

---

Soumis le : 16 Novembre 2010

Forme révisée acceptée le : 26 Avril 2011

Email de l'auteur correspondant :

daroui2\_ma@hotmail.fr

---

## Effet de l'irrigation d'appoint sur le rendement d'une culture de blé tendre (*Triticum aestivum* L.) (Variété Rajae) au Maroc Oriental

EL Arbi DAROUI<sup>a</sup>, Azzouz BOUKROUTE<sup>a</sup>, Miloud KAJEIOU<sup>a</sup>, Nour- Eddine KOUDDANE<sup>a</sup>,  
Abdelbasset BERRICHI<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Laboratoire de Biologie des Plantes et des Microorganismes, Faculté des Sciences, Département de Biologie, Université Mohamed Premier, Bd Med VI, BP 717 60.000 Oujda Maroc

---

### Résumé

La présente étude a été réalisée à la station expérimentale de la faculté des sciences d'Oujda, elle vise à déterminer l'effet d'une ou de plusieurs irrigations réalisées aux stades: tallage, montaison, floraison, et remplissage sur le rendement d'une culture de blé tendre variété Rajae au Maroc oriental.

Les résultats obtenus ont montré que l'irrigation d'appoint améliore le rendement en grain de 15.28%, 71.32%, 125.26%, 229.54% et 307.60% respectivement pour les traitements, T<sub>1</sub> : une seule irrigation au stade tallage, T<sub>2</sub> : deux irrigations une au stade tallage et l'autre au stade montaison, T<sub>3</sub> : trois irrigations aux stades tallage, montaison et floraison, T<sub>4</sub> : quatre irrigations aux stades tallage, montaison, floraison et remplissage et T<sub>5</sub> : témoin avec irrigation régulière selon les besoins de la culture par rapport au traitement non irrigué T<sub>0</sub>.

L'efficacité de l'utilisation de l'eau pour le rendement en grains, varie selon le régime hydrique, et le traitement T<sub>4</sub> (quatre irrigations) s'avère le plus efficace avec 12,61 Kg/mm/ha.

*Mots clés* : Irrigation d'appoint, rendement, efficacité de l'utilisation de l'eau, *Triticum aestivum* L., variété Rajae, Maroc Oriental.

---

### 1. Introduction

Les céréales représentent la première culture au Maroc. Les superficies couvertes atteignent aujourd'hui 5,3 millions d'hectares, et se sont accrues de 23% par rapport à ce qu'elles étaient pendant les années 70 du siècle passé [1].

Actuellement, les céréales occupent 70% des superficies cultivées par an. L'orge, le blé tendre, le blé dur et le maïs constituent le lot des céréales principales. Les céréales dites secondaires comprennent le riz, l'avoine, l'alpiste et le sorgho [1].

Les conditions climatiques par leur caractère très aléatoire conditionnent énormément la production annuelle en céréales. En effet 90% des surfaces cultivées en céréales sont situées dans les régions à agriculture pluviale et la moitié de ces surfaces sont localisées dans les zones arides et semi-arides. Une superficie d'environ 300.000 hectares se situe dans les périmètres irrigués [1].

La contrainte hydrique est posée actuellement avec acuité et oriente les techniques d'irrigation dans le sens de l'économie. Il est donc devenu impératif de connaître les

principaux moyens qui optimisent l'utilisation de l'eau en irrigation. Le pilotage de l'irrigation doit donc concilier les faibles disponibilités hydriques et les besoins en eau d'une production relativement élevée tout en assurant la compétitivité des coûts de production. Le problème de la sécheresse, la rareté et l'irrégularité des précipitations, ainsi que le souci d'atténuer le déficit hydrique ont abouti alors à un concept très important dans le monde de l'irrigation appelé l'irrigation complémentaire, ou "l'irrigation d'appoint" [2]. Plusieurs études ont montré l'intérêt de cette technique d'irrigation pour corriger le déficit hydrique et la possibilité d'améliorer les rendements [2, 3, 4, 5].

L'irrigation d'appoint des céréales consistera à garantir une production seuil ou production minimale garantie, quelles que soient les conditions climatiques [6]. S'affranchir du facteur limitant «eau» pour garantir une production seuil revient, par conséquent, à maintenir dans le sol une réserve hydrique suffisante à déterminer compte tenu des conditions pédo-climatiques locales d'une part et du stade phénologique de la culture, d'autre part [2].

