

L'optimisation du rendement de la culture du blé sous l'effet du précédent cultural et l'outil de labour en environnement semi-aride

Chennafi H., Saci A., Harkati N., Adjabi A., Mébarkia A.

in

Bouzerzour H. (ed.), Irekti H. (ed.), Vadon B. (ed.).
4. Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct

Zaragoza : CIHEAM / ATU-PAM / INRAA / ITGC / FERT
Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 96

2011
pages 213-220

Article available on line / Article disponible en ligne à l'adresse :

<http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=801435>

To cite this article / Pour citer cet article

Chennafi H., Saci A., Harkati N., Adjabi A., Mébarkia A. **L'optimisation du rendement de la culture du blé sous l'effet du précédent cultural et l'outil de labour en environnement semi-aride.** In : Bouzerzour H. (ed.), Irekti H. (ed.), Vadon B. (ed.). *4. Rencontres Méditerranéennes du Semis Direct.* Zaragoza : CIHEAM / ATU-PAM / INRAA / ITGC / FERT, 2011. p. 213-220 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 96)



<http://www.ciheam.org/>
<http://om.ciheam.org/>

L'optimisation du rendement de la culture du blé sous l'effet du précédent cultural et l'outil de labour en environnement semi-aride

H. Chennafi*, A. Saci**, N. Harkati**, A. Adjabi* et A. Mébarkia*

*Laboratoire de Valorisation des Ressources Biologiques, Département d'Agronomie, Faculté Sciences, Université Ferhat Abbas (Algérie)

**Institut Technique des Grandes Cultures (ITGC), BP 03, Sétif, 19000 (Algérie)
e-mail: h_chenafi@yahoo.fr

Résumé. L'expérimentation a été réalisée au cours de la campagne agricole 2008/2009, au niveau de l'Institut Technique de Grandes Cultures (ITGC) de Sétif. L'objectif est d'optimiser le rendement du génotype Waha sous l'effet des systèmes de cultures. La réponse de Waha a été évaluée par l'effet combiné du labour du sol et du précédent cultural. Les parcelles d'étude ont été labourées à la charrue à disques, à socs ou au scarificateur. Les résultats indiquent que sur précédent jachère, Waha produit plus de grains avec $24,71 \text{ q ha}^{-1}$, soit un gain de 9 q ha^{-1} en comparaison au précédent blé. Sur les parcelles labourées à la charrue à socs, Waha est plus productive avec $23,39 \text{ q ha}^{-1}$, soit un gain relatif moyen de 25,50% comparativement à la moyenne obtenue à la charrue à disques et au scarificateur. Les résultats révèlent que l'efficacité de l'effet de l'outil de labour est caractéristique de la campagne agricole.

Mots-clés. Blé dur – Précédent cultural – Outil de labour – Optimisation du rendement.

Wheat grain yield optimization under the effect of the precedent crop and tillage tool in semi-arid environment

Abstract. *The experimentation was carried out during the 2008/2009 cropping year, at the experimental site of Technical Institute of Field crops (ITGC) of Sétif. The objective is to optimize grain yield of the genotype Waha under the effect of farming systems. Waha response was evaluated through the combined effect of soil ploughing and precedent crop. The studies plots were tilled with disk plough, moldboard plow or offset disk. Results indicate that after fallow, Waha produced more grains with 24.71 q ha^{-1} , gaining 9 q ha^{-1} over continuous wheat. Under moldboard plowed plots, Waha yielded 23.39 q ha^{-1} , with 25.50% more than the average grain yield obtained under disk plough and offset disk. Results reveal that the effect tillage tool is a characteristic of cropping year.*

Keywords. *Durum wheat – Precedent cultural – Tillage tool – Yield optimization.*

