



Revue semestrielle – Université Ferhat Abbas Sétif 1

## REVUE AGRICULTURE

Revue home page: <http://www.http://revue-agro.univ-setif.dz/>



### Effets des résidus et du travail du sol sur la production de la biomasse et le rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf., variété MBB) en lien avec l'utilisation de l'eau dans les conditions semi-arides des Hautes Plaines Sétifiennes

FELLAHI Z.<sup>1,\*</sup>, HANNACHI A.<sup>1</sup>, CHENNAFI H.<sup>2</sup>, MAKHLOUF M.<sup>3</sup>, BOUZERZOUR H.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (INRAA), Unité de Recherche de Sétif (Algérie)

<sup>2</sup>Département d'Agronomie, Fac. Sci. Nat. Vie, Laboratoire VRBN, UFA Sétif 1 (Algérie)

<sup>3</sup>Station Expérimentale Agricole, ITGC, Sétif (Algérie)

<sup>4</sup>Département d'écologie et Biologie végétale, Fac. Sci. Nat. Vie, Laboratoire VRBN, UFA Sétif 1 (Algérie)

\* E-mail : [zinou.agro@gmail.com](mailto:zinou.agro@gmail.com)

#### ARTICLE INFO

L'histoire de l'article

Reçu : 5 - 11 - 2013

Accepté : 29 - 12 - 2013

**Mots clés :** semi-aride, semis direct, travail conventionnel, rendement, utilisation de l'eau

**Key words:** Semi -arid, direct drilling, conventional tillage, yield, water use.

#### RESUME

L'expérimentation a été conduite au cours de la campagne 2009/10, sur un sol brun calcaire de la station expérimentale de l'ITGC de Sétif. L'objectif était d'étudier l'effet du recouvrement du sol par des résidus et le travail du sol sur la cinétique d'accumulation de la biomasse aérienne, le rendement en grain et l'utilisation de l'eau par un blé dur (*Triticum durum* Desf.), variété Mohamed ben Bachir. L'essai comporte quatre traitements dont trois variantes de semis direct (SD): sans couvert végétal et avec couvert végétal à deux recouvrements, 30 et 60% réalisé avec des chaumes de céréales, et le travail conventionnel (TC). Les résultats indiquent que comparativement au TC, le semis direct réduit de 50% les pertes de la céréale à la levée. Le travail conventionnel produit plus de biomasse aérienne, suivi de très près par le semis direct à 60% de couverture. Le travail conventionnel présente des rendements en grain et économique plus élevés que le semis direct. Les résultats montrent aussi que le TC présente un meilleur confort hydrique comparativement au SD. En semis direct, le couvert végétal réduit les effets du stress hydrique. Le travail conventionnel présente une meilleure hauteur de la végétation, un plus grand nombre de grains par épi et un poids de 1000 grains plus élevé. La quantité d'eau utilisée par les différents traitements varie de 298.2 à 334.4 mm. L'efficacité d'utilisation de l'eau varie de 6.08 à 9.78 kg/mm/ha pour la production du grain et de 21.76 à 29.75 kg/mm/ha pour la production de la biomasse aérienne. En semis direct le couvert végétal à 60% de recouvrement semble mieux valoriser l'humidité du sol comparativement travail conventionnel (TC) et au semis direct (SD) sans couverture.

#### ABSTRACT

The experiment was conducted during the 2009/10 cropping year, on a brown calci-soil of the ITGC experimental station of Setif. The objective was to study the effect of crop residues and tillage management on the rate of biomass accumulation, grain yield and water use efficiency of durum wheat (*Triticum durum* Desf., MBB variety). The experiment had four treatments which were conventional tillage (CT) and direct drilling (NT), without and with 30% and 60% residue cover rates. The results indicated that, compared to CT, NT reduced emergence losses by 50%. CT produced more above ground biomass followed by NT with 60% residue cover. CT presented higher grain and economical yields than NT. The results indicated also that CT had a better water status than NT. Under NT, residue cover reduced from water stress effect. CT had higher plant

height, number of grains per head and 1000 kernel-weight. Total water used by the different treatments varied from 298.2 to 334.4 mm. Water use efficiency to produce grain varied from 6.08 to 9.78 kg /mm/ha, and varied from 21.76 to 29.75 kg/mm/ha to produce above ground biomass. NT with 60% residue rate appeared to use more efficiently the available soil water content compared to CT and NT without residue cover.

## 1. Introduction

Le manque d'eau limite fortement la production des céréales sur les Hautes Plaines Sétifiennes (HPS) (Chennafi et al., 2006). Au cours du cycle de la culture, le caractère intermittent des pluies, associé à une demande climatique élevée engendrent un stress hydrique qui a des conséquences négatives sur le niveau et la régularité des rendements. Tout gain d'humidité réalisé, suite à une meilleure gestion de la culture ou du précédent, est important parce qu'il peut induire d'appréciables augmentations du rendement (Nielsen et al., 2005).

Dans les HPS, la recherche d'une meilleure productivité s'est faite par une intensification des systèmes de production matérialisée par des inputs exogènes ou une exploitation minière des sols (Lahmar, 2006). De par le monde, ce mode de production a engendré de nombreux effets négatifs sur l'environnement, ce qui a conduit peu à peu à sa remise en question (Lyons et al., 2003). La pratique du dry-farming, qui utilise le labour profond suivi de nombreuses façons superficielles pour créer le mulch terreux, détériore la fertilité du sol et augmente les risques d'érosions hydrique et éolienne (Lahmar et Bouzerzour, 2010). Dans ce contexte, l'abandon du travail du sol se présente comme une alternative susceptible de freiner la détérioration du milieu, voire de l'améliorer et de favoriser ainsi la durabilité du système de production (Kang et al., 2001 ; Lahmar, 2006).

