriculture of Mograne, University of Carthage.

*Corresponding author: hammami.moncef@ymail.com

Abstract - To ensure best water use efficiency in the Northern Tunisia irrigated districts, several subsidies were provided for farmers. But though these encouragement, water productivity essentially for complementary irrigated winter wheat, remained insufficient. In order to assess the origins of such insufficient water productivity, diagnostic analysis were performed in three famous irrigated districts in the North of Tunisia where durum wheat is the predominant crop. The investigations were focused on the used irrigation systems, their suitability to the in situ conditions and on farm water management. Recorded results showed that sprinkler irrigation system is used in roughly 100% cases. Solid laterals with 3 bars nominal pressure sprinklers are the most frequent equipment. Water supplies were not always conforming to the crop water requirements. In fact, in some farms the diverted amounts were overestimated in december and/or under estimated in April. Water uniformity coefficient ranged within 68% and 80% and within 57% and 67,5% respectively in Medjez El Bab and Siliana irrigated districts. Recorded durum wheat productivity ranged within 2,8 and 4,7 ; 0,8 and 4,0 and 1,48 and 2,3 Kg/m³ respectively in Medjez, Mateur and Siliana irrigated districts.

Keywords: Northern Tunisia districts, durum wheat, on farm water management.

Résumé - Pour assurer l'autosuffisance en produits céréaliers tout en faisant face aux aléas climatiques en Tunisie, des subventions ont été accordés aux agriculteurs dans le but d'améliorer l'efficacité d'utilisation de l'eau dans les périmètres irrigués. Toutefois, malgré ces incitations, la productivité de l'eau surtout en irrigation de complément du blé reste loin des prévisions. Afin de détecter les origines de cette faible efficacité, des enquêtes et des suivis ont été réalisés dans trois périmètres irrigués du Nord : Medjez El Bab, Mateur et Siliana. Les investigations ont été focalisées sur l'adéquation des techniques d'irrigation adoptées aux conditions in situ et sur le pilotage des apports d'eau. Les résultats montrent que l'aspersion (avec des installations mobiles et asperseurs fixes) est pratiquée dans presque 100% des cas aux PPI Medjez et de Lakhmess (Siliana). Alors qu'à Mateur, les rampes souples avec arroseurs sur tri-pieds sont les plus fréquentes. Les apports d'eau n'étaient pas toujours conformes à l'évolution des besoins en eau de la culture avec des doses parfois excessives surtout au mois de décembre. L'uniformité de la distribution de l'eau à la parcelle était comprise entre 68% et 80%, entre 57% et entre 67,5% dans les PPI de Medjez El Bab et de Siliana respectivement. Outre la production en paille, la productivité de l'eau fluctuait entre 2,8 et 4,7 ; 0,8 et 4,0 et entre 1,48 et 2,3 Kg/m³ de grains aux PPI de Medjez, de Mateur et de Siliana respectivement.

Ces rendements seraient plus intéressants si les compléments d'eau étaient assurés pendant les stades critiques de la culture. Un suivi des réserves en eau du sol permet certes de mieux ajuster les apports aux besoins et d'améliorer ainsi l'efficacité de l'eau en irrigation de complément du blé.

Mots-clés: périmètres irrigués du Nord, blé dur, pilotage des apports d'eau



1. Introduction

L'irrigation des céréales a été introduite en Tunisie à partir des années 1980, par des essais sur l'opportunité de l'irrigation de complément du blé dur aux stations expérimentales de l'INRGREF (ex-CRGR) à Cherfech (Ariana) 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). Dans les mêmes stations (Cherfech et Hendi Zitoun) et suite à trois années d'essais consécutifs, Slatni et al. (2013) ont enregistré un rendement de 65 quintaux/ha pour un niveau d'épuisement de 60% des réserves en eau du sol. Des travaux menés dans des conditions analogues au Maroc ont montré que, suite à quelques irrigations d'appoint, l'augmentation du rendement 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).

A 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). Des études conduites sur différents périmètres irrigués en Tunisie montrent des efficacités technique et économique faibles (Mahdi et al., 2011 ; Dhehibi et Telleria, 2012). Mailhol et al. (2004) accordent cette faible productivité (du blé en irrigué) à l'inefficacité des systèmes d'irrigation, en particulier le nivellement du terrain pour les techniques de surface. Alors que Zairi et al. (2000) ainsi que Slatni et al. (2013) l'accordent à une gestion inappropriée des apports d'eau. Rajaram et Braun (2008) de même Latiri et al. (2010) confirment que les faibles productivités réalisées (1,0 à 6,0 t/ha), pour la variété Razak (dont le potentiel de production est de l'ordre de 9,5 t/ha), sont surtout due à la sécheresse et à la mauvaise conduite culturale.