Le présent travail se propose d'étudier l'effet d'une ou de plusieurs irrigations complémentaires aux précipitations réalisées à différents stades phénologiques

critiques de la plante sur le rendement de la culture du blé tendre dans la région orientale du Maroc.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé correspond au blé tendre (*Triticum aestivum* L, variété : Rajae, produite par l'INRA Maroc.

### 2.2. Conditions climatiques

La région d'étude se caractérise par un climat de type méditerranéen, aride à semi-aride, à hiver doux et généralement pluvieux et été secs et habituellement chaud avec un automne et un printemps généralement tempérés. Les pluies débutent au mois d'Octobre et deviennent plus rare après le mois de Mars.

#### a) Pluviométrie

La pluviométrie de l'année 2007/2008 fut très faible au Maroc Oriental, en général et dans la région étudiée, en particulier. Les cumuls des précipitations enregistrées entre les mois de Décembre 2007 et Mai 2008, étaient de 169 mm.

#### a) Température moyenne

La température était maximale durant le mois de Mai, avec 25,7°C. Tandis qu'elle était minimale durant le mois de Décembre, avec 4,6°C.

Tableau 1

Calendrier et volume des irrigations

	Date	Jours après semis	Quantité en mm	Stade végétatif
Première irrigation pour les traitements T <sub>1</sub> , T <sub>2</sub> , T <sub>3</sub> et T <sub>4</sub>	01-02-08	52	20	Tallage
Deuxième irrigation pour les traitements T <sub>2</sub> , T <sub>3</sub> et T <sub>4</sub>	19-03-08	98	30	Montaison
Troisième irrigation pour les traitements T <sub>3</sub> et T <sub>4</sub>	04-04-08	115	40	Floraison
Quatrième irrigation pour le traitement T <sub>4</sub>	18-04-08	129	40	Remplissage

Les quantités journalières d'eau à apporter pour la parcelle T<sub>5</sub> sont déterminées par le calcul de l'évapotranspiration en utilisant la formule suivante :

$$ETM = Kc \times ET_0$$

ET<sub>0</sub> : évapotranspiration de référence

Kc : coefficient cultural de la culture [7]

Le coefficient Kc varie de 0 à 1,2 selon le stade de la culture. Une série de valeurs Kc permet l'évaluation des besoins hydriques des céréales en fonction des différents stades évolutifs.

### 2.3. Mise en place de l'expérimentation

L'essai a été réalisé à la station de recherche expérimentale de la faculté des science d'Oujda (34° 39' 151" Nord de latitude et 01° 53' 595" ouest de longitude, 468 m d'altitude), sur un sol limono-sableux d'une faible teneur en calcaire actif. La zone d'étude est caractérisée par un climat semi aride à hiver doux et pluvieux et à été chaud et sec.

Les cumuls des précipitations enregistrées durant la période d'étude, entre les mois de décembre et mai, étaient de 169 mm.

Le dispositif expérimental adopté est en bloc aléatoire complet, avec trois répétitions, les parcelles élémentaires étaient d'une superficie de 6 m<sup>2</sup> (2 m x 3 m), le semis a été réalisé en ligne le 11 décembre avec une densité de 252 grains/m<sup>2</sup>, avec un taux de levée de 94%

Chaque répétition comprend 6 traitements :

- T<sub>0</sub> : témoin sans irrigation
- T<sub>1</sub> : une seule irrigation au stade tallage
- T<sub>2</sub> : deux irrigations une au stade tallage et l'autre au stade montaison
- T<sub>3</sub> : trois irrigations, aux stades tallage, montaison et floraison
- T<sub>4</sub> : quatre irrigations, aux stades tallage, montaison, floraison et remplissage
- T<sub>5</sub> : témoin avec une irrigation régulière selon les besoins de la culture

### 2.4. Entretien de la culture

L'irrigation se fait à l'aide d'un arrosoir, de façon à homogénéiser la quantité d'eau apportée sur toute la parcelle. Le calendrier et les volumes d'irrigation sont indiqués dans le tableau 1.

Le tableau 2 indique les valeurs de l'évapotranspiration de référence de la ville d'Oujda selon INRA Maroc (1978).

Tableau 2

Evapotranspiration de référence de la ville d'Oujda

Mois	ET <sub>0</sub> /j en mm
Décembre	1,9
Janvier	1,8
Février	2,7
Mars	3,5
Avril	4
Mai	5,2

La culture du blé tendre a reçu une fertilisation azotée à base d'ammonitrate (33%) aux stades montaison et floraison à des doses respectives de 50 et 100 unités.

