

## Besoins en eau de différentes variétés de blé dur en conditions semi-arides

<sup>1</sup> Bouthiba A., <sup>2</sup> Debaeke P.

<sup>1</sup>LRBN, Laboratoire de Recherche Bioressources Naturelles, Faculté des sciences agronomiques et biologiques, Université Hassiba Benbouali, BP151, Chlef (Algérie), Email: bouthiba\_aek62@yahoo.fr

<sup>2</sup>INRA, UMR 1248 AGIR, BP 52627, 31326 Castanet-Tolosan (France), Email: debaek@inra.toulouse.fr

### Résumé

*L'étude expérimentale menée à Chlef (Algérie) a porté sur 4 saisons de croissance (1998-2001) présentant des climats contrastés. Les 3 cultivars utilisés sont Vitron, Waha et Chen's. Les traitements d'irrigation adoptés sont: NI (conduite pluviale), EI (Irrigation précoce, jusqu'à l'épiaison), LI (Irrigation tardive, à partir de l'épiaison) et FI (Pleine irrigation, tout au long de la saison de croissance).*

*L'interaction Irrigation x Variété a été significative pour le rendement à  $P < 0.001$  en 1998, 1999 et 2001 et à  $P < 0.05$  en 2000. Les plus hauts rendements ont été obtenus en 1998 sous irrigation permanente (FI) avec des valeurs de  $7500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ,  $6250 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  et  $5420 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  respectivement pour Vitron, Waha et Chen's.*

*Le parcours d'élaboration du rendement sous irrigation non limitante est peu différent entre les trois cultivars mais les composantes de rendement sont différemment affectées par le déficit hydrique selon les cultivars.*

*Les valeurs maximales des coefficients culturaux varient de 0.91 à 0.94 pour les quatre saisons et sont égales à 1.0 (Vitron), 0.97 (Waha) et 0.89 (Chen's) pour les 3 cultivars.*

*S'agissant du choix du cultivar dans une région semi-aride où l'eau d'irrigation serait pleinement disponible, le cultivar Vitron serait un bon choix si le potentiel de la culture est accessible. Par contre, en condition d'eau limitante, la variété Waha s'avère un choix plus judicieux.*

### 1-Introduction

Le blé dur (*Triticum turgidum* L. var. durum) est une culture importante de l'environnement méditerranéen, qui est traditionnellement cultivée en conditions pluviales dans les zones marginales des régions semi-arides, avec des rendements moyens souvent très faibles (en Algérie:  $300$  à  $1200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ).

Deux contraintes majeures sont à l'origine de cet état: les variations interannuelles des précipitations ainsi que leur distribution irrégulière au cours de la saison de croissance. Devant cette situation, de nombreuses tentatives d'amélioration des rendements ont été entreprises par une meilleure conduite de culture et par l'amélioration génétique en condition de sécheresse.

La plupart des études réalisées dans différentes régions du globe montrent que la limite inférieure de production en grains se situe à un niveau de consommation en eau compris pour le blé entre  $200$  et  $210 \text{ mm}$  (Musick et al., 1994).

La valorisation des eaux de pluie par des irrigations de complément, en zone semi-aride, est souvent intéressante; le rendement moyen peut passer du simple au triple à condition d'utiliser des variétés adaptées, avec des consommations en eau variant de 100 à 460 mm (Merabet et Bouthiba, 2004; Rezgui et al., 2005).

En effet, des cultivars comme Vitron, Chen's et à un degré moindre Waha, sélectionnés pour être conduits en irrigué pour exprimer leur potentiel de production, seront très pénalisés par le manque d'eau. C'est pourquoi, en cas de sécheresse sous régime pluvial, les rendements obtenus par ces variétés introduites seront inférieurs à ceux des variétés locales.

L'objectif de cette étude est d'analyser la réponse de trois cultivars de blé dur vis-à-vis de programmes d'irrigation variant par la période d'apport d'eau au cours du cycle, afin d'établir des stratégies de gestion de l'eau propres à chaque cultivar. Ceci passe en particulier par la proposition de coefficients culturaux spécifiques à chaque cultivar afin de mieux piloter l'irrigation de complément en régions semi-arides.

## 2-Matériels et Méthodes

### 2-1. Etude climatique

Les essais ont été menés dans la plaine du Chélif (environ 200 km à l'ouest d'Alger): Latitude 36°12'N, Longitude 01°20'E, Altitude 102 m.

