

OPTIMISATION DE L'IRRIGATION D'APPOINT APPOREE A DIFFERENTES PHASES PHENOLOGIQUES D'UNE CULTURE DE BLE DUR (*Triticum durum*)

Reçu le 26-11-2005 – Accepté le 31-01-2007

Résumé

Afin de quantifier les effets bénéfiques de l'irrigation d'appoint apportée à différentes phases phénologiques sur les composantes du rendement du blé dur (*Triticum durum*) variété Vitron conduit en conditions de restrictions hydriques, nous avons réalisé deux essais en plein champ. Dans le premier, nous avons conduit deux traitements hydriques représentant deux témoins adjacents conduits en conditions hydriques extrêmes. Le premier traitement conduit en évapotranspiration maximale (ETM) durant tout le cycle végétatif, et le second conduit en régime pluvial (PL). Dans le deuxième essai, nous avons conduit quatre traitements avec restriction hydrique, dans lesquels nous avons simulé des précipitations par des apports d'eau sous forme d'irrigations d'appoint afin de ramener le sol à sa capacité de rétention au début de chacune des quatre phases phénologiques de la période de reproduction correspondant aux phases montaison, épiaison, floraison et grossissement du grain. Les résultats obtenus montrent que les composantes du rendement exprimées en nombre, telles que le nombre de graines par épi (NGr/E) se décident au début de la période de reproduction, alors que les composantes exprimées en poids, (le poids de mille grains PMG et le poids des graines par épi PGr/E) se décident à la fin de la période de reproduction. Les composantes du rendement exprimées par une élévation et une accumulation de biomasse telles que la longueur de la tige (LT), la longueur de l'épi (LE) et la biomasse (MST) se décident plutôt avant la période de reproduction. La matière sèche totale (biomasse) est le principal précurseur de toutes les composantes du rendement exprimées en nombre, en poids ou en longueur, particulièrement le NGr/E, le PMG et la longueur de l'épi (LE). Parmi les composantes du rendement étudiées, La plus grande différence de production relative (Pr) par rapport à l'ETM est enregistrée chez les composantes PGr/E et PMG pour le traitement 1 de l'essai 2 et pour le traitement 2 de l'essai 1.

Mots clés : Irrigation d'appoint, phases phénologiques, composantes du rendement, production relative, ETM, ETR, *Triticum durum*, variété Vitron.

Abstract

Optimization of the supplementary irrigation brought to various phenologic phases of durum wheat (*Triticum durum*). In order to quantify the effect of the supplementary irrigation brought to various phenologic phases on the yield components of the durum wheat (*Triticum durum*) Vitron variety cultivated with water deficit, we carried out two experiments in field. The first experimentation comprises two extreme hydrous treatments. First treatment led in maximum evapotranspiration (MET) during all the vegetative cycle, and the second led in rain mode (PL). In the second experiment, we led four treatments with hydrous restriction (treatments led in (RET), in which we simulated a rain by supplementary irrigations in order to obtain the field capacity soil moisture at the beginning of each four phenologic phases of reproduction period. The results obtained show that the components expressed as a number like a number of seeds per ear (NGr/E) are formed at the beginning of reproduction period, whereas components expressed in weight, particularly the weight of thousand grains (PMG) and the weight of seeds by ear (PGr/E) are formed at the end of reproduction period. The components expressed by elongation and accumulation of biomass such as the length of stem (LT), the length of ear (LE) and total biomass (MST) are decided rather before the reproduction period. The total dry matter is the principal precursor of all the components expressed in number, weight or length, particularly NGr/E, the PMG and the length of the ear (LE). Among the components studied, the greatest difference of the relative production (Pr) compared to the ETM was recorded at components PGr/E and PMG for treatment 1 of experiment 2 and for treatment 2 of experiment 1.

Keywords: Supplementary irrigation, phenologic phases, yield components, relative production, MET, RET, *Triticum durum*, Vitron variety.

