

Étude comparative de l'effet du travail conventionnel, semis direct et travail minimum sur le comportement d'une culture de blé dur dans la zone subhumide

Abdellaoui Z., Teskrat H., Belhadj A., Zaghouane O.

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 71-87

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

<http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=801420>

To cite this article / Pour citer cet article

Abdellaoui Z., Teskrat H., Belhadj A., Zaghouane O. **Étude comparative de l'effet du travail conventionnel, semis direct et travail minimum sur le comportement d'une culture de blé dur dans la zone subhumide.** 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. 71-87 (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 96)



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

Étude comparative de l'effet du travail conventionnel, semis direct et travail minimum sur le comportement d'une culture de blé dur dans la zone subhumide

Z. Abdellaoui*, H. Teskrat*, A. Belhadj** et O. Zaghouane*

*Institut Technique des Grandes Cultures, 1, Rue Hassan Badi,
BP 16, El-Harrach, Alger (Algérie)

**Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Rue Hassen Badi, El Harrach
16200 Alger (Algérie)
e-mail: lisa_zak68@yahoo.fr

Résumé. L'étude comparative du travail minimum, du semis direct et du travail conventionnel menée pendant 5 années en zone subhumide algérienne a montré une différence de comportement de la culture de blé dur et une évolution des caractéristiques du sol. En première année de conduite culturale, le mode conventionnel a exprimé le plus haut rendement par rapport aux techniques simplifiées et au semis direct. Après la 3^{ème} année, la pratique du non labour a donné les meilleurs rendements, soit une élévation de 10 q/ha par rapport aux pratiques conventionnelles. Ce qui confirme que la production du blé en semis direct, se révèle meilleure avec l'accroissement de la durée de sa pratique. Toutefois, les conditions d'humidité du sol élevées au moment du semis après la 5^{ème} année de conduite, ont généré une mauvaise levée donc un rendement moins important. Les caractéristiques du sol ont également révélé des différences sur les trois modes de travail du sol (SD, TM, TC). En effet, une meilleure capacité de rétention en eau du sol est mesurée sur le non labour, ainsi qu'une meilleure teneur en matière organique marquée sur chacun des trois horizons étudiés. La comparaison de la densité apparente montre une nette variation au niveau de l'horizon de surface (0-8 cm) avec la valeur la plus importante marquée sur le travail conventionnel.

Mots-clés. Semis direct – Blé dur – Rendement – Humidité du sol – Matière organique – Densité apparente.

Comparative study of conventional, minimum and no tillage on growth of durum wheat crop in sub humid zone

Abstract. *The comparative study of reduced tillage, zero tillage and conventional tillage conducted during 5 years in the sub-humid zone of Algeria showed a difference of the development of durum wheat and changes of some soil characteristics. In the first year experiment, the yield was higher in the conventional tillage compared with reduced tillage and no-tillage. After the 3rd year, better yields were obtained with no-till with a 10 q/ha rise compared with conventional tillage. This confirms that the production of wheat under no till is improved year by year. However, after the 5th year of experiment, the high soil moisture at the seeding has generated lower yields. The different tillage practices have generated differences in soil characteristics. In fact a better water retention and a better content in organic matter in the three studied layers, were observed with no till. The bulk density shows a clear variation at the surface layer (0-8 cm) with the highest density in the conventional tillage.*

Keywords. *No-till – Durum wheat – Yield – Soil moisture – Organic matter – Bulk density.*

I – Introduction

La production des céréales en Algérie reste tributaire des facteurs agro-climatiques d'une part et d'autre part des facteurs d'ordre technique, la rotation, la fertilisation et le travail du sol. Le concept de l'agriculture durable vise principalement à maintenir la production végétale qui ne s'accomplit qu'avec la préservation de la capacité de production des sols (fertilité, qualité). La

conservation de l'eau et le contenu en carbone des sols sont parmi les paramètres importants qui déterminent la qualité du sol. Ils constituent souvent un facteur limitant dans la productivité en agriculture. La matière organique et l'activité biologique qui en découle, ont une influence majeure sur les propriétés physiques et chimiques des sols. L'agrégation et la stabilité de la structure du sol augmentent avec le contenu en carbone des sols. Les conséquences sont directes sur la dynamique de l'eau et la résistance à l'érosion par l'eau et le vent. Le carbone des sols affecte aussi la dynamique et la biodisponibilité des principaux éléments nutritifs. La densité apparente du sol détermine sa porosité. Cette dernière joue un rôle important dans les échanges hydriques et gazeux ainsi que dans le développement racinaire (Lahlou *et al.*, 2005). Parmi les facteurs qui contribuent à la modification de ces caractéristiques du sol, la pratique de techniques culturales en particulier le travail du sol, quand elle est inadaptée peut induire à la détérioration physique, chimique ou biologique du sol. La détérioration des composantes du sol ou de leurs liens fonctionnels, génère la perte de certaines qualités propres, ou une diminution dans leur capacité à assurer des fonctions essentielles : biologiques, écologiques, économiques, voire sociales (Cornet, 1980).

L'eau et le sol sont considérés comme les facteurs les plus importants à préserver pour garantir une production continue dans un contexte d'une agriculture durable. L'irrégularité du climat et l'aridité rendent la ressource en eau de plus en plus rare ce qui nécessite un intérêt particulier qui vise l'utilisation de techniques qui nous permettent de préserver et d'économiser cette ressource. Le phénomène de dégradation du sol est présent dans les hauts plateaux et les hautes plaines, zones de pratique de la céréaliculture, dû à des facteurs: le déficit hydrique, les pratiques culturales inadaptées et la surexploitation des terres qui ne suivent plus l'évolution pédoclimatique du milieu. La technique du travail du sol classique avec labour a atteint ses limites de développement dans certaines régions. Les terres labourées sont sujettes à l'érosion et à la baisse de fertilité impliquant des dégradations physiques parfois irréversibles. Pour limiter ce phénomène et raisonner avec le concept d'une agriculture durable, le recours aux techniques simplifiées et au semis direct serait le plus conseillé. La présente étude sur la comparaison des différentes techniques de travail du sol, programmée pour une longue durée, permet de discuter les conséquences des systèmes utilisant le non labour sur la production du blé et sur l'évolution des caractéristiques du sol. Les résultats des premières années d'expérimentation sont communiqués dans cet article.

II – Matériel et méthodes

1. Conduite de l'essai

L'étude est réalisée à la ferme de démonstration et de production de semences d'Oued Smar (latitude 36.7 N, longitude 3.2 E) située à 15 km du centre d'Alger, dans la plaine de la Mitidja. Le sol est de type argileux-limoneux, peu profond. La moyenne des précipitations est de 671 mm. L'essai de longue durée est installé sur ce site depuis 2004 afin d'évaluer l'effet du mode de gestion du sol sur le comportement du blé et sur l'évolution de la structure du sol et la conservation en eau. Le dispositif de l'essai est un bloc aléatoire complet à quatre répétitions. La dimension de la parcelle élémentaire est de 9 m de largeur sur 50 m de longueur. La rotation pratiquée est blé/bersim, c'est parmi les rotations les plus préconisées dans la zone subhumide. Les traitements étudiés sont : le travail du sol conventionnel (TC), le travail minimum (TM) et le semis direct (SD). L'étude est menée depuis l'année 2004. La première année a concerné une culture de blé dur, suivie l'année d'après par une culture de bersim comme précédent cultural. L'essai est suivi pendant 5 années, avec 3 années semées en blé dur. Le blé est semé en début décembre de chaque année à la dose de semis de 120 kg/ha. La variété de blé dur utilisée est Chen, qui possède une large adaptation et un bon potentiel productif, atteignant 35 à 40 q/ha. Les semis sont réalisés le même jour. Le semis en non labour est réalisé avec le semoir Sulky, Unidril série 100. Les fertilisants ont été apportés suivant les recommandations de l'Institut Technique des Grandes Cultures sur le blé dur, soit 2