I – Introduction

En environnement typiquement méditerranéen, les bas et erratiques précipitations de l'ordre de 200 à 600 mm par an et les fortes évapotranspirations limitent la production des cultures (Pala *et al.*, 2007). Ainsi, le déficit en eau marqué en Afrique du nord détermine le niveau de la production des céréales et du blé dur en particulier. En Algérie, les zones céréalières dans l'étage bioclimatique semi-aride sont soumises à d'importantes variations pluviométriques et thermiques intra et interannuelles affectant sérieusement les rendements (Bouzerzour *et al.*, 2002). En milieu où l'eau est limitée, l'amélioration du potentiel de disponibilité de l'eau des précipitations est une alternative pour réduire des effets d'un éventuel manque d'eau sur la plante. Cependant, l'efficacité de l'utilisation des précipitations doit être gérée dans un contexte d'amélioration du rendement en préservant le réservoir sol. En effet, les conditions pluviales méditerranéennes recommandent une économie de l'eau par les techniques agronomiques et les systèmes de cultures (Machado *et al.*, 2008 ; López-Bellido *et al.*, 2007), tout en adoptant

des méthodes adéquates de conservation des eaux pour réguler le régime des pluies qui est d'une extrême irrégularité spatio-temporelle (Baldy, 1984). Le système de culture par le précédent cultural et le labour du sol bien adaptés, représente un outil pour améliorer le rendement (Chennafi *et al.*, 2008a). Le choix du matériel de labour doit être raisonné en fonction des caractéristiques liées au sol, au climat et au matériel végétal. C'est dans cet aspect que s'insère l'objectif de la présente investigation, orientée sur l'optimisation du rendement de la culture de blé dur (*Triticum durum* Desf.) variété Waha, sous l'effet du précédent cultural et l'outil de labour du sol.

II – Matériel et méthodes

1. Aspects du site expérimental et des conditions climatiques

L'essai a été réalisé au cours de la campagne agricole 2008/09, sur les parcelles de l'Institut Technologique Moyen Agronomique (ITMA), situé à proximité de l'Institut Techniques de Grandes Cultures (ITGC), à 4 km au Sud Ouest de la ville de Sétif. L'altitude est 1080 m, la longitude 5°21' Est et la latitude est 36°11' Nord. La zone est semi-aride d'altitude, caractérisée par un climat continental typiquement méditerranéen. Les sols sont de faible profondeur, pauvres en matière organique et la teneur en carbonate de calcium est notable, détermine un pH basique. La campagne agricole 2008/2009 a enregistré une température moyenne de l'air relevée en février de 4,9°C, et en juin 22,7° C. Les valeurs absolues, minimales et maximales ont été notées en février avec -0,3 et 31,2°C en juin (Fig. 1). Le cumul de la précipitation, de septembre à juin est 396,9 mm. Le mois d'avril a été pluvieux avec 79,1 mm. Mai et juin ont été déficitaires en eau en cumulant dans l'ordre 4,9 mm et 4,7 mm, (Fig. 1).

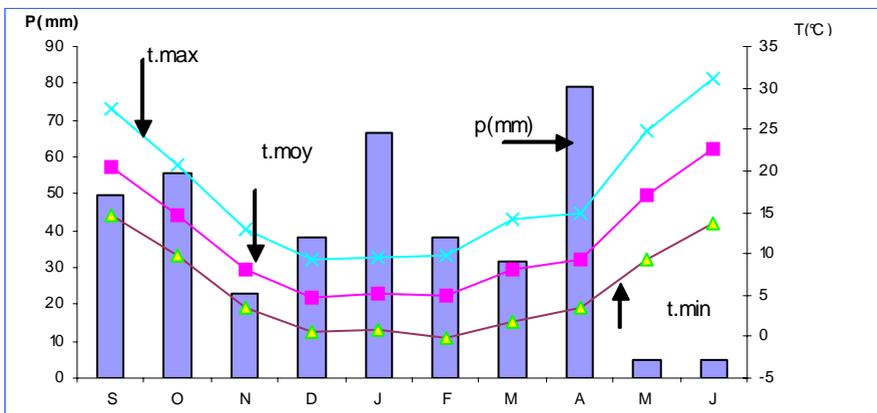


Fig. 1. Températures maximales, moyennes et minimales et précipitations enregistrées au cours de la campagne 2008/2009 sur le site expérimental ITGC de Sétif.