ملخص

مدى تأثير مراحل الري التكميلي على مكونات المردودية للقمح الصلب (*Triticum durum*) : قصد تقييم مدى أهمية الري التكميلي على مكونات المردودية للقمح الصلب (*Triticum durum*) صنف Vitron، قمنا بتجربتين ميدانيتين. التجربة الأولى تمثل شاهدين من حيث مستوى تغطية حاجيات القمح من المياه : الشاهد الأول مسقي بصفة دائمة حسب متطلبات النتح التبخري الأعظمي (ETM) والشاهد الثاني مطري، بدون ري (PL). التجربة الثانية تتشكل من أربعة نظم الري تتمثل في تقليد هطول مطري عن طريق الري التكميلي في بداية المراحل المختلفة لفترة التكاثر المعروفة باسم : مرحلة الصعود والتسبيل والتزهير وتعمير الحب. تبين النتائج المحصل عليها بأن المكونات العددية (عدد حبات القمح في السنبل الواحدة، على سبيل المثال) تحدد في بداية مرحلة التكاثر (مراحل الصعود والتسبيل)، بينما المكونات التي تصنف بثقلها (وزن ألف حبة و وزن حبات السنبل)، فإنها تحدد في نهاية مرحلة التكاثر (مراحل التزهير وتعمير الحب). أما بالنسبة لمكونات النمو و إنتاج المادة العضوية (طول النبتة و طول السنبل) فإنها تحدد قبل مرحلة التكاثر. كما تؤكد النتائج المحصل عليها على أهمية تخزين المادة العضوية في المراحل الأولى لنمو القمح لتساهم بصفة فعالة في عملية تكوين مكونات المردودية، خاصة فيما يتعلق بعدد الحبات وثقلها وكذا إنتاج النبتة. من بين المكونات المدروسة، فإن أعلى فرق في الإنتاج النسبي مقارنة بالشاهد المسقي بصفة دائمة (ETM)، سجل عند نقل حبات السنبل و وزن ألف حبة عندما يكون الري التكميلي في مرحلة الصعود في التجربة الثانية و في الشاهد المطري (PL) في التجربة الأولى.

الكلمات المفتاحية : الري التكميلي، مراحل النمو، مكونات المردودية، الإنتاج النسبي، النتح التبخري الأعظمي (ETM)، النتح التبخري الحقيقي (ETR)، صنف Vitron.

B. MOUHOUCHE
A. BOURAHLA

Institut National
Agronomique (INA)
El-Harrach, 16200,
Alger. ALGERIE

En Algérie, la pratique de la culture pluviale quoi qu'elle corresponde à une pluviométrie supérieure à 450 mm/an ne représentent que 4.8 millions d'ha, dont presque la moitié, soit 2 millions d'ha sont annuellement non travaillés, en raison du manque de pluie et surtout de sa mauvaise répartition dans l'espace et dans le temps (Smadhi et mouhouche, 2002 ; Hammiche, 1993). Ainsi, malgré l'importance du blé dans le régime alimentaire, et bien que la production céréalière (toutes espèces confondues) ne couvre que 30% en moyenne des besoins du pays (Mouhouche et Khiati, 1999 ; Anonyme, 2003), selon ITGC (1998), durant la période de 1980-96 la céréaliculture n'a connu qu'une très faible amélioration de 6.21%.

Mis à part la zone de l'extrême Nord-est de l'Algérie, durant leur cycle végétatif, toutes les cultures pluviales sont soumises à des déficits de consommation en eau, parfois très importants, provoquant ainsi des stress d'intensité, de durée et/ou de fréquence variable ne permettant pas l'obtention de rendements compétitifs.

En année sèche, des surfaces considérables sont déclarées non productives, à cause du stress hydrique terminal qui représente le principal facteur de limitation des niveaux du rendement des cultures céréalières non irriguées (ITGC, 1997).

Etant plus que convaincu que l'Algérie sera toujours confrontée au problème de manque d'eau, particulièrement pour le secteur de l'agriculture qui consomme 60 à 70% des potentialités hydrique du pays en année pluviométrique normale et beaucoup moins en année sèche à cause de la priorité donnée aux autres secteurs utilisateurs (Mouhouche, 2003). Il s'agira donc d'utiliser rationnellement le peu de ressources hydriques destinées à l'agriculture en améliorant son efficacité d'utilisation par des appoints d'eau de volume réduit durant les phases phénologiques les plus sensibles au déficit hydrique (Perrier et Salkini, 1987) et qui valorisent le mieux l'eau d'irrigation (Smadhi et mouhouche, 2002 ; ITGC, 1997). Malheureusement, bien que toutes les expérimentations à travers le monde et en Algérie confirment l'intérêt des irrigations d'appoint pour l'amélioration et la stabilisation des rendements des céréales, ainsi que pour la valorisation de l'eau d'irrigation en condition de déficit pluviométrique (Bouthier et al., 2004 ; Benseddik, 1998 ; Mouhouche et Boulassel, 1997), il n'en reste pas moins que cette pratique reste difficilement acceptable par la plupart des agriculteurs et elle représente une vraie nouveauté dans le déroulement de l'itinéraire technique des céréales. C'est dans ce cadre que s'inscrivent nos deux essais qui ont pour but :

- de quantifier les potentialités de production du blé dur conduit sous deux régimes hydriques extrêmes (ETM et Pluvial) pour le premier essai,
- de quantifier les effets bénéfiques d'un appoint d'eau apporté à différentes phases phénologiques de la période de reproduction du blé dur pour le deuxième essai,
- de comparer la production relative des quatre phases d'irrigation du deuxième essai par rapport aux deux témoins du premier essai.