quintaux de triple superphosphate 46% comme engrais de fond avant le semis, et 2 quintaux d'engrais azoté fractionnés en 2 apports, 1/3 au semis et 2/3 au stade tallage. En condition de non labour, la stratégie du désherbage appliquée est une application d'un désherbant total (glyphosate) en pré-semis pour contrôler les mauvaises herbes avant le semis et une autre application d'un désherbant à double action au stade tallage du blé. En condition de labour et sur techniques simplifiées, une application d'un herbicide de double action au stade tallage était suffisante. Le travail du sol conventionnel consiste en l'utilisation d'une charrue (à socs) au labour, d'un cover crop pour reprise de labour. Le travail simplifié consiste en l'utilisation d'outils à dents, le chisel au labour et le cultivateur pour préparer le lit de semences. Le semoir spécialisé du semis direct ouvre le sol, place la semence et ferme l'ouverture en un seul passage avec des opérations simultanées.

2. Conditions climatiques du site et leur effet sur la conduite de la culture

Les données climatiques ayant caractérisé les années d'expérimentation sont illustrées dans le Tableau 1. Les campagnes 2004/2005, 2006/2007 et 2008/2009 étaient caractérisées par un cumul pluviométrique dépassant la moyenne de la décennie 1989/2004 (Tableau 1), avec un total annuel atteignant 727,4 mm durant la campagne 2008/2009 (Fig. 1).

Tableau 1. Pluie (mm) saisonnière enregistrée durant les campagnes 2004/05, 2006/07 et 2008/09

Saisons	1989/2004	2004/05	2006/07	2008/09
Automne	170,0	142,5	61,5	280,6
Hiver	245,5	412,8	299,6	287,5
Printemps	164,7	70,9	262,0	159,7
Total	580,2	626,2	623,1	727,8

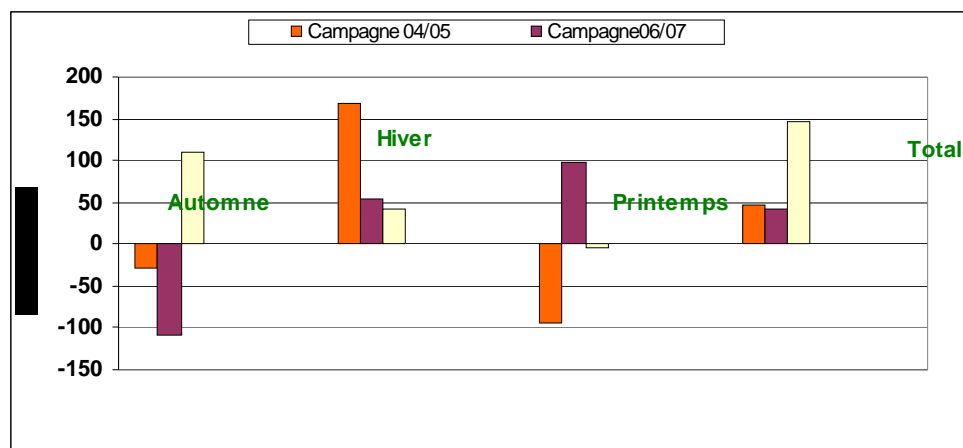


Fig. 1. Ecart de pluviométrie enregistrés au cours des années de conduite de l'essai.

L'automne de la campagne 2004/2005 était suffisant pour préparer un bon lit de semence, bien nivelé et émiétté, avec un état de surface suffisamment poreux et rugueux, nécessaire pour préserver un bon taux d'infiltration des eaux de pluie. Cependant l'hiver a été très pluvieux et

frais provoquant des inondations avec des pertes à la levée. Par ailleurs, l'automne de la campagne 2006/2007 a été affecté par un déficit de 108,5 mm. La préparation du sol et le semis ont été réalisés après les premières pluies dans de bonnes conditions d'humidité du sol. La quantité d'eau marquée après cette saison a été bénéfique pour un développement de la culture. La plante n'a pas été exposée à des stress hydriques durant tout le cycle de développement. En revanche l'automne et l'hiver caractérisant la campagne 2008/2009 ont été largement pluvieux, avec des cumuls pluviométriques respectifs de 280,6 mm et 287,5 mm. La préparation du lit de semence a été effectuée dans des conditions relativement humides. Le sol n'était pas bien ressuyé vu la fréquence importante de pluie notamment sur les parcelles de semis direct où les résidus de la culture ont retardé le réchauffement et l'assèchement du sol, ce qui a entravé la mise en place de la culture, le travail des roues de tassement est devenu plus difficile à cause des conditions du sol qui était collant et qui rendait la couverture du sillon difficile, ce qui a entraîné une levée hétérogène de la culture.

3. Les mesures effectuées

Les mesures effectuées sur la culture ont concerné le rendement en grains du blé et ses composantes. Les mesures des paramètres du sol sur les trois traitements ont été réalisées après la 3^{ème} année de conduite. L'évolution de l'humidité du sol est effectuée sur l'horizon (0-20 cm) sur les 3 modes de travail du sol (SD, TC, TM). Le niveau de la matière organique a été évalué sur les 3 horizons du sol (H1 : 0-8 cm ; H2 : 8-30 cm ; H3 : 30-40 cm) selon la méthode ANNE. Pour connaître l'effet du travail du sol sur la structure, la densité apparente est mesurée en prélevant des échantillons de sol de 250 cm³ de volume. Après dessiccation, l'échantillon est pesé. Le rapport du poids sur le volume détermine la densité apparente (g/cm³). Pour évaluer la capacité de rétention en eau du sol sur les différents modes de travail du sol, des échantillons de sol ont été prélevés et soumis à des pressions différentes par l'utilisation de la marmite de Richard. Les mesures des humidités du sol aux pF0, pF3 et pF4,2 ont été effectuées.

4. Analyses statistiques

Pour déterminer l'effet du mode de travail du sol sur les différents paramètres étudiés, les différentes mesures effectuées ont fait l'objet d'une analyse de variance, suivie du test de Newman Keul's pour séparer les groupes homogènes. Les différentes dépendances entre les paramètres sont identifiées avec les tests de corrélation. Ces analyses statistiques sont effectuées au moyen du logiciel STATISTICA.

III – Résultats et discussion

1. Comportement de la culture

A. La levée

Les mesures effectuées sur le comportement de la culture et sur la variation de certains paramètres du sol, ont révélé des différences selon le mode de travail du sol effectué. Pour une même densité de semis, une nette variation de la levée du blé selon l'année et selon le mode de travail du sol a été marquée. Les conditions d'humidité du sol au moment du semis ont eu un impact sur la réussite du semis direct. En effet, en l'année 2006 les conditions de semis étaient favorables, ce qui s'est traduit par un pourcentage de levée plus marqué sur le semis direct (Fig. 2). Au moment du semis une bonne adhérence de la graine avec le sol a favorisé la germination. Par contre, en l'année 2008/2009, le sol au moment du semis était humide, ce qui a engendré une levée très hétérogène en semis direct, ce qui laisse dire que le semis direct conditionne un très bon ressuyage du sol avant la mise en place. Les mêmes résultats sont également conclus sur une culture d'avoine et de blé dur dans les conditions semi-arides dans la région de Sétif où on a noté dès la première année de l'essai, une meilleure densité de

peuplement levée en semis direct dépassant de 50% et 20% la levée sur le conventionnel, respectivement pour l'avoine et le blé (Anonyme, 2008).