La région du Chélif est caractérisée par un climat semi-aride, présentant deux saisons très marquées avec des températures moyennes estivales de l'ordre de 30°C et des températures moyennes hivernales de 10°C.

La moyenne des précipitations (32 ans) et des évapotranspirations (20 ans) enregistrées sur ces longues périodes ainsi que sur 4 saisons de croissance sont reportées au Tableau 1.

**Tableau 1. Précipitations et évapotranspirations au cours des saisons de croissance étudiées et moyennes sur 20 ans (1985-2005) et 32 ans (1970-2002).**

	Périodes	Mois							
		Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun
<b>Précipitations (mm)</b>									
	1997-1998	144.5	29.4	12	19.6	7.6	69.1	81.8	1
	1998-1999	16	13.3	83.8	77.1	71.3	1.4	3.1	0
	1999-2000	46.6	99.1	5.2	0	12.1	14.2	7.4	0
	2000-2001	80.1	31.9	60.5	21	3.3	42.8	12.2	0.2
	1970-2002	52.2	46.6	47	45.1	41.3	43.2	27.7	5.1
<b>ETo (Penman-Monteith), mm</b>									
	1985-2005	59	50	47	58	83	129	154	165
<b>ETo (Bac Class A), mm</b>									
	1985-2005	64	45	44	54	84	136	177	180

### 2-2. Matériel végétal

Les caractéristiques des cultivars de blé dur utilisés durant les quatre campagnes d'étude sont résumées dans le Tableau 2.

**Tableau 2. Caractéristiques des cultivars de blé dur utilisés**

Cultivars	Caractéristiques
<b>Waha</b>	Sélection CIMMYT-ICARDA-Elkhroub. Paille courte et demi-pleine, précoce, résistante aux maladies, mieux adaptée aux régions arides et semi-arides, bonne productivité.
<b>Vitron</b>	Originaire d'Espagne, paille haute à moyenne, cycle végétatif demi-précoce, tallage moyen, mieux adaptée aux régions arides et semi-arides, sensible aux maladies, bonne productivité
<b>Chen's</b>	Sélection CIMMYT-ITGC en 1990, paille courte, cycle végétatif précoce, mieux adaptée aux régions arides, semi-arides et sahariennes (< 150 mm), résistante aux maladies cryptogamiques et à la verse

Les semis de précision ont été réalisés les 20 novembre 1997, 25 novembre 1998, 22 novembre 1999 et 24 novembre 2000 à une densité de semis de 120 kg/ha, correspondant à 300 graines/m<sup>2</sup>, dose considérée comme optimale dans la région. Les dates de récolte sont les suivantes: 7 juin 1998, 12 juin 1999, 10 juin 2000, et 14 juin 2001.

Une fertilisation (N-P-K) a été appliquée à des doses totales respectives de 120, 60 et 60 kg/ha, appliquée au semis et à la montaison pour le 2<sup>ème</sup> apport d'azote (40).

### 2-3. Traitements utilisés et évaluation des doses d'irrigation

4 traitements d'irrigation ont été mis en oeuvre chaque année sur 3 répétitions:

NI: Traitement non irrigué (régime pluvial)

EI: Irrigations précoces, de la levée jusqu'à l'épiaison.

LI: Irrigations tardives, de l'épiaison à la maturité physiologique.

FI: Irrigation permanente, de la levée à la maturité physiologique.

L'irrigation est déclenchée quand 2/3 de la réserve en eau du sol sur l'horizon 0-45 cm est épuisée car la plupart de l'extraction de l'eau du sol se produit dans cette tranche de sol. La programmation des irrigations, résultant de cette décision, est détaillée au Tableau 3.

**Tableau 3. Quantité d'eau totale appliquée (mm) et calendrier d'irrigation au cours des quatre saisons de croissance**

Années	Quantité totale (mm)			Irrigation en début de cycle (Pré-épiation)	Irrigation en fin de cycle (Post-épiation)
	EI	LI	FI		
<b>1998</b>	104	136	240	04/01(32) 08/02(20) 20/03(52)	10/04(32) 30/04(20) 13/05(52) 23/05(32)
<b>1999</b>	72	156	228	01/12(32) 28/12(20) 15/02(20)	01/04(32) 15/04(20) 25/04(20) 30/04(32) 15/05(32) 23/05(20)
<b>2000</b>	154	168	322	03/01(32) 30/01(20)18/02(52) 28/02(20) 20/03(30)	02/04(32) 12/04(20) 24/04(32) 06/05(52) 18/05(32)
2001	188	104	292	03/12(20) 27/12(32) 01/02(52) 20/02(52) 10/03(32)	09/04(32) 30/04(20) 10/05(32) 25/05(20)