L'objectif de ce travail est de faire une analyse diagnostic sur la conduite des irrigations de complément de la culture du blé dur dans quelques périmètres du nord afin de: (i) identifier les techniques d'irrigation adoptées et leur adéquation aux conditions in situ, (ii) d'évaluer la maîtrise du pilotage des apports d'eau par les agriculteurs, (iii) et d'apporter quelques éléments de réponse à la faible efficacité de l'eau en irrigations de complément du blé dans ces périmètres.

2. Matériels et Méthodes

Afin d'atteindre ces objectifs, des enquêtes, des analyses et des suivis in situ ont été entrepris dans les périmètres irrigués de Siliani, Medjez El Bab et 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. Des régions où l'irrigation de complément du blé a été introduite depuis les années quatre-vingt du dernier siècle. 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 couvre une superficie de 2139 ha et de coordonnées géographiques : latitude = 37° 02' Nord ; longitude = 9° 39' Est. Alors que Celui de Siliana s'étend sur une superficie de 6500 ha et de coordonnées géographiques : latitude: 35°06' à 36°00' Nord et longitude = 06°18' Est. Le nombre d'échantillons enquêtés, des parcelles représentatives et la fréquence des visites étaient fonction de l'étendu 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); 14 agriculteurs du PPI de Medjez et 29 agriculteurs du PPI de Siliana.

A travers ces enquêtes, on visait reproduire les ressources disponibles, les techniques d'irrigation et les caractéristiques des équipements mobilisés au niveau de chaque parcelle (échantillon). Les questionnaires ont été beaucoup plus focalisés sur:

- L'identification des techniques d'irrigation adoptées et la caractérisation du matériel adopté pour la distribution de l'eau.
- L'adéquation des techniques et équipements utilisés 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, les sources disponibles et les moyens mobilisés. Ce qui permet justement de dégager éventuellement les écarts entre les besoins et les apports. A cette fin, des parcelles représentatives ont été repérées (parmi celles déjà enquêtées) pour réaliser ces suivis dans chaque périmètre: 8 à Mateur ; 12 à Medjez et 29 agriculteurs à Siliana.

2.2.1. Suivi 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.

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

2.2.2.1. Caractérisation des techniques d'irrigation utilisées

Les données à collecter étaient relatives aux :

- techniques d'irrigation utilisées: aspersion, planche ou calant,...
- caractéristiques des arroseurs utilisés: nombre, débit, pression nominale, portée, pluviométrie, etc...
- dispositifs choisis: écartements entre rampes (E_r) et écartements entre asperseurs (E_a).

2.2.2.2. Pilotage des irrigations.

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

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

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

- A travers le temps ou 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 moyen (mesuré in situ) d'un arroseur (en m^3 /heures)

ii)- calculer la pluviométrie moyenne d'arrosage (H_a) par :

$$H_a = 10^3 \cdot N \cdot Q_a / N \cdot E_a \cdot E_r \quad (2)$$

Où, H_a = Pluviométrie moyenne d'arrosage (en mm/heure)

N = Nombre d'arroseurs en fonctionnement.

Q_a = débit moyen d'un arroseur (en m^3 /heure)

E_a = écartement entre arroseurs (en m) mesurés in situ.

E_r = écartement entre rampes (en m) mesurés in situ.

iii)- relever la période des apports par des visites et/ou par consultations des agriculteurs.

Les apports mensuels ainsi déterminés sont par la suite comparés aux besoins en eau d'irrigation calculés par le modèle CROPWAT (FAO 1998):

$$B_i = (K_c \cdot ET_0 - (P_e + SU)) / (E_c \cdot DU) \quad (3)$$

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

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

P_e = Pluie efficace (mm/mois)

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

DU = Coefficient d'uniformité de la distribution de l'eau. Pour l'irrigation par aspersion et dans les conditions tunisiennes, on a pris $DU = 0,75$ (valeur enregistrée dans plus de 80% des cas au PPI de Medjez El Bab).

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 (1973, 1980 et 1992 respectivement pour Siliana, Medjez El Bab, et Mateur), on a pris $E_c = 0,80$.