2. Dispositif expérimental

Le matériel végétal utilisé est waha, variété de blé dur (*Triticum durum* Desf.). Elle se reconnaît par un cycle végétatif et un chaume courts. Waha a été mise en essai au cours de la campagne 2008/2009 sur des parcelles organisées dans un dispositif expérimental constitué de blocs complètement randomisés, avec trois répétitions. Les parcelles principales sont celles du précédent cultural, jachère et blé. Les parcelles élémentaires sont représentées par l'outil de labour. Chaque précédent cultural est caractérisé par trois traitements relatifs à l'outil de labour: T₁: charrue à socs (CS), T₂: charrue à disques (CD), T₃: scarificateur (Sc). La surface de la

parcelle élémentaire est 120 m², les dimensions sont 40 m de long et 3 m de largeur. Le précédent jachère a été labouré le 15 mars 2008, par charrue à socs, charrue à disques ou scarificateur. Le premier recroisement a été réalisé avec un cover-crop le 24 mars et le second, le 03 décembre 2008. Le labour du précédent blé a été effectué à la mi-novembre, suivi de passage de cover-crop, le 25 novembre et le 03 décembre 2008. Le semis a été réalisé le 06 décembre 2008, en utilisant un semoir expérimental en ligne de 3 m de large, de type AGRIC. La densité de semis est de 300 grains m², l'écartement entre les lignes est de 18 cm. Le désherbage par Granstar à 15 g/300 l/ha a été appliqué le 18 mars 2009, au stade de tallage herbacé. L'épandage de l'engrais azoté, apporté sous forme granulée (l'urée 46%) à une dose de 1,5 q ha⁻¹, a été réalisé le 24 mars 2009. La récolte des parcelles expérimentales a été effectuée à la fin du mois de juin 2009, avec une moissonneuse-batteuse expérimentale de marque Hegge.

3. Composantes mesurés et analysés

Les mesures relevées ont concerné les composantes de rendement et la variation de l'humidité du profil cultural sur les profondeurs de 0-20 cm et 20-40 cm, au cours du cycle végétatif. Les mesures des caractères de waha ont été obtenues des bottillons de végétation de la récolte manuelle. Elles ont porté sur le peuplement épis par m² (NE), le nombre de grains par épi (NGE), la biomasse aérienne (BIO), le poids de mille grains (PMG), la hauteur du chaume (HT). Les rendements en grain (RDT) et biomasse aérienne (BIO) ont été estimés à la récolte des parcelles. Le suivi régulier de l'humidité a été effectué sur des échantillons prélevés à la tarière. Ils ont été pesés à l'état humide et après passage à l'étuve à 105°C pendant 24 heures. La teneur en eau massique W, appelée aussi pondérale est évaluée selon Girard *et al.* (2005), $W = M_w/M_s$, avec M_w = masse d'eau contenue dans le sol et M_s = masse du sol sec obtenu après passage de l'échantillon du sol à l'étuve à 105°C. Les données collectées ont été analysées avec le logiciel Statitcf (1991).

III – Résultats et discussion

1. Réponse de Waha aux pratiques culturales

L'analyse de la variance indique un effet précédent cultural significatif pour l'ensemble des caractères mesurés, mis à part la fertilité de l'épi. Cependant, l'effet outil de labour est significatif seulement pour le rendement grain et le nombre de grains par épi (Tableau 1). Le potentiel d'expression des caractères mesurés du nombre d'épis m² et d'épillets/épi, et du rendement en grain sous l'effet significatif de l'interaction outil de labour x précédent cultural, est déterminé par leur variation sur précédent cultural sous l'outil de labour (Tableau 1).

Tableau 1. Carré moyen de l'analyse de la variance du rendement en grain et ses composantes, pour Waha sous l'effet du précédent cultural et l'outil de labour. Campagne 2008/2009

Source	ddl	NE	HT	Nep	BIO	NGE	PMG	RDT
Totale	17	4043.23	19.40	0.92	85.49	6.61	3.76	30.73
Outils (O)	2	890.89 ^{ns}	2.72 ^{ns}	1.72 ^{ns}	44.32 ^{ns}	39.06*	0.62 ^{ns}	45.37*
Erreur (a)	4	791.89	2.14	0.31	20.32	1.97	0.95	2.26
Préc. Cul (P)	1	53246.72**	256.89**	4.50**	1052.79**	8.00 ^{ns}	30.63**	362.25**
O x P	2	3116.22*	11.06 ^{ns}	1.17*	23.26 ^{ns}	0.17 ^{ns}	7.19 ^{ns}	18.75**
Erreur b	6	427.89	3.33	0.11	13.26	2.11	2.12	1.18

ns, *, ** = Effets non significatif, significatif au seuil de 5% et 1% respectivement. NE = Nombre d'épis m⁻²; HT = hauteur du chaume; Nep = Nombre d'épillets/épi; BIO = Biomasse mesurée à la récolte; NGE = Nombre de grains par épi; PMG = poids de mille grains; et RDT = Rendement en grains.