## 2-4. Mesures effectuées sur la plante et le sol

Le suivi de l'eau du sol a été réalisé chaque semaine (entre JAS 20 et JAS 180) et pour chaque parcelle à l'aide d'un humidimètre à neutrons (Hydroprobe 503, Campbell PNC, CA, USA), ce qui a permis de calculer l'évapotranspiration réelle du blé (ET). Les coefficients culturaux, pour chaque année et chaque variété, ont été calculés mensuellement à partir de ETo Bac et de ET en régime potentiel (FI).

Les échantillons (1 m<sup>2</sup> au centre de la micro-parcelle) pour la détermination du rendement et de ses composantes sont séchés à l'étuve à 75°C pendant 48 h, puis pesés. Le rendement en grains est indiqué à 14% d'humidité.

## 2-5. Statistiques

L'analyse de la variance a été calculée pour toutes les données au cours des quatre campagnes d'étude en utilisant Statistix 7.0 software (Analytical Software, Tallahassee, FL, USA).

Les niveaux de signification des traitements d'irrigation, de l'interaction traitement x année et traitement x variété sont déterminés à un niveau de probabilité de 0.05 et les moyennes ont été comparées entre elles par le test de LSD (Least significant difference) pour un niveau de signification  $P < 0.05$ .

## 3-Résultats et discussion

### 3-1. Variation globale des rendements

Les principaux effets du cultivar, de la saison de croissance et de la stratégie d'irrigation sur les rendements en grains du blé dur sont comparés sur la Figure 1. Des effets significatifs à  $P < 0.05$  ont été observés pour chacun des 3 facteurs. Les valeurs moyennes de rendement en grains varient de 3500 kg.ha<sup>-1</sup> en 1998 à 2200 kg.ha<sup>-1</sup> en 2000. Le potentiel de production des 3 cultivars s'est exprimé au cours de l'année 1998 avec des rendements de 3757, 3672 et 3035 kg.ha<sup>-1</sup> respectivement pour Vitron, Waha et Chen's. Les faibles rendements qu'a connus la campagne 99/00 sont en partie associés aux faibles précipitations ainsi qu'à leur distribution irrégulière (38 mm seulement sur la période Janvier-Juin). Les stratégies d'irrigation adoptées ont permis des augmentations de rendement, par rapport à la conduite pluviale, de l'ordre de 270, 107 et 67% respectivement pour FI (conduite potentielle), EI (irrigation précoce) et LI (irrigation tardive). Parmi ces variétés, il apparaît que la variété Vitron est la plus productive avec une moyenne de 2950 kg.ha<sup>-1</sup>, suivie de Waha (2825 kg.ha<sup>-1</sup>) et enfin Chen's (2430 kg.ha<sup>-1</sup>).

Le Tableau 4 montre que l'interaction Irrigation x Cultivar est significative à  $P < 0.001$  en 1998, 1999 et 2001 et à  $P < 0.05$  en 2000. Sous irrigation, la variété Vitron a permis d'atteindre les plus hauts rendements dans 8 des 12 situations irriguées.

Par contre, en conditions pluviales, la variété Waha est toujours la plus productive, avec un rendement supplémentaire de 18-42 kg.ha<sup>-1</sup> respectivement par rapport à Vitron et Chen's. Les stratégies d'irrigation en condition de déficit hydrique (EI et LI) n'ont eu aucun effet significatif à  $P < 0.001$  en 1999 et à  $P < 0.05$  en 2000 sur le cultivar Chen's.