Le semis direct permet d'ensemencer directement, dans un sol nu ou couvert de résidus, sans recours préalable au labour et à la préparation du lit de semence. Les résidus protègent la surface du sol de l'érosion, améliorent son contenu en matière organique, réduisent l'évaporation et améliorent l'infiltration de l'eau, augmentant ainsi la part de l'humidité utilisable par la culture (Hatfield et al., 2001). De plus, le semis direct réduit des charges de la mise en place de la culture (Mrabet, 2011). Depuis 2006, cette technique est appliquée sur les HPS par des exploitations adhérant à l'association ATU\_PAM<sup>1</sup> (Bouguendouz, 2010) mais, elle a été suivie de très peu d'études. Dans le présent travail, on étudie l'effet des résidus et du travail du sol sur l'élaboration du rendement d'un blé dur (*Triticum durum* Desf.) variété Mohammed Ben Bachir.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Caractéristiques du site expérimental

L'étude a été réalisée à la Station Expérimentale Agricole de l'Institut Technique des Grandes Cultures (SEA-ITGC) de Sétif (36° 08' N ; 5° 20' E ; 973 m) au cours de la campagne 2009/2010. Le climat de la région est de type méditerranéen continental, semi-aride, caractérisé par un été chaud et sec, et un hiver froid et humide (Chennafi et al., 2006). Le sol est de type brun calcaire (Calcisol), de texture limono-argileuse (38.4% argile, 42.7% limon, 18.7% sable) avec des encroûtements calcaires apparaissant au-delà de 40 cm de profondeur. La teneur en matière organique est de 1.4% en surface, elle décroît en profondeur, pour atteindre des valeurs inférieures à 1 % (Kribaa et al., 2001).

### 2.2. Dispositif expérimental

Les traitements étudiés sont : un semis conventionnel (TC); un semis direct réalisé sur un sol nu sans couverture végétale (SD<sub>0%</sub>), sur un sol avec 30% couverture végétale (SD<sub>30%</sub>) et sur un sol avec 60% couverture végétale (SD<sub>60%</sub>). Le précédent cultural du semis conventionnel est une jachère travaillée. Cette jachère est labourée au mois de janvier 2009 avec une charrue à disques. Le labour profond est suivi de deux recroisages au mois d'avril et mai 2009 pour détruire la végétation adventice. Une autre opération est réalisée au mois de novembre 2009, juste avant le semis et après épandage de 100 kg ha<sup>-1</sup> d'engrais phosphaté. Le précédent cultural du semis direct est une jachère enherbée non travaillée. Juste avant le semis direct, la parcelle est traitée avec du glyphosate à raison de 2 l ha<sup>-1</sup>.

<sup>1</sup> Association Trait d'Union Pour une Agriculture Moderne

Le dispositif expérimental employé est celui des strips (Dagnelie, 2003) avec des parcelles élémentaires de 9 m x 14 m, répétées trois fois. La couverture végétale utilisée est constituée de paille de blé. Le taux de couverture est estimé selon la procédure décrite par Kline (2000). Le couvert des différents traitements est ajusté, par rapport au pourcentage de résidus estimé, au moment de la mise en place de la culture. Un blé dur, variété Mohamed Ben Bachir (MBB) a été installé au cours de la deuxième semaine du mois de novembre à une densité de 350 grains/m<sup>2</sup>.

### 2.3. Mesures et notations

L'humidité pondérale du sol (H %) est obtenue par gravimétrie (Duchauffour, 1997) sur des échantillons pris sur l'épaisseur 0-40 cm par tranche de 10 cm. Les poids frais (PF) et sec (PS) sont déterminés avec une balance de précision dans le laboratoire de l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (INRAA), unité de recherche de Sétif.

$$H\% = \frac{100(PF - PS)}{PS} \quad (1)$$

La quantité d'eau disponible dans le profil (H, mm) est déduite par la formule:

$$H(mm) = \frac{[(H\% - H_{PF}) \times h \times da]}{100} \quad (2)$$

où H% = humidité pondérale du sol, H<sub>PF</sub> = humidité du sol au point de flétrissement, considérée comme étant égale à 11% (Kribaa *et al.*, 2001) ; h = profondeur de la couche en mm, da= densité apparente du sol du site expérimental considéré.

La densité apparente (da), déterminée par la méthode au cylindre, est calculée selon la formule:

$$da = \frac{P(g)}{V(cm^3)} \quad (3)$$

où P (g) = poids sec à 105°C pendant 24 heures, du sol pris dans un cylindre métallique de volume V connu (cm<sup>3</sup>).

La quantité d'eau utilisée (EU) par la culture est estimée selon Chen *et al.*, (2003), à partir des humidités résiduelles au semis (HS) et à la récolte (HR), auxquelles on ajoute les précipitations (P) enregistrées au cours du cycle de culture:

$$EU(mm) = P + HS - HR \quad (4)$$

La teneur relative en eau (TRE) est déterminée sur un échantillon de cinq feuilles, selon la procédure décrite par Benmahammed *et al.*, (2010). Les cinq feuilles échantillonnées par traitement sont directement pesées pour avoir le poids frais (PF). Elles sont ensuite insérées dans un tube à essai contenant de l'eau distillée et mises à l'abri de la lumière, à température ambiante du laboratoire, pour atteindre l'état turgide. Quatre heures après, elles sont pesées pour obtenir le poids turgide (PT), après avoir pris soin de les essuyer de l'excès d'eau avec du papier buvard. L'échantillon de feuilles est mis à sécher dans une étuve à 65°C pendant 16 heures pour obtenir le poids sec (PS). La teneur relative en eau est calculée par:

$$TRE(\%) = \frac{100(PF - PS)}{(PT - PS)} \quad (5)$$

Le test de l'intégrité cellulaire est effectué sur les deux dernières feuilles entièrement développées pour tester l'effet du stress hydrique (Bajji *et al.*, 2001). Deux feuilles sont prises au hasard par traitement. Ces échantillons sont lavés à l'eau courante et sont découpées en morceaux de 1cm de long. Un échantillon de 10 segments du limbe foliaire est mis dans un tube à essai et lavé trois fois avec de l'eau distillée pour enlever les poussières adhérentes qui peuvent influencer sur la conductivité de la solution. Trois tubes sont utilisés par traitement. A chaque tube on ajoute 10 ml d'eau distillée déminéralisée. Les tubes, ainsi traités sont périodiquement agités manuellement et laissés à la température ambiante du laboratoire. Une première lecture est faite (EC<sub>1</sub>) avec le conductimètre 24 heures après. Les tubes sont ensuite mis dans un bain marie, dont la température est portée à 100°C pendant 60 minutes. Une deuxième lecture de la conductivité est faite

24 heures après le passage des échantillons au bain marie ( $EC_2$ ). Le pourcentage de cellules endommagées par le stress hydrique est estimé, selon la procédure de Bajji *et al.*, (2001), comme suit:

$$\% inj = 100 (EC_1 / EC_2) \quad (6)$$

où % inj est le % de cellules endommagées par le déficit hydrique,  $EC_1$  et  $EC_2$  sont respectivement les conductivités du traitement avant et après passage au bain marie.