Cependant, l'effet de l'interaction n'est pas significatif pour la hauteur du chaume, le poids de 1000 grains, le nombre de grains par épi et la biomasse aérienne (Tableau 1). Waha produit plus d'épis m² sur précédent jachère labouré à la charrue à disques, avec 467,0 épis m² (Tableau 2). Sur jachère labourée à la charrue à socs, ce sont le nombre d'épillets par épi et le rendement en grains qui sont valorisés, avec 28,66 q ha⁻¹, déterminant un gain relatif de 118,8% en comparaison au précédent blé labouré à la charrue à disques (Tableau 2). Ce résultat rejoint celui de Carama *et al.* (2003) qui soulignent que le rendement en grain du blé par le système de la charrue à socs est significativement plus élevé que sous scarificateur. Cependant, l'effet de l'outil de travail du sol semble dépendant des campagnes agricoles, et Waha réalise plus de grains sur scarificateur (Chennafi *et al.*, 2008a ; Chennafi *et al.*, 2008b). Pour Slafer et Rawson (1994) le rendement en grain intègre deux composantes majeures le nombre de grains m² et le poids moyen du grain. Hamadache (2001) relève sur précédent jachère, un rendement grain du blé de 34,1 q ha⁻¹, représentant un gain de 15,2 q ha⁻¹ en valeur réelle et en valeur relative 80,4% par rapport au précédent blé. Chennafi *et al.* (2008a) notent que sur jachère, le rendement de Waha s'améliore de 81,3% (24,53 q ha⁻¹). La fertilité de l'épi chez waha est de 22,5 grains/épi sur parcelles labourées à la charrue à socs, 18,17 et 18 grains/épi dans le cas du labour à la charrue à disques et au scarificateur. Sur jachère, Waha réalise un poids de mille grains de 30,71 g et sur précédent blé, 28,10 g. Le précédent jachère se distingue du précédent blé pour tous les caractères mesurés. Sous l'effet de la jachère, Waha est plus productive avec 438,44 épis m² le gain relatif est de 33% par rapport au précédent blé. Chennafi *et al.* (2008a) rapportent un résultat de 423,58 épis m² (13%). La hauteur du chaume chez Waha est de 83,67 cm sur jachère et de 76,11 cm sur précédent blé.

Tableau 2. Moyennes des caractères mesurés de Waha sous l'effet du précédent cultural et l'outil de labour. Campagne 2008/2009 à Sétif

Outils	Précédent	NE	NGE	PMG	Nep	RDT	BIO	HT
Effet moyen outils (O)								
CD		386.5	18.2	29.2	16.3	18.83	70.2	79.2
CS		394.8	22.5	29.3	17.3	23.39	72.7	80.5
Sc		370.8	18	29.8	16.5	18.45	67.3	80.0
Ppds _{5%}		0.89	2.25	1.56	0.89	2.41	7.23	2.35
Effet moyen précédent (P)								
	Blé (b)	329.7	18.9	28.1	16.2	15.74	62.4	76.1
	Jachère (j)	438.4	20.2	30.7	17.2	24.71	77.7	83.7
	Ppds _{5%}	23.86	1.68	1.68	0.38	1.25	4.2	2.11
Interaction O x P								
CD	b	306.0	17.3	28.4	15.3	13.1	61.1	76.33
CS	b	356.3	22.0	26.7	17.0	18.1	64.3	77.33
Sc	b	326.7	17.3	29.2	16.3	15.99	61.9	74.7
CD	j	467.0	19.0	29.9	17.3	24.57	79.2	82.0
CS	j	433.3	23.0	31.8	17.7	28.7	81.2	83.7
Sc	j	415.0	18.7	30.4	16.7	20.9	72.9	85.3
Ppds _{5%}		41.33	1.2	0.22	2.43	0.97	0.97	0.93

CD = charrue à disques ; CS = charrue à socs ; Sc = scarificateur ; j = jachère ; b = blé. NE = nombre d'épis m⁻² ; NGE = nombre de grains par épi ; PMG = poids de mille grains (g) ; Nep = Nombre d'épillets /épi ; RDT = rendement grain (q ha⁻¹) ; HT = hauteur de la plante (cm) ; BIO = Biomasse mesurée à la récolte.