Des désherbages manuels ont été réalisés à chaque fois que c'était nécessaire.

La récolte a été effectuée le 26 Mai. Les échantillons destinés à l'analyse du rendement ont été prélevés au hasard des trois blocs, 1m<sup>2</sup> de chaque parcelle a été récolté à la main dans le but d'analyser le rendement par unité de surface.

### 2.5. Les paramètres étudiés

Les paramètres des composantes du rendement qui ont été étudiés sont :

- Le nombre de talles par m<sup>2</sup> (NT/m<sup>2</sup>)
- Le nombre d'épis par m<sup>2</sup> (NE/ m<sup>2</sup>)
- Le nombre de grains par m<sup>2</sup> (NG/ m<sup>2</sup>)
- Le nombre de grains par épi (NG/E)
- Le poids de grains par épi (PG/E)
- Le poids de 1000 grains (PMG)
- Le rendement en grains (RG)

Tableau 3

Composantes du rendement et régimes hydriques (T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, T<sub>5</sub>)

Paramètres	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	Signification statistique
NT/m <sup>2</sup>	233	291	297	293	341	555	***
PG/E (g)	1,14	1,22	1,50	1,62	2,2	2,05	***
NG/ m <sup>2</sup>	5346	7911	11854	11753	15437	21570	***
NG/E	31,26	39,91	50,4	46,29	51,84	54,94	***
PMG (g)	28,37	28,61	25	28,53	37	33	***
RG (q/ha)	11,44	13,25	19,60	25,77	37,70	46,63	**

NT/m<sup>2</sup>: Nombre de talles par m<sup>2</sup>, NE/ m<sup>2</sup>: Nombre d'épis par m<sup>2</sup>, NG/ m<sup>2</sup>: Nombre de grains par m<sup>2</sup>, NG/E: Nombre de grains par épi, PG/E (g): Poids de grains par épi, PMG: Poids de 1000 grains, RG (qx/ha): Rendement en grains.

\*\*P ≤ 0,01, \*\*\*P ≤ 0,001 : Respectivement hautement significatif et très hautement significatif

#### 3.1.1 Effet de l'irrigation d'appoint sur le nombre de talles par m<sup>2</sup> (NT/m<sup>2</sup>)

L'analyse statistique a révélé l'existence d'un effet très hautement significatif (p<0,001) du régime hydrique sur le tallage. En effet le traitement témoin (T<sub>0</sub>) a donné le nombre de talles le moins élevé avec une moyenne de 233 talles/m<sup>2</sup>, alors que le maximum de tallage (555 talles/m<sup>2</sup>)

### 2.6. Détermination de l'efficacité d'utilisation de l'eau (EUE)

Selon [8], l'efficacité de l'utilisation de l'eau (EUE) peut être définie comme étant le rapport entre le rendement récoltable et l'eau utilisée pour aboutir à cette production par unité de surface :

$$EUE = \text{Rendement en grains} / \text{eau utilisée}$$

### 2.7. Analyse du rendement

L'analyse de la variance des données collectées à partir de l'expérimentation à été traitée par le logiciel «STATISTICA 7.1 2008». Les relations entre variables sont étudiées par l'analyse des corrélations.

Les valeurs obtenues sont la moyenne statistique de trois répétitions avec un intervalle de confiance calculé au seuil de 5%. Sur les figures, les valeurs ayant le même indice appartiennent au même groupe homogène.

## 3. Résultats et discussion

### 3.1. Effet de l'irrigation d'appoint sur le rendement en grains et ses composantes

Le tableau 3 récapitule les résultats obtenus. L'analyse de la variance montre des différences hautement et très hautement significatives entre les composantes du rendement étudiées et les régimes hydriques.

est observé pour T<sub>5</sub> grâce aux apports des besoins journaliers en eau (tableau 3 et figure 1A) L'amélioration du tallage par rapport au traitement non irrigué T<sub>0</sub> est de 24,9% pour T<sub>1</sub>, 27,46% pour T<sub>2</sub>, 25,75% pour T<sub>3</sub> et 46,35% pour T<sub>4</sub>. Ce résultat confirme qu'en général l'irrigation au stade tallage améliore le nombre de talles par m<sup>2</sup> [9, 10, 11].

Le bon tallage obtenu chez tous les traitements peut s'expliquer par le fait que durant la période séparant le

semis du tallage, la parcelle a reçu des quantités importantes de pluies (99,74 mm). Ces résultats concordent avec ceux de [12, 13].

