

LE BLE DUR (*Triticum durum* Desf.) SOUS L'EFFET DES FAÇONS CULTURALES EN ENVIRONNEMENT SEMI-ARIDE

CHENNAFI H.^{1,*}, SACI A.², HARKATI N.², FELLAHI N.², HANNACHI A.³ et FELLAFI Z.³

¹*Département des Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie. Université Ferhat Abbas Sétif, 19000. Algérie*

²*Institut Technique de Grandes Cultures (ITGC). Sétif, 19000. Algérie*

³*Institut National de la Recherche Agronomique (INRAA), Sétif, 19000. Algérie*

*hchenafi@yahoo.fr

Résumé: Les performances de rendement de la variété de blé dur (*Triticum durum* Desf.) Waha ont été évaluées sous les effets du précédent cultural: jachère et blé dur et la nature de l'outil de préparation du sol: scarificateur, charrues à socs ou à disques, au cours de la campagne 2006/2007. Les résultats montrent l'avantage, en rendement grain, du blé dont le précédent cultural est une jachère relativement au blé qui suit un blé. L'effet de l'outil de travail du sol est lié au précédent cultural. En effet, Waha cultivée sur jachère travaillée au scarificateur produit plus de grains comparativement à celui après blé. En revanche, une gestion appropriée avec une efficacité technique du système de production augmente la productivité en agriculture pluviale. Elle est axée sur la conservation des ressources en sols et en eau.

Mots clés: *Triticum durum* Desf., rendement, précédent cultural, outils de travail du sol

Abstract: The yield performances of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) variety Waha were evaluated under effects of crop precedent: fallow and wheat and tool nature of soil preparation: scarifier, moldboards plow or disks plow, during 2006/2007 growing season. The results showed the advantage, in grain yield, of wheat that crop precedent is fallow relatively to wheat following wheat. Tool effect of tillage soil is related to crop precedent. Indeed, Waha cultivated under fallow tilled with scarifier produced more grain than after wheat. However, proper management of production system increases production productivity with technical efficiency in rainfed agriculture. It focuses on soil and water conservation.

Key words: *Triticum durum* Desf., yield, crop precedent, tillage tools of soil

Introduction

Les Hautes Plaines Sétifiennes, appartenant à l'étage bioclimatique semi-aride, se caractérisent par l'altitude, des hivers froids et des étés secs. La pluviométrie et les températures y accusent de grandes variations intra et inter-annuelles (Bouzerzour et *al.*, 2002). Cette région, qui reste céréalière par nécessité, est confrontée à des sécheresses intermittentes s'accroissant au cours de la phase de remplissage du grain (Chenafi, et *al.*, 2008a). Ces conditions climatiques variables affectent le niveau et la régularité de la production céréalière, essentiellement pluviale. En régions semi-arides, Nielsen (2002) rappelle que le facteur le plus limitant de la production est l'eau. En revanche, en dehors de l'irrigation d'appoint et de l'extension des surfaces pour augmenter la production, les alternatives sont peu nombreuses, et se limitent à l'adoption d'un itinéraire technique le plus adéquat possible, axé surtout sur la gestion de l'humidité du sol (Oweis et Tavakoli, 2004; Lopez-Bellido, 2007; Chenafi et *al.*, 2011). Nielsen (2002) démontre les effets des systèmes culturaux dans les régions déficitaires en eau, par l'amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'eau définie comme le ratio du rendement grain sur l'évapotranspiration. L'objectif formulé consiste à gérer l'eau pluviale par la réduction des pertes par évaporation au profit de la transpiration de la plante. Dans ce contexte, le précédent cultural et la préparation du sol (émiettement, périodicité) affectent la quantité d'humidité du sol utilisable par la culture, ceci étant le

principe de base de l'aridoculture nord africaine (Lahmar et Bouzerzour, 2011). L'objectif de la présente contribution est d'analyser les effets du précédent cultural et de l'outil de travail du sol sur le comportement du blé dur (*triticum durum* Desf.) variété Waha.