B. Les composantes de rendement

Le niveau des rendements est apprécié a priori par le niveau des différentes composantes constitutives du rendement, le peuplement épis, le nombre de grains par épi et le poids des grains (Gate, 1995). L'effet du mode de travail du sol sur les composantes de rendement était marqué sur la densité des épis au cours de la 3ème année de l'essai. La densité des épis du blé dur a varié significativement en fonction du type de travail du sol. Le peuplement le plus élevé est compté sur les parcelles conduites en non labour, dépassant ainsi de 15% celui du conventionnel (Tableau 2).

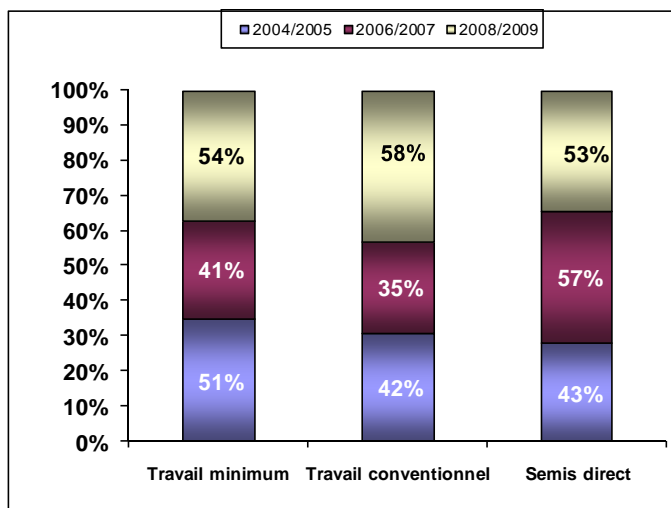


Fig. 2. Variation du taux de levée du blé.

Les résultats ont confirmé qu'un bon peuplement épi résulte, en plus des autres facteurs de production, d'un bon comportement de la culture à la levée. Ceci est également confirmé suite au même essai conduit en 1ère année sur blé dans d'autres conditions agro-climatiques (semi-aride) où 276 épis/m² sont comptés sur semis direct contre 166 épis/m² en conduite conventionnelle (Anonyme, 2008). Il n'en est pas de même pour le nombre et le poids des grains pour les années 2006/2007 et 2008/2009 (Tableau 2). Ils n'ont pas été affectés par le type de travail du sol. La fertilité des épis est par contre améliorée avec les bonnes conditions climatiques de la campagne, où on a compté une moyenne de 66 grains/épi au cours de l'année 2008/2009. Quant au poids des grains, les résultats ont montré qu'il est inversement proportionnel à la densité des épis.

C. Rendement grain

Les rendements ont varié significativement selon le mode de travail du sol pour les trois années d'expérimentation (Tableau 2). En première année de conduite culturale, le mode conventionnel a exprimé le plus haut rendement par rapport aux techniques simplifiées et au semis direct (Fig. 3). Ce qui rejoint les résultats de certains auteurs qui montrent que le semis direct montre des rendements moins performants qu'en techniques conventionnelles de travail du sol quand il est nouvellement pratiqué, notamment, dans zones semi arides en années sèches. Les résultats

obtenus en Tunisie par M'hedhbi (1995) et Bouhedjba (1997), ont montré que la simplification du travail du sol réduit le rendement du blé par rapport à la méthode conventionnelle. Contrairement, le même essai réalisé dans la région de Sétif sur différentes espèces de céréales (orge, blé tendre, blé dur) ont montré que le rendement en grains, après la 1ère année de non labour, a dépassé celui du conventionnel soit, 15 q/ha contre 8 q/ha dans le blé dur, et 11 q/ha contre 8 q/ha dans le blé tendre (Anonyme, 2008). Après la 3ème année de conduite en semis direct, une nette différence s'est montrée sur l'expression du rendement. Le non labour a donné les meilleurs rendements atteignant 38 q/ha, soit une élévation de 10 q/ha par rapport aux pratiques conventionnelles. Ce qui rejoint des travaux de Lafond (2003) qui a affirmé que la production du blé en semis direct, se révèle meilleure avec l'accroissement de la durée de conduite en non labour.

Tableau 2. Effet du travail du sol sur le rendement et ses composantes

	Composantes du rendement			Rendement q/ha
	Epis/m ²	Grains/épis	PMG (g)	
2004/05(An1)				
TM	161,75	49,54 ab	41,65	11,07 ab
TC	171,75	53,39 a	42,05	13,50 a
SD	149,5	47,87 b	39,67	10,05 b
2006/07 (An3)				
TM	359,83 ab	54,53	29,42	35,21 ab
TC	319,83 b	57,15	30,17	28,86 b
SD	368,58 a	54,83	29,6	38,5 a
2008/09 (An5)				
TM	330,58	66,90	37,95	38,18 b
TC	338,42	64,15	38,98	40,97 a
SD	335,08	68,43	37,08	34,97 b

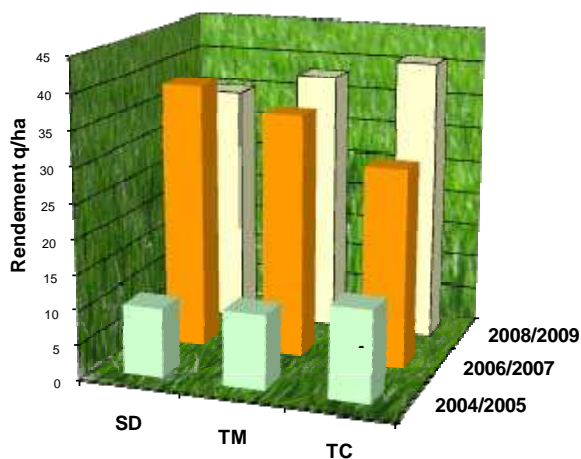


Fig. 3. Effet du type de travail du sol sur le rendement du blé.

Les travaux de recherches entamés sur plusieurs années au Maroc dans les zones semi arides ont montré que les performances de rendement réalisées en semis direct étaient les meilleures

(Bouzza ,1990 ; Mrabet, 2000) et que le travail minimal ou l'absence de travail du sol n'entraîne quasiment aucune perte de rendement (Mrabet, 2001). Selon El Bahri *et al.* (2000) cités par Mrabet (2001), les résultats d'essais chez des agriculteurs ont montré que le semis direct permet généralement des rendements de blé largement plus élevés comparées à ceux obtenus avec les façons culturales conventionnelles, soit en moyenne 19 q/ha contre 8 q/ha obtenu avec le travail du sol. Toutefois, les résultats obtenus au cours de la 5ème année de l'essai sont en faveur de la pratique en mode conventionnelle (Fig. 3). Le semis au cours de l'année 2008/2009 fut réalisé en conditions humides du sol, ce qui a généré une levée hétérogène sur les parcelles semées avec le semoir spécial semis direct. Les ouvertures du semoir effectuées sur le sol au moment du semis, n'ont pas été convenablement fermés après l'emplacement des graines, car les humidités du sol n'ont pas été optimales pour permettre une bonne adhérence de la graine avec le sol. Incontestablement, une bonne production est toujours conditionnée initialement par la réussite de la mise en place.