La jachère améliore la hauteur du chaume de 7,56 cm. Le nombre d'épillets par épi produit par Waha est 17,22 épillets/épi sur jachère et de 16,22 sur blé (Tableau 2). La variété Waha produit 77,71 q ha⁻¹ de biomasse aérienne sur jachère, sur blé elle réalise 62,12 q ha⁻¹ (Tableau 2). L'expression du potentiel de production de Waha est nettement supérieure sur précédent

jachère. Nombreuses études soulignent que la jachère dans le système de rotation améliore la capacité de stockage de l'eau et la qualité du sol et par l'intermédiaire, elle contribue à augmenter et stabiliser la production (Sabert et Mrabet, 2000 ; Chennafi *et al.*, 2008a). La jachère possède le temps suffisant pour la dégradation et le recyclage des chaumes dans le sol, assurant ainsi, une très bonne teneur en éléments nutritifs essentiels pour le développement de la prochaine culture (Vieuvier et Leconte, 1994). La jachère par l'enfouissement des résidus organiques, améliore la porosité et la conductivité hydrique du sol (Hénin *et al.*, 1969). Les pièces travaillantes des outils provoquent des modifications dans la dimension et la forme des fragments de terre, et améliorent la porosité et la cohésion (Biffin *et al.*, 1990).

2. Evolution de l'humidité du sol sous l'effet du précédent cultural

L'analyse de la variation de taux d'humidité disponible au cours du cycle végétatif de la variété Waha, sur la profondeur de 0-20 et 20-40 cm, révèle que sur jachère, le taux d'humidité est supérieur à celui relevé sur précédent blé. Cependant, dans les deux cas, ce paramètre décroît en fonction de l'évolution des stades végétatifs et atteint des valeurs faibles au stade épiaison (Figs 2 et 3). Cette période de manque d'eau se positionne en arrière cycle et coïncide avec les stades épiaison et remplissage du grain. En effet, les valeurs du taux d'humidité notés sur le précédent blé et jachère sont de 11 et 12,33% sur 0-20 cm à 11,66 et 14,33% sur la couche de 20-40 cm. Ces résultats indiquent que Waha extrait plus d'humidité sur la tranche de 0-20 cm. Panda *et al.* (2003) notent que l'alimentation en eau du blé se localise à la profondeur de 0-45 cm. En effet, Waha développe le maximale de masse racinaire au stade épiaison sur l'horizon 0-30 cm représentant 78,5% de la masse racinaire présente à ce niveau de la rizosphère (Chennafi, 2007).

Ces résultats prédisent la sensibilité de la culture à l'épiaison et le degré de l'effet de l'avènement d'un manque d'eau que peut subir la plante. Thompson et Chase (1992) considèrent que les effets d'un stress hydrique aux stades épiaison et remplissage du grain sont plus pénalisants que ceux dont l'avènement survient au stade de tallage et montaison. Les effets liés au manque d'eau sont les plus pénalisants de la culture de blé dur (Annichiaco *et al.*, 2005 ; Chennafi *et al.*, 2008c). Les résultats de la présente étude indiquent que sous jachère, le supplément en eau relevé sur la profondeur de 40 cm au cours du cycle végétatif de Waha est de 75 mm, en comparaison au précédent blé. L'écart en eau accumulé sur jachère explique en grande partie les résultats différentiels réalisés sur le rendement et ses composantes. Les suppléments en eau sur précédent jachère varient de 73 mm (Hammadache, 2001) déterminant un gain relatif de 80,4% de rendement en grain, à 111 mm (Nielsen et Vigil, 2010).