Les résultats des deux essais contribueront à confirmer et à sensibiliser les agriculteurs et les décideurs à tous les niveaux de l'intérêt des irrigations d'appoint apportées à des phases phénologiques bien ciblées sur les principales composantes du rendement d'une culture de blé dur, ainsi qu'à l'amélioration de la productivité de l'eau d'appoint.

MATERIEL ET METHODES

Nos expérimentations ont été réalisées dans la station expérimentale de l'Institut National Agronomique d'Alger durant l'année agricole 2002-2003 dans une parcelle de 2500 m² ayant les caractéristiques suivantes :

- le sol est du type argileux à argilo sableux, avec une densité apparente de 1,4 et une pente longitudinale moyenne homogène de 3 à 5%,

- Capacité de rétention en eau pondérale : 27% pour une réserve utile unitaire de 13%.

Dispositif expérimental

Afin d'éviter les effets de la pente de la parcelle d'essai, le dispositif expérimental adopté est du type bloc aléatoire pour les deux essais avec :

- pour le premier essai relatif aux régimes hydriques extrêmes, deux traitements ou régimes hydriques correspondants à T1 : régime sans restriction hydrique ou (ETM) et T2 : régime sans irrigation ou pluvial (PL), avec quatre répétitions et 100 observations par répétition, soit 400 observations par traitement et 800 observations pour le premier essai,

- pour le deuxième essai, quatre traitements hydriques correspondant aux phases d'apport de l'irrigation d'appoint (T1, T2, T3 et T4, représentant respectivement une irrigation à la phase montaison, épiaison, floraison et grossissement du grain. Chaque traitement est répété quatre fois sur la base de 100 observations par répétition, soit 400 observations par traitement et un total de 1600 observations pour le deuxième essai.

En résumé, l'originalité de notre travail réside dans le fait que nos observations ont été réalisées au niveau de chaque tige et de son épi afin d'éviter les risques d'erreurs systématiques provoqués par l'effet moyen induit par la variabilité du nombre de tiges par plante et du nombre de plantes par mètre carré. De plus, le nombre élevé d'observations (2400 pour les deux essais) a permis d'avoir une plus grande précision des résultats.

Détermination de l'appoint d'eau

Afin de déterminer le taux de tarissement en eau du sol qui permet de fixer la quantité d'eau d'irrigation d'appoint à apporter au début de chacune des quatre phases phénologiques de la période de reproduction (T1, T2, T3 et T4), un bilan hydrique est réalisé à l'aide d'une tarière agronomique jusqu'à une profondeur de sol de 80 cm. Le déficit hydrique par rapport à la capacité de rétention est ramené en une ou deux irrigations afin de remettre le sol à la capacité de rétention au début de chacune des quatre phases phénologiques et de permettre ainsi aux composantes du rendement qui s'élaborent durant chacune des phases de se développer dans de bonnes conditions hydriques.

En dehors de la période d'irrigation d'appoint et à l'exception du traitement ETM, tous les traitements sont conduits en régime pluvial (sans irrigation).

Matériel végétal

En raison de l'importance des surfaces emblavées en céréales d'hiver, et en blé dur en particulier, nous avons choisi comme plante test pour nos essais la variété Vitron qui représente l'une des variétés de blé dur les plus utilisées actuellement.

Variables étudiées

Le but de l'irrigation d'appoint étant d'améliorer relativement la production moyennant l'utilisation de quantités réduites d'eau par un meilleur ciblage de la phase phénologique qui valorise le mieux le m³ d'eau d'irrigation, nous avons étudié les variables qui dépendent du facteur eau :

- la ou les phases phénologiques les plus sensibles à l'appoint d'eau, donc celles qui ont une meilleure réponse à l'eau. Dans ce cas, les deux témoins adjacents ont été exclus de l'analyse puisqu'elles ne correspondent pas à des phases phénologiques, mais à des régimes hydriques extrêmes et ne peuvent être considérés que comme références,

- les composantes du rendement qui ont une production relative élevée par rapport au témoin ETM. C'est donc les composantes qui ont une meilleure réponse à l'eau d'irrigation,

- La ou les composantes du rendement qui influe le plus sur l'élaboration du rendement qu'il faudra préserver d'un éventuel stress hydrique permanent ou temporaire.