La matière sèche totale accumulée en surface est mesurée à différentes dates au cours du cycle de la végétation (102, 125, 138, 148, 160, 172 et 190 jours après levée-JAL) suivant les différents stades phénologiques de la céréale. La végétation d'un segment de rang de 1m de long est fauchée par parcelle élémentaire. Le poids sec est déterminé après passage à l'étuve portée à une température de 85°C pendant 48 heures.

Le nombre d'épis par  $m^2$  (NE) est déterminé à partir du comptage de deux placettes d'une longueur de 2 m linéaires chacune, par parcelle élémentaire puis rapportée au  $m^2$ . Le battage des épis provenant des placettes récoltées donne une estimation du rendement en grain. Ce dernier déduit de la biomasse totale (BIO) donne une estimation du rendement en paille (PLL). Le rendement économique (RDTéco) est obtenu à partir de la somme du rendement en grain et de l'équivalent grain de la paille produite (Annichiarico *et al.*, 2005). La hauteur de la plante (HT) est prise en cm du sol jusqu'à la pointe de l'épi, barbes non incluses. Le rendement en grain est déterminé aussi après la récolte de l'expérimentation avec une moissonneuse-batteuse expérimentale. Le poids de mille grains est déduit à partir du comptage du nombre de grains d'un échantillon de 30 g. Le nombre de grains par épi (NGE) est déduit par calcul selon la formule suivante:

$$NGE = \frac{1000RDT}{NE \times PMG} \quad (7)$$

où RDT représente le rendement en grain ( $g/m^2$ ), NE est le nombre d'épis/ $m^2$  et PMG est le poids de 1000 grains en gramme. Le nombre de grains au  $m^2$  ( $NGM^2$ ) a été déterminé à partir du produit du nombre d'épis par  $m^2$  et du nombre de grains par épi. Le rendement grain et la biomasse aérienne ont servi à déterminer l'indice de récolte (HI).

L'efficacité d'utilisation de l'eau (EUE) est calculée par le rapport de la biomasse accumulée ou du rendement en grain à la quantité d'eau consommée pour produire cette biomasse déduite de l'eau restante à la fin de l'expérience dans le sol :

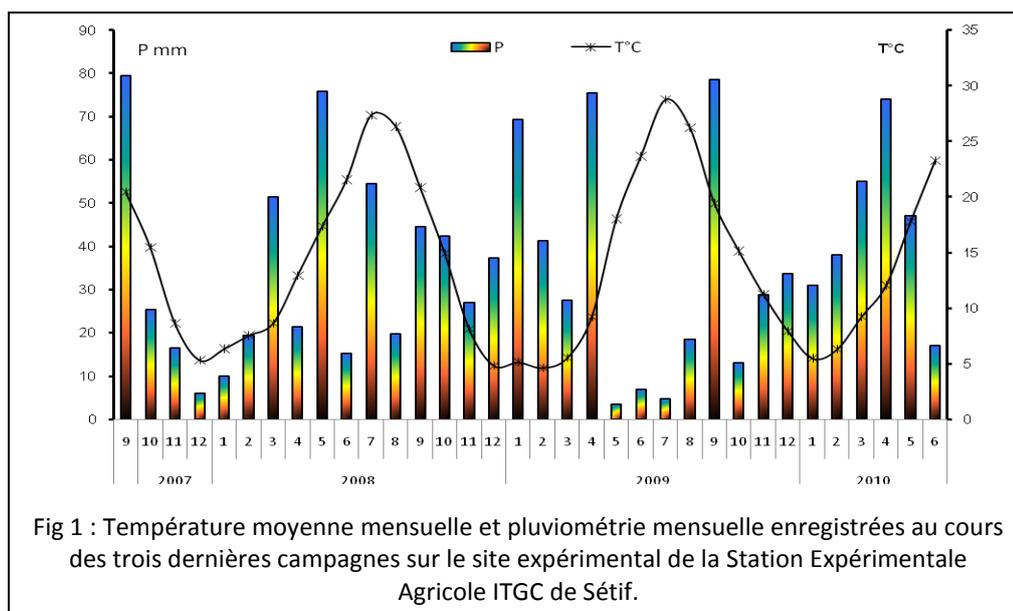
$$EUE = \frac{BIO(g)}{H_2O(mm)} \quad (8)$$

Les données collectées ont été analysées avec le logiciel CropStat 7.2.3 (CropStat, 2009).

### 3. Résultats et discussion

#### 3.1. Climat de la campagne d'étude

Les trois campagnes, 2007/08, 2008/09 et 2009/10 ont enregistré respectivement un cumul de 320.3, 375.0 et 417.1 mm de pluie au cours de la période allant de septembre à juin qui correspond au cycle de la culture du blé dur. Les moyennes de la température moyenne pour la même période sont respectivement de 12.4, 11.5 et 12.75°C (Figure 1). La répartition de la température est bimodale, élevée au cours de l'été et basse au cours de l'hiver. De novembre à mars, la température moyenne mensuelle reste inférieure à 10°C, seuil qui permet à la végétation de croître normalement pour valoriser les pluies enregistrées. La pluviométrie montre une distribution variable d'un mois à l'autre et d'une campagne à l'autre. Ainsi l'hiver 2007/08 est relativement sec, celui de 2009/10 est moyennement pluvieux alors que celui de 2008/09 est plus pluvieux. A l'inverse, le printemps de la campagne 2008/09 est très sec, notamment au cours des mois de mai et juin, période de remplissage du grain de la céréale alors que celui de 2009/10 est très pluvieux (Figure 1). Ces variations de la pluviométrie et de la température constituent un trait caractéristique du climat des Hauts plateaux Sétifiens.