### 3.1.2 Effet de l'irrigation d'appoint sur le nombre d'épis par m<sup>2</sup> (NE/m<sup>2</sup>)

Le nombre d'épis par m<sup>2</sup> montre une différence significative ( $P < 0,05$ ), un gain de 14,53, 36,62%, 47,67%, 72,09%, et 127,9% a été observé par rapport à la culture menée en sec (T<sub>0</sub>), respectivement, pour les traitements T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub>, et T<sub>5</sub> (tableau 3 et figure 1B). Dans les parcelles stressées, les nombres d'épis les plus élevés ont été rencontrés chez les traitements T<sub>4</sub> et T<sub>3</sub> avec respectivement 296 épis/m<sup>2</sup> et 254 épis/m<sup>2</sup>.

Statistiquement, les traitements T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, et T<sub>4</sub> font partie d'un même sous ensemble. On peut supposer qu'un premier apport d'eau au stade tallage, permet l'amélioration et la stabilisation de cette composante du rendement en grain.

### 3.1.3 Effet de l'irrigation d'appoint sur le nombre de grains par m<sup>2</sup> (NG/m<sup>2</sup>)

Cette composante connaît un effet positif du régime hydrique très hautement significatif ( $p < 0,001$ ) une augmentation de 47,97, 121,73%, 119,84%, 188,75%, et 303,47%, a été enregistrée respectivement pour les traitements T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> et T<sub>5</sub>.

### 3.1.4 Effet de l'irrigation d'appoint sur le poids de grains par épi (PG/E)

L'irrigation d'appoint montre un effet très hautement significatif ( $p < 0,001$ ) sur le poids de grains par épi (figure 1D), elle a provoqué une augmentation par rapport au témoin non irrigué de l'ordre de 7,01%, 31,57%, 42,10%, 92,98% et 79,82%, respectivement, pour les traitements T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> et T<sub>5</sub>.

Le traitement T<sub>4</sub> présente le PG/E le plus élevé avec 2,2 g,

Le poids de grains par épi est sous l'influence directe des conditions de transfert et d'accumulation des assimilats dans les grains, condition liée, entre autres à l'abondance de la végétation et à l'activité photosynthétique de la première feuille [13].

### 3.1.5 Effet de l'irrigation d'appoint sur le poids de 1000 grains (PMG)

Le poids de 1000 grains est significativement influencé par les différents traitements, qui ont donné des poids oscillant entre 25g et 37g, ce qui est en accord avec le travail de [13].

La supériorité du PMG de T<sub>4</sub> (37g/1000) par rapport au témoin irrigué T<sub>5</sub> (33g/1000) est due au fait que le nombre

de grains obtenu chez le traitement T<sub>5</sub> est beaucoup plus élevé par rapport à celui du traitement T<sub>4</sub>, laissant penser ainsi à une concurrence entre les grains vis-à-vis des assimilats et ceci pourrait être expliqué aussi par le fait que l'irrigation continue a fortement stimulé le nombre de grains produits par unité de surface, ce qui a induit par compensation une réduction corrélative du poids d'un grain. Ces résultats sont en accord avec ceux de [14] qui ont mentionné que l'augmentation du nombre de grains par m<sup>2</sup> induit la réduction du poids de 1000 grains.

### 3.1.6 Effet de l'irrigation d'appoint sur le rendement en grains (RG)

L'analyse statistique a révélé l'existence d'un effet très hautement significatif ( $p < 0,001$ ) du régime hydrique sur le RG

L'amélioration du rendement de la culture de blé tendre a été de l'ordre de 15,82%, 71,32%, 125,26% et 229,54%, respectivement, pour les conditions d'irrigations T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> et T<sub>4</sub> par rapport à condition témoin T<sub>0</sub>. Ainsi, le rendement en grains est passé de 11,44qx/ha chez la culture menée en sec (T<sub>0</sub>) à 46,63qx/ha chez le traitement témoin irrigué (T<sub>5</sub>), soit une augmentation de 308% (figure 1 F).

Ces résultats confirment ceux obtenus par [13, 15].

La série d'essais conduite au champ a montré le rôle prépondérant de l'irrigation dans l'amélioration et la stabilisation du rendement en grain.

### 3.1.7 Corrélation entre le rendement grain et ses composantes

Pour dégager la part de chaque composante dans la variation du rendement, nous avons établi des régressions linéaires entre le rendement et chacune de ses composantes (figure 2).

