



Revue semestrielle – Université Ferhat Abbas Sétif 1

REVUE AGRICULTURE



Conductivité Hydraulique et Densité Apparente sous Labours de Conservation du Sol

Belagrouz A¹., Chennafi H¹., Hakimi M³., Soualili N²., Razem R³., Boutalbi W³., Ferras K².

¹Laboratoire de Valorisation des Ressources Biologiques Naturelles (FSNV, Sétif)

²Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie (FSNV, Sétif)

³Centre National de Contrôle et de Certification des Semences et Plants (CNCC) laboratoire (SETIF)

E-mail : abdenour_19@yahoo.fr

ARTICLE INFO

Reçu : 20 – 02 - 2015

Accepté : 02 - 04 - 2015

Mots clés :

Semis direct, techniques simplifiées, labour conventionnel, comportement du sol, conductivité hydraulique, densité apparente,

RÉSUMÉ

Une expérimentation a été réalisée durant la campagne agricole de 2012/2013. L'essai a été mis en place sur les parcelles de la ferme de démonstration et de production de semences de Sétif (FDPS). L'objectif est de repérer les effets sur sol cultivé, conduit en systèmes de labour contrastés. Le comportement du sol a été testé par les paramètres physiques. En effet, la conductivité hydrique (k , cmh^{-1}) et la densité apparente (d_a , gcm^{-3}) apparente ont été mesurées sur les traitements liés au labour traditionnel (LT), technique simplifiée (TCS) et au semis direct (SD). Les traitements ont été répartis dans un dispositif expérimental en blocs complètement randomisés, aménagés en split plot, avec trois répétitions. Chaque bloc est composé de trois parcelles élémentaires. Les résultats de la conductivité hydraulique indiquent que le TCS se distingue par une perméabilité supérieure, suivi du LT et SD. Cependant, pour la densité apparente, l'analyse des résultats révèle que les techniques du conventionnel (LT) et simplifiées (TCS) se repèrent respectivement par 1.31 gcm^{-3} et 1.26 gcm^{-3} . Par contre, le sol en semis direct se distingue par une conductivité hydraulique de 1.5 gcm^{-3} .

1-Introduction

Dans l'étage bioclimatique méditerranéen, le potentiel de production des céréales en conditions pluviales reste limité (Tavakkoli et Oweis, 2004). Ainsi, sur les Hautes Plaines Sétifiennes, renommées par la céréaliculture, les rendements réalisés sont bas. Les contraintes à la production sont liées aux caractéristiques agropédoclimatiques (Bouzerzour et al., 2008; Latrèche, 2011; Chennafi, 2012; Belagrouz, 2013). Toutefois, les investigations portant sur la fertilisation, la protection phytosanitaire (Machane, 2008), l'irrigation déficitaire (Chennafi et al., 2006), l'amélioration génétique (Bouzerzour et al., 2008) déterminent une réponse satisfaisante de la culture céréalière. Le sol est un écosystème dont dépend l'efficacité de la productivité des cultures.

En revanche, la gestion des pratiques du sol améliore la productivité de la culture (Hannachi et Fellahi, 2010., Chennafi et al., 2011). Mrabet et al., 1993 se penchent sur l'agriculture de conservation et révèlent les effets des techniques de labour du sol. En effet, l'impact est attribué aux propriétés physiques et biologiques du sol (Kacemi et al., 1995). Le travail du sol affecte la structure du sol, réduit le taux de matière organique, érode le sol et réduit la biodiversité (Friedrich et al., 2000).

Sur les Hauts Plateaux Sétifiens, la réponse de la culture du blé a été testée aux outils de labour du sol (Latrèche, 2011; Chennafi et al., 2011), aux systèmes de labour conventionnel et réduits (Belagrouz, 2013).. Le rendement obtenu par la culture se justifie à travers le comportement du sol à l'égard des pratiques adoptées (Belagrouz, 2013). Par conséquent, l'évaluation est modélisée par les paramètres caractéristiques du sol. C'est à travers ces éléments que s'inscrit l'objectif de l'étude.