L'analyse des résultats du taux d'humidité sur 20-40 cm à partir de l'épiaison (155 jours après semis) semble indiquer que la variation d'humidité est plus distinguée (Fig. 3). La disponibilité d'une quantité d'eau même limitée à cette période peut réguler les effets des stress hydrique et thermique de l'arrière cycle. Cette phase est exigeante en eau en période où cet élément est limité ou même rare en environnement semi-aride. Selon Chennafi *et al.* (2008c) les besoins en eau décadaires de la culture de blé dur sont de 103 mm pour la période gonflement-épiaison. Soltner (2005) souligne que le nombre de fleurs fécondées chez le blé dépend du degré d'évapotranspiration. Sur les Hauts Plateaux Sétifiens, le positionnement du déficit climatique avec le cycle de la culture du blé dur coïncide avec les exigences en eau les plus importantes (Chennafi *et al.*, 2008c). Les variations de la teneur eau du sol sont sous l'effet de l'interaction de la précipitation, la température, le vent et la radiation solaire avec le stade de développement de la culture. Néanmoins, les pratiques culturales améliorent l'efficacité de l'utilisation de l'eau des précipitations (Peterson *et al.*, 1996) ; en effet, l'efficacité de la réserve du sol passe de 19 à plus de 40% (Lyon *et al.*, 2004 ; Tanaka et Anderson, 2005). L'efficacité de l'utilisation des précipitations, définie par le pourcentage des précipitations annuelles accessibles pour la croissance des cultures à travers l'évapotranspiration, approche les 75% en systèmes de monocultures, comparé avec blé d'hiver-jachère, elle est réduite de 45% (Farahani *et al.*, 1998).

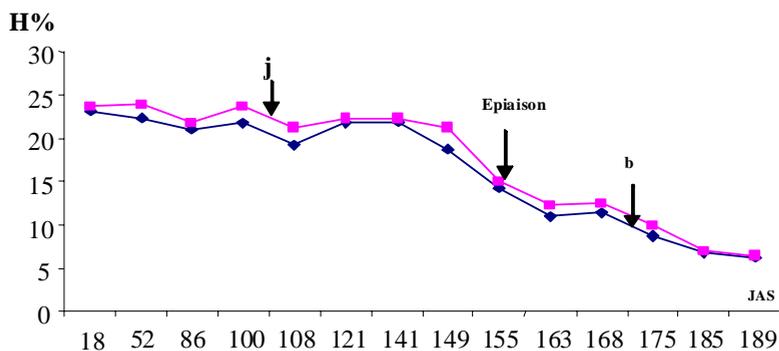


Fig. 2. Variation du taux d'humidité sur 0-20 cm, en fonction du nombre de jours après semis (JAS) sur précédent blé (b) et jachère (j). Campagne 2008/2009.

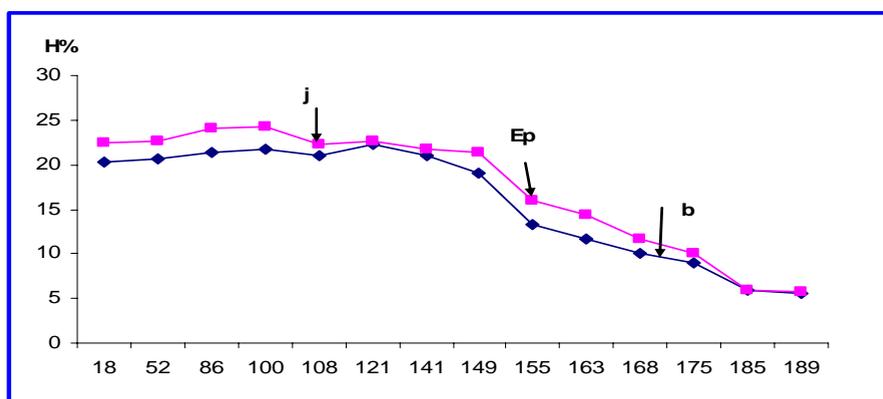


Fig. 3. Variation du taux d'humidité sur 20-40 cm, en fonction du nombre de jours après semis (JAS) sur précédent blé (b) et jachère (j). Campagne 2008/2009.