### 3.2. Installation de la culture de blé dur

La levée a eu lieu le 10 décembre. L'analyse de la variance du nombre de plants levés montre des différences significatives entre traitements. La différence est plus marquée entre SD et TC, dont les moyennes sont respectivement de 301.9 et 171.7 plants/m<sup>2</sup>. Le SD montre une levée plus homogène et une meilleure régularité de la profondeur de semis. Le TC produit un lit de semis soufflé qui affecte la régularité de la profondeur du semis et l'homogénéité de la levée, ce qui a pour conséquence des pertes plus importantes. Ces pertes sont évaluées à 50.94% dans la présente étude. Aibar (2006) note que le SD présente l'avantage d'une levée plus homogène associée à une installation rapide de la culture. Klein *et al.*, (2002) observent un nombre de plants levés et une capacité de survie des plantules au stress hydrique, plus élevés sous SD comparativement au TC. La présence des résidus en surface du sol n'affecte pas le nombre de plants levés. En effet, les différences entre les moyennes du nombre de plants/m<sup>2</sup> levés sans ou avec couvert végétal ne sont pas significatives. Ces moyennes sont de 296.9, 304.4 et 304.6 plants/m<sup>2</sup>, respectivement pour SD<sub>0%</sub>, SD<sub>30%</sub> et SD<sub>60%</sub>. Ces résultats corroborent ceux de Kravchenko et Thelen (2007).

### 3.3. Evolution de la biomasse aérienne

La biomasse aérienne accumulée varie significativement selon le travail du sol, le taux de résidus en couverture et la date d'échantillonnage avec une interaction travail du sol x dates d'échantillonnages significative (Tableau 1). La moyenne des sept dates d'échantillonnages est de 6.36 et 5.52 t ha<sup>-1</sup>, respectivement pour le TC et le SD. La différence entre ces deux moyennes est significative au seuil de 5% (Ppds<sub>5%</sub> = 0.65 t ha<sup>-1</sup>), indiquant que le TC accumule plus de biomasse que le SD (Figure 2). Ces résultats rejoignent ceux de Lopez-Bellido *et al.*, (2000) qui rapportent que la biomasse produite est plus importante sous TC que sous SD. La présence du couvert végétal a un effet significatif sur l'accumulation de la biomasse. Les moyennes des sept dates sont de 4.85, 5.62 et 6.09 t ha<sup>-1</sup> respectivement pour SD<sub>0%</sub>, SD<sub>30%</sub> et SD<sub>60%</sub>.

Tableau 1. Carrés moyens de l'analyse de la variance de la biomasse aérienne accumulée au cours du cycle de la culture du blé dur, variété MBB.

Source	Traitements (T)	Rép/T	Dates (D)	D x T	Résidus
Ddl	3	8	6	18	48
BIO (t ha <sup>-1</sup> )	16.46**	0.85 <sup>ns</sup>	101.09**	4.08**	1.18

ns, \*, \*\* = effet non significatif et significatif au seuil de 5 et 1%, respectivement.

L'étude de l'interaction indique que les différences d'accumulation de la biomasse entre le travail du sol et le couvert végétal deviennent apparentes dès 125 jours après levée (JAL) (Figures 2 et 3). Les moyennes de la biomasse accumulée en fin de cycle sont de 6.3, 7.79, 9.25 et 9.86 t ha<sup>-1</sup> respectivement pour SD<sub>0%</sub>, SD<sub>30%</sub>, SD<sub>60%</sub> et le TC (Figure 2).

A maturité, le SD<sub>60%</sub> produit 0.4 t ha<sup>-1</sup> de moins que le TC, cette différence est statistiquement non significative. En revanche, le SD<sub>0%</sub> produit nettement moins de biomasse aérienne en fin de cycle. Ces résultats montrent que dans les conditions de la présente expérimentation, le travail conventionnel du sol a favorisé la production de biomasse. En SD, l'accroissement de la production de la biomasse aérienne est fonction du taux de la couverture du sol (Figure 2). Plusieurs auteurs ont rapporté l'amélioration du confort hydrique de la culture semée sous la couverture végétale. Relativement à un sol nu, l'augmentation des résidus facilite l'infiltration, réduit la vitesse du vent et du ruissellement. Elle limite l'évaporation et la remontée par capillarité de l'eau des profondeurs du sol, maintenant une humidité supplémentaire dans le sol qui est valorisée par la culture (Mrabet, 2002 ; Findeling *et al.*, 2003 ; Khaledian *et al.*, 2006). L'analyse des coefficients de régression de la biomasse (Figure 2) indique qu'au-delà du 125 JAL, le rythme de croissance de la céréale est plus élevé en TC qu'en SD. En SD, le taux de croissance de la culture augmente en fonction de la quantité des résidus, passant de 0.048 t ha<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup> pour SD<sub>0%</sub>, à 0.091 t ha<sup>-1</sup> jour<sup>-1</sup> pour SD<sub>60%</sub>, le SD<sub>30%</sub> étant intermédiaire. Ces taux de croissance indiquent que le SD<sub>60%</sub> présente pratiquement le même rythme de développement que le TC.

### Comportement de la culture vis-à-vis du stress hydrique

Les valeurs moyennes des dommages cellulaires (% inj) sont de 34.9, 34.9, 45.4 et 21.4%, respectivement pour SD<sub>0%</sub>, SD<sub>30%</sub>, SD<sub>60%</sub> et TC (Ppds<sub>5%</sub> = 4.8%). La plante est moins soumise au stress hydrique en TC qu'en SD (38.4 et 21.4%). L'analyse des moyennes de la TRE confirme les résultats de l'intégrité cellulaire. En effet la TRE des SD<sub>0%</sub>, SD<sub>30%</sub>, SD<sub>60%</sub> et TC est de 72.8, 75.3, 78.5 et 84.1% (Ppds<sub>5%</sub> = 3.57%). La TRE baisse à mesure que le cycle de la culture tire vers sa fin, variant de 91.6, 83.6, 75.7 à 59.8%, respectivement aux dates 129, 134, 145 et 153 JAL (Ppds<sub>5%</sub> = 6.5%). Ces résultats suggèrent que la plante est plus sensible au stress hydrique en SD avec ou sans couverture qu'en TC. Les résultats de la TRE indiquent que cette sensibilité est moindre à mesure que le taux de couverture augmente (Figure 3). Ces résultats suggèrent que le paillage pourrait maintenir un bon état hydrique des plantes en réduisant des effets du stress hydrique relativement au SD sans couverture du sol.