2. Matériels et méthodes

2.1. Description du site expérimental

L'expérimentation a été conduite au cours de la campagne 2011/2012, sur le site de la Ferme Expérimentale Agricole (SEA) de l'Institut Technique de Grandes Cultures (ITGC) de Sétif, sur le lieu dit R'Mada. La SEA est située à 5 km au sud-ouest de la ville de Sétif. Les coordonnées géographiques du lieu sont 1081 m d'altitude asl, la latitude de 36° 18' Nord et la longitude est de 5° 41' Est (FAO, 2006). Le climat du site est de type méditerranéen, continental, appartenant à l'étage bioclimatique semi-aride, caractérisé par deux saisons distinctes, la prédominance des pluies en saison froide, un été chaud et sec (Baldy, 1986). Le sol du site présente de grandes variations. Il est profond, avec peu de calcaire et plus fertile dans le voisinage du lit de l'Oued Boussalem. Il est plus calcaire avec présence d'encroûtements et peu profond sur les parcelles, plus éloignées et en altitude. La teneur en matière organique varie de 1.4 à 2.8 % en surface, en profondeur elle atteint des valeurs inférieures (Kribaa et al., 2001; Chennafi et al., 2006).

2.2. Le dispositif expérimental

La variété de blé tendre a été mise en expérimentation pour tester la réponse du rendement aux effets des labours contrastés du sol. En effet, El WIFAK a été soumise à trois traitements (T) relatifs aux modes de labour du sol. Le travail conventionnel du sol (T1), le labour minimum (T2) et le non labour du sol ou semis direct (T3) ont été répartis dans un dispositif expérimental en blocs complètement randomisés, aménagés en split plot, avec trois répétitions. Chaque bloc est composé de trois parcelles élémentaires. L'essai comporte, donc neuf parcelles élémentaires de dimensions 40 m de long et 6 m de large, déterminant une superficie de 240 m². Les parcelles élémentaires sont espacées par une ligne de semis de 1 mètre.

2.3. La densité apparente du sol

La densité apparente du sol (d_a) est déterminée selon la procédure décrite par Yoro et Godo (1990). Le principe de la méthode au cylindre est fondé sur l'évaluation du poids spécifique apparent (p) d'un volume (V) de sol prélevé, le volume est celui du cylindre. Le poids prélevé (p) est évalué par pesée au laboratoire après séchage à 105°C pendant 24 heures, en utilisant une balance de précision. La densité apparente est déduite en fonction des deux variables mesurées.

$$d_a = P/V$$

2.4 La vitesse d'infiltration de l'eau du sol

La vitesse d'infiltration (k , cmh⁻¹) de l'eau dans le sol est associée au degré de perméabilité. Elle a été déterminée par un mini infiltromètre à disques selon la méthode décrite par Decagon (2005). De faibles valeurs de l'infiltration génèrent le ruissellement en surface du sol (Musy, 1991). L'infiltration est liée à la texture et à la structure du sol. La conductivité hydraulique (K , cms⁻¹) est exprimée par le coefficient (C_2 , cms⁻¹) lié à l'infiltration de l'eau dans le sol en fonction du temps sur le coefficient adimensionnel (A_2) dépendant de la texture du sol et de la valeur de tension h_0 choisie, égale à 6 (expérimentation). Le quotient K est le rapport de C_2/A_2 (Bélangier, 2010)

2.5 - L'analyse des données

Les mesures obtenues de l'expérimentation ont été traitées aux logiciels CropStat 7.2.3 (2009) et le Microsoft Excel 2007.