2.2.2.3. Estimation de quelques indicateurs de performance

i)- Efficience de l'eau en irrigation de complément du blé

L'efficience d'application de l'eau à la parcelle (E_a) est communément définie par le rapport (Marvin 2007):

$$E_a = \frac{V_c}{V_d} \quad (4)$$

Où ; V_c = volume évapotranspiré par la culture (m^3).

V_d = volume délivré à la parcelle (m^3).

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

$$E_e = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \quad (5)$$

Les inputs (ou charges) et les outputs (ou recettes) sont exprimés par la même unité de quantité (en valeur ou en produit). Puisqu'on cherche à quantifier l'opportunité, de l'irrigation de complément du blé, de point de vue économique, d'une part et à évaluer son pouvoir compétitif (par rapport à l'irrigation des cultures estivales) d'autre part, on était amené à utiliser l'expression (5). D'une façon plus explicite, l'efficience d'utilisation de l'eau (E_u) en irrigation de complément du blé a été déterminée par:

$$E_u = \frac{\text{Rendement (Kg/ha) du blé irrigué} - \text{Rendement du blé en pluvial}}{\text{Volume (}m^3\text{) d'eau mobilisée à la parcelle}} \quad (6)$$

ii)- Uniformité de la distribution

Puisque le nombre de distributeurs était, dans la plupart des exploitations limité (< 12), il n'était pas possible d'appliquer la méthode de Keller et Bliesner (1990). L'uniformité de distribution de l'eau à la parcelle a été déterminée par mesures des lames d'eau collectée par 9 impluviums placés le long des deux diagonales joignant les quatre asperseurs contigus du milieu du poste d'arrosage. Par suite le coefficient d'uniformité CU (%) a été calculé par :

$$C.U = \{1 - \frac{\sum(h_m - h_i)}{9.h_m}\}.100 \quad (7)$$

h_m = pluviométrie moyenne des 9 impluviums.

h_i = pluviométrie collectée au niveau de l'impluvium i

3. Résultats et discussion

3.1. Milieu physique

En général, les conditions édapho-climatiques dans les trois périmètres, sont favorables à la céréaliculture: Les sols sont profonds à texture pour la plupart argileuse, limono-argileuse à limono-sableuse (PPI Mateur); argilo-limoneuse à limono-argileuse d'apport alluvial (PPI Medjez); argilo-limoneuse à argilo-sableuse (PPI Siliana). Les températures moyennes mensuelles varient de 11,0 ; 9,5 et 9 °C (en janvier) à 27,0 ; 27,5 et 29 °C (en juillet) à Mateur, Medjez et Siliana respectivement. Le déficit hydrique moyen annuel ($Pluie - ET_0$) est de 940, 1247 et 1187 mm à Mateur, Medjez et Siliana respectivement (Figure 1). Cependant, tout au long du cycle végétatif du blé, le déficit hydrique moyen chute à environ: 130, 310 et 250 mm pour les trois sites respectivement. 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 %, 50 % et 75,7% des superficies emblavées dont 77,8%; 50,0% et 56,2% sont en blé. Toutefois, la répartition des précipitations et de l' ET_0 fait ressortir des déficits très fréquents et importants (de l'ordre de 120 à 180 mm) au cours de la période printanière 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. En effet, les proportions des superficies de blé dur conduites en irrigué sont évoluées de 0% au début des années 80 à plus de 33,5% 7,0% et 46 % dans les régions de Mateur, Medjez et Siliana respectivement.

Les périmètres sont approvisionnés en eau (à la demande) par des réseaux collectifs sous pression à partir du barrage Joumine (salinité moyenne $\approx 0,6$ g/l), barrage Lakhmesse (salinité moyenne $\approx 0,5$ g/l) et oued Medjerda (salinité moyenne $\approx 2,0$ g/l). Bien que cette dernière (salinité des eaux de la Medjerda) soit relativement élevée, elle n'est pas au point d'induire des chutes de rendements puisque le blé tolère des niveaux de salinité allant jusqu'à 3,6 g/l sans effet significatif sur sa croissance (Dudal, 1979).