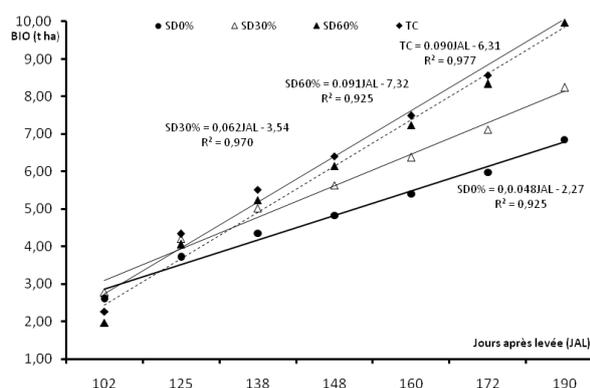


Fig. 2 : Evolution de la biomasse aérienne du TC et du SD avec différents couverts végétaux.

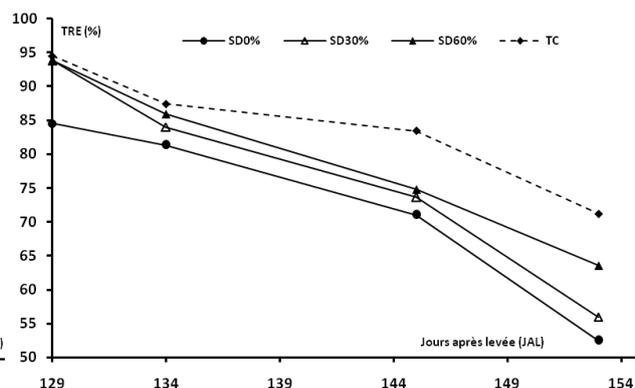


Fig. 3 : Variation de la teneur relative en eau du SD, avec et sans couvert végétal et du TC (Ppds<sub>5%</sub> = 5.1%).

### 3.4. Evolution de l'humidité du sol

L'analyse de la variance de l'humidité du sol mesurée au cours du cycle de la culture montre des effets traitements, dates, profondeurs et interactions entre ces facteurs significatifs (Tableau 2). L'humidité moyenne, des 4 profondeurs et des 6 dates d'échantillonnages, est de 14.4, 14.5, 14.9 et 17.1% respectivement pour les SD<sub>0%</sub>, SD<sub>30%</sub>, SD<sub>60%</sub> et le TC (Ppds<sub>5%</sub> = 0.63%). Elle varie selon les dates, prenant des valeurs de 21.1, 16.2, 14.2,

12.3 et 15.1%, (Ppds<sub>5%</sub> = 0.57%) respectivement pour les dates d'échantillonnages correspondants à 124, 133, 145, 153, 160 et 171 JAL. Des différences significatives d'humidité existent entre le TC et le SD, tout le long du cycle de la culture, pour s'égaliser à maturité (Figure 4). L'humidité du sol est plus élevée en TC qu'en SD quel que soit le taux de couverture. En SD, l'humidité diminue plus rapidement, de la mise en place jusqu'à 153 JAL, suggérant une plus grande utilisation de l'eau par la culture quand la couverture est importante (Figure 4). Par ailleurs, quoique le SD<sub>60%</sub> garde en fin de cycle une humidité quantitativement plus élevée que celle notée sur SD<sub>0%</sub> et SD<sub>30%</sub> et TC, la différence n'est pas significative, suggérant l'absence ou la faiblesse d'un effet des résidus (Figure 4) sur l'eau du sol souvent rapporté dans la littérature. L'absence de différence significative peut avoir plusieurs origines dont vraisemblablement une plus grande consommation d'eau sous SD<sub>60%</sub>, une évaporation plus élevée sous SD<sub>0%</sub> et un drainage profond. Hatfield *et al.*, (2001) font remarquer que le couvert végétal réduit l'évaporation et augmente l'infiltration. Unger (1992) note que le TC conserve mieux l'humidité du sol et de ce fait limite l'effet des stress abiotiques subis par la culture. La différence d'humidité observée entre le SD et le TC s'explique par l'humidité résiduelle laissée par la jachère travaillée au profit du TC comme l'atteste l'humidité au semis (Tableau 5). Cette différence a fait que le SD a subi un stress hydrique vers les 153 JAL, par contre le TC maintient un confort hydrique acceptable au-dessus du point de flétrissement (Figure 4).

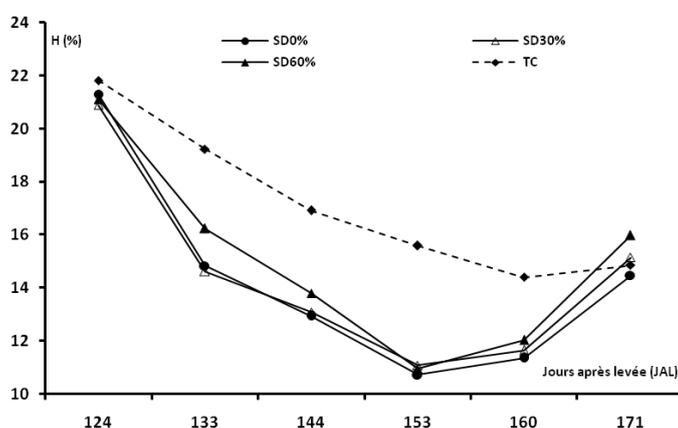


Fig. 4 : Evolution de l'humidité du sol (0-40 cm) du SD, avec et sans couvert végétal et du TC (Ppds<sub>5%</sub> = 1.08).