De fortes corrélations ont été décelées pour les paramètres : nombre de grains par épi, nombre d'épis par m<sup>2</sup> et nombre de grains par m<sup>2</sup>, avec des coefficients de corrélation compris entre 0,8 et 0,93 (figure 2A, 2B, 2C). Il ressort de ces résultats que c'est le peuplement en épis qui est la composante principale à maîtriser en cas de stress hydrique. Un coefficient de corrélation de moindre importance ( $r = 0,69$ ) a été mis en évidence entre le rendement et le poids de 1000 grains (figure 2D), montrant ainsi que tout stress hydrique de fin de cycle risque d'accentuer le phénomène d'échaudage. Des corrélations similaires ont été rapportées par [9, 13].

### 3.2. Efficacité d'utilisation de l'eau pour la production de grains de blé tendre

L'irrigation d'appoint est considérée comme une technique qui améliore l'efficacité d'utilisation de l'eau. En effet, les résultats obtenus ont montré que les traitements T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> et T<sub>4</sub> engendrent, respectivement, une

augmentation de 3,54%, 32,05%, 46,97% et 86,26% par rapport à la culture menée en sec (Tableau 4). L'apport de 130 mm d'eau réparti sur les stades tallage, montaison, floraison et remplissage a donc abouti à la plus grande augmentation de l'efficience d'utilisation de l'eau avec une valeur maximale de 12,61 Kg/mm/ha. Ces résultats rejoignent ceux de [13, 22] qui rapportent des valeurs d'utilisation de l'eau variant entre les limites de 5 et 14,57 kg/mm/ha. De même [23] a trouvé des valeurs de

l'efficience d'utilisation de l'eau variant de 3,92 à 15,99 kg/mm/ha, quand l'utilisation des eaux de pluie et les apports d'irrigation sont rationnels.

L'alimentation hydrique de la culture, sous les conditions d'appoint de la présente expérimentation, conduit donc à une meilleure utilisation de l'eau (gain EUE de 86%) et une meilleure production en grains (gain de rendement de 230%).

Tableau 4

Effet de l'irrigation d'appoint sur l'efficience d'utilisation de l'eau (EUE) et le rendement-grains (RG) du blé tendre

Traitements	EUE (kg/mm/ha)	RG (Kg/ha)
T <sub>0</sub> : Contrôle sans irrigation (169 mm de pluie)	6,77	1144
T <sub>1</sub> : Une seule irrigation au stade tallage (169 mm de pluie + 20 mm d'eau)	7,01	1325
T <sub>2</sub> : Deux irrigations une au stade tallage et autre au stade montaison (169 mm de pluie + 20 mm + 30 mm d'eau)	8,94	1958
T <sub>3</sub> : Trois irrigations une au stade tallage, une au stade montaison, une au stade montaison et une au stade floraison (169 mm de pluie + 20 mm + 30mm + 40 mm d'eau)	9,95	2576
T <sub>4</sub> : Quatre irrigations une au stade tallage, une au stade montaison, une au stade floraison et une au stade remplissage (169 mm de pluie + 20 mm + 30 mm + 40 mm + 40 mm d'eau)	12,61	3769
T <sub>5</sub> : Témoin avec une irrigation régulière selon les besoins de la culture (169mm + 221mm)	11,95	4663

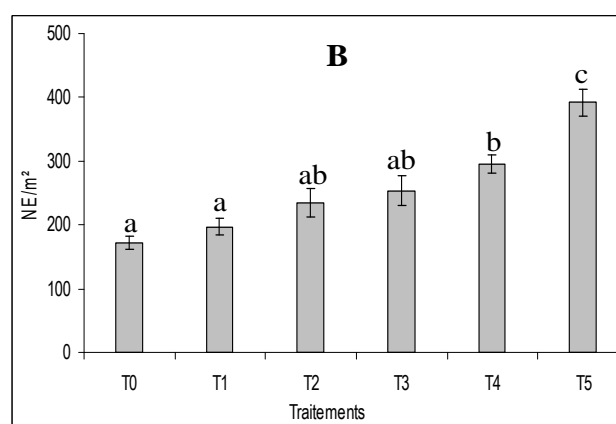
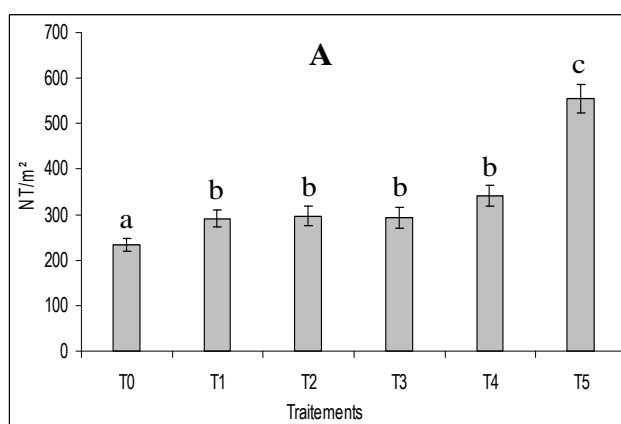
#### 4. Conclusion