3. Résultats et discussion

3.1. La densité apparente (d_a) du sol

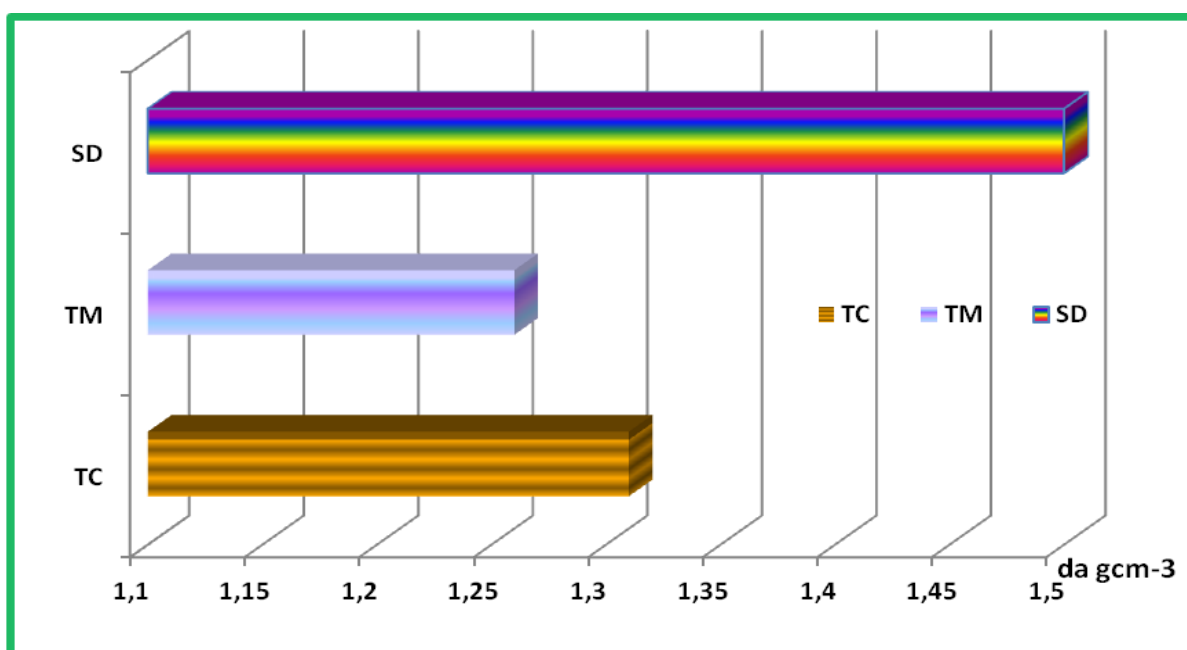
L'analyse de la variance indique que l'effet modes de labour du sol est significatif pour la masse volumique du sol. Ce résultat révèle la grande variabilité de la masse volumique sur sol soumis au labour conventionnel, minimum et en conditions de non perturbation du mode d'agencement des particules du sol (Tableau 1). En agriculture, la densité apparente du sol est un indicateur d'appréciation de la porosité et de la structuration du sol. Ces paramètres gouvernent le mode de circulation de l'oxygène et de l'eau (Grosman et Reinsch, 2002). En revanche, elle renseigne sur le niveau de structuration du sol et de porosité, assurant ainsi le contrôle de la variation hydrodynamique du sol et par conséquent l'évolution du développement racinaire des plantes. Abdellaoui et al., (2010) considèrent que la densité apparente constitue un indicateur de qualité qui varie avec les techniques culturales.

Tableau 1. CME de l'analyse de la variance de densité apparente (da) du sol soumis aux labours classique et de conservation

Source de variation	ddl	CM
Var.totale	8	0.013
Var.mod.lab	2	0.047**
Var.residuelle	6	0.0017

** = Effet significatif au seuil de 1%

Les résultats de l'analyse de la comparaison des moyennes de la densité apparente du sol sous modes contrastés de labour du sol révèlent que le travail conventionnel (TC) et le labour minimum (TM) se caractérisent respectivement par 1.31 gcm^{-3} et 1.26 gcm^{-3} , ils appartiennent au même groupe. Par contre, le sol en semis direct se distingue par une valeur de 1.5 gcm^{-3} (Figure 1).