Matériel et méthodes

L'essai a été mené au cours de la campagne agricole 2006/2007, à la Station Expérimentale Agricole de l'Institut Technique des Grandes Cultures (SEA-ITGC) de Sétif. Le site se trouve à une altitude de 1080 m, à la latitude 36° 9' N et à la longitude 5° 21' E. Le sol de la parcelle expérimentale est de texture limono-argileuse, la teneur en calcaire total dépasse 35%, le pH est basique et la teneur en matière organique de l'horizon travaillé est faible (Chenafi et *al.*, 2008b). Le matériel végétal utilisé est la variété de blé dur Waha, génotype à paille et durée du cycle, relativement plus courtes, comparativement à celles du cultivar local Mohamed Ben Bachir. Le dispositif expérimental adopté est un split plot avec 4 répétitions. Les traitements étudiés sont représentés par le précédent cultural, avec deux variantes: jachère intégrale vs blé dur, et le travail du sol, avec trois variantes: sol travaillé au scarificateur, avec la charrue à socs réversibles et avec la charrue à tri-disques. Les parcelles principales portent les précédents culturaux et les parcelles élémentaires, de dimensions 10 m x 5 m, portent le travail du sol. Le semis mécanique est réalisé le 12 décembre 2006, à densité de 300 grains m². Le désherbage a été appliqué au stade tallage herbacé en utilisant le Granstar à 12 g ha⁻¹.

L'épandage de superphosphate à 46% a été effectué en octobre 2006 à raison de 1 q ha⁻¹. Au mois de février 2007, 70 kg ha⁻¹ d'engrais azoté, sous forme d'urée à 35%, ont été apportés. Les mesures ont concerné la hauteur de la végétation, la biomasse aérienne accumulée à maturité, le rendement grain et les composantes du rendement, faites selon la procédure décrite par Chenafi et al., (2008b). Les données collectées ont été traitées par le logiciel Cropstat 7.2.3 (2009).

Résultats

Conditions climatiques

Le cumul pluviométrique relevé au cours de la campagne de 388,9 mm est similaire à 391.0 mm qui a caractérisé 23 campagnes agricoles (Chenafi et al., 2006). Celui relatif au cycle végétatif de la culture du blé était de 326,8 mm (Figure 1). La température moyenne enregistrée au mois de mars était de 8,0 °C, celle de mai était de 16,8 °C, coïncidant avec le stade épiaison. Des gelées, en période active de la végétation, ont été enregistrées (Figure 1). La campagne s'est surtout caractérisée par un hiver froid et relativement sec et un printemps doux et plutôt humide.

Analyse des effets précédents culturels et outils de travail du sol

Les effets principaux du précédent cultural et de l'outil de travail du sol sur le rendement

grain, le nombre d'épis, le nombre de grains par épi, la hauteur de la plante et sur la biomasse aérienne sont significatifs. Par contre l'effet sur le poids de 1000 grains ne l'est pas. L'interaction n'est pas, non plus, significative pour le nombre d'épis et la biomasse aérienne (Tableau 1). La dimension des carrés moyens des écarts suggère la prépondérance de l'effet du précédent cultural relativement à celui de l'outil de travail du sol. Ceci est indiqué aussi par l'étude des moyennes des variables mesurées, qui montre que les différences entre les deux précédents sont largement plus importantes que celles observées entre les outils de travail du sol (Tableau 2). L'analyse de l'interaction indique que l'effet pénalisant du précédent blé, sur le rendement grain du blé qui suit, est amoindri lorsque le travail du sol est réalisé avec le scarificateur. Par contre, l'effet bénéfique du précédent jachère travaillée, sur le rendement grain blé qui suit, est amoindri lorsque le labour profond est réalisé avec la charrue à disques (Figure 2). Ces effets dus à l'interaction entre le précédent et l'outil de travail du sol s'expliquent largement par les deux composantes principales du rendement qui sont le nombre d'épis par m² et celui des grains par épi (Figure 3).