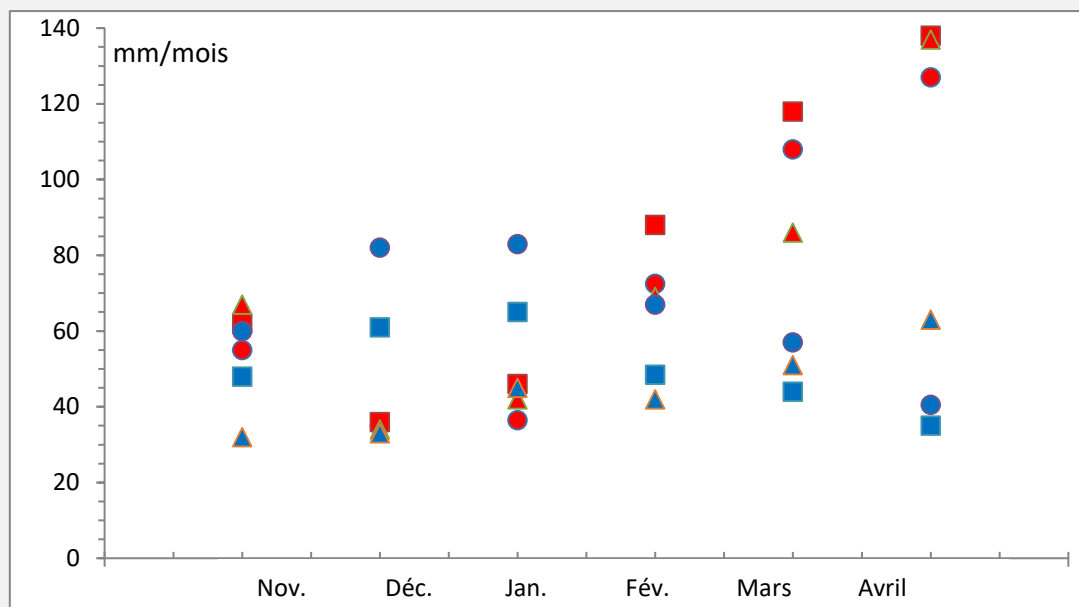


Figure. 1: Les valeurs moyennes mensuelles de l'ET₀ (en rouge) et de la pluie (en bleu) enregistrées à Mateur (cercles), à Medjez El Bab (carrés) et à Siliana (triangles) au cours du cycle végétatif du blé.

3.2. Conduite culturale du blé

3.2.1. Préparation du sol

On commence généralement la préparation du sol par un labour profond pendant le mois d'octobre avec une charrue à soc suivi d'un recroisement par un offset pour casser les mottes, augmenter l'infiltration de l'eau dans le sol et favoriser une bonne préparation du lit des semences.

3.2.2. Semis

Le semis est souvent réalisé durant la période s'étalant de mi-novembre à mi-décembre à l'aide d'un semoir mono graine, les variétés de semences de blé dur fréquemment utilisées sont: Karim, Khiar et Razzeg à des doses variables de 160 à 180 kg/ha.

3.2.3. Fertilisation

Le programme de fertilisation appliqué est fonction du stade végétatif de la plante. Une dose de 150 Kg/ha de DAP est souvent fournie avant le semis avec un épandeur d'engrais centrifuge. L'azote est fourni sous forme d'ammonitrate (de 100 à 350 kg/ha) en une à trois fractions.

3.2.4. Désherbage chimique

Le programme de désherbage est conduit en fonction de l'apparition des mauvaises herbes et des conditions climatiques. En effet un traitement chimique est souvent effectué vers la fin du mois de février par un herbicide à l'aide d'un pulvérisateur à jet réglé à une dose de 300 l/ha.

3.2.5. Traitement fongique

Le programme de traitement fongique est réalisé en fonction de l'apparition des symptômes sur la culture. En effet l'humidité, suivant les pluies du mois d'avril, engendre souvent la prolifération des maladies fongiques comme la fusariose, l'oïdium et la septoriose. Alors, un traitement fongique est souvent effectué à une dose de 300 l/ha.

3.3. Conduite des irrigations

3.3.1. Techniques d'irrigation

En général, l'aspersion est adoptée dans 100% des cas recensés dans les trois PPI. Les installations sont dans tous les cas mobiles avec des rampes rigides et asperseurs moyenne pression (3 bars) montés sur tri-pieds dans plus de 60% ; 70% et 80% des cas recensés aux PPI Medjez, Mateur et Siliana respectivement. Ces choix semblent raisonnés puisque les conditions in situ (culture dense, sources d'eau sous pression et sols suffisamment profonds) s'y prêtent bien. Même le risque de brûlure des feuilles, qui pourrait apparaître suite aux accumulations de sels, serait estompé par les quelques chutes de pluie qui pourraient survenir pendant la saison printanière dans le périmètre de Medjez. 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 (Razzeg, Khiar et Maali) de blé dur, Arraouadi et al. (2015) n'ont pas enregistré une différence significative entre les trois systèmes.