**Figure 1.** Poids spécifique du sol ($\text{da}, \text{gcm}^{-3}$) sous labour conventionnel (TC), minimum (TM) et en semis direct (SD)

Les techniques d'ameublissement réalisées sur le sol aux techniques simplifiées (TM) et au labour traditionnel (TC) sont le résultat d'une valeur de la densité apparente plus réduite. En semis direct, le poids de l'échantillon de sol sur son volume apparent est plus important par suite de non perturbation du sol et donc l'absence de fragmentation des couches travaillées, déterminant ainsi un volume spécifique plus important. Ces résultats corroborent ceux de Dec et *al.*, (2008). Ils sont similaires à ceux de Hannachi et *al.*, (2010) et de Touahria (2012) qui ont réalisé des travaux de recherches dans le même axe et dans les mêmes conditions de sols et de climat. Les résultats s'accordent avec ceux de Kay et Vanden Bygaart (2002) qui considèrent que les valeurs de la densité apparente sont supérieures sous l'effet des pratiques du semis direct relativement aux pratiques classiques du labour conventionnel. Perez De Ciriza Gainza (2004) notent une augmentation de la densité apparente en semis direct au cours des premières années sur les dix premiers centimètres du sol comparativement aux pratiques simplifiées et labour conventionnel du sol. Il ressort que l'augmentation de la densité apparente en semis direct est temporaire, expliquée par le fait que le compactage initial sera compensé plus tard par le développement des pores sous l'effet de l'activité biologique du sol (Bescansa et *al.*, 2006).

3.2 -La vitesse d'infiltration

Les résultats de l'analyse de la variance révèlent que les modes contrastés du labour du sol affectent la perméabilité du sol (Tableau 2). En revanche, la conductivité hydraulique indique que la circulation de l'eau diffère du sol en labour classique, de celui en labour minimum et du sol sans remaniement des particules.

La conductivité hydraulique varie de $1.2 \times 10^{-3} \text{ cm s}^{-1}$ pour le sol en travail réduit (TM), $0.72 \times 10^{-4} \text{ cm s}^{-1}$ pour le labour conventionnel (TC) et $5.0 \times 10^{-4} \text{ cm s}^{-1}$ en sol non perturbé (SD) (Figure 2). Ces valeurs classent le sol comme moyennement perméable à perméable (Ollier et Poirée, 1981). L'horizon de surface de ces sols est considéré limoneux à argileux (Mermoud, 2006). Les valeurs indiquent que le sol en labour réduit se distingue par une perméabilité supérieure, suivi du TC et du SD. Une conductivité plus grande en sol en TM peut être le résultat de la présence des résidus de récolte en surface (15 cm) qui améliore la stabilité structurale et celle de la porosité qui favorise l'écoulement de l'eau.

Par contre, dans le cas du travail conventionnel, le sol est plus perturbé et les résidus des récoltes ont été incorporés au sol lors du labour. Donc, ils sont réduits ou même absents en surface du sol, déterminant une stabilité structurale plus faible rendant la surface du sol plus sensible à la dégradation. D'autre part, le labour conventionnel peut provoquer des compactations du sol. Résultat qui peut être lié et interprété à travers le volume spécifique des particules du sol. En effet, dans le cas du sol en labour conventionnel, la densité apparente est légèrement supérieure traduisant une réduction de l'espace poral du sol et donc la vitesse de circulation de l'eau. Par contre, Touahria (2012) trouve que le sol sous labour conventionnel se caractérise par une vitesse d'infiltration deux fois supérieure à celle du labour de conservation.