Tableau 1. Carrés moyens des écarts de l'analyse de la variance des variables mesurées sur la variété Waha conduite sous deux précédents culturaux combinés à trois modes de travail du sol

Source	ddl	RDT	NE	NGE	PMG	HT	BIO
Total	23	171.0	1143.5	12.5	1.6	22.0	442.7
Précédent (P)	1	3608.1**	14016.7**	112.7**	3.4 ^{ns}	442.1**	9188.5**
Erreur a	6	3.9	388.6	2.9	0.3	1.5	23.3
Outils (O)	2	70.0**	3070.2*	23.0*	0.5 ^{ns}	19.5*	293.5**
O x P	2	51.6**	8.1 ^{ns}	48.0**	6.8*	3.8*	38.8 ^{ns}
Erreur b	9	5.1	388.1	1.3	1.2	0.5	17.6

RDT= Rendement grain (qha⁻¹), NE= Nombre d'épis par m², NGE= Nombre de grains/épi, PMG= Poids de 1000 grains (g), HT= hauteur de la plante (cm), Bio= Biomasse aérienne à la récolte ((qha⁻¹)
^{ns}, *, ** = effet non significatif et significatif au seuil de 5%, 1% respectivement.

Tableau 2. Valeurs moyennes des variables mesurées sur la variété Waha conduite sous deux précédents culturaux combinés à trois modes de travail du sol

Précédent	Outil	RDT	NE	NGE	PMG	HT	BIO
Effet principal précédent							
Jachère		50.2	423.5	32.0	43.5	92.7	118.1
Blé		25.7	275.2	23.6	43.1	84.1	78.9
Ppds _{5%}		1.9	19.7	1.7	0.55	1.2	4.8
Effet principal outil							
	CS	37.1	333.5	27.2	43.5	88.5	97.7
	CD	35.5	325.0	26.6	43.7	86.8	92.9
	SC	41.2	393.5	30.0	43.2	90.0	104.9
Ppds _{5%}		3.6	31.5	1.8	1.8	1.1	6.7
Interaction précédent x outils							
Jachère	CS	52.3	424.0	32.5	44.6	92.7	119.8
Jachère	CD	45.9	380.0	31.5	43.1	90.5	111.4
Jachère	SC	52.4	467.0	31.5	43.9	95.0	123.1
Blé	CS	22.0	237.0	22.0	42.4	84.2	75.6
Blé	CD	25.0	270.0	21.7	44.4	83.2	74.4
Blé	SC	30.0	320.0	28.5	42.5	85.0	86.8
Ppds _{5%}		3.6	31.5	1.8	1.8	1.1	6.7

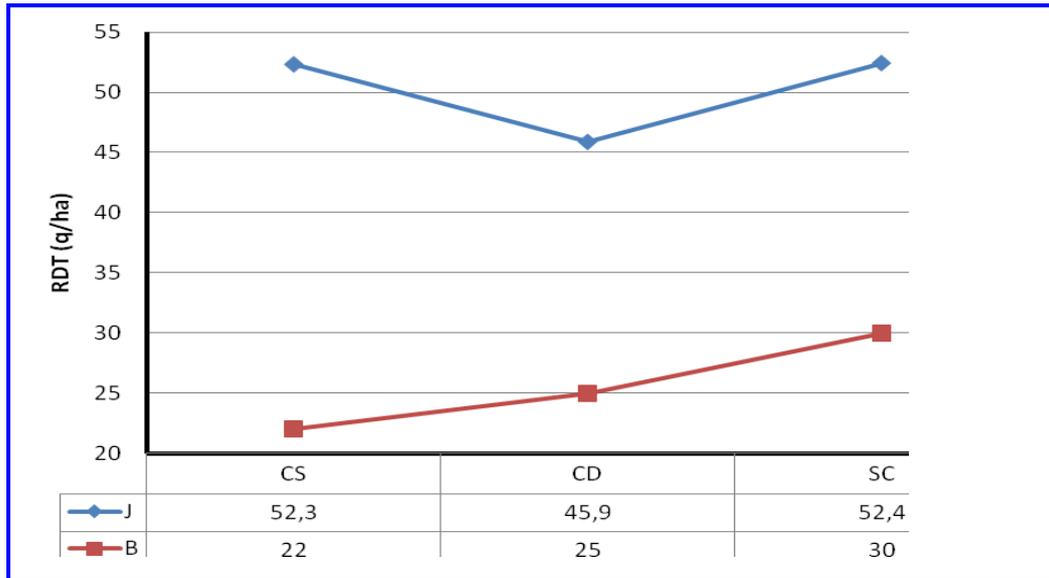


Fig. 2. Variation du rendement grain (RDT) réalisé par waha cultivée sur précédent cultural blé (B) ou jachère (j), travaillé avec scarificateur (SC), charrues à disques (CD) ou à socs (CS)