Les dispositifs les plus utilisés sont en carré aux écartements 12 x 12. Ce type d'installations va en paire avec les conditions socio-économiques (des exploitations de petites à moyennes tailles), la géométrie et les dimensions des parcelles irriguées (surface ≤ 20 ha dans 85% et 77% des cas aux PPI Mateur et Medjez respectivement). Par ailleurs, des essais avec des dispositifs aux écartements (24 x 18 m²) et (18 x 18 m²) pour l'irrigation d'une culture de tomate (à Cherfech), ont montré que le dispositif en carré a engendré la meilleure uniformité de distribution et de plus faibles pertes par évaporation (Yacoubi et al. 2010). Des arroseurs géants (pivots et rampes frontales) sont aussi utilisés mais seulement chez quelques agro-combinats et/ou complexes agro-industriels aux PPI Mateur et Medjez.

3.3.2. Pilotage des irrigations

Les volumes appliqués à chaque apport évoluaient au fil du temps mais très variables d'une exploitation à l'autre. En effet, on a enregistré des volumes de 13,8 à 40 mm fournis en un seul apport au cours du mois de Décembre et des volumes de 16 à 66 mm fournis à chaque apport au cours du mois d'Avril. Ces volumes, appliqués courant Avril, semblent compatibles avec les capacités de rétention des couches enracinées. Puisqu'en milieux arides, l'irrigation des céréales est souvent déficitaire. Le déclenchement de l'irrigation s'opère souvent à un stade de stress hydrique avancé, aboutissant à une mobilisation importante des réserves en eau du sol (Zairi et al., 1998). Cependant des apports de 40 mm, au cours du mois de Décembre rein que pour humecter une mince couche enracinée, sont certes surestimés. Il en résulte d'importantes pertes (en eau et en engrais) en profondeur.

Bien que les conductivités hydrauliques des sols à la saturation sont similaires, dans la plupart des parcelles au PPI de Medjez, les pluviométries d'arrosage (H_a) enregistrées étaient très variables : 4,6 ; 8,6 ; 11,0 et 16,0 mm/h. C'est-à-dire inférieures à K_s dans plus de 83% des cas. Dans le PPI de Mateur par contre, les valeurs de H_a enregistrées étaient dans 100% des cas inférieures à K_s . Dans le PPI de Siliana, les valeurs enregistrées étaient de 6, 8, et 10 mm/h selon le type d'asperseurs.

Aux Figures 2, 3 et 4 sont reportées les valeurs des besoins mensuels en eau d'irrigation (B_i) calculés contre les apports enregistrés dans chacune des parcelles sélectionnées. Au PPI de Mateur, les précipitations étaient suffisantes, même supérieures aux besoins, au cours des mois de décembre, janvier et février (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 2 montre des sur-irrigations dans toutes les parcelles pendant le mois de mars avec des apports faibles en Février mais surtout largement insuffisants en Avril (déficits ≥ 70 mm) au PPI de Medjez. Ce déficit est plus prononcé au PPI de Mateur (≥ 100 mm) au cours du mois d'avril. Bien que l'irrigation déficitaire soit recommandée dans les milieux arides, mais avec un déficit si aigu parvenant à un stade aussi critique que celui du remplissage des grains du blé, l'impact sur le rendement serait certes hautement significatif. Au PPI de Siliana, les apports moyens totaux varient de 150 à 250 mm selon la répartition de la pluviométrie. 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).''

