
Soumis le : 01 Mars 2014

Forme révisée acceptée le : 12 Juillet 2014

Email de l'auteur correspondant :

mah_amara@yahoo.fr

Nature & Technology

Analyse du comportement du sol sous l'action de trois techniques de mise en place d'un blé dur (*Triticum durum*). Effet sur le développement des racines et conséquences sur le rendement

Mahfoud AMARA; Mohamed Amine FEDDAL; Adel HAMANI.

Laboratoire de Machinisme agricole et des agroéquipements, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie- El-Harrach Alger

Résumé

Ce travail, qui rentre dans le cadre d'un programme de recherche de l'ITGC de Oued Smar, porte sur une analyse de l'effet de trois techniques culturales, pour la mise en place d'une céréale, sur les propriétés physiques du sol et les conséquences sur le développement des racines ainsi que sur le rendement d'un blé dur.

L'analyse des résultats montre clairement que la technique utilisée a un effet sur l'évolution de l'humidité, de la porosité et de la résistance pénétrométrique du sol. La teneur en eau dans le sol est mieux conservée avec le semis direct, sa valeur passe de 12,97 % avant le semis à 16,51 % au stade épiaison pour les parcelles labourées (TC) ; elle passe de 13,83 % à 16,73 % pour les parcelles de la TM et de 14,28 % à 18,27 sur les parcelles du semis direct.

La porosité est légèrement plus importante avec la technique conventionnelle. Pour ce qui est de la résistance pénétrométrique, le sol est plus résistant sur la parcelle en semis direct où elle atteint 15,84 daN/cm².

Les résultats obtenus montrent que le système racinaire est plus développé sur parcelles travaillées avec la méthode conventionnelle que sur celles travaillées en semis direct et en travail minimum. Les rendements estimés sont respectivement de 36,19 q/ha pour les parcelles travaillées en Semis Direct, il est de 50,03 q/ha pour celles travaillées en Technique Conventionnelle et il n'est que de 35,7 q/ha sur les parcelles travaillées avec le chisel pour le Travail Minimum.

Mots clés : semis direct, racine, humidité, porosité, résistance pénétrométrique, rendement.

Abstract

This work, which returns within the framework of a research program of the ITGC in Oued Smar, concerns an analysis of three farming techniques effect, for the cereal installation, on the soil properties physics and the consequence on the roots development and on the durum wheat yield.

The results analysis shows clearly that the technique used has an effect on the evolution of moisture, on the porosity and on the penetrometric resistance of the soil.

The water content in the soil is preserved better with the direct drilling, its value reaches from 12,97% before sowing to 16,51% at the ear development stage on the plowed parcel (TC); it passes from 13,83% to 16,73% on the minimum tilling (TM) parcel and from 14,28% to 18,27 on the direct drilling (SD) parcel.

Porosity is slightly more important with the conventional technique. As regards penetrometric resistance, the soil is more resistant on the parcel in direct drilling where it reaches 15,84 daN/cm².

The results obtained also show that the roots system is developed more on parcel worked with the conventional method than on those worked in direct drilling and minimum work.

The estimated yield are respectively 36,19 q/ha for the direct drilling and 50,03 q/ha for conventional work and it is only 35,7 q/ha on the parcel worked with the chisel.

Key words: direct drilling, root, moisture, porosity, penetrometric resistance, yield.

Notations

H : Teneur en eau dans le sol (%)

n : Porosité du sol (%)

r : Coefficient de corrélation.

p : Probabilité statistique.

R² : Coefficient de détermination.

R_p : Résistance pénétrométrique (daN / cm³)

AS : Avant semis

3F : Stade trois feuilles

Ep : Stade épiaison

TC : Technique conventionnelle

TM : Travail minimum

SD : Semis direct

1. Introduction

Au niveau mondial depuis quelques décennies, le labour comme mode de travail du sol, tend à diminuer au profit de différents modes de préparation du sol, allant du travail du sol réduit sans retournement jusqu'au semis direct.