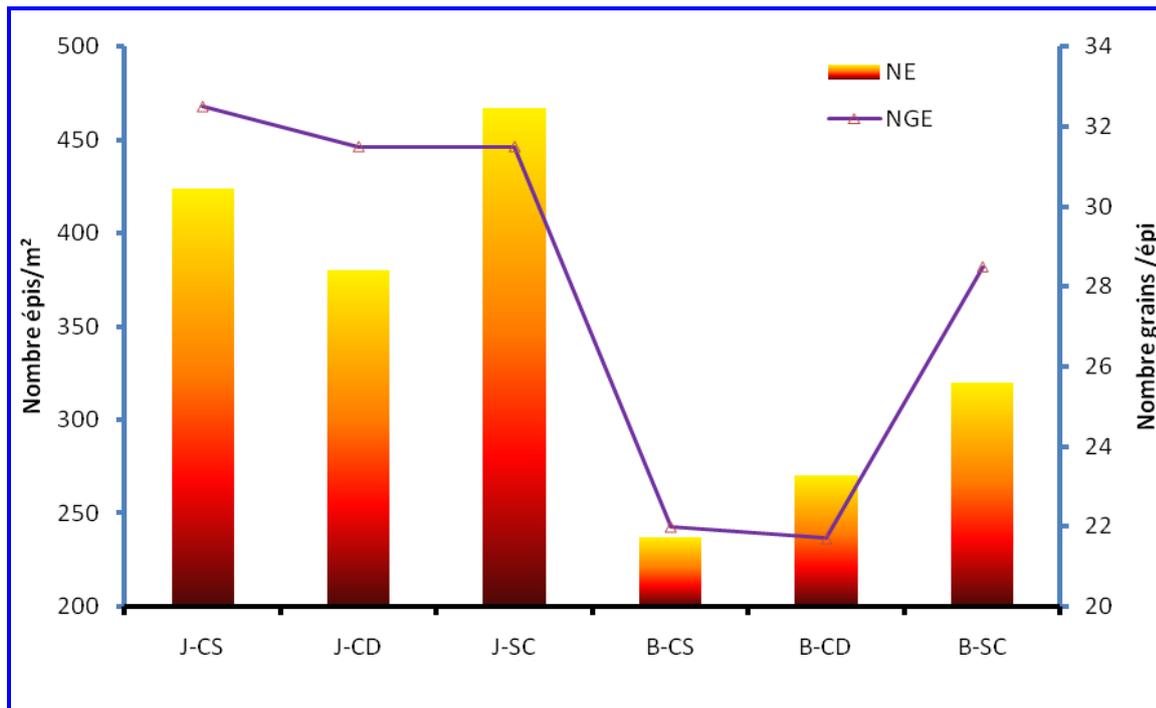


Fig. 3. Variation du nombre d'épis/m² et du nombre de grain /épi mesurés sur Waha conduite sur précédent cultural blé (B) ou jachère (J), travaillé avec scarificateur (SC), charrues à disques (CD) ou à socs (CS).

Sous scarificateur, la biomasse aérienne produite est de 104.9 qha⁻¹ et le gain réel observé est de 12.0 qha⁻¹ et 7.2 qha⁻¹ par rapport aux charrues à disques et à socs, réalisant un gain relatif de 7.4% et 13.0% respectivement. Le labour du sol avec scarificateur valorise la productivité de Waha pour le grain (tableaux 2, figure 2). Le précédent cultural affecte le rendement et ses composantes. Ainsi, Waha cultivée sur jachère réalise plus d'épis et de grains par épi que sur précédent blé. La hauteur du chaume est très affectée par le précédent cultural, elle est de 92.8 cm sur jachère et 84.2 cm sur précédent blé (tableau 2).