Tableau 2. CME de l'analyse de la variance de la perméabilité (k) du sol soumis au labour classique et de conservation

Source de variation	ddl	CM k
Var. Totale	8	0.12×10^{-6}
Var.mod.lab	2	$0.38 \times 10^{-6**}$
Var résiduelle	6	0.31×10^{-7}

** = Effet significatif au seuil de 1%

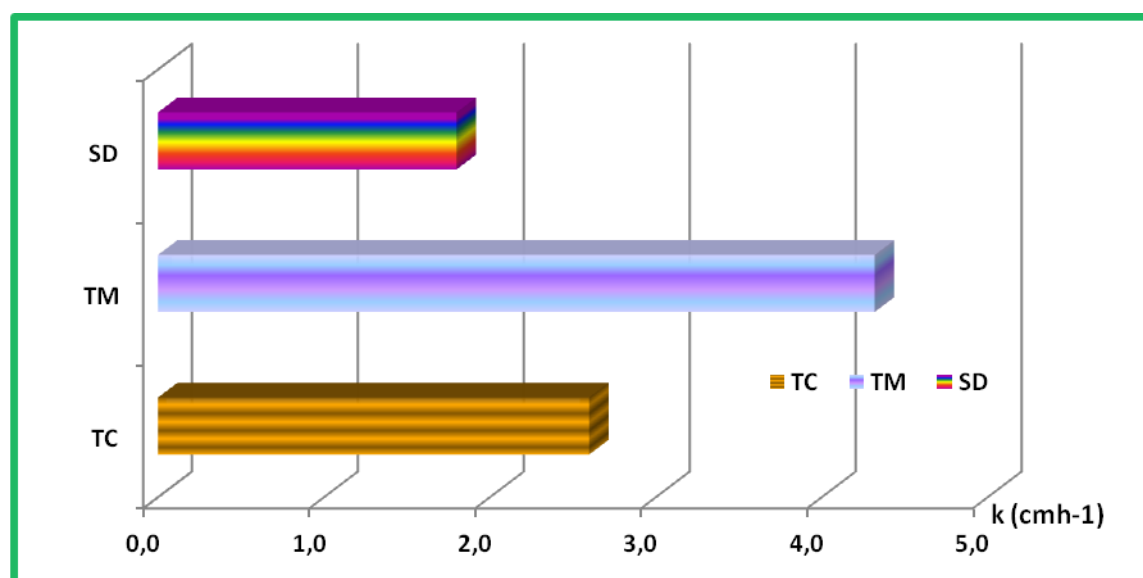


Figure 2. Conductivité hydraulique du sol (k , cmh^{-1}) sous labour conventionnel (TC), minimum (TM) et en semis direct

Toutefois, la conductivité hydraulique est examinée comme un des principaux paramètres de prédiction du mouvement de l'eau du sol (Salarashayeri et Siosemarde, 2012). En revanche, une valeur importante de la densité apparente signale un effet de compaction, relevant un espace poral limité pour la circulation de l'eau et même pour l'enracinement des cultures (Tsague, 2005). Ce comportement hydrique du sol se manifeste en

état de sol non perturbé. En effet, sur sol en semis direct, la couverture végétale en surface n'a pas affecté la valeur de la conductivité hydraulique comparativement à la valeur de la perméabilité qui a caractérisé le sol en labour réduit et en conventionnel. Selon Carof (2006) l'augmentation de la densité apparente du sol des anciennes couches labourées fait que la porosité totale du sol est globalement réduite dans les systèmes de conservation. Ainsi, Kay et Vandenbygaart (2002) mentionnent que le non labour entraîne généralement une diminution de la macroporosité. Cependant, le degré de variation de ces paramètres hydrodynamiques dépend des années de non labour du sol et de ses caractéristiques intrinsèques. En revanche, les valeurs de la perméabilité du sol peuvent être supérieures, similaires ou inférieures comparativement à celles observées en sol non labouré (Strudley et al., 2008).