Analyses statistiques

Nos analyses statistiques se basent essentiellement sur les résultats d'analyse de la variance à un critère de classification pour toutes les variables étudiées à l'aide du logiciel STATISTICA version : 6.0.

RESULTATS ET INTERPRETATION

Les recherches menées en conditions de restriction hydriques sur la réponse de la culture du blé à un appoint d'eau naturel ou artificiel montrent une amélioration au niveau de la plupart des composantes du rendement (Benseddik, 1998), à l'exception de celles qui sont sensibles au phénomène de compensation ou d'interaction qui affecte particulièrement le PMG pour un nombre de grains élevé par épi et/ou l'IR pour une production de biomasse (MST) élevée.

Cette amélioration dépend des caractéristiques propres à l'espèce et à la variété, de la quantité d'eau apportée, de la durée et la fréquence de l'appoint. De plus, la phase phénologique à laquelle l'appoint a été réalisé revêt une grande importance selon la nature de la récolte attendue (graines et/ou paille).

En effet, après la période de développement végétatif destinée à l'élaboration de la biomasse qui sert de réserve à la réalisation de la période de reproduction (ITGC, 1997), l'élaboration des composantes du rendement se réalise en plusieurs étapes. Durant la première étape, il s'agit d'assurer un taux de nouaison élevé qui permet d'assurer la composante NGr/E élevé. Par la suite, il s'agira, d'une part de maintenir ce nombre de grains élevé en évitant au maximum le phénomène d'avortement des graines mises en place. D'autre part, il s'agira de bien remplir ces graines en leur assurant un bon transfert des assimilats des organes végétatifs aux graines, ce qui permet d'avoir un PMG élevé. Pacucci et Troccoli (1999) constatent qu'un bon rendement en grain dépend du nombre de grains et du PMG.

Puisque tous ces phénomènes nécessitent un minimum d'eau pour qu'ils se réalisent dans de bonnes conditions, cela veut dire que toutes les phases de la période de reproduction sont relativement sensibles à un manque d'eau mais à des degrés différents. Il faudra donc faire en sorte qu'il n'y ait pas de déficit hydrique important durant toutes les phases de la période de reproduction si l'eau ne constitue pas un facteur limitant.

Dans le cas contraire, il est clair que le peu d'eau qui peut être mise à la disposition de la culture comme irrigation d'appoint doit impérativement être apportée durant la phase phénologique qui élabore la composante du rendement qui influe le plus sur la production finale qui est le poids des graines (PGr) et/ou le poids de matière sèche totale (MST) qui se déterminent selon les relations suivantes :

$$MST = Pp + PGr/E \dots (1)$$

MST : poids de matière sèche totale,

Pp : Poids de la paille de la tige,

PGr/E : poids des graines par épi

$$PGr/E = NGr/E * (PMG/1000) \dots (2)$$

NGr/E : nombre de graines par épi,

PMG/1000 : poids moyen d'une graine

Comme nous l'avons signalé, une grande partie de la production de biomasse qui constitue l'essentiel du MST s'élabore avant la période de reproduction qui concerne l'essentiel de nos deux expérimentations qui visent à étudier l'effet de l'irrigation d'appoint apportée à différentes phases phénologiques de la période de reproduction sur les composantes du rendement du blé. Néanmoins, la fonction de développement et de croissance continue à se réaliser durant la première partie de la période de reproduction, mais avec une moindre intensité comme le montre la figure 1.

Effet de l'irrigation d'appoint sur la croissance et le développement (Pp)

La figure 1 montre que la croissance de la biomasse continue à se développer durant la période de reproduction. Néanmoins, les effets bénéfiques de l'irrigation d'appoint ne sont apparents que pour des apports d'eau ne dépassant pas la phase épiaison pour la composante longueur de la tige (LT) et la phase montaison pour la composante longueur de l'épi (LE). Les résultats obtenus par Benseddik (1998) montrent que l'amélioration en grain ne s'accompagne pas toujours d'une amélioration de biomasse, ce qui est quelque peu différent de nos résultats.

Le tableau I montre aussi que les meilleures irrigations pour la fonction de croissance et de développement sont celles qui coïncident avec la période de développement végétatif. En effet, les traitements du premier essai qui ont reçu une seule irrigation ont une production relative de poids de la tige qui a varié de 77 à 79% par rapport au témoin l'ETM seulement.