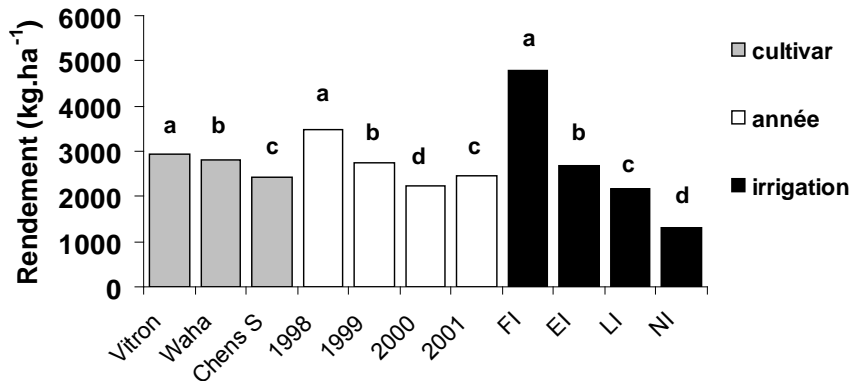


Figure 1. Effets moyens du cultivar, de l'année et de la stratégie d'irrigation sur le rendement

Tableau 4. Analyse de l'interaction variété x traitement d'irrigation sur le rendement en grains (kg.ha<sup>-1</sup>) pour les 4 saisons de croissance. Vitron (V), Waha (W), Chen's (C)

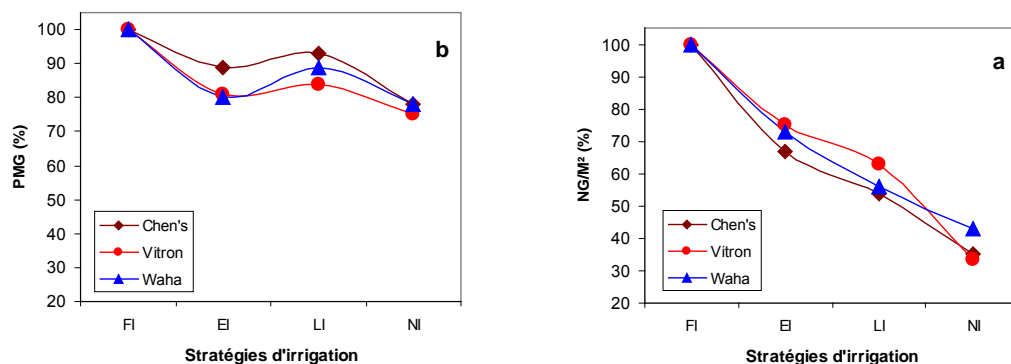
IRR	Années											
	1998			1999			2000			2001		
	V	W	C	V	W	C	V	W	C	V	W	C
FI	7502 a	6247 b	5419 c	6347 a	5130 b	4057 c	3863 a	3268 b	3283 b	4143 b	4373 a	3895 c
EI	3577 e	3916 d	3351 f	2568 d	2189 f	2106 g	2697 c	2509 d	1967 f	2484 d	2348 f	2438 e
LI	2208 h	2423 g	1797 i	2607 d	2420 e	2043 g	2123 e	2173 e	1942 f	2250 f	2037 g	1958 g
NI	1741 i	2102 h	1573 j	1088 i	1511 h	1047 i	917 h	1094 g	797 h	1059 j	1420 h	1187 i
V A R x	***			***			*			***		
IRR												

Les valeurs suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes à  $P < 0.05$  (pour une même année)

### 3-2. Impact sur les composantes de rendement

Les réponses variétales des deux composantes de rendement vis-à-vis des stratégies d'irrigation sont exprimées en valeurs relatives par rapport à la conduite potentielle (FI). L'examen des Figures 2a et 2b montre que le poids individuel du grain (PMG) est moins réduit par la limitation de l'eau que le nombre de grains. Des différences sensibles ont été observées entre les cultivars en réponse aux stratégies d'irrigation. Le nombre de grains de Vitron a été maintenu à un niveau plus élevé avec l'irrigation tardive.

En conditions pluviales, le nombre de grains de Waha a été moins pénalisé que les deux autres cultivars. En ce qui concerne le poids du grain, Chen's est le cultivar le plus stable sur la gamme des stratégies d'irrigation, la variété Vitron étant légèrement plus sensible que la variété Waha.



**Figure 2. Réponse variétale relative des composantes de rendement aux stratégies d'irrigation, a. NG: Nombre de grains /m<sup>2</sup>, b. PMG: poids de 1000 grains**

### 3-3. Détermination des coefficients culturaux

L'évolution des coefficients culturaux ( $K_c$ ) des trois cultivars, suivie mensuellement au cours des 4 saisons de croissances, est indiquée sur les Figures 3a à 3d. Quelle que soit l'année climatique, la valeur maximale du coefficient cultural ( $K_c$  max) est atteinte au mois d'Avril. Cette valeur varie en fonction de l'année et du cultivar. Elle est comprise entre 0.87 (Chen's en 2001) et 1.10 (Vitron en 1998).