IV – Conclusion

Les résultats de la présente étude indiquent que la jachère valorise le potentiel d'expression du rendement chez waha qui réalise $24,71 \text{ q ha}^{-1}$, avec un écart de 9 q ha^{-1} relativement aux parcelles à précédent blé. Le labour à la charrue à socs semble être plus compatible avec les conditions du milieu, avec un rendement grain de $23,39 \text{ q ha}^{-1}$, dépassant de 5 q ha^{-1} les parcelles labourées au scarificateur. Sur précédent jachère labouré à la charrue à socs, waha produit plus de grains avec $28,66 \text{ q ha}^{-1}$, le gain relatif est $24,22\%$ et $26,78\%$ par rapport à celui obtenu à la charrue à disques et au scarificateur. Smith et Young (2000) s'étendent sur l'occurrence et la grande variabilité caractéristique du rendement des cultures annuelles et la dégradation du sol en milieu semi-aride, ils considèrent que les régions à faibles précipitations, le système dominant reste la rotation blé-jachère. Les résultats indiquent que le taux d'humidité baisse dès le stade gonflement-épiaison. Le manque d'eau se positionne plus au stade épiaison, en fonction du nombre de jours après semis, c'est à dire (155 JAS), affectant le remplissage du grain et le rendement final. Le supplément en eau relevé sur jachère est de 75 mm. Carr *et al.* (2003) considèrent que la réduction du labour dans le cas du blé sur jachère favorise l'augmentent de la disponibilité en eau dans le sol. Pour Machado *et al.* (2008) la couverture végétale sur le sol réduit l'évaporation, augmente l'infiltration et le stockage de l'eau et par conséquent augmente l'évapotranspiration de la culture.

Remerciements

Nous remercions le Professeur Bouzerzour Hamenna, pour ses recommandations scientifiques pour la conception de l'article.