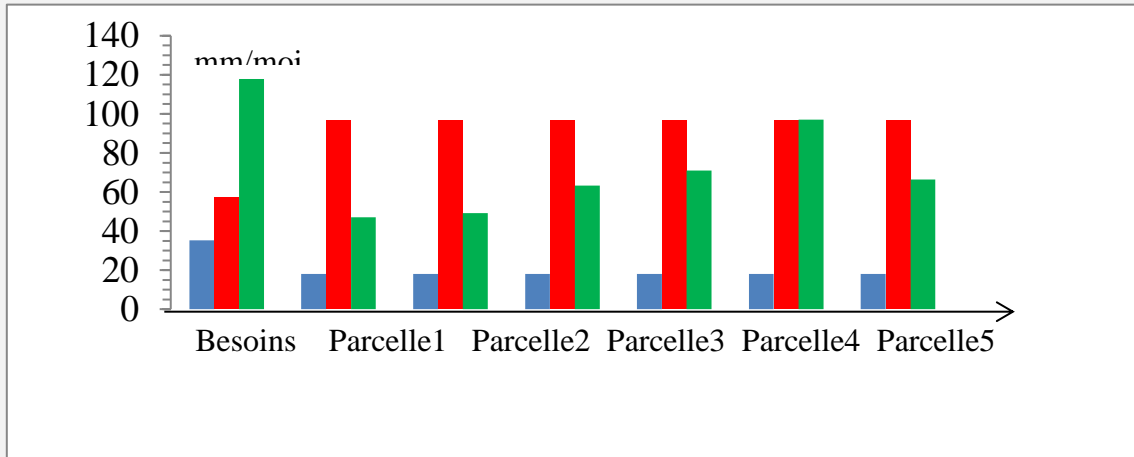


Figure. 2: Les besoins en eau d'irrigation et les apports totaux enregistrés dans quelques parcelles de blé dur au PPI Medjez au cours des mois de Février (bleu), Mars (rouge) et Avril (vert) 2015.

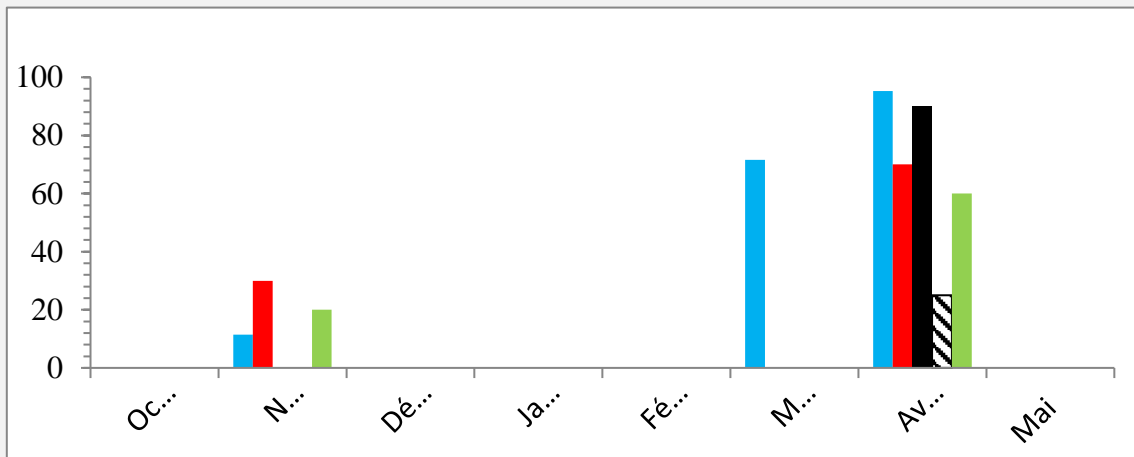


Figure. 3: Besoins en eau d'irrigation calculés (en bleu) et les apports totaux enregistrés en 2014/2015 dans quelques parcelles de blé dur au PPI de Mateur: parcelle1 (rouge), 2 (noir), 3 (hachuré) et à la parcelle 4 (vert).

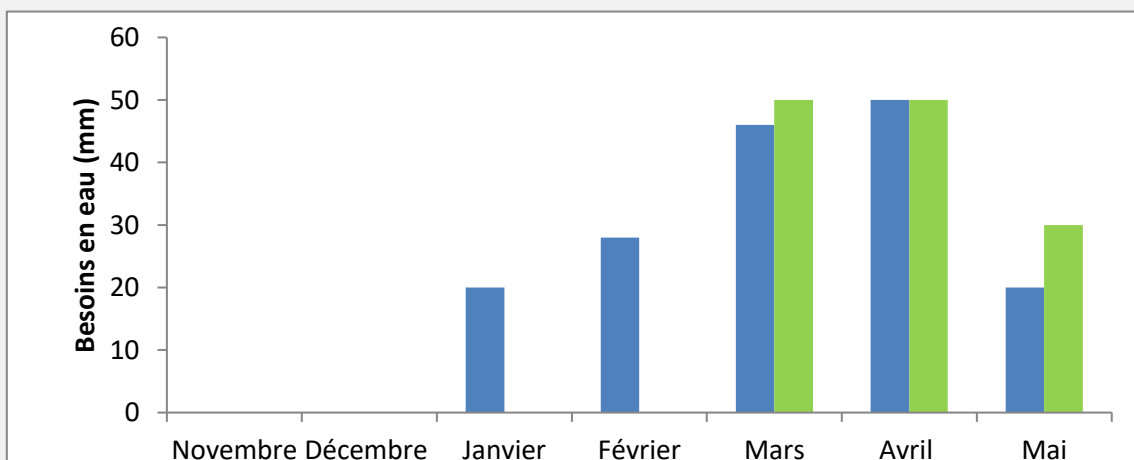


Figure 4 : Besoins en eau d'irrigation calculés (en bleu) et les apports (en vert) mensuels enregistrés en 2014/2015 dans quelques parcelles du PPI de Siliana (en vert).