Il existe en effet un grand nombre de systèmes ou de techniques culturales plus ou moins bien définis de préparation du sol et d'implantation des cultures. L'approche classique consiste à les regrouper selon qu'elles impliquent ou non un travail en profondeur ce qui donne deux groupes principaux : le travail avec labour et le travail sans labour. On admet généralement un troisième grand groupe, celui du semis direct, c'est-à-dire que le semoir est le seul engin de travail du sol utilisé. Chacune de ces techniques présentent des avantages mais aussi des inconvénients.

La pratique du labour, avec une charrue à versoirs, reste cependant la technique de travail du sol la plus répandue dans le monde. Cette pratique a permis d'augmenter la productivité des cultures grâce notamment

à son action de contrôle sur le développement des adventices et de fragmentation de la structure du sol. Cependant, au cours du XX^{ème} siècle de nouveaux problèmes de fertilité des sols sont apparus, notamment aux Etats-Unis où les graves problèmes d'érosion ("Dust Bowl") ont conduit au développement de techniques alternatives au labour.

Depuis, les résultats de nombreuses recherches, comme celles de **Köller, (2003) ; Lal et al. (2007)**, sous différentes zones climatiques dans le monde, ont révélé des problèmes communs aux sols labourés : Tassement, baisse des teneurs en matières organiques des sols, érosion, limitation de la circulation de l'eau. On assiste donc depuis quelques décennies, à travers le monde entier, à une transition graduelle qui s'effectue entre le labour conventionnel (labour avec versoir, retournement de la couche arable sur 20-30 cm de profondeur) et des formes variées de préparation sans retournement des couches de sol, allant jusqu'au semis direct (travail uniquement sur la ligne de semis).

Les essais réalisés par **Amara et al (2008)** ont aussi montré que l'action des pièces travaillantes modifie fortement les valeurs de la porosité, de l'humidité et de la résistance pénétrométrique du sol. La porosité augmente considérablement après le labour, elle passe de 40,4 % à 49,38 %. Le passage du Cover crop a permis d'atteindre une valeur de 51,02 % et après le cultivateur à dents la porosité totale augmente à une valeur de 52,65 %.

Selon **Huwe B. (2003)**, le travail du sol affecte les facteurs biotiques et abiotiques du sol, soit directement en modifiant les propriétés structurales du sol comme l'arrangement des vides, les agrégats, la connectivité des pores, soit indirectement en changeant les conditions d'aération, de température et de pénétrabilité du sol par les racines .

Selon **Richard G. et al. (2004)**, les racines mènent une vie secrète dans le sol. Un hectare de blé

130 Analyse du comportement du sol sous l'action de trois techniques de mise en place d'un blé dur (*Triticum durum*). Effet sur le développement des racines et conséquences sur le rendement

d'hiver peut cacher 300.000 km de racines qui apportent de l'eau et des substances nutritives à la culture. Un système racinaire bien développé est le résultat d'une bonne structure du sol et est essentiel pour un rendement élevé.

Les façons culturales ont donc une influence profonde et certaine sur la forme et le développement des racines ; car elles touchent de nombreux aspects de l'environnement racinaire, à savoir : l'humidité et la température du sol, l'espace entre les pores, la concentration en oxygène, la répartition des matières organiques, la mobilisation des substances nutritives et la configuration physique des sols en surface.

Au niveau de cette introduction, nous avons voulu mettre en évidence que plusieurs chercheurs se sont intéressés à l'action des techniques culturales sur le sol. A travers ces travaux, il apparaît que le travail ou le non travail du sol ont respectivement des avantages et des inconvénients. Le choix de la technique culturale n'est pas chose facile, il faudrait tenir compte de plusieurs paramètres, ceux reliés au sol lui-même et ceux en relation avec les conditions de travail.