Tableau 2. Carrés moyens des écarts de l'analyse de la variance de l'humidité du sol de la culture du blé dur conduite en semis direct et en conventionnel.

Source	Ddl	H%
Traitements (T)	3	123.9**
Rép/T	8	2.7 <sup>ns</sup>
Dates (D)	5	533.7**
T x D	15	15.7**
Profondeur (P)	3	25.8**
D x P	15	11.6**
T x P	9	2.2 <sup>ns</sup>
T x D x P	45	1.9 <sup>ns</sup>
Résiduelle	184	1.7

ns, \*, \*\* = effet non significatif et significatif au seuil de 5 et 1%, respectivement.

### 3.5. Elaboration du rendement

L'analyse de la variance indique un effet traitement significatif pour l'ensemble des variables mesurées à maturité (Tableau 3).

Tableau 3. Carrés moyens des écarts de l'analyse de la variance des variables mesurées au stade maturité de la culture du blé dur.

Source	Ddl	HT	NE	NGE	PMG	RDT	NGM <sup>2</sup>	PLL	RDTéco	HI
Traitements	3	586**	21024*	55.10**	11.6**	7045**	4739820**	79114**	23482**	49.6*
TC vs SD	1	1463**	56644*	117**	34**	156 <sup>ns</sup>	241572**	148610**	16384**	22.6 <sup>ns</sup>
Résidus lin	1	265*	5953**	30**	0.5 <sup>ns</sup>	16854*	1173483**	49686**	38400**	124**
Résidus quad	1	37 <sup>ns</sup>	684 <sup>ns</sup>	17**	1.6 <sup>ns</sup>	4232**	2240844*	39762**	15488**	2.6 <sup>ns</sup>
Répétitions	3	2.6	872 <sup>ns</sup>	4.5 <sup>ns</sup>	1.8 <sup>ns</sup>	73.0 <sup>ns</sup>	8348 <sup>ns</sup>	32.4 <sup>ns</sup>	95.6 <sup>ns</sup>	0.12 <sup>ns</sup>
Erreur	9	47.0	259	5.3	2.81	458	35388	3111	696	8.9

ns, \*, \*\* = effet non significatif et significatif au seuil de 5 et 1%, respectivement.

L'étude des moyennes des variables mesurées indique l'avantage du TC pour la hauteur de la végétation, le nombre de grains par épi, le nombre de grains par m<sup>2</sup>, le poids de 1000 grains, les rendements paille et économique et l'indice de récolte (Tableau 4). Le SD se montre avantageux pour le nombre d'épis par m<sup>2</sup>. Les différences pour le rendement en grain ne sont pas significatives (Tableau 4). Relativement au TC, le SD apporte un avantage de plus de 60% pour le nombre d'épis/m<sup>2</sup> associé à des réductions allant de -4 à -35% pour le poids de 1000 grains, la hauteur de la végétation et le nombre de grains par épi (Figure 5). Le TC présente une augmentation du nombre de grains par épi qui compense la forte réduction des épis par m<sup>2</sup>. Dans la littérature, la réduction du rendement en grain du SD relativement au TC varie de -4.7% (Lopez-Bellido *et al.*, 2000) à -18.26% (Payne *et al.*, 2000). Les résultats de la présente étude ne montrent pas de baisse significative du rendement grain entre TC et SD.

Tableau 4. Moyennes des variables mesurées au stade maturité des différents traitements.

Traitements	HT	NE	NGE	PMG	RDT	NGM <sup>2</sup>	PLL	RDTéco	HI
Effet travail du sol									
SD	70.5 <sup>b</sup>	420 <sup>a</sup>	13.7 <sup>b</sup>	38.6 <sup>b</sup>	223.7 <sup>a</sup>	5797 <sup>a</sup>	488 <sup>b</sup>	369 <sup>b</sup>	28.7 <sup>b</sup>
TC	96.0 <sup>a</sup>	262 <sup>b</sup>	20.9 <sup>a</sup>	42.5 <sup>a</sup>	232.1 <sup>a</sup>	5470 <sup>b</sup>	745 <sup>a</sup>	455 <sup>a</sup>	31.9 <sup>a</sup>
Effet résidus									
SD <sub>0%</sub>	65.3 <sup>b</sup>	383 <sup>b</sup>	12.4 <sup>b</sup>	39.2 <sup>a</sup>	185.9 <sup>b</sup>	4752 <sup>b</sup>	444 <sup>b</sup>	319 <sup>b</sup>	23.8 <sup>c</sup>
SD <sub>30%</sub>	67.6 <sup>b</sup>	433 <sup>a</sup>	11.7 <sup>b</sup>	38.0 <sup>a</sup>	193.3 <sup>b</sup>	5092 <sup>b</sup>	394 <sup>b</sup>	311 <sup>b</sup>	29.5 <sup>b</sup>
SD <sub>60%</sub>	78.6 <sup>a</sup>	446 <sup>a</sup>	16.9 <sup>a</sup>	38.6 <sup>a</sup>	291.8 <sup>a</sup>	7549 <sup>a</sup>	626 <sup>a</sup>	479 <sup>a</sup>	32.9 <sup>a</sup>
Ppds <sub>5%</sub>	3.37	32.1	3.1	1.7	42.7	571.4	55.2	39.1	2.9

Moyennes suivies par la même lettre ne sont pas différentes significativement au seuil de 5%.

En revanche, les rendements en paille (PLL) et économique (RDTéco) sont significativement plus élevés en TC qu'en SD. Le taux de résidus affecte significativement l'expression des variables mesurées. Pour ce qui est de l'effet de la couverture, les résultats attestent que SD<sub>60%</sub> enregistre des écarts positifs et significatifs relativement au SD<sub>0%</sub> pour l'ensemble des variables mesurées à maturité (Tableau 4). Ces écarts surclassent le SD<sub>60%</sub> au détriment du TC pour le rendement en grain et le nombre de grains par m<sup>2</sup>. Le poids de 1000 grains reste insensible à l'effet du couvert végétal. Ces résultats montrent l'intérêt de la couverture du sol dans le cas de la pratique du semis direct. Kravchenko et Thelen (2007) mentionnent que la contribution du couvert

végétal, au rendement grain, varie de +2.0% à +21.2%. De Vita *et al.*, (2007) mentionnent que le semis direct sans couvert végétal donne des résultats négatifs; ils rapportent un rendement élevé et une meilleure efficacité d'utilisation de l'eau pour le SD avec une couverture végétale. Par contre Hammel (1995) obtient des rendements plus faibles en SD.