Cela veut dire que la différence (21 à 23%) a été élaborée avant la période de reproduction.

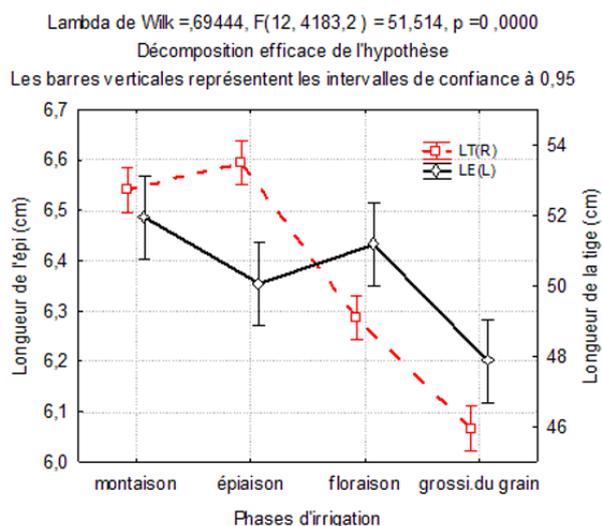


Fig. 1. Effet de la phase d'irrigation sur la croissance et le développement

Effet de l'irrigation d'appoint sur le poids des graines par épi (PGr/E)

Nous voyons, selon la relation (2) que les composantes les plus importantes pour le poids des graines sont représentées par le nombre de graines par épi (NGr/E) et le poids de mille grains (PMG) (Pacucci et Troccoli, 1999), avec respectivement une production relative de 63 et 68% par rapport au témoin ETM (tableau II).

Malheureusement en cas de restriction hydrique (irrigation d'appoint unique) ces deux composantes ne peuvent jamais bénéficier au maximum de l'apport d'eau car elles ne s'élaborent pas durant la même phase phénologique, comme le montre la figure 2.

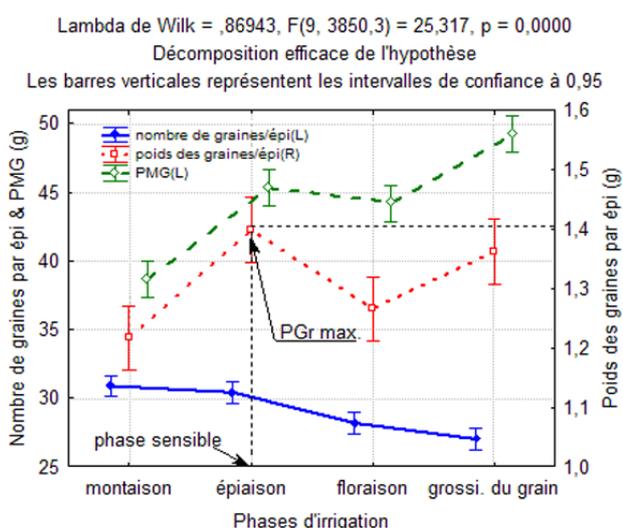


Fig. 2. effets de la phase d'irrigation sur la production de graines & le PMG

En effet, un apport d'eau au début de la période de reproduction (montaison) améliore le taux de nouaison, donc le NGr/E qui avoisine 31 graines par épi, alors que cet apport n'a pratiquement aucun effet sur la composante PMG qui est à son niveau minimum de 39 g.

La même figure montre que le même apport à la fin de la période de reproduction (grossissement du grain) améliore beaucoup plus la composante PMG qui atteint 49 g, alors que la composante NGr/E reste à son niveau minimum de 27 graines par épi (tableau 1). Nos résultats concordent avec ceux obtenus par Bourahla dans les mêmes conditions en 2002.

Tableau 1: Influence du régime hydrique sur la production physique des composantes du rendement

Régimes hydriques	Longueur de			Poids de		nombre de grains par épi	Indice de récolte	
	l'épi	la tige	la tige	grains/épi	PMG			
Essai 1	Essai 2							
	ETM	6,54	57,68	3,98	1,90	55,94	34,07	0,32
montaison		6,48	59,20	3,13	1,21	38,63	30,88	0,27
épiaison		6,35	59,85	3,23	1,39	45,29	30,42	0,29
floraison		6,43	55,53	3,15	1,26	44,19	28,18	0,27
grossissement		6,20	52,15	3,09	1,36	49,25	27,01	0,29
	Pluvia 1	6,31	53,15	2,65	1,00	34,46	27,98	0,26

La comparaison de la sensibilité des quatre phases phénologiques de la période de reproduction montre que le PGr/E augmente lorsque les apports d'eau sont tardifs (Tahmasebi et al., 2004), puisqu'il passe de 1,21 pour une irrigation à la phase montaison à 1,36 g par épi pour un apport d'eau à la phase grossissement du grain. Néanmoins, la meilleure combinaison des deux composantes qui donne un meilleur PGr/E serait une irrigation juste après le début de la période de reproduction (phase épiaison) qui permet d'obtenir un PGr/E de 1,39 g. C'est donc, la phase épiaison qui valorise au maximum l'irrigation d'appoint en cas d'irrigation unique.