D. Effet sur les mauvaises herbes

La gestion des adventices est l'une des contraintes du développement de la technique du semis direct. En effet, la simplification du travail du sol favorise l'évolution du parasitisme, en raison, d'une part, à la présence des résidus laissés en surface et d'autre part à la non perturbation du milieu caractéristique du semis direct (Cure, 1991). Il se produit une évolution de la flore de mauvaises herbes avec un risque d'inversion de la flore adventice en système de non labour prolongé avec apparition d'espèces vivaces. Il a été démontré à travers des expérimentations effectuées sur le même site de l'essai, que l'infestation par les mauvaises herbes peut diminuer notablement le rendement des blés de 50 à 60% (Hamadache, 1999). Les résultats du suivi de l'évolution de l'infestation par les mauvaises herbes sur les trois modes de travail du sol (TM, SD, TC) sont consignés dans le Tableau 3. La lutte contre les mauvaises herbes constitue un des avantages du travail du sol conventionnel. Cependant, la première année de la suppression du labour, la culture est sujette à une forte infestation en mauvaises herbes, traduisant ainsi une densité élevée d'adventices recensée sur la parcelle non labourée (Fig. 4).

Tableau 3. Evolution de l'infestation des mauvaises herbes (plants/m²)

	Année 1			Année 3			Année 5		
	Dicot	Mono	Total	Mono	Dicot	Total	Mono	Dicot	Total
SD	979a	5	984a	3	70	73	54.8a	259.4a	314.2a
TC	245b	4	249b	4	59	62	9.3b	38.3b	47.6b
TM	358b	6	264b	3	87	88	13.0b	79.8b	92.8b

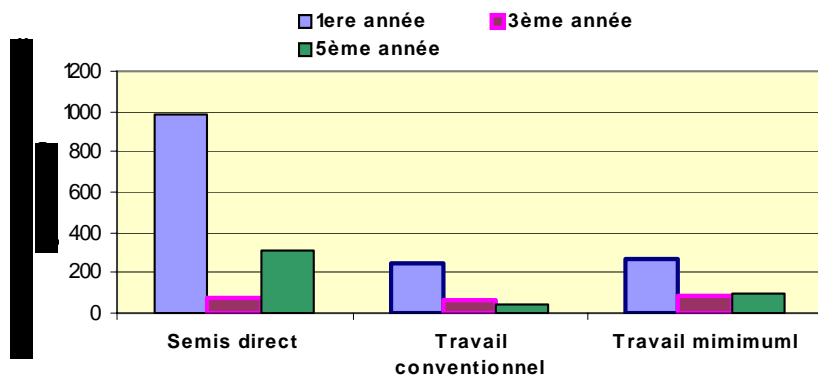


Fig. 4. Evolution de la densité d'adventices sur les trois types de travail du sol.

Toutefois, le niveau d'infestation en mauvaises herbes a diminué de 68% en 5^{ème} année de conduite culturale en semis direct. Le respect de la rotation culturale (blé/bersim), accompagné d'un meilleur contrôle chimique des adventices a défavorisé l'accroissement de l'infestation des mauvaises herbes. La culture de bersim suite à différentes fauches, élimine un grand nombre d'espèces de mauvaises herbes. En conditions de non labour, la rotation culturale et le traitement phytosanitaire sont donc inévitables.

2. Sur le sol

A. Humidité du sol

La conservation de l'eau est un paramètre important de qualité du sol. Il constitue souvent un facteur limitant dans la productivité en agriculture. Le choix d'une technique de travail du sol repose essentiellement sur son aptitude à permettre au sol de stocker l'eau et la rendre disponible aux racines particulièrement dans les climats à faible pluviométrie. Plusieurs thèses rapportent que le non labour améliore les propriétés de rétention en eau du sol en comparaison avec les techniques conventionnelles. Pour mettre en évidence l'effet des trois techniques (SD, TM, TC) sur ce paramètre, les humidités du sol ont été mesurées au cours du cycle végétatif du blé dur au niveau de l'horizon (0-20cm).

Les humidités du sol assignées dans la Fig. 5 affirment que le semis direct et les techniques simplifiées permettent une meilleure rétention en eau par rapport au labour conventionnel avec la charrue à socs. Cette particularité du semis direct offre à la culture un meilleur comportement en situation de déficit hydrique notamment au stade de formation du grain, qui contribue dans l'élaboration d'une composante importante du rendement (poids des grains). D'autres mesures des humidités du sol effectuées en année 2008/2009 à la 5^{ème} année de conduite ont confirmé la capacité du non labour à retenir plus d'eau (Fig. 6). Aussi, le sol en techniques simplifiées et en semis direct retient un peu plus d'humidité en profondeur (20-40 cm) qu'en horizon superficiel (0-20 cm).

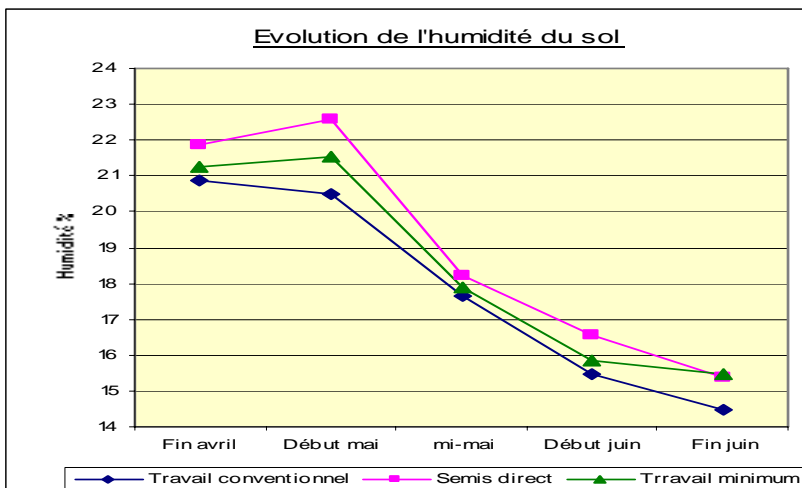


Fig. 5. Evolution de l'humidité du sol sur une culture de blé dur.

Ceci est en accord avec les travaux de Nouri et al (2004), à l'issue d'une étude comparative de la dynamique de l'eau dans les couches du sol entre la technique du semis direct et celle du conventionnel effectuée en Tunisie, qui ont montré que le non labour valorise mieux les apports

d'eau en préservant la quantité d'eau présente dans le sol avec un écart de 5% en sa faveur. Bourguignon (2004), sur des sols argilo-calcaires tunisiens, affirme également que l'évolution de l'humidité du sol passe de 5,8 % à 12,7% en labour et de 10,6 % à 17,3% en semis direct de l'année 2001 à l'année 2004, confirmant ainsi que le non labour sous couvert végétal retient plus d'humidité dans le sol notamment après quelques années de conduite en semis direct. D'après Mrabet (1997) la non manipulation du sol et le maintien d'un couvert végétal aident à prolonger la durée du dessèchement de la surface et gardent le sol plus humide une période de temps plus longue.