Il est important de signaler que, dans de telles conditions, les besoins en eau d'irrigation des trois cultivars de blé, utilisés dans les conditions climatiques de la région de Chlef et selon la méthode d'évaluation basée sur le bac d'évaporation, sont différents. En effet, ces besoins prennent de l'importance à partir du mois de Mars où il est préconisé des valeurs moyennes comprises entre 77% (Chen's) et 87% (Vitron) de l'ETP et 89% à 100% de l'ETP au mois d'Avril respectivement pour Chen's et Vitron.

Actuellement, la FAO recommande la méthode de Penman-Monteith comme norme pour estimer  $E_{To}$  car elle reflète mieux les conditions réelles d'évaporation par l'intégration de paramètres physiologiques et aérodynamiques dans le calcul (Allen et al., 1998). Cependant, des évaluations fiables d' $E_{To}$ , ont été obtenues avec le bac d'évaporation class "A" pour un cumul d'au moins 7 jours (Medeiros et al., 2005; Meyer et al., 1999).

Nos résultats sont en accord avec l'allure générale des coefficients culturaux de la littérature obtenus par la méthode de Penman-Monteith. Cependant, dans les conditions de Chlef (semi-aride), le coefficient cultural devrait être majoré de 5 à 15 % pour passer de la méthode « Bac » à la méthode Penman-Monteith.

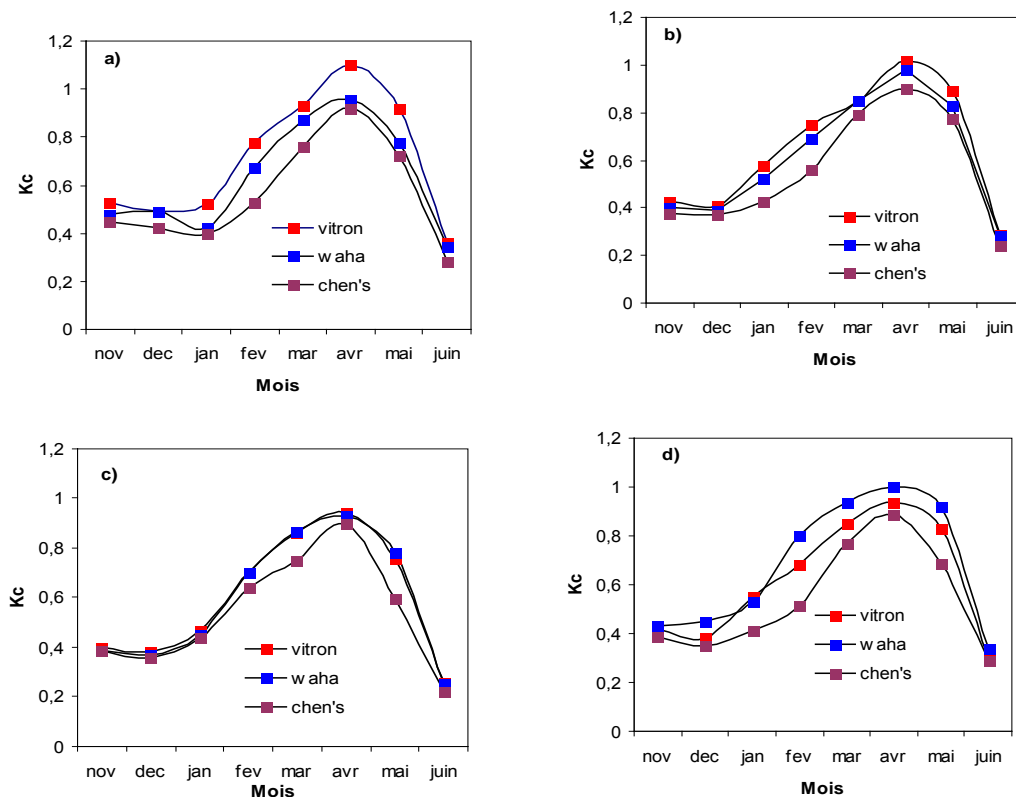


Figure 3. Evolution au cours du cycle du blé des coefficients culturaux variétaux (Kc). a) 1998, b) 1999, c) 2000, d) 2001.

#### 4. Conclusion générale et recommandations

En matière de réponse du rendement à l'irrigation, les résultats obtenus, au cours de ces quatre années d'étude, ont montré que les stratégies d'irrigation adoptées ont eu des effets significativement différents sur les rendements des trois cultivars utilisés.