4- Conclusion

Les résultats obtenus sur ces paramètres physiques sur modes de labours contrastés du sol déterminent que la réduction de la perturbation du sol provoque une nette réduction de la taille des pores, évalués par l'intermédiaire de la densité apparente qui prend la valeur de 1.5 g cm^{-3} . En revanche, dans cet espace, la circulation de l'eau à l'intérieur des horizons, présente une conductivité hydraulique faible. Les techniques culturales simplifiées se caractérisent par un enfouissement superficiel de la paille, favorisant ainsi une porosité supérieure. Toutefois, une interprétation plus fondée recommande plus de mesures. Le recours à techniques de mesures rapides est recommandé. Ces paramètres physiques du sol représentent un outil de gestion de l'agro écosystème.

Références bibliographiques

- Abdellaoui Z., Tissekrat H., Belhadj A. et Zaghouane O. 2010.** Etude comparative de l'effet du travail conventionnel, semi direct et travail minimum sur le comportement du blé dur. In actes des 4ème rencontres méditerranéennes du semis direct. Sétif, du 3 au 5 mai 2010. Recherche agronomique INRAA. pp 68-82.
- Baldy C., 1986.** Comportement des blés dans les climats méditerranéens. Ecologia
- Belagrouz A., 2013.** Analyse du Comportement du Blé Tendre, Variété El WIFAK (*Triticum aestivum* L.) Conduite en Labour Conventionnel, Travail Minimum et Semis Direct sur Les Hautes Plaines Sétifiennes. These de magister. UFA Setif.
- Bélanger V. 2010.** Variabilité de paramètres hydrogéologiques dans des faciès sédimentaires de l'aquifère paléodeltaïque de Saint-Honoré Mémoire de Master université du Québec à Chicoutimi. 16p.
- Bescansa P., MJ. Imaz, I. Virto, A. Enrique, WB. Hoogmoed. (2006).** Soil water retention as affected by tillage and residue management in semiarid Spain. *Soil & Tillage Research* 87 : 19–27.
- Bouzerzour H., Bahlouli F., et Benmahamed A. (2008).** Effets de la vitesse et de la durée du remplissage du grain ainsi que l'accumulation des assimilats de la tige dans l'élaboration du rendement du blé dur (*Triticum durum* Desf.) dans les conditions de culture des hautes plaines orientales d'Algérie. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 12: 31-39.
- Carof M., 2006.** Fonctionnement de peuplements en semis direct associant du blé tendre d'hiver (*Triticum aestivum* L.) à différentes plantes de couverture en climat tempéré. Thèse de Doctorat, Institut National Agronomique Paris–Grignon : 15p.
- Chennafi H., Hannachi A., Touahria O., Fellahi ZEA, Makhlouf 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.
- Chennafi H. 2012.** Decadal Evaluation of Durum Wheat Water Requirements to Improve Rainfed Agriculture under Semi-Arid conditions. *Science direct. Elsevier. Energy Procedia* 18 (2012) 896 – 904.
- Chennafi H., Aïdaoui, A., Bouzerzour, H. & Saci, A. 2006.** Yield response of durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivar Waha to deficit irrigation under semiarid growth conditions. *Asian J. Plant Sci.*, 5: 854-860.
- Dec D., Dörner J., Becker-Fazekas O., et Horn R. 2008.** Effect of bulk density on hydraulic properties of homogenized and structured soils. *J. Soil Sc. Plant Nutr.* (1): 1- 13.
- Decagon Devices, Inc. 2005.** Mini Disk Infiltrimeter. User's Manual, Version 1.4, (<http://www.decagon.com/literature/manuals/InfiltrimeterManual.pdf>. Consulté en (2008).
- Effect of model sorptive phases on phenanthrene biodegradation: molecular analysis of enrichments and isolates suggests selection based on bioavailability *Appl. Environ. Microbiol.*, 66 (2000), pp. 2703–2710.
- FAO. 2006.** CROPWAT (8.0). Software designed for the calculation of the right amount of water needed for the irrigation of crop fields www.fao.org/nr/water/infores_databases_cropwat.html
- Friedrich M. Friedrich, R.J. Grosser, E.A. Kern, W.P. Inskip, D.M. Ward., 2000.**