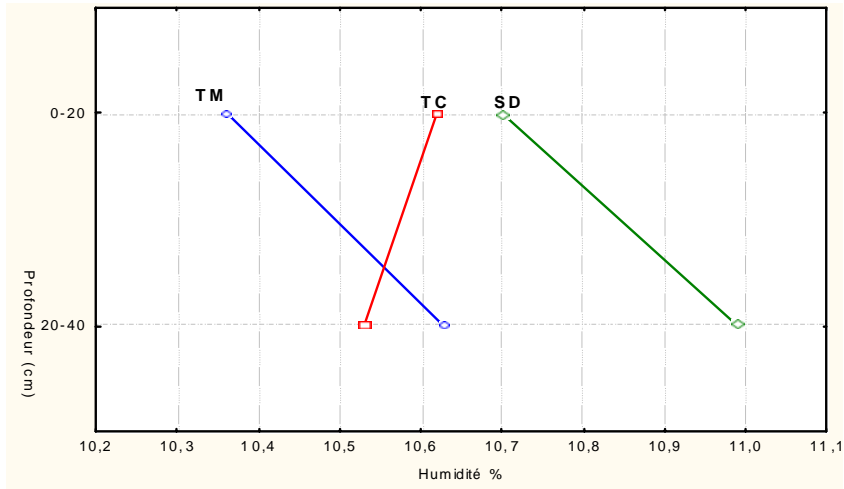


Fig. 6. Humidité du sol au stade épiaison du blé dur de la campagne 2008/09.

B. La matière organique

Le niveau de matière organique contenu dans le sol est parmi les critères essentiels de la dégradation du sol car elle possède une influence majeure sur les propriétés physiques et chimiques des sols. L'agrégation et la stabilité de la structure du sol augmentent avec le contenu en carbone des sols. Les conséquences sont directes sur la dynamique de l'eau et la résistance à l'érosion par l'eau et le vent. La céréaliculture algérienne est généralement conduite avec le labour avec exportation de toute la production végétative sans aucun apport d'amendement organique, ce qui entraîne une diminution de la matière organique dans le sol et une répercussion sur l'agrégation, la stabilité de la structure et sur la sensibilité à l'érosion. En effet, les travaux de M. Kribaa *et al.*, (2001) effectués dans la région de Sétif indiquent que la conduite conventionnelle de la céréale dégrade la structure de l'horizon labouré, réduit la matière organique et diminue la réserve en eau dans le sol. Le dosage de la teneur en matière organique du sol, effectué sur les 3 horizons, après la 3ème année de mise en culture du blé, a mis en évidence, l'effet des pratiques de travail du sol sur l'évolution de ce paramètre. Les résultats révèlent que le carbone organique varie significativement selon le type de travail du sol (SD, TC, TM) (Tableau 4). Une meilleure teneur en matière organique est marquée en non labour sur chacun des trois horizons mesurés, variant de 1.99% à 1.60% de l'horizon superficiel à l'horizon le plus profond (Fig. 7). La matière organique s'accumule amplement avec le non labour et les techniques simplifiées. Une structure stable s'établira sur la couche arable.

La restitution au sol en matière organique se fait sous forme de résidus de récolte. Sans omettre que la matière organique permet une meilleure faculté de stocker l'eau (Rhyhan *et al.*,

2008). Ces résultats sont en accord avec ceux de plusieurs chercheurs. Bessam et Mrabet (2001) ont trouvé que le taux de matière organique évolue de façon remarquable sous semis direct en fonction du temps, alors que sous travail classique, le sol garde sensiblement les mêmes teneurs. En Tunisie, Ben Hammouda *et al.* (2004) ont également affirmé après une expérimentation de 3 années, que le semis direct améliore le taux de matière organique dans le sol, soit 2,6% contre 2,3% mesuré en mode conventionnel. Mrabet (2004), ajoute que seul le semis direct améliore le niveau de matière organique de la surface du sol, après avoir comparé l'utilisation de différents outils aratoires avec le non labour. Bourguignon (2004) révèle que la matière organique augmente de 0.3% la première année à la 3ème année de conduite en semis direct sur un sol argileux en Tunisie. Une augmentation annuelle de 0,1 à 0,3% de matière organique du sol est observée en Amérique du Sud d'après le même auteur.

Tableau 4. Effet du travail du sol sur la matière organique (MO%) et sur la densité apparente (da) du sol

Travail	0-08 cm		08-30cm		30-40cm	
	MO	Da	MO	da	MO	da
NL	1,99a	1,29f	1,72bcd	1,47b	1,61cd	1,52a
TM	1,82b	1,33e	1,54d	1,45bc	1,24e	1,51a
TC	1,79bc	1,39d	0,76f	1,41cd	1,24e	1,51a

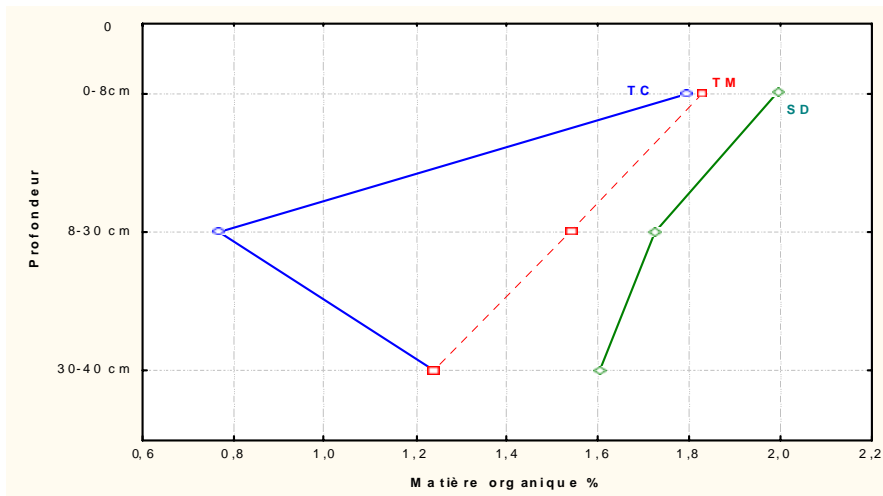


Fig. 7. Effet du semis direct sur la répartition de la matière organique.

C. La densité apparente du sol

La densité apparente du sol nous renseigne sur la porosité du sol qui constitue une caractéristique majeure contrôlant les propriétés hydrodynamiques du sol et le développement racinaire des plantes. Elle constitue aussi un indicateur de qualité du sol qui varie avec les techniques culturales adoptées. Elle augmente lorsque les sols sont compactés, ce qui affecte leur qualité et diminue la porosité. L'accumulation de la matière organique sur les couches superficielles notamment en fonction du type de rotation culturale, contribue à l'amélioration des propriétés physiques du sol notamment la densité apparente pour donner une meilleure porosité. Plusieurs études effectuées notamment dans les conditions semi arides du Maroc ont

montré que le non labour améliore les propriétés physiques et chimiques du sol par rapport au conventionnel (Mrabet *et al.*, 2001).

La Fig. 8 illustre une variation significative de la densité apparente selon le type de travail du sol, notamment au niveau de la couche supérieure. En effet une nette différence est marquée au niveau de l'horizon de surface (0-8 cm) où on observe une diminution de la densité apparente, passant de 1,39 g/cm³ en mode conventionnel à 1,33 g/cm³ en travail minimum, avec la plus faible valeur notée en conditions de non labour, soit 1,29 g/cm³. Les horizons les plus profonds (30-40 cm) des différents modes de travail du sol ont marqué des densités apparentes très voisines, ce qui confirme l'effet de l'accumulation de la matière organique dans les horizons supérieurs sur la densité apparente et donc sur la porosité du sol après 3 années de conduite en non labour.