Références

- Annicchiarico P., Abdellaoui Z., Kelkouli M. et Zerargui H., 2005.** Grain yield, straw yield and economic value of tall and semi-dwarf durum wheat cultivars in Algéria. Dans : *J. Agric.Sci.*, 143, pp. 57-64.
- Baldy C., 1984.** *Agrométéorologie des cultures multiples en régions chaudes*. Ed. INRAF., 120 p.
- Biffin J., Guerif J. et Stengel P., 1990.** Les processus d'évolution de l'état structural du sol : quelques exemples d'études expérimentales récentes. La structure et son évolution. Dans : *La structure du sol et son évolution.*, Laon (France): Ed. INRA Paris, pp. 216.
- Bouzerzour H., Benmahammed A., Benkharbache A. et Hassous A., 2002.** Contribution des nouvelles obtentions à l'amélioration et à la stabilité du rendement d'orge (*Hordeum vulgare* L.) en zone semi-aride d'altitude. Dans : *Revue Recherche Agronomique de l'INRAA*, 10, pp. 45-58.
- Carama K.M., Payne W.A. et Rasmussen P.E., 2003.** Long-term effects of tillage, nitrogen, and rainfall on winter wheat yields in the Pacific Northwest. Dans : *Agron. J.*, 95, pp. 828-835.
- Carr P., Horstley R.D. et Poland W.W., 2003.** Tillage and seeding effects on wheat cultivars: 1. Grain production. Dans : *Crop Sci.*, 43, pp. 202-209.
- Chennafi H. (2007).** Stratégie de gestion des apports d'eau limités sur la culture du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en milieu semi-aride. Thèse de doctorat d'Etat, INA El-Harach, Alger, pp. 109.
- Chennafi H., Bouzerzour H., Saci A. et Chenafi A., 2008a.** La pratique des façons culturales sur la culture du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en environnement semi-aride. Dans : *Proceedings of the 5th International Conference on Land Degradation*. Valenzano, Bari (Italie), 18-22 septembre 2008, pp. 63-67.
- Chennafi H., Bouzerzour H., Saci A., Chenafi A. et Laib M.A., 2008b.** Amélioration de l'agriculture pluviale en environnement semi-aride. Dans : *Proceedings du séminaire national sur les contraintes à la production du blé dur en Algérie*. Université Chlef (Algérie), 29-30 novembre 2008, pp. 62-68.
- Chennafi H., Bouzerzour H., Aidaoui A. & Chenafi A. 2008c.** Positionnement des exigences en eau de la culture du blé dur avec l'avènement du déficit climatique en milieu semi-aride des Hautes Plaines Sétiennes (Algérie). Dans : *Proceedings of the 5th International Conference on Land Degradation*. Valenzano, Bari (Italie), 18-22 septembre 2008, pp. 59-62.
- Farahani H.J., Peterson G.A., Westfall D.G., Sherrod L.A. et Ahuja L.R., 1998.** Soil water storage in dryland cropping systems: The significance of cropping intensification. Dans : *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 62, pp. 984-991.
- Gerard M.C., Walter C., Rémy J.C. Berthelin J. et Morel J.L., 2005.** Sols et environnement. Ed. Dunod, Paris, 816 p.
- Hamadache A., 2001.** Les alternatives possibles à la jachère en relation avec le milieu physique et socio-économique. Dans : *Proceedings du séminaire national sur la problématique de l'agriculture des zones arides et de la reconversion*, Direction des services agricoles.
- Henin J.R., Gras R. et Monnier G., 1969.** *Le profil cultural : l'état physique du sol et ses conséquences agronomiques*. Paris : Ed. Masson, pp. 332.
- Lyon D., Bruce S., Vyn T. et Peterson G., 2004.** Achievement and future challenges in conservation tillage. Dans : *Proceedings of the 4th International Crop Science Congress*, 26 sep-1 oct. 2004, Brisbane (Australia).
- López-Bellido R., López-Bellido L., Benítez-Vega et López-Bellido F., 2007.** Tillage system, preceding crop, and nitrogen fertilizer in wheat crop. Dans : *Agron.J.*, 99, pp. 66-72.
- Machado S., Petrie S., Rhinhart K. et Ramig R.E., 2008.** Tillage Effects on Water Use and Grain Yield of Winter Wheat and Green Pea in Rotation. Dans : *Agron. J.*, 100, pp. 154-162.
- Nielsen D. et Vigil M.F., 2010.** Precipitation Storage Efficiency during Fallow in Wheat-Fallow Systems. Dans : *Agron. J.*, 102, pp. 537-543.
- Pala M., Ryan J., Zhang H., Singh M. et Harris H.C., 2007.** Water-use efficiency of wheat-based rotation systems in a Mediterranean environment. Dans : *Agricultural Water Management*, 93, pp. 136-144.
- Panda R.K., Behera S.K. et Kashyap P.S., 2003.** Effective management of irrigation water for wheat under stressed conditions. Dans : *Agricultural Water Management*, 63, pp. 37-56.
- Peterson G.A., Schlegel A.J., Tanaka D.L. et Jones O.R., 1996.** Precipitation use efficiency as affected by cropping and tillage systems. Dans : *J. Prod. Agric.*, 9, pp. 180-186.
- Sabert N et Mrabet R., 2000.** Influence du travail du sol et des rotations sur la qualité du sol argileux gonflant en milieu semi-aride marocain. Dans : *Etude et Gestion des Sols*, 9, pp. 43-53.

- Slafer G.A. et Rawson H.M., 1994.** Sensitivity of wheat phasic development to major environmental factors: A re-examination of some assumptions made by physiologists and modelers. Dans : *Australian journal of plant physiology*, 21, pp. 393-426.
- Smith E.G. et Young D.L., 2000.** Requiem for fallow in western North America. Dans : *Choices*, 1, pp. 24-25.
- Soltner D., 2005.** Les grandes productions végétales. Dans : 20^{ème} Ed. Coll. *Sci et Tec. Agri.*, pp. 464.
- Tanaka D.L., Anderson R.L. et Rao S.C., 2005.** Crop sequencing to improve use of precipitation and synergize crop growth. Dans : *Agron. J.*, 97, pp. 385-390.
- Thompson J.A. et Chase D.L., 1992.** Effect of limited irrigation on growth and yield of a semi-dwarf wheat in Southern New Wales. Dans : *Australian J. of Experimental Agric.*, 32, pp. 725-730.
- Vievier M. et Leconte D., 1994.** *Flore et végétation : reflète de la rupture des pratiques agronomiques.* Poitiers : Ed. INRFA, pp. 164.