Discussion

La performance meilleure de Waha pour ses caractères mesurés pour produire plus de grain sous scarificateur s'explique par le fait que le scarificateur assure un émiettement grossier et une homogénéisation du sol, perturbant moins le sol et par conséquent, l'évaporation de l'eau du sol est réduite. Eliard (1979) enseigne que le principe d'action du scarificateur repose sur la réduction des mottes de terre sous l'action des dents. Ces éléments sont intéressants en condition pluviale pour assurer la mise à la disponibilité de la plante de quantité d'eau même limitée au niveau de la rhyzosphère pour améliorer la productivité de la culture de blé. Par contre, les charrues à socs et à disques, leurs principes sont axés sur le retournement d'une bande de terre sur une profondeur de 30 cm. Cette opération engendre la destruction de la structure du sol et favorise l'évaporation de l'eau des horizons en profondeur, réduisant

ainsi la stabilité structurale et la fertilité du sol (Prévoist, 1999). Le travail du sol est la première mesure à prendre pour lutter contre la dégradation du sol pour la préservation de l'eau, de la matière organique, pour la reconstitution des agrégats, l'économie de l'eau et pour réduire des effets de l'érosion. Le travail du sol est parfois nocif; cependant, les pratiques culturales antiérosives, adaptées aux différentes spéculations déterminent au préalable l'efficacité des travaux de défense des sols contre l'érosion (Gréco, 1978). En agriculture pluviale, les pratiques du labour représentent une alternative d'amélioration par la préservation de l'eau dans le sol (Araus, 2004). Le mode travail du sol au scarificateur perturbe moins le sol assurant ainsi une répartition homogène de l'humidité au niveau du profil cultural. Dès lors, la plante utilise d'une manière mieux régulée l'eau disponible au niveau de la zone racinaire qui valorise la productivité de la culture de blé (Chenafi, 2010; Hannachi et Fellahi, 2010; Latrèche, 2011). Nielsen et *al.*, (2002) considèrent que la disponibilité de l'eau pour la culture au stade critique dépend de la contenance du sol en eau au moment de sa plantation et il dépend du travail du sol, des résidus de cultures affectant l'efficacité de stockage des précipitations. Blum (2009) estime que l'efficacité d'utilisation de l'eau est une composante de la résistance de la culture au stress hydrique, elle est déterminante du rendement

L'effet significatif du précédent cultural pour les caractères mesurés montre la supériorité de la capacité productive de Waha

sous jachère qu'après blé. Cette différence est liée aux effets épuisants du sol de la culture continue d'une même plante où les racines explorent les mêmes horizons. Par conséquent, le sol devient moins résistant aux effets des éléments du climat (Gréco, 1978). Campbell et *al.*, (1987) expliquent les résultats meilleurs produits par les cultures sous jachère par la conservation au semis de 43 mm d'eau sur les 120 cm du sol (Hannachi et Fellahi, 2010; Chenafi et *al.*, 2011). Ces conséquences sont liées à la jachère introduite dans le système de rotation en zones semi-arides et qui améliore les indices de fertilité du sol et par l'intermédiaire améliore et stabilise la production (Sabert et Merabet, 2002).

L'interaction outil x précédent cultural significative relève la variation du caractère mesuré en fonction du mode de travail du sol selon le précédent cultural. Le scarificateur valorise l'expression de Waha pour produire plus de grain sous précédents de jachère et de blé. Cependant, sous jachère l'effet du mode de travail du sol pour l'amélioration du rendement grain suit l'expression $SC > CS > CD$, par contre pour le blé après blé, elle se concrétise par $SC > CD > CS$. L'effet du précédent blé pour réaliser plus de rendement grain du blé qui suit est favorisé par le travail du sol au scarificateur. Par contre, le labour à la charrue à disques réduit de l'effet bénéfique de la précédente jachère. Les indices de ces effets dus à l'interaction du précédent cultural sous le mode de travail du sol sont liés au nombre d'épis par m² et à celui des grains par épi. En effet, Waha cultivée après blé travaillé au

scarificateur engendre plus d'épis et une fertilité supérieure à ceux obtenus sous charrues à disques et à socs. Cependant, c'est le travail à la charrue à disques qui réduit de l'effet bénéfique de la jachère, dévalorisant l'expression productive de Waha pour le nombre d'épis et sa fertilité.