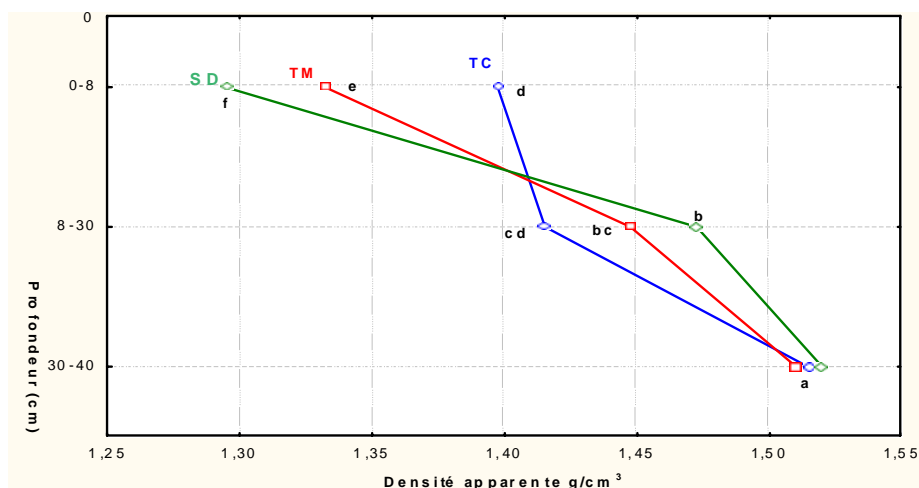


Fig. 8. Effet du travail du sol sur la densité apparente des différents horizons.

D. La rétention en eau du sol

Les résultats consignés dans le Tableau 5 indiquent les différentes humidités pondérales du sol, à saturation (pF0), à la capacité de rétention (pF3) et au point de flétrissement (pF4,2). A saturation, la capacité en eau du sol varie significativement selon la profondeur et le type de travail du sol (Tableau 5). L'horizon superficiel (0-8 cm) possède une meilleure capacité en eau avec la plus forte teneur marquée en non labour (Fig. 9), ce qui est dû probablement à la matière organique accumulée en surface. Effectivement, une corrélation significative de l'humidité du sol à saturation, est positive avec la matière organique ($r=0.4$) et négative ($r=-0.81$) avec la densité apparente (Tableau 6). Par contre, dans l'horizon le plus profond (30-40), la capacité en eau à saturation est la moins importante pour les trois modes de travail du sol. Au niveau de l'horizon intermédiaire, les techniques simplifiées et le semis direct ont présenté une capacité de rétention moins importante par rapport au conventionnel. Nous confirmons donc que la perte en eau dans le sol est directement liée au type de travail du sol.

Tableau 5. Humidité (%) du sol à différents pF et réserve utile (RU) selon le travail du sol

	Horizons (cm)											
	0-8cm				8-30cm				30-40cm			
	pF ₀	pF ₃	pF _{4.2}	RU	pF ₀	pF ₃	pF _{4.2}	RU	pF ₀	pF ₃	pF _{4.2}	RU
SD	50,4 ^a	35,4	25,9	9,8 ^c	46,2 ^{cde}	32,6	24,4	20,7 ^b	45,6 ^{cd}	30,2	24,5	8,6 ^c
TM	48,2 ^b	34,2	25,4	9,4	46,1 ^{cde}	32,0	24,0	25,3 ^a	45,1 ^e	30,1	24,2	8,8 ^c
TC	47,1 ^{bc}	32,6	24,7	8,9	47,0 ^{bcd}	30,7	24,0	26,5 ^a	45,3 ^{de}	29,4	23,8	8,3 ^c

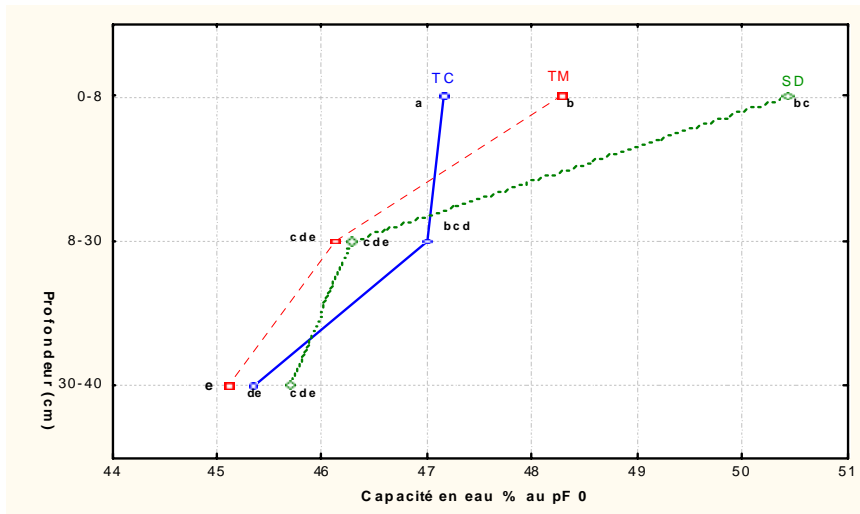


Fig. 9. Effet du travail du sol sur la capacité en eau à saturation.

Tableau 6. Matrice de corrélations des caractéristiques du sol

	MO	da	H _% pF ₀	H _% pF ₃	H _% pF _{4.2}	RU
MO	1,00					
da	-0,45*	1,00				
H _% pF ₀	0,47*	-0,81**	1,00			
H _% pF ₃	0,70**	-0,85**	0,78**	1,00		
H _% pF _{4.2}	0,64**	-0,68**	0,74**	0,79**	1,00	
RU(mm)	-0,1832	0,0832	-0,1263	0,0781	-0,3391*	1,000

*Valeurs significatives (p<0,05) ; **Valeurs significatives (p<0,01).

La capacité de rétention en eau du sol ne correspond pas à un pF donné, celui-ci varie avec la texture du sol (Cornel, 1980). Pour les sols argileux, le pF à la capacité de rétention adopté atteint une valeur voisine de 3 (Morel, 1989). Les résultats de l'analyse de variance de la rétention en eau du sol à pF3, montre une variation significative due à l'effet du mode de travail du sol (Fig. 10). Elle est de 32,7% en conditions de non labour, de 32% en travail minimum et de 31% en labour conventionnel.

Morel (1989) et Gras (1988), cité par Ben Hassine *et al.*, (2003) énoncent que l'humidité équivalente du sol varie essentiellement selon la texture du sol avec la matière organique. En effet, nos résultats montrent une corrélation positive notée entre l'humidité au point pF3 et la teneur en matière organique du sol (Fig. 11). Ce qui confirme que la matière organique améliore les propriétés de rétention en eau. La corrélation négative et significative est également vérifiée de la capacité de rétention en eau avec la densité apparente du sol (Tableau 6). La capacité de rétention en eau est améliorée avec la porosité du sol (Fig. 11).

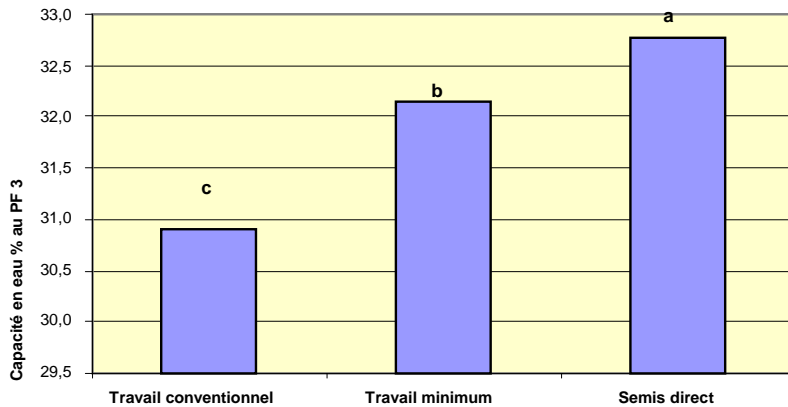


Fig. 10. Effet du mode de travail du sol sur la capacité de rétention en eau.