De manière plus simple, le travail du sol doit offrir à la culture un milieu très favorable à son développement, pour cela le système racinaire doit évoluer dans un sol présentant des propriétés physico-mécaniques favorables ; ou sous une autre forme la structure du sol doit répondre aux exigences agro-

techniques de la culture à mettre en place. Pour cela le choix des machines agricoles et plus particulièrement des outils aratoires doit se faire d'une façon raisonnée.

L'objectif de ce travail, qui rentre dans le cadre d'un programme de recherche de l'ITGC de Oued Smar, est de comparer les effets de trois techniques de mise en place d'une céréale, blé dur.

2. Moyens matériels et méthodes

Les essais se sont déroulés au niveau de la station expérimentale de l'ITGC d'Oued Smar à El-Harrach.

La texture du sol est argilo-limoneuse avec 46,51% d'argile ; 25,30% de limon et 26,79% de sable.

La culture utilisée pour nos essais est le blé dur (*Triticum durum*) variété (chen's), le choix de la culture rentre dans le programme de l'essai de l'introduction du semis direct en Algérie de l'ITGC avec une rotation blé/bersim depuis 2004. Cette variété est une culture importante de l'environnement méditerranéen, qui est traditionnellement cultivée en conditions pluviales dans les zones marginales des régions semi-arides, avec des rendements moyens souvent très faibles (en Algérie : 300 à 1200 kg.ha⁻¹).

Cette variété possède un système racinaire fasciculé à un grand nombre de ramification. Cette variété a un pouvoir germinatif très élevé, il est de 97%. (Anonyme, 2008).

2.1. Moyens matériels

Les chaînes de machines agricoles utilisées pour chacune des techniques sont respectivement :

Technique conventionnelle :

Charrue – chisel – roto herse –semoir – pulvérisateur

Technique minimum :

Chisel – roto herse –semoir – pulvérisateur

Semis direct :

Semoir – pulvérisateur

2.2. Méthodologie

Pour la réalisation de nos essais 12 micros parcelles de 50x10 m (04 blocs x 03 techniques). ont été travaillées suivant le schéma ci-dessous. Tenant compte du microrelief de la parcelle qui est relativement plat, le dispositif expérimental choisi est de type factoriel bloc à un facteur étudié avec quatre répétitions.

Les opérations réalisées chronologiquement sont :

Travail conventionnel :

-Le labour a été réalisé le 14 novembre 2012 par une charrue à socs à une profondeur moyenne de 25 cm.

-La reprise de labour a été réalisée par une chisel, et une roto herse le 15 novembre 2012.

-Le semis a été réalisé directement après le passage de la roto herse (le même jour). Un passage d'un rouleau lisse a été réalisé le 16 novembre 2012.

3. Résultats et analyse

3.1. Résultats

Les valeurs représentées dans les tableaux suivants sont des valeurs moyennes de 12 échantillons, l'analyse de ces

Travail minimum

-Un passage d'un chisel a été réalisé le 15 novembre 2012 suivi d'un passage d'une roto herse le même jour.

-Le semis a été réalisé directement après le passage de la roto herse (le même jour). Un passage d'un rouleau lisse a été réalisé le 16 novembre 2012.

Semis direct :

-Un traitement d'herbicide total (Auragon), à la dose de 5l/ha a été réalisé le 14 novembre 2012.

-Le semis a été réalisé le 15 novembre 2012 avec un semoir de semis direct de marque sulky.

Un passage d'un rouleau lisse a été réalisé le 16 novembre 2012.

Pour les trois techniques, une fertilisation azotée (urée) a été réalisée le 27 février 2013 par un pulvérisateur à une dose de 2qx/ha.

tableaux est reportée au paragraphe analyse et interprétations avec illustrations graphiques.

Tableau 1 : Valeurs moyennes de la teneur en eau (H), de la porosité (n) et de la résistance pénétrométrique (Rp) pour la TC et le SD.