- Grosman et Reinsch, 2002.** bulk density and linearextensibility. in J.H dane and G.C. Topp,Eds. Methods of Soil Analysis,Part 4- Physical Methodes.Soil science society of America, Madison WI,pp,201-228.
- 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. 8p.
- Kacemi, M., Peterson, G.A., Mrabet, R., 1995.** Water conservation, wheat-crop rotations and conservation tillage systems in a turbulent Moroccan semiarid griculture. In: El Gharrou, M., El Mourid, M., Karrou, M. (Eds.), Proceedings of the Conference on Challenges in Moroccan Dryland Agriculture. INRA(Morocco) Publication, Rabat, pp. 83±91.
- Kay B. D., Vanden Bygaart A. J. 2002.** Conservation tillage and depth stratification of porosity and soil organic matter. *Soil and Tillage Research* (66):107-118.
- Kay B. D., Vanden Bygaart A. J. 2002.** Conservation tillage and depth stratification
- Kribaa M., Hallaire V., Curmi P., Lahmar R.2001.** Effects of various cultivationmethods on the structure and hydraulic properties of soil in semi-arid climate. *Soil & Tillage Research* (60): 43-53.
- Latreche 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. These de magister. UFA Setif, 65p.
- López-Bellido, 1992.**Mediterranean cropping systems.ppt.311356. In: C.J pearson (ed) 1992.Field Crop Ecosystems.Elsevier,Amsterdam.
- Machane Y., 2008.** Efficacité des herbicides les plus utilisés dans la culture du blé dur, de la région de Sétif. Thèse de magister. UFA Setif, 78p. *Mediterranea*, (12): 73-88.
- Mermoud A.,2006.** L'eau et le sol. www.exptpdf.com/cours-physique-de-sol-amer-moud-2006-pdf.html.
- Mrabet, R., Bouzza, A., Peterson, G.A., 1993.** Potential reduction of soil erosion in Morocco using no-till systems. *Am. Soc. Agron. Madison, WI, USA*, p. 323 (Agron abstract).
- of porosity and soil organic matter. *Soil and Tillage Research* (66):107-118.
- Ollier C., Poirée M. 1981.** Irrigation, les réseaux d'irrigation théorie, technique et économie des arrosages. Ed. Eyrolles, Paris, 503 p.
- Perez De Ciriza Gainza J. J., 2004.** Essais comparatifs de quinze ans dans une région semi-aride (400 mm de pluie) en Navare (Espagne). Actes des deuxièmes rencontres méditerranéennes sur le semis direct. Tabarka, Tunisie. Pp : 67-70.
- Salarashayeri et Siosemarde, 2012.**prediction of soil hydraulique conductivity from particle-Size distribution.*World academy of science,Engineering and technology* vol: 6 2012-01-24.
- Strudley WM, Green TR, Ascough II JC 2008.** Tillage effects on soil hydraulic properties in space and time: State of the science. *Soil and Tillage Research* 99, 4-48.
- Tavakkoli, A. R., and Oweis, T.Y. 2004.** The role of supplemental irrigation and nitrogen in producing bread wheat in the highlands of Iran. *Agricultural Water Management*, 65, 225-236.
- Touahria O. 2012.** Effets des résidus et du non-labour sur le comportement de la céréale sous conditions semi-arides des hautes plaines orientales. Thèse de Magister, Département Agronomie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, UFAS. 38p
- Tsague G., 2005.** La compaction des sols : Les causes et les solutions. Groupement de Gestion Agroenviron---nementale de l'Ontario(<http://www.lavoieagricole.ca/ggaeo/>).
- Yoro, G. & Godo, G. 1990.** Les méthodes de mesure de la densité apparente. Analyse de la dispersion des résultats dans un horizon donné. *Cah. Orstom, sér. Pédol.*,Vol. XXV, N° 4, 1989-1990:423-429.