L'humidité au point de flétrissement mesuré au pF4.2 constitue le seuil au quel la plante ne peut plus absorber l'eau car elle est retenue avec une intensité excédant les possibilités d'extraction par les racines. L'analyse de la variance des mesures effectuées sur ce paramètre, révèle une différence significative, dû à l'effet du mode de travail du sol. Elle est de 24% en travail conventionnel, 24,5% en travail minimum et de 25 en semis direct (Fig. 12). La réserve utile du sol est la partie de la réserve en eau dans le sol dont la plante peut profiter efficacement au moyen de ces racines. Elle est calculée à partir de rétention en eau aux pF3 et pF4.2 et de la densité apparente du sol.

L'analyse des résultats révèle qu'elle varie également avec le mode de gestion du sol. En effet, pour reconstituer la réserve utile de l'horizon (0-40cm), il faut apporter 45 mm en conditions de non labour, 44 mm en travail minimum et 38 mm en mode conventionnel (Fig. 13). L'impact du type de travail du sol sur la réserve en eau est clair. L'accumulation de la matière organique contribue sensiblement dans l'amélioration des caractéristiques physiques du sol et l'aptitude à stocker de l'eau. Par ailleurs, l'étude des relations entre les paramètres du sol montre une corrélation négative de la réserve utile du sol avec l'humidité au point de flétrissement ($r=-0.34$), ce qui confirme bien que l'augmentation de l'humidité au point pF0, diminue la quantité d'eau disponible pour la culture.

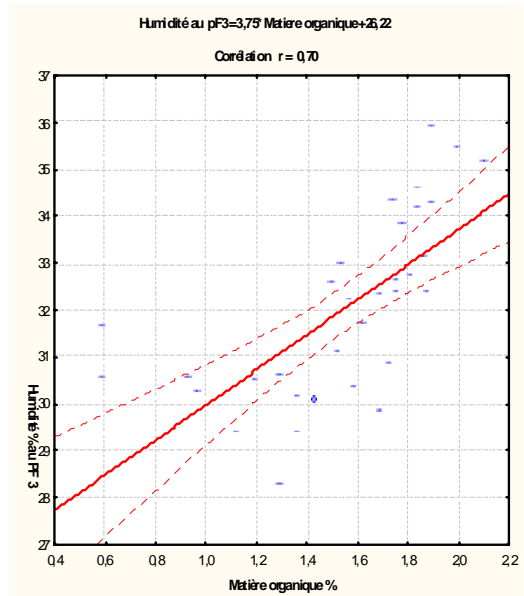
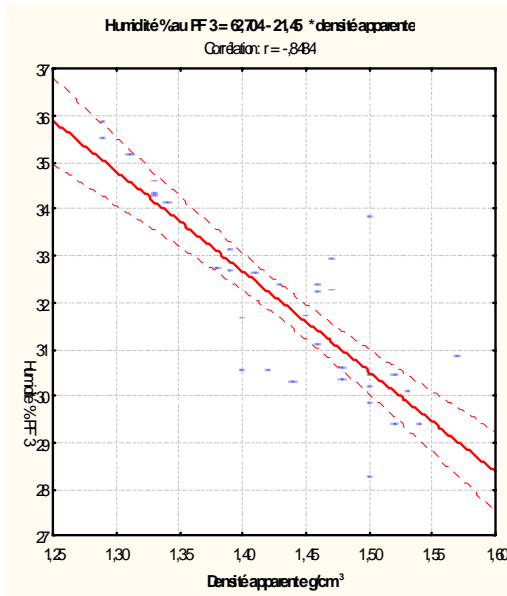


Fig.11. Variation de l'humidité du sol au pF₃ en fonction de la matière organique et la densité apparente.

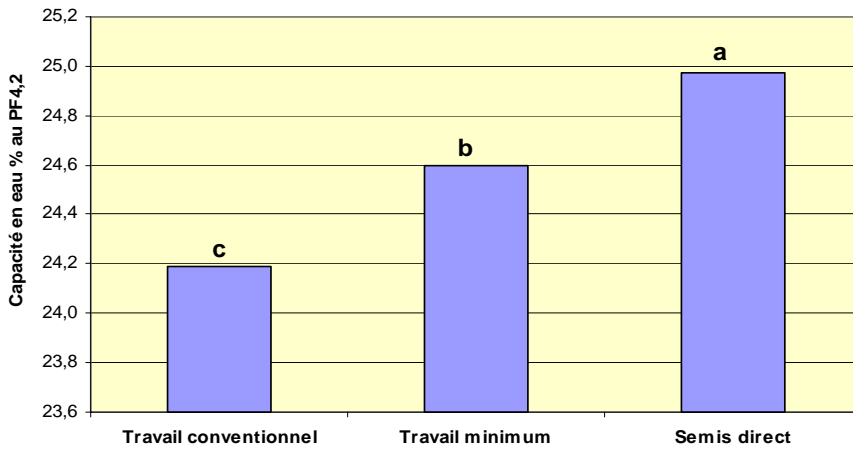


Fig. 12. Effet du mode de travail du sol sur la capacité en eau au pF_{4,2}.

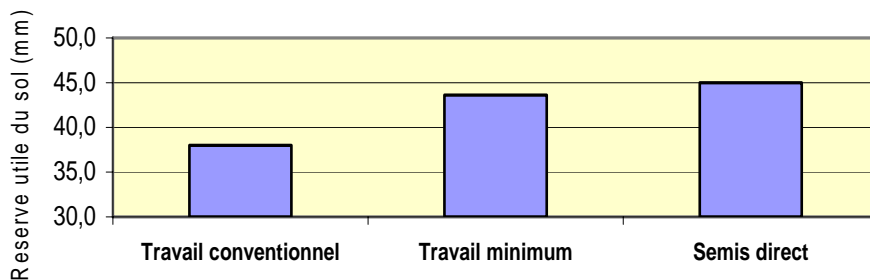


Fig. 13. Effet du mode de travail du sol sur la réserve utile du sol.

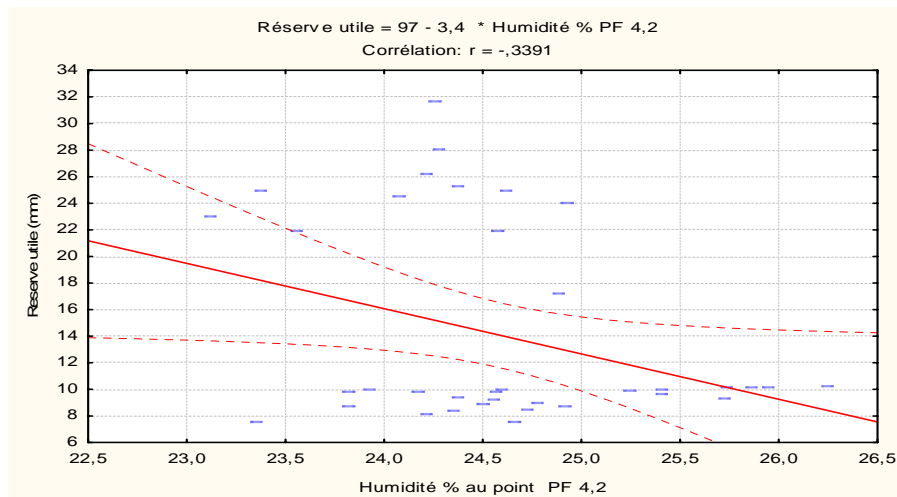


Fig. 14. Variation de la réserve utile en eau du sol en fonction de l'humidité au pF_{4,2}.