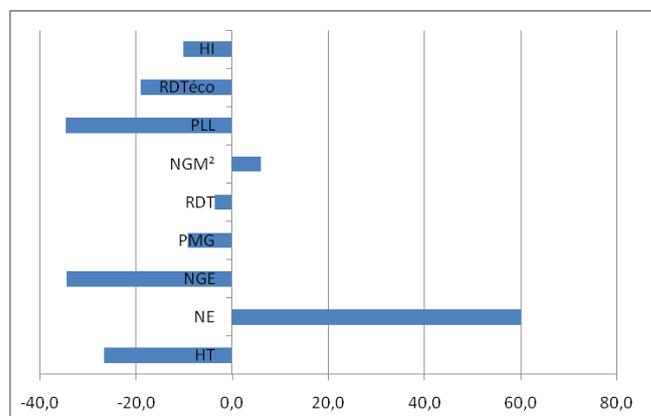


Fig 5 : Ecart relatif des variables mesurées à maturité du SD par rapport au TC.

### 3.6. Efficience d'utilisation des eaux pluviales

La quantité d'eau utilisée par la culture, calculée par différence entre l'humidité au semis et celle à la récolte additionnée de la pluie enregistrée est de 305.8, 302.4, 298.2 à 334.4 mm, respectivement pour SD<sub>0%</sub>, SD<sub>30%</sub>, SD<sub>60%</sub> et TC (Tableau 5). Le TC a utilisé plus d'eau au cours du cycle de la culture que le SD. Cet avantage est vraisemblablement dû à l'humidité du sol disponible au moment du semis du TC dont le précédent cultural est une jachère intégrale alors que la jachère précédant le semis direct n'a pas été désherbée. Autrement dit, la jachère non travaillée perd plus d'eau par évaporation et transpiration que la jachère travaillée, confirmant ainsi les thèses du dry-farming. Quoique non soumises à une analyse de la variance, les quantités d'eau utilisée par les traitements SD sont équivalentes, malgré les différences du taux de couverture du sol. Chennafi *et al.*, (2011) rapportent que le SD présente des différences d'évaporation et de transpiration induites par la variation du taux de couverture du sol.

L'effet de la couverture du sol est plus marquant sur l'efficience d'utilisation de l'eau (EUE). En effet, si l'on considère la production du grain, les valeurs de l'EUE des différents traitements varient de 6.08, 6.39, 9.78 à 6.94 kg mm<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivement pour SD<sub>0%</sub>, SD<sub>30%</sub>, SD<sub>60%</sub> et TC. Pour la production de la biomasse, les chiffres varient de 22.54, 22.67, 29.75 à 21.76 kg mm<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>, respectivement pour SD<sub>0%</sub>, SD<sub>30%</sub>, SD<sub>60%</sub> et TC. Ces résultats indiquent que sans ou avec un faible taux de couverture végétale le SD présente une efficacité d'utilisation de l'eau similaire à celle du TC. Cependant, lorsque la couverture végétale est plus conséquente, 60% dans le cas de la présente étude, l'efficience d'utilisation de l'eau est nettement meilleure en SD comparativement à TC. Un taux élevé de la couverture végétale semble améliorer l'utilisation des eaux pluviales par la culture du blé dur. A ce sujet Mohammad *et al.*, (2012) rapportent, qu'en SD, la couverture végétale améliore l'efficience de l'utilisation de l'eau, suite à un meilleur stockage de la pluviométrie.

Tableau 5. Quantités d'eau du sol disponible pour la culture au semis et à la récolte, pluie enregistrée au cours du cycle et quantité totale d'eau utilisée par la culture des différents traitements.

Traitements	H semis (mm)	H récolte (mm)	Pluie (mm)	H <sub>2</sub> O utilisée (mm)
SD <sub>0%</sub>	16.02	17.21	307	305.8
SD <sub>30%</sub>	16.02	20.58	307	302.4
SD <sub>60%</sub>	16.02	24.70	307	298.3
TC	45.63	18.22	307	334.4

#### 4. Conclusion

Dans cette étude, menée dans les conditions pluviales des HPS semi-arides, on s'est intéressé à l'élaboration du rendement en lien avec l'utilisation de l'eau d'un blé dur var MBB, conduit en semis direct, avec et sans couverture, versus travail conventionnel. Les résultats de la première année de l'essai, indiquent que le TC est plus avantageux en termes de production de biomasse aérienne et de conservation de l'humidité du sol en jachère. Ceci est important dans une région où l'association céréale élevage ovin est très répandue. Cependant, les résultats de cette étude attirent l'attention sur l'importance de la couverture du sol en SD. L'effet de la couverture végétale mérite donc d'être confirmé par d'autres études dans la région, ceci du fait d'une large utilisation de la paille en alimentation animale et son utilisation comme couverture végétale en SD doit se justifier, économiquement, par une augmentation du rendement en grain.