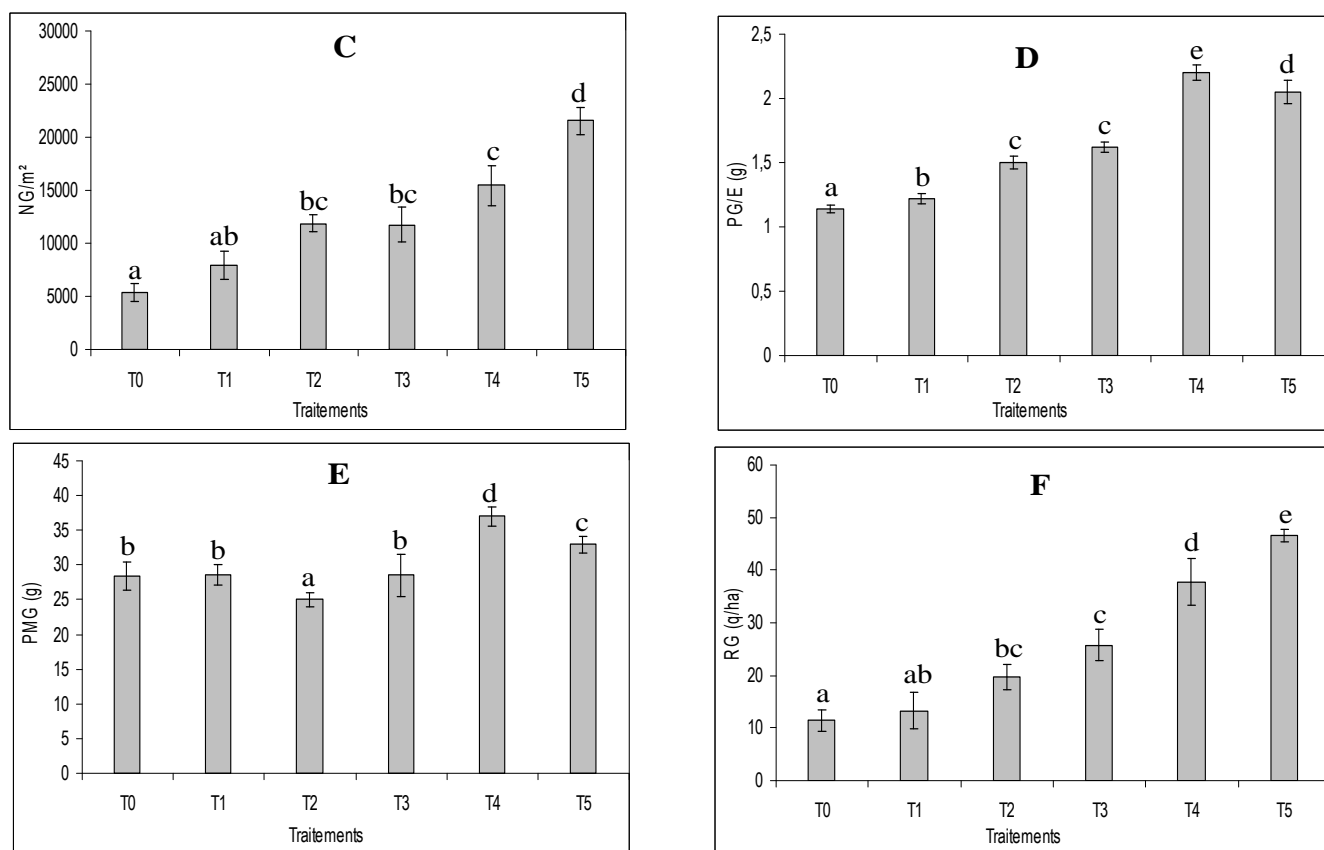
Compte tenu des résultats obtenus dans cette étude, il ressort que la contribution de l'irrigation d'appoint dans l'amélioration des rendements est incontestable.