En cas de plusieurs apports d'eau, la deuxième irrigation doit correspondre à la phase grossissement du grain (Pacucci and Troccoli, 1999), qui bien qu'elle n'améliore pas le NGr/E, elle améliore de beaucoup le PMG, ce qui se répercute par une amélioration du PGr/E (figure 2).

A titre de comparaison les traitements hydriques extrêmes de l'essai 1 ont produit 1,90 et seulement 1,00 g par épi, respectivement pour le traitement sans restriction hydrique (ETM) et le traitement sans irrigation (pluvial), soit une production de 52% par rapport à l'ETM. (Tableau 1).

Effets de la biomasse sur les composantes du rendement

Nous avons montré ci-dessus l'importance de la phase d'apport de l'eau d'irrigation sur les principales composantes du rendement qui conditionnent l'élaboration du PGr/E, en l'occurrence le NGr/E et le PMG.

La figure 3 montre aussi que l'élaboration du rendement ne dépend pas seulement de la phase d'apport d'eau durant la période de reproduction, mais aussi et surtout de la biomasse élaborée généralement avant la période de reproduction qui constitue le seul réservoir d'assimilats qui

seront transférés durant la période de reproduction (Benseddik, 1998).

La même figure confirme cette hypothèse que la composante PGr/E est plus influencée par la biomasse que par le régime hydrique, puisque la production varie de 0,7 à 2,4 g par épi pour une MST qui varie de 1 à 5 g par tige, soit une augmentation du PGr/E d'environ 345%. Cette augmentation est le résultat du fait que la biomasse agit positivement simultanément sur les deux composantes NGr/E qui varie de 19 à 42 graines et PMG de 36 à 56 g (fig. 3), alors que l'effet bénéfique d'un apport d'eau durant la période de reproduction est inversement proportionnel pour ces deux composantes (figure 2).

En pratique, ce phénomène est très important pour la culture du blé puisqu'une production de paille importante implique aussi une production élevée en grains, c'est ce qui est souvent recherché par les agriculteurs éleveurs.

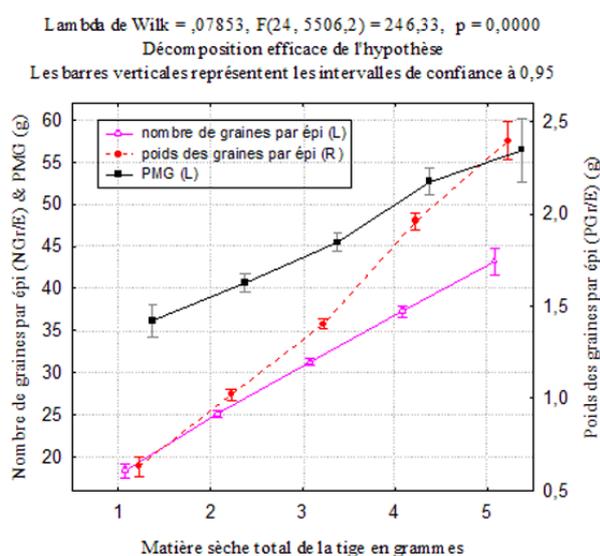


Fig. 3. Effets de la matière sèche de la tige sur les composantes du rendement

Effet de l'irrigation d'appoint sur la production relative

La production relative étant le rapport de la production physique d'un régime hydrique quelconque conduit en évapotranspiration réelle (ETR) par rapport à la production du traitement conduit en conditions hydriques optimales (ETM). Ainsi la valeur obtenue du rapport $Prod_{(ETR)}/Prod_{(ETM)}$ pour une composante de rendement indique son niveau de réponse à un manque ou à un apport d'eau durant une phase phénologique donnée ou durant tout le cycle végétatif pour un régime pluvial.