3.4. Estimation de quelques indicateurs de performance

3.4.1. Uniformité de la distribution de l'eau à la parcelle

Les valeurs de CU, enregistrée au PPI de Medjez, étaient comprises entre 68% et 80%. Mais dans 83% des cas, elles étaient supérieures à 75%. Cette modeste uniformité de la distribution est surtout imputée aux fuites au niveau des rampes et des porte-rampes et à l'inéquidistance entre arroseurs. Au PPI de Siliana, les valeurs de CU étaient plus faibles, comprises entre 57% et 67,5% ; donc inférieures à la valeur minimale préconisée (70%) par Christiansen (1942) pour le bon fonctionnement du réseau. Les origines de cette mauvaise homogénéité de la distribution sont multiples dont on peut signaler: l'irrigation en temps venté, les fuites d'eau observées au niveau des rampes et/ou au niveau de quelques asperseurs, le fonctionnement des arroseurs sous des pressions différentes aux valeurs nominales,...

3.4.2. Efficacité de l'irrigation de complément du blé

A la figure 5 sont reportées les valeurs de l'efficacité d'utilisation (E_u) de l'eau (ou de l'irrigation de complément du blé) dans les PPI de Mateur et de Medjez. Ces valeurs ne sont autres que les différences entre les margés brutes engendrées par la culture du blé conduite en irrigué et en pluvial. Ces valeurs sont dans au moins 50% des cas supérieures à 1000 DT/ha. Par ailleurs, il semble que l'eau est plus valorisée au PPI de Medjez puisque E_u est y plus importante aussi bien en valeur qu'en fréquence ($E_u > 1200$ DT/ha dans 60% des cas alors qu'elle est < 1200 DT/ha dans tous les cas au PPI Mateur). Ceci pourrait être justifié, entre autre, par une meilleure maîtrise des apports d'eau acquise par des irrigations plus fréquentes (déficits en eau plus fréquents et plus aigus) et par une plus longue expérience (aménagement et mise en eau du PPI Medjez avant celui de Mateur).

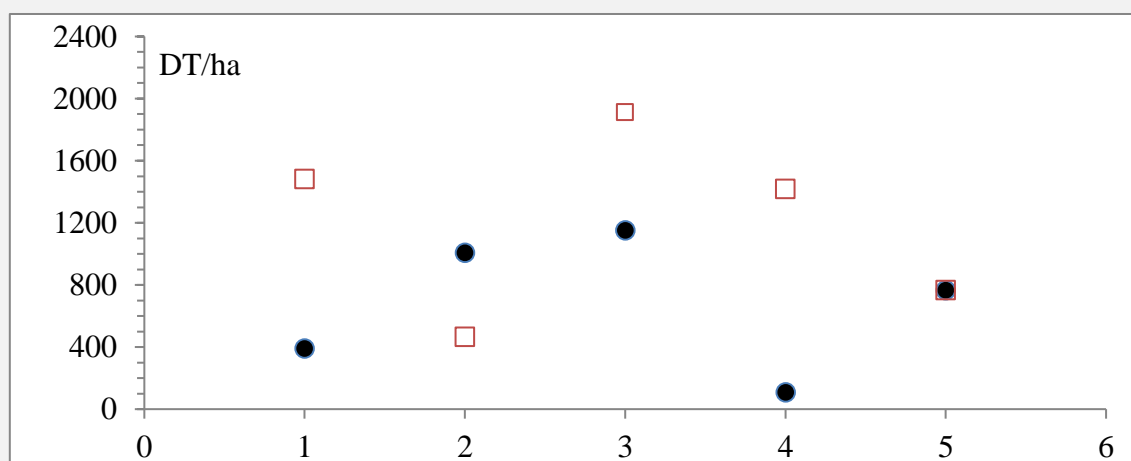


Figure. 5: Différences entre les margés brutes engendrées par la culture du blé en irrigué et en sec: Résultats obtenues aux PPI de Mateur (cerles) et de Medjez (carrés)