L'irrigation d'appoint a significativement amélioré le rendement en grains quelque soit le stade d'appoint d'eau. En effet, l'augmentation du rendement par rapport au traitement sans irrigation est de 15,28%, 71,32%, 125,26%, 229,54% et 307,60% respectivement pour les traitements T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> et T<sub>5</sub>.

Parmi les composantes du rendement analysées, le nombre d'épis/m<sup>2</sup>, le nombre de grains/m<sup>2</sup>, le poids de mille grains sont les paramètres les plus déterminants du rendement en grains.

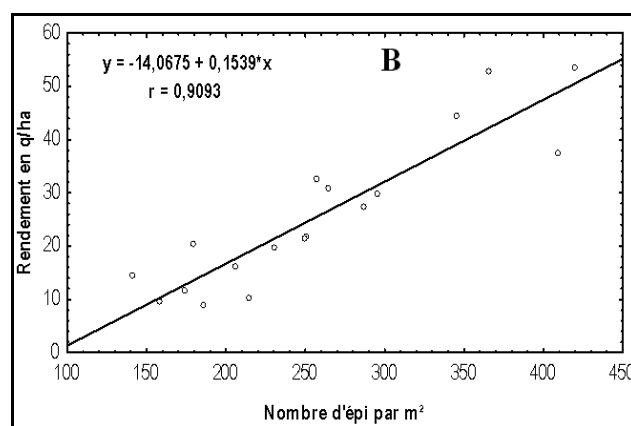
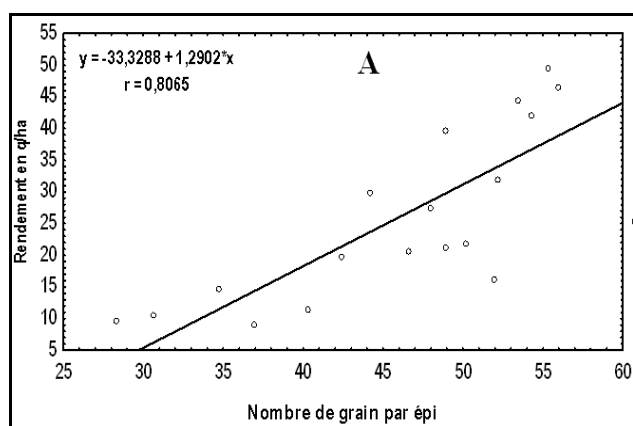
Les résultats de cette étude montrent que l'irrigation d'appoint est efficace quant à l'amélioration et à la stabilisation des rendements, dans les zones arides et semi-arides où l'eau est un facteur limitant la production. Cette irrigation engendre certes des dépenses supplémentaires et sa rentabilité dépend de la balance entre le gain de rendement et les dépenses occasionnées pour l'obtenir. Une étude économique sur les différents systèmes d'irrigation s'impose donc pour justifier davantage cette technique.





**Fig 1.** Effet des différents régimes hydriques sur les différentes composantes du rendement

**A :** Nombre de talles par m<sup>2</sup> (NT/m<sup>2</sup>) ; **B :** Nombre d'épis par m<sup>2</sup> (NE/m<sup>2</sup>) ; **C :** Nombre de grains par m<sup>2</sup> (NG/m<sup>2</sup>) ; **D :** Poids de grains par épi (PG/E) ; **E :** Poids de 1000 grains (PMG) ; **F :** Rendement en grains (RG).