Pour le deuxième essai, le régime pluvial a enregistré une production relative par rapport à l'ETM très faible pour la majorité des composantes du rendement (Oweis Et Zhang, 1998), à l'exception du NGr/E qui a atteint 82%, soit 3% de plus que la phase grossissement du deuxième essai, ce qui a provoqué un mauvais remplissage des graines, puisque le PMG du pluvial n'a pas dépassé 61% par rapport à l'ETM, alors que celui du traitement grossissement a dépassé 87% (tableau 2).

Les résultats obtenus par le traitement pluvial montre surtout que le manque d'eau agit beaucoup plus négativement sur le PMG que sur le nombre de graines/épi. Comme le PGr/E est plus conditionné par le PMG que par le NGr/E (figure 2), il sera encore plus sensible au manque d'eau, d'où la production relative enregistrée de 52% qui est la plus faible comparée à toutes les composantes du rendement et à tous les régimes hydriques des deux essais.

Tableau 2: Influence du régime hydrique sur la production relative des composantes du rendement exprimées en % par rapport à l'ETM

Régimes hydriques	Poids de			nombre de grains par épi
	La tige	Grains/épi	PMG	
Essai 1	Essai 2			
	ETM	100	100	100
montaison		78	63	68
épiaison		81	73	81
floraison		79	66	79
grossissement		77	71	87
	Pluvial	66	52	61
différence/ETM		19 à 23	27 à 37	13 à 32
différence/pluvial		11 à 15	11 à 21	-3 à 8

Le deuxième essai confirme la grande sensibilité de la composante PGr/E à un apport d'eau mal ciblé. En effet, le PGr/E a enregistré la plus faible production relative de 63% à une irrigation à la phase montaison, ce ci malgré les 90% enregistrés par la composante NGr/E, car durant cette phase le PMG a une très mauvaise réponse à l'eau, puisqu'il n'a pas dépassé 68% de l'ETM. Par contre la meilleure production relative enregistrée par le PGr/E correspond à un apport d'eau à la phase épiaison (73%) qui permet, non seulement un bon début de remplissage du grain (PMG = 81%), mais il maintient un NGr/E relativement élevé (89%).

CONCLUSION

L'analyse des résultats des deux essais montre l'importance de la réponse à l'eau d'une culture de blé dur conduite sous différents régimes hydriques. Le premier essai traite des deux conditions hydriques extrêmes (régime ETM et pluvial) qui sert de témoin pour le deuxième essai, ce dernier ayant pour but de quantifier les effets bénéfiques d'une irrigation d'appoint apportée à différentes phases phénologiques de la période de reproduction sur les principales composantes du rendement. La comparaison des résultats obtenus pour le premier essai confirme la mauvaise performance du traitement pluvial par rapport au traitement ETM pour toutes les composantes du rendement, particulièrement pour le PGr/E qui a enregistré pratiquement 50% de moins que le traitement ETM. Ce ci confirme grandement l'intérêt de l'irrigation d'appoint pour améliorer sensiblement la production. En effet pour le deuxième essai, un appoint d'eau durant chacune des quatre phases phénologiques a eu un effet bénéfique pour toutes les composantes du rendement. Néanmoins, cet effet est plus ou moins important, selon le cas, à cause du décalage de la période d'élaboration de chacune des composantes du rendement qui correspond en réalité à une phase bien précise de la période de reproduction. Ce ci confirme l'intérêt de bien cibler la ou les phases les plus sensibles qui valorisent mieux l'eau d'irrigation. Ainsi les composantes issues de la croissance et du développement (poids de la

paille, la longueur de la tige et de l'épi) sont les moins sensibles à un apport d'eau à cause du fait que leur élaboration s'effectue bien avant la période de reproduction. Ce ci ne veut nullement dire que la biomasse ne dépend pas de l'appoint d'eau, comme le montre la figure 3. Par contre les composantes issues du phénomène de reproduction (NGr/E, PGr/E et PMG) ont enregistré des réponses plus ou moins accentuées selon la phase d'apport d'eau. Un apport d'eau en début de période de reproduction (phase montaison) favorise plus la composante NGr/E, que la composante PMG. Cette dernière étant au contraire plus sensible à un apport d'eau à la fin de la période de reproduction (phase grossissement du grain) qu'au début de celle-ci. La composante PGr/E étant le produit du NGr/E et du PMG, elle sera d'autant plus élevée que ces deux composantes sont relativement élevées. Comme ces deux composantes ont des sensibilités opposées durant la période de reproduction, il s'agira de trouver la phase à laquelle un apport d'eau maintient ces deux composantes relativement élevées. En effet la meilleure phase phénologiques d'irrigation qui permet une production maximale en poids de graines correspond à la phase épiaison. Quant à l'indice de récolte (IR) qui représente le rapport du poids des graines et de la matière sèche totale (PGr/MST) sa variation est à peine perceptible à cause de l'interdépendance qu'il y a entre le PGr et le MST mis en relief par la figure 3 qui montre que l'amélioration du MST entraîne généralement l'amélioration du PGr. Enfin la comparaison de la production relative par rapport aux deux témoins (ETM et pluvial) confirme l'intérêt de l'irrigation d'appoint puisque la production du traitement pluvial a été améliorée pour toutes les composantes du rendement. Cette amélioration par rapport à l'ETM varie d'un minimum de 8% pour le NGr/E irrigué à la montaison à 26% pour le PMG irrigué à la phase grossissement du grain et 21% pour le PGr/E irrigué à l'épiaison.