Ces résultats différentiels de l'effet de l'outil de travail du sol associé au précédent cultural s'expliquent par le principe d'action lié à l'outil et à l'avantage du précédent cultural. Ces résultats corroborent ceux présentés par Chenafi et *al.*, (2008b). L'effet de l'outil de travail du sol est lié à la macroporosité de l'horizon de surface, l'espace morphologique des pores et à la distribution de la porosité (Kribaa et *al.*, 2001). Le travail du sol influence le processus d'évaporation considérée composante majeure de la perte de l'eau du sol dont la structure est modifiée par le labour, en raison de ses effets sur les propriétés physiques de la surface du sol et sur la couche labourée (Mrabet, 2008).

Conclusion

L'agriculture pluviale doit être cernée par une gestion appropriée des conditions liées au climat, au sol et au matériel végétal utilisé. En revanche, la maîtrise des pratiques culturales doit être raisonnée dans un contexte d'amélioration des potentialités productives de la culture avec une stratégie de préservation des ressources en sols et en eau. La faisabilité de ces pratiques se conçoit par la gouvernance du milieu de la plante. Le labour réduit du sol et la couverture des résidus sur le sol améliorent l'efficacité de stockage de l'eau des

précipitations au profit de la plante (Norwood, 1999; Mrabet, 2008). C'est sous cet aspect que les résultats obtenus ont été évalués. En effet, le précédent cultural et l'outil de labour du sol améliorent les performances du blé dur pour produire plus de rendement en grain. La productivité de Waha cultivée sur jachère est supérieure à celle semée après blé. Le travail du sol au scarificateur est plus efficient. La valorisation différentielle de la productivité du blé se déduit de la capacité de valorisation de l'eau pluviale par le sol sous l'effet du précédent cultural combiné aux modes de travail du sol. En agriculture pluviale, l'efficacité d'utilisation de l'eau est liée à l'efficacité d'utilisation des précipitations (Hatfield et al., 2001; Nielsen, 2002). L'efficacité de stockage des précipitations est la fraction qui tombe au cours d'une période et qui reste préservée dans le profil du sol (Nielsen et Vigil, 2010). Dès lors, la rotation des cultures et le travail du sol par des outils adaptés améliorent l'utilisation de l'eau pluviale. En environnement semi-aride, la productivité du blé dur résulte de la préservation d'une quantité d'eau limitée à des stades efficients en eau (Chenafi et al., 2005; Chenafi et al., 2011). Ces éléments explicatifs abordés méritent plus d'attention par un approfondissement diversifié de paramètres bien fondés à dimensions spatio-temporelles du milieu semi-aride des Hauts Plateaux, par un système de rénovation rurale axé sur la préservation environnementale des ressources en eau et en sols.

Références Bibliographiques

- Araus J. L. 2004. The problem of sustainable water use in the Mediterranean and research requirements for agriculture. *Ann. of applied Biol.* 144: 229-272.
- Blum A. 2009. Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress. *Field Crops Research.* 112:119-123.
- Bouzerzour H., Benmahammed A., Benkharbache A. 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. *Revue Recherche Agronomique de l'INRAA* 10: 45-58.
- Campbell C.A., Zentner R P., Steppuhn H. 1987. Effect of crop rotations and fertilizers on moisture conserved and moisture used by spring wheat in Southwestern Saskatchewan. *Can. J. Soil Sci.* 67: 457-472.
- Chenafi H., Bouzerzour H., Aidaoui A., Saci A. 2005. Valorisation des apports d'appoint d'eau sur blé dur (*Triticum Durum* Desf.) en zone semi-aride: Effets variété et stade d'appoint. In: *Proceedings: Premier Séminaire international sur l'Environnement et ses Problèmes Connexes <SIEPC 2005> Université, Béjaia.*
- Chenafi H., Bouzerzour H., Aidaoui A., Chenafi A. 2006. Approche d'évaluation du déficit climatique pour la pratique d'une irrigation déficitaire sur blé dur en milieu semi-aride des hautes plaines orientales d'Algérie. In *proceedings du 3^{ème} Congrès*