Des essais de ce type doivent être menés et répétés dans le temps pour différents cultivars dans des environnements différents afin de connaître d'éventuelles interactions Génotype x Environnement et de mieux effectuer le choix d'une variété de blé par rapport à la disponibilité en eau. En effet, de fortes interactions G x E ont été mises en évidence récemment pour quelques cultivars de blé en conditions pluviales en Algérie (Annicchiarico et al., 2006).

A partir de nos résultats, nous avons montré des différences variétales dans la réponse du blé dur à la sécheresse et à l'irrigation de complément, avec pour conséquence des interactions Irrigation x Génotype significatives pour le rendement.

Le modèle d'élaboration du rendement sous irrigation potentielle n'est pas très différent entre les trois cultivars mais les composantes de rendement sont différemment affectées par le déficit hydrique. Vitron est une variété plus sensible à la sécheresse que Waha pendant la période d'élongation de la tige (diminution du nombre de grains.m<sup>2</sup> en conditions pluviales). Chen's a un potentiel de rendement inférieur aux deux autres génotypes mais grâce à la stabilité du poids de ses grains, il est moins affecté que Vitron en régime pluvial.

Le coefficient cultural varie considérablement avec la saison et le cultivar de blé. Les valeurs maximales des coefficients culturaux varient de 0.91 à 0.94 pour les quatre saisons; les valeurs de Kc max sont 1.0 (Vitron), 0.97 (Waha) et 0.89 (Chen's) pour les 3 cultivars.

Dans le cas où l'eau d'irrigation est entièrement disponible, le cultivar Vitron est un bon choix si le potentiel de la culture est réalisable. La protection à l'aide de fongicides serait nécessaire avec cette option en raison de la sensibilité du cultivar car le microclimat de la culture irriguée favorise le développement des maladies.

Dans le cas où les ressources en eau pour l'irrigation sont limitées, le cultivar Waha est le meilleur choix à cause de son rendement qui dépasse celui des autres cultivars dans la plupart des situations sèches.

Dans des régions semi-arides méditerranéennes, quand la sécheresse apparaît rapidement et sévèrement, il semblerait que les cultivars à cycle court ne soient pas suffisants pour éviter l'impact de la sécheresse (Larbi et al., 2000).

Sans irrigation de complément, le choix de cultivars avec des traits de tolérance intrinsèque à la sécheresse est la seule alternative actuellement. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle, des cultivars comme Mohamed Benbechir, Oued Zenati, Polonicum ou Tassili se maintiennent dans les régions marginales algériennes.

## Références

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irr.and Drain. Paper n°39, Rome, Italy.
- Annicchiarico, P., Bellah, F., Chiari, T., 2006. Repeatable genotype x location interaction and its exploitation by conventional and GIS-based cultivar recommendation for durum wheat in Algeria. *European Journal of Agronomy* 24, 70-81.
- Larbi, A., Mekliche, A., Abed, R., Badis, M., 2000. Effet du déficit hydrique sur la production de deux variétés de blé dur (*Triticum turgidum* L. var. durum) en région semi-aride. *Options Méditerranéennes, CIHEAM, Série A*, 40, 295-297
- Medeiros, G.A., Arruda, F.B., Sakai, E., 2005. Crop coefficient for irrigated beans derived using three reference evaporation methods. *Agricultural Forest Meteorology* 135, 135-143
- Merabet, B.A., Bouthiba, A. 2004. Effet de l'irrigation de complément sur quelques variétés de blé dur dans une région semi-aride (Plaine du Cheliff). *Annales INA El-Harrach (Alger)* 25, 89-107.
- Meyer, W.S., Smith, D.J., Shell, G. 1999. Estimating reference evaporation and crop evapotranspiration from weather data and crop coefficients. CSIRO. Land and water technical report. 34/98, October 1999.
- Musick, J.T., Jones, O.R., Stewart, B.A., Dusek, D.A., 1994. Water yield relationships for irrigated and dryland wheat in the US Southern Plains. *Agronomy Journal* 86, 980-986.
- Rezgui, M., Zairi, A., Bizid E., Benmechlia, N., 2005. Consommation et efficacité d'utilisation de l'eau chez le blé dur (*Triticum Durum* Desf.) cultivé en conditions pluviales et irriguées en Tunisie. *Cahiers Agricultures* 14, 391-397.