III – Conclusion

La comparaison du comportement de la culture de blé dur conduite sous différents modes de travail du sol (TC, TM, SD) montre que le rendement en grains s'est mieux exprimé en conduite conventionnelle traduisant des diminutions respectives de 26% et de 18% sur le non labour et sur le travail minimum. Après la 3^{ème} année, la conduite en non labour a dépassé de 10 q/ha les rendements obtenus en conduite conventionnelle. Cette situation est à l'issue d'une meilleure maîtrise des conditions d'installation de la culture en semis direct d'une part. D'autres part, l'examen de certaines caractéristiques du sol ont montré que le non labour a modifié certaines propriétés du sol dès la 3^{ème} année. En effet, la mesure de l'évolution des humidités du sol au niveau de l'horizon (0-20 cm) au stade formation du grain, montre que le non labour et le travail minimum ont emmagasiné plus d'eau. Ce qui est fondamental dans un pays où l'eau est le principal facteur limitant de la production agricole. Aussi, l'examen de la matière organique, de la densité apparente, et de la capacité en eau du sol après troisième année de conduite culturale, montre que la gestion du sol modifie ces caractéristiques. Une accumulation de la matière organique et une amélioration de la densité apparente sont montrés avec la pratique du non labour et influent directement sur l'amélioration de la capacité de rétention en eau du sol. La reconstitution de la matière organique dans le sol constituera une source

d'éléments nutritifs pour les cultures dans le temps, et diminuera les apports en engrais minéraux, améliorant ainsi le coût de production des céréales. Ces révélations doivent être confirmées après une durée plus longue de pratique du semis direct. Les résultats ont montré également que les mauvaises conditions d'installation du non labour génèrent une levée hétérogène, ceci s'est montré après la 5ème année d'expérimentation. Ce qui laisse dire que la réussite du semis direct est conditionnée en premier lieu par la réussite de la mise en place du semis direct. Par ailleurs, le contrôle des mauvaises herbes est notablement apprécié après 5 ans de conduite culturale, ce qui laisse dire que le stock semencier en mauvaises herbes diminue avec les années. Sans omettre que le respect de la rotation culturale contribue largement à la lutte contre les mauvaises herbes. L'étude sera poursuivie sur plusieurs années pour connaître mieux l'évolution des paramètres qui caractérisent la qualité et la fertilité du sol en conditions de non labour et leur effet sur la durabilité de la production des céréales.

Références

- Bouzza A., 1990.** Water conservation in wheat rotation under several management and tillage systems in semi-arid areas. PhD Thesis, Nebraska State University, Lincoln, USA, pp. 200.
- Bouhejba A., 1997.** Etudes comparatives des effets des différents modes de travail du sol sous des conditions semi arides sur l'élaboration du rendement du blé tendre. Mémoire de fin d'étude du cycle spécialisation INA Tunisie.
- Ben Hammouda M., Guesmi L., Nasr K. et Khammassi M., 2004.** Evolution de la matière organique en semis direct. Dans : *Actes des deuxièmes rencontres méditerranéennes sur le semis direct*, Tunisie, pp. 104-107.
- Ben Hassine H., Bonin G., Brodeau E. et Zidi C., 2003.** Réserve utile des sols du nord ouest tunisien. Etude et gestion des sols.
- Bourguignon C., 2004.** Comparaison analytique des sols tunisiens cultivés en labour et en semis direct. Dans : *Actes des deuxièmes rencontres méditerranéennes sur le semis direct*, pp. 90-98.
- Anonyme, 2008.** Bilan des activités agrotechnie de l'Institut Techniques des Grandes Cultures, Algérie
- Benslimane M., Hamimed A., El Zerey W., Khaldi A. et Mederbal K., 2008.** Analyse et suivi du phénomène de la désertification en Algérie du nord. Dans : *Vertigo - La revue électronique Sciences de l'environnement*, 8.
- Bessam F. et Mrabet R., 2001.** Time influence of no tillage on organic matter and its quality of a vertic Calcixeroll in a semiarid area of Morocco. In: *Proceedings of international congress on conservation agriculture*, 1-5 October 2001, Madrid (Spain), vol. 2, pp. 281-286.
- Cornet Antoine, 1980.** Observation sur la capacité de rétention, ses relations avec les valeurs du potentiel et la texture des sols sableux du nord du Sénégal. ORSTOM.
- Cure B., 1991.** Simplification du travail du sol et évolution du parasitisme. Dans : *Perspectives agricoles*, 161, pp. 47-53.
- Gate P.H., 1987.** Mieux comprendre l'élaboration du nombre de grains par épi chez le blé. Dans : *Perspectives agricoles*, 114, pp. 38-51.
- Gate Ph., 1995.** *Ecophysiologie du blé*. Technique et documentation. Lavoisier.
- Hamadache A. et Abdellaoui Z., 1999.** Effet du précédent cultural en relation avec la fertilisation azotée et le desherbage chimique sur la productivité du blé dur pluvial en zone subhumide. Dans : *Premier symposium international sur la filière blé*, Alger, 7-9 Février 1999.
- Kribaa M., Hallaire V., Curmi P. et Lahmar R., 2001.** Effect of different methods of cultivation the structure and hydrolic soil properties in semi aride climate. In : *Soil and tillage research*, 60, pp. 43-53.
- Lahlou S., Ouadia M., Malam Issa O., Le Bissonais Y. et Mrabet R., 2005.** Modification de la porosité du sol sous les techniques culturales de conservation en zone semi-aride marocaine. Dans : *Etude et gestion des sols*, 12, pp. 69-76.
- Lahmar R., 1992.** Intensification céréalière dans les hautes plaines sétifiennes : Quelques résultats. Dans : *Cahiers Options Méditerranéennes*, vol. 2(1), pp. 93-97.
- M'Hedhbi K., 1995.** Effet des outils de travail du sol et de semis sur le rendement des céréales cultivés en sec. Dans : *Actes des 27^{ème} journées nationales sur les acquis de la recherche agronomique, halieutique et vétérinaire en Tunisie*, Volume 1, pp. 36-45.
- Mrabet R., 2004.** Le système de semis direct en milieu semi-aride marocain : Aperçu sur les acquis de la recherche. Dans : *Actes des deuxièmes rencontres méditerranéennes sur le semis direct*. Tunisie.
- Mrabet R., 2000.** Differential response of wheat to tillage management system under continuous cropping in a semi-arid area of Morocco. Dans : *Field crops research*, 66, pp. 165-174.

- Mrabet R., Saber N., El-Brahli S., Lahlou S. et Bessam F., 2001.** Total organic matter and structural stability of a calcixeroll soil under different wheat rotations and tillage system in semiarid area of Morocco. Dans : *Soil and tillage research*, 57, pp. 225-235.
- Morel R., 1989.** *Les sols cultivés*. Techniques et Documentation. Lavoisier, pp. 373.
- Nouiri I., M'hedbi K., Ben Hammouda M., Kammassi M., Neit El Arbi S., Ali Hannachi M., Guesmi L., Mannai C. et Hajji S., 2004.** Étude comparative de l'humidité des horizons du sol entre le semis direct et le semis conventionnel. Dans : *Actes des deuxièmes rencontres méditerranéennes sur le semis direct*.
- Rhyan J., Masri S., Ibrikci H., Singh M., Pala M. et Harris H.C., 2008.** Implication of cereal based crop rotation nitrogen fertilisation and stubble grazing on soil organic matter in a Mediterranean type environment. Dans : *Turk J. Agriculture and forestry*, 32, pp. 289-297.