Prof (cm)	H SD %	H TC %	n SD %	n TC %	Rp SD (daN/cm ²)	Rp TC(daN/cm ²)
0-10	14,58	13,9	42,8	44,47	6,68	4,62
10-20	14,8	14,51	47,28	48,11	10,93	9,35

**132 Analyse du comportement du sol sous l'action de trois techniques de mise en place d'un blé dur (*Triticum durum*).
Effet sur le développement des racines et conséquences sur le rendement**

20-30	14,92	14,79	47,05	47,59	11,42	10,04
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Tableau 2 : Valeurs moyennes des paramètres plante.

Technique	Nbre de plants/m ²	diamètre des racines (mm)	densité racinaire (g/dm ³)	épi/m ²	Nbre de grains/épi	PMG (g)	Rendement (q/ha)
TC	58,5	1,38	1,101	195	64	40	50,03
TM	62,25	1,14	0,805	174	58	35,75	35,70
SD	66,25	1,10	0,638	165	58	38,25	36,19

3.2. Analyse et interprétations

Les premières observations des résultats obtenus nous donnent :

3.2.1. Effet des techniques sur la porosité du sol

La figure 1 ci-dessous montre que la porosité est plus importante au niveau du premier horizon (0-10 cm)

et ce pour les trois techniques. Au niveau du semis direct la porosité paraît homogène pour les deux derniers horizons (10-30 cm), ce qui n'est pas le cas de la technique conventionnelle et de la technique du travail minimum.

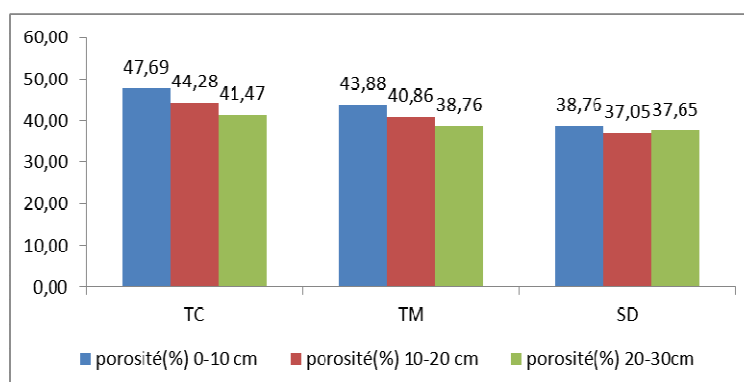


Figure 1: Evolution de la porosité en relation avec la profondeur et pour chaque technique de mise en place de la culture

Les résultats montrent bien que la porosité obtenue au stade trois feuilles (figure 2), est fonction de la technique utilisée. La porosité diminue de la technique TC à la technique SD en passant par une moyenne pour la technique TM. La porosité diminue aussi avec la

profondeur. Au niveau des parcelles du semis direct nous constatons une homogénéité de la porosité du sol sur presque tout le profil ; ce qui n'est pas le cas des autres parcelles où la porosité est plus importante en surface.

**136 Analyse du comportement du sol sous l'action de trois techniques de mise en place d'un blé dur (*Triticum durum*).
Effet sur le développement des racines et conséquences sur le rendement**

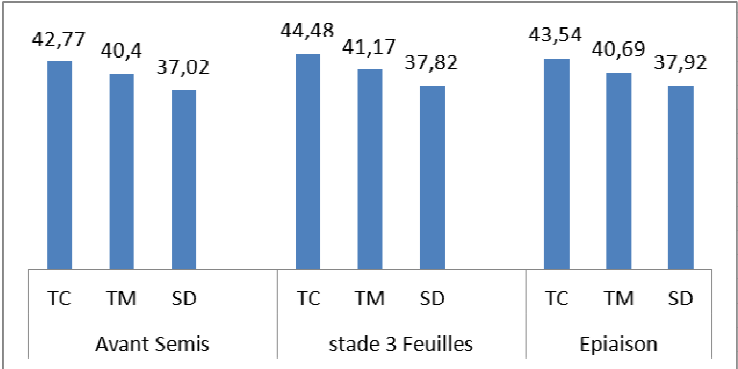