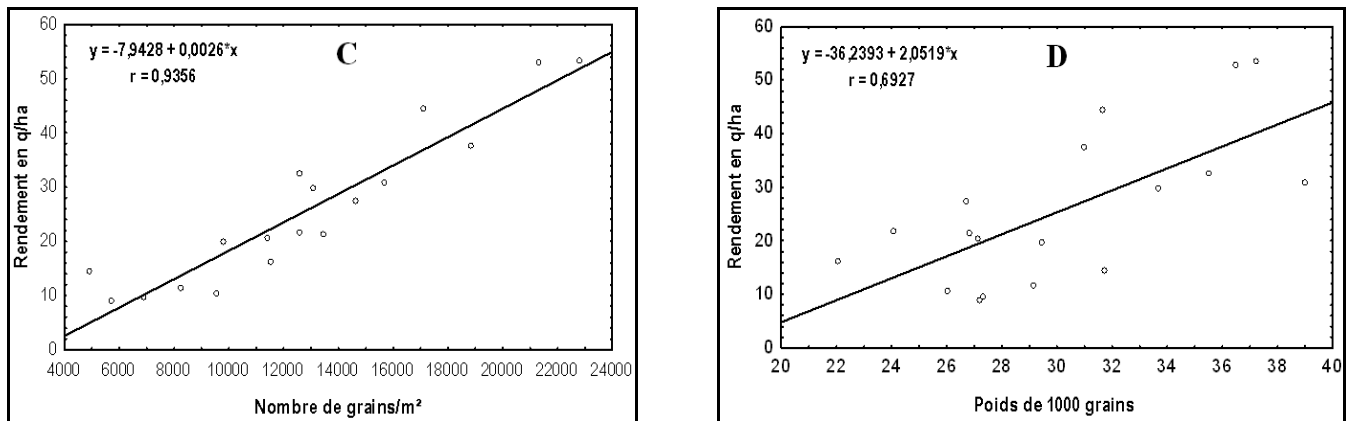


Fig 2. Corrélation entre le rendement en grain et ses composantes

A : Nombre de grains par épi ; B : Nombre d'épis par m<sup>2</sup> ; C : Nombre de grains par m<sup>2</sup> ; D : Poids de 1000 grains.

## References

- [1] E. Bartali, "Recherche-développement pour l'amélioration des systèmes de stockage au Maroc". Journée d'étude sur le stockage, DPV-IAV Hassan II, Rabat (1994).
- [2] N. Chamoun, Les effets de l'Irrigation Complémentaire sur la Productivité du Blé Tendre dans la Békaa Nord. INRA France, DEA (1999).
- [3] A. Arar, The role of supplementary irrigation in increasing productivity in the Near East Region. In: Internationale conference on "supplementary irrigation and drought water management" volume 1, C.I.H.E.A.M.: (1992) 2.6 -2.7.
- [4] N. Ben Benchchlia, Utilisation de l'eau sous conditions d'irrigation d'appoint. In: Internationale conference on "supplementary irrigation and drought water management" volume 1, C.I.H.E.A.M.: (1992) 16.1-7.
- [5] A. Caliendo, F. Boari, The role of supplementary irrigation in increasing productivity in the Near East Region. In: Internationale conference on "supplementary irrigation and drought water management" volume 1, C.I.H.E.A.M.: (1992) 1.3.
- [6] B.A. Filali, Irrigation de complément des céréales : une méthode d'analyse. Cas de la région de Meknes, Maroc. MEDIT (1991) 24.
- [7] Rodrigues, P.N and Pereira, L.S. (1999). KCISA : A. program to compute the time averaged crop coefficients. Application to field grown vegetable crop. Third International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops. 28 June- 2 July, Estoril-Portugal.
- [8] A. Bouaziz. et M. Elmourid. Validation des acquis de la recherche sur blé en irrigué. Projet PSDA, ORMA des Doukkala. El Jadida, Maroc (1999).
- [9] O. Lahlou, Irrigation d'appoint et efficacité d'utilisation de l'eau en zone semi-aride. Cas du blé. Mémoire de 3<sup>ème</sup> cycle, Agronomie. (1989) IAV Hassan II. Rabat.
- [10] A. Handoufe, Réponses à l'eau et à l'azote d'un blé tendre (*Triticum aestivum* L) sous un climat semi-aride. Thèse de docteur ingénieur, Université Paul Sabatier. Toulouse, France (1988).
- [11] N.T. Singh, R. Singh, P.S. Mahajan, A.C. Vig, Influence of Supplemental Irrigation and pre-sowing water storage on wheat. Agron. (1979) 71:483-486.
- [12] A. Chaouch, Critères d'évaluation du déficit hydrique et conduite de l'irrigation du blé tendre au Tadla. Mémoire de 3<sup>ème</sup> cycle, agronomie, (1990) IAV Hassan II, Rabat.
- [13] M. Boutfirass, Irrigation d'appoint et efficacité d'utilisation de l'eau en zone semi-aride. Cas du blé tendre. Thèse 3<sup>ème</sup> cycle, (1990) I.A.V Hassan II. Rabat.
- [14] F. Bahlouli, H. Bouzerzour, A. Benmahammed, Selection of stable and high yielding cultivar of durum wheat under semi-arid conditions. Pakistan Journal of Agronomy (2005) 4:360-36.
- [15] O. Lahlou, Gestion de la ressource en eau et effet du régime hydrique sur l'agro-physiologie du blé et de la pomme de terre. Thèse de doctorat es-science agronomie. (2005) IAV. Hassan II. Rabat.