4. Conclusion

L'irrigation d'appoint est une alternative indispensable, non seulement pour améliorer la productivité du blé dur, assurer l'autosuffisance en produits céréaliers, mais surtout pour une meilleure valorisation des ressources en eaux si limitées. Les résultats des suivis menés dans trois périmètres du nord, montrent qu'en Tunisie l'opportunité de l'irrigation de complément du blé est certaine. En effet, outre l'augmentation de la production en paille, la productivité de l'eau variait entre 2,8 et 4,7 ; entre 0,8 et 4,0 et entre 1,48 à 2,3 Kg/m³ aux PPI de Medjez, de Mateur et de Siliana respectivement. Ces valeurs seraient certes d'autant plus intéressantes si la répartition des compléments d'eau était conforme à l'évolution des besoins et/ou pendant les stades critiques de la culture. Un suivi des réserves en eau du sol permet encore d'améliorer l'efficacité de l'eau en irrigation de complément du blé.

Bien qu'elle soit limitée à deux années de suivis, cette étude a permis d'élucider certaines difficultés relatives à la gestion de l'irrigation d'appoint du blé en Tunisie. Mais pour dégager des résultats plus fiables, il est nécessaire de poursuivre ces investigations dans différentes circonstances et surtout pour une plus longue période de suivi (couvrant des années moyennes, sèches et humides).

5. Références bibliographiques

- Adel Slatni, Khemaies Zayani, Ali Chebil, Abdelaziz Zairi, Samir Yacoubi et Enrique Playan., 2013.** Improvement of durum wheat (*Triticum durum*) surface irrigation in swelling soils. *Scientific Research Engineering, Vol. 5: 230-236.*
- 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.*
- A. Zairi, A. Slatni, J. C. Mailhol, and H. Achour, 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, pp: 120-130.*
- A. Zairi, A. Slatni, J. C. Mailhol, R. Boubaker, H. El Amani, M. Ben Ayed et M. Rebai, 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.*
- Dhehibi B. et R. Telleria, 2012.** Irrigation water use efficiency and farm size in Tunisian agriculture: A parametric frontier analysis approach. *American Eurasian J.Agric. and environ sci. 12 (10).*
- FAO, 1998.** CROP WAT for windows: User guide Version 4.2.0013.
- J. C. Mailhol, A. Zairi, A. Slatni, B. Ben Nouma et H. El Amani, 2004.** Analysis of irrigation systems and strategies for durum wheat in Tunisia. *Agric. water manag. Vol. 70 (1):1 – 19.*
- J. E. Christiansen, 1942.** Irrigation by sprinkling. *Bulletin 670, University of California Berkeley, California.*
- KELLER J. and BLIESNER RON D., 1990 -** Sprinkle and Trickle Irrigation. *An AVI Book - Van Nostrand Reinhold. New – York (640 p) .*
- Latiri K., Lhomme J. P., Annabi M., and Setter T. L., 2010. Wheat production in Tunisia: progress, inter-annual variability and relation to rainfall. *Eur. J. Agron. 33 : 33- 42.*
- Mahdhi N., M. Sghaier et M. S. Bacht, 2011.** Water use and technical efficiencies in private irrigated perimeters in South-Eastern of Tunisia. *Emir. J. Food Agric. 2011. 23 (5): 440-451*
- Marvin E. Jensen, 2007.** Beyond irrigation efficiency. *Irrig. Sci. 25:233-245.*
- M. Benbella, M. El Midaoui et Y. A. Errachidi, 2003.** Valorisation de l'eau d'irrigation de complément chez le blé. *Revue H.T.E. N° 127 - Septembre/Décembre 2.*
- R. Dudal, 1979.** Soil Survey investigations for irrigation. *FAO Soils Bulletin N° 42.*
- Rajaram S. and 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. ALLEN, Luis S. PEREIRA, Dirk RAES, Martin SMITH, 2006.** Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements). *FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56.*
- Sander J. Zwart and Wim G.M. Bastiaanssen, 2014.** Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. *Agric. Water Manag., Vol. 69, Issue 2: 115-133.*
- S. Yacoubi, K. Zayani, N. Zapata, A. Zairi, A. Slatni, R. Salvador and E. Playan, 2010.** Day and Night time sprinkler irrigated tomato : Irrigation performance and crop yield. *Biosystems Engineering 107: 25 – 35.*
- Theodore C. Hsiao, Pasquale Steduto and Elias Fereres, 2007.** A systematic and quantitative approach to improve water use efficiency in agriculture. *Irrig. Sci. 25:209-231.*