- Méditerranéen «WATMED », Tripoli (Liban), 11-117
- Chennafi H. Bouzerzour H. Saci A., Chenafi A. 2008a. La pratique des façons culturales sur la culture du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en environnement semi-aride. In: *Proceedings of the 5th International Conference on Land Degradation. Valenzanos, Bari, Italy, 18-22 September 2008*, p: 63-67.
- Chennafi H., Bouzerzour H., Saci A. 2008b. Amélioration de l'agriculture pluviale en environnement semi-aride. In: *Proceedings du séminaire national sur les contraintes à la production du blé dur en Algérie. Université Chlef, le 29 et 30 novembre 2008*, p: 62-68.
- Chennafi H. 2010. Réponse des variétés contrastées de blé dur (*Triticum durum* Desf.) à la date d'implantation sous semis direct en milieu semi-aride. *Actes des quatrièmes rencontres méditerranéennes du semis direct. Revue INRAA N. Spécial*: 31-38.
- Chennafi H., Saci A., Harkati N., Adjabi A., Mébarkia A. 2011. 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., Irekti H. & Vadon B. Quatrièmes rencontres méditerranéennes du semis direct. Options méditerranéennes. Série A.: Séminaires Méditerranéens 96: 213:220*. Ed. CIHEAM , Paris, 251 p
- CropStat 7.2.3. 2009. Free statistic package by International Rice Research Institute, Manila, Philippine
- Elliard J.L., 1974. Manuel d'agriculture générale. Base de la production végétale. Ed. Baillière. Paris 344 p.
- Gréco J.1978. La défense des sols contre l'érosion. Paris, *La Maison Rustique*, 183p
- Hannachi A., Fellahi Z. 2010. Effets des résidus et du travail du sol sur le comportement du blé dur (*Triticum durum* Desf) en milieu semi-aride. *Mémoire Ingénieur, Département Agronomie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, UFAS*. 50p.
- Kribaa M., Hallaire V., Curmi P. Lahmar R. 2001. Effects of various cultivation methods on the structure and hydraulic soil properties in semi-arid climate. *Soil & Tillage Research 60: 43-53*.
- Lahmar H., Bouzerzour H. 2011. Du mulch terreux au mulch organique. Revisiter le Dry-farming pour assurer une transition vers l'agriculture durable dans les Hautes Plaines Sétifiennes. In: *Bouzerzour H., Irekti H. & Vadon B. Quatrièmes rencontres méditerranéennes du Semis Direct. Options méditerranéennes. SérieA: Séminaires Méditerranéens 96: 99:106*. Ed. CIHEAM Zaragoza, 251p.
- Latrèche F. 2011. Le rendement et l'efficience d'utilisation de l'eau de la culture de blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous les effets du précédent cultural et de l'outil de labour du sol en environnement semi-aride. *Mémoire Magister, Département Agronomie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, UFAS*. 83p.
- Lopez-Bellilo R.J., Lopez-Bellilo L., Benitez-Verga J. and Lopez-Bellilo F.J. 2007. Tillage system, preceding crop, and nitrogen fertilizer in wheat crop. *Agron.J.* 99: 66-72.

- Oweis T., Tavakolli M. 2004. The role of supplemental irrigation and nitrogen in producing bread wheat in the highlands of Iran. *Agricultural Water Management* 65: 225-236
- Prévost P. 1999. Les bases de l'agriculture. 3^{ème} Ed. Tec & doc Lavoisier. Paris, 290 p
- Mrabet R. 2008. No-Tillage systems for sustainable dryland agriculture in Morocco. *Ed. INRA. Maroc*. 153 p.
- Nielsen D.C. 2002. Water use efficiency, Enhancing. *Encyclopedia of Soil Science p: 1399-1402*
- Nielsen D.C., Vigil M.F., Bowman R.A., Benjamin J.G. 2002. Cropping System Influence on planting water content and yield of winter wheat. *Agron. J.* 94: 952-857
- Nielsen D.C., Vigil M.F. 2010. Precipitation Storage Efficiency during fallow in wheat-fallow systems. *Agron. J.* 102: 537-543.
- Norwood C.A. 1999. Water use and yield of dryland row crops as affected by tillage. *Agron. J.* 91: 108-115.
- Saber N., Mrabet R. 2002. Influence du travail du sol et des rotations de cultures sur la qualité d'un sol argileux gonflant en milieu semi-aride marocain. *Étude et Gestion des Sols* 1: 43 à 53.