REFERENCES

- [1]-Anonyme (2003). Analyse des enjeux du développement agricole et du monde rural en Algérie. Groupe de recherche et d'études pour le développement de l'agriculture algérienne (GREDAAL).
- [2]-Benseddik B. (1998). L'efficacité de l'eau en zone semi aride. Une approche simple pour l'optimisation du rendement et une meilleure gestion de l'eau. CIHEAM, Options Méditerranéennes.
- [3]-Bouaziz M. et Belabbes K. (2002). Efficacité productive de l'eau en irrigation au Maroc. *Revue H.T.E.* N° 24 : 57-72.
- [4]-Bourahla A. (2002). Effets des irrigations de complément apportées à différentes phases phénologiques sur les composantes du rendement du blé dur (*Triticum durum*). Mémoire d'ingénieur INA, El-Harrach, 98 p.
- [5]-Bouthier A., Bonnifet J-P. et Briand A. (2004). Irrigation des céréales : une efficacité comparable sur blé tendre, blé dur et orge de printemps. *Perspectives agricoles* N° 300: Avril 2004.
- [6]-Hammiche, (1993). Le marché des céréales et des légumine secs. *L'Economie* N° 2 : 50-57.
- [7]-ITGC (1997). L'irrigation d'appoint des céréales d'hiver. Fiche technique. 14 p.
- [8]-ITGC (1998). Etude sur les perspectives de réhabilitation des légumineuses alimentaires en Algérie. Atelier ITGC, 22 février 1998, El-Harrach, Alger, 12p.
- [9]-Mouhouche B. (2003). Utilisation rationnelle et valorisation de l'eau en agriculture. Journée Mondiale de l'eau. Palais de la Culture Alger, 25 & 26 mars 2003.
- [10]-Mouhouche B. et Boulassel A. (1997). Gestion rationnelle des irrigations de complément des cultures de légumineuses alimentaires et des céréales. *Recherche Agronomique*, 1 : 21-31.
- [11]-Mouhouche B. et Khiati M. (1999). Situation de l'alimentation et de l'agriculture Algérienne. Journée d'études à l'occasion de la journée Arabe de l'agriculture. INA d'El-Harrach, Alger.
- [12]-Mouhouche B., Chennafi H. et Amirouche S. (1994). Irrigation de complément de trois variétés de blé dur. *Revue Mouktatafat* N° 9 : 18-22.
- [13]-Oweis Th. Et Zhang H. (1998). Water-use efficiency: Index for optimising supplemental irrigation of wheat. *Journal of Applied Irrigation Science*. Vol. 33, 15 p.
- [14]-Pacucci G. and Troccoli C. (1999). Supplementary irrigation management on durum wheat in Southern Italy. 2nd Inter-Regional Conference on Environment-Water 99, Bari Italy.
- [15]-Perrier E.R. et Salkini A.B., (1987). Supplemental irrigation in the Near Est and North Africa.
- [16]-Smadhi D. et Mouhouche B. (2000). Etude comparée de l'évapotranspiration et des besoins en eau des cultures céréalières de trois étages bioclimatiques. Pub., Prem., Symp., Intern., filière Blé, O.A.I.C., Alger, Algérie. 239-246.
- [17]-Smadhi D., Mouhouche B., Mohammedou M. et Semiani M. (2002). Bilan hydrique et besoin d'irrigation de la céréaliculture en zone semi-aride. *Revue H.T.E.* N° 124 : 53-56.
- [18]-Tahmasebi Sarvestani Z., Modarres Sanavy S.A.M. and Roohi A. (2004). Yield and Yield Components of Dry land Wheat Genotypes Under Supplemental Irrigation. 4th International Crop Science Congress. Brisbane September 2004.