#### Références bibliographiques

1. **Chennafi, H., Aïdaoui, A., Bouzerzour, H., Saci, A., 2006.** Yield response of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivar Waha to deficit irrigation under semi arid growth conditions. *Asian J. Plant Sci.*, 5: 854-860.
2. **Nielsen, D.C., Unger, P.W., Millar, P.R., 2005.** Efficient water use in dryland cropping systems in the Great Plains. *Agron. J.*, 97: 364-372.
3. **Lahmar, R., 2006.** Opportunités et limites de l'agriculture de conservation en Méditerranée. Les enseignements du projet KASSA. *Options Méditerranéennes*, 69: 11-18.
4. **Lyons, D.J., Hammer, G.L., McLean, G.B., 2003.** Field studies to determine no-till dryland corn population recommendations for semi arid Western Nebraska. *Agron. J.*, 95: 884-891.
5. **Lahmar, R., Bouzerzour, H., 2010.** Du mulch terreux au mulch organique. Revisiter le dry-farming pour assurer une transition vers l'agriculture durable dans les Hautes Plaines Sétifiennes. Actes des IV<sup>èmes</sup> RMSD, Setif, 3-5 mai 2010. *Recherches Agronomiques, INRAA N° spécial* : 48-58.
6. **Kang, H., Zhu, B.A., Hong, L.H., Dong, C.J., 2001.** The effect of no-tillage with straw cover on soil fertility and wheat yield. *Shaanxi Agric. Sci.*, 9: 1-3.
7. **Hatfield, J.L., Sauer, T.J., Prueger, J.H., 2001.** Managing soils to achieve greater water use efficiency. *Agron. J.*, 93: 271-280.
8. **Mrabet, R., 2011.** Effects of residue management and cropping systems on wheat yield stability in a semiarid Mediterranean clay soil. *American Journal of Plant Sciences*, 2: 202-216.
9. **Bouguendouz, A., 2010.** Effet de trois itinéraires techniques sur l'élaboration du rendement de l'orge (*Hordeum vulgare* L.) sous conditions semi-arides des hautes plaines Sétifiennes. Actes des IV<sup>èmes</sup> RMSD, Setif, 3-5 mai 2010. *Recherches Agronomiques, INRAA. N° Spécial* : 161-164.
10. **Kribaa, M., Hallaire V., Curmi P., Lahmar R., 2001.** Effects of various cultivation methods on the structure and hydraulic properties of soil in semi-arid climate. *Soil Tillage Res.*, 60: 43-53.
11. **Dagnelie, P., 2003.** Principes d'expérimentation : planification des expériences et analyse de leurs résultats. Les presses agronomiques de Gembloux, 397 p.
12. **Kline, R., 2000.** Estimating crop residue cover for soil erosion control. Soil Factsheet. Ministry of Agriculture and Food. British Columbia 4 p. [www.agf.gov.bc.ca/resmgmt/publist/.641220-1.pdf](http://www.agf.gov.bc.ca/resmgmt/publist/.641220-1.pdf).
13. **Duchauffour, Ph., 1997.** Abrégé de pédologie. sol, végétation, environnement. Masson, Paris, 291p.
14. **Chen, C, Payne, A.W., Smiley, R.W., Stoltz, M., 2003.** Yield and water use efficiency of eight wheat cultivars planted on seven dates in Northeastern Oregon. *Agron. J.*, 95: 836-843.
15. **Benmahammed, A., Nouar, H., Haddad, L., Laala, Z., Oulmi, A., Bouzerzour, H., 2010.** Analyse de la stabilité des performances de rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf.) sous conditions semi-arides. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 14: 177-186.
16. **Bajji, M., Lutts S., Kinet J.M., 2001.** Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf aging in three durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid conditions. *Plant Sci.*, 160: 669-681.
17. **Annichiarico, P., Abdellaoui, Z., Kelkoul, M., Zerargui, H., 2005.** Grain yield, straw yield and economic value of tall and semi-dwarf durum wheat cultivars in Algeria. *J. Agric. Sci.*, 143: 57-64.
18. **CropStat, 2009.** Logiciel de statistique, version 7.2.3., IRRI, Manilla.
19. **Aibar, J., 2006.** La lutte contre les mauvaises herbes pour les céréales en semis direct : Principaux problèmes. *Options Méditerranéennes*, 69: 19-26.
20. **Klein, J.D., Mufradi I., Cohen S., Hebbe Y., Asido S., Dolgin B., Bonfil D.J., 2002.** Establishment of wheat seedlings after early sowing and germination in an arid Mediterranean environment. *Agron. J.*, 94: 585-593.

21. **Kravchenko, A.G., Thelen K.D., 2007.** Effect of Winter Wheat Crop Residue on No-Till Corn Growth and Development. *Agron. J.*, 99: 549-555.
22. **Lopez-Bellido, L., Lopez-Bellido, R.J., Castillo, J.E., Lopez-Bellido, F.J., 2000.** Effects of tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on wheat under rainfed Mediterranean conditions. *Agron. J.*, 92: 1054-1063.
23. **Mrabet, R., 2002.** Wheat yield and water use efficiency under contrasting residue and tillage management systems in a semiarid area of Morocco. *Exp. Agric.*, 38: 237-248.
24. **Findeling, A., Ruy S., Scopel E., 2003.** Modeling the effects of a partial residue mulch on runoff using a physically based approach. *J. Hydrol.*, 275: 49-66.
25. **Khaledian, M.R., Ruelle P., Mailhol J.C., Delage L., Rosique P., 2006.** Evaluating direct seeding on mulch on a field scale. *Options Méditerranéennes*, 69: 125-129.
26. **Unger, P.W., 1992.** Infiltration of simulated rainfall: tillage system and crop residue effects. *Soil Science Society of American Journal*, 56: 283-289.
27. **Payne, W.A., Rasmussen P.E., Ramig R.E., 2000.** Tillage and rainfall effects upon a winter wheat–dry pea rotation. *Agron. J.*, 92: 933-937.
28. **De Vita, P., Di Paolo E., Fecondo, G., Di Fonzo, N., Pisante, M., 2007.** No till and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in Southern Italy. *Soil and Tillage Res.*, 92: 69-78.
29. **Hammel, J.E., 1995.** Long-term tillage and crop rotation effects on winter wheat production in Northern Idaho. *Agron. J.*, 87: 16-22.
30. **Chennafi, H., Hannachi, A., Touahria, O., Fellahi, Z., Makhoulouf, M., Bouzerzour, H., 2011.** Tillage and residue management effect on durum wheat [*Triticum turgidum* (L.) Thell. ssp. *turgidum* conv. *durum* (Desf.) MacKey] Growth and Yield Under Semi Arid Climate. *Advances in Environmental Biology*, 5: 3231-3240.
31. **Mohammad, W., Shah, S.M., Shehzadi, S., Shah, S.A., 2012.** Effect of tillage, rotation and crop residues on wheat crop productivity, fertilizer nitrogen and water use efficiency and soil organic carbon status in dry area (rainfed) of north-west Pakistan. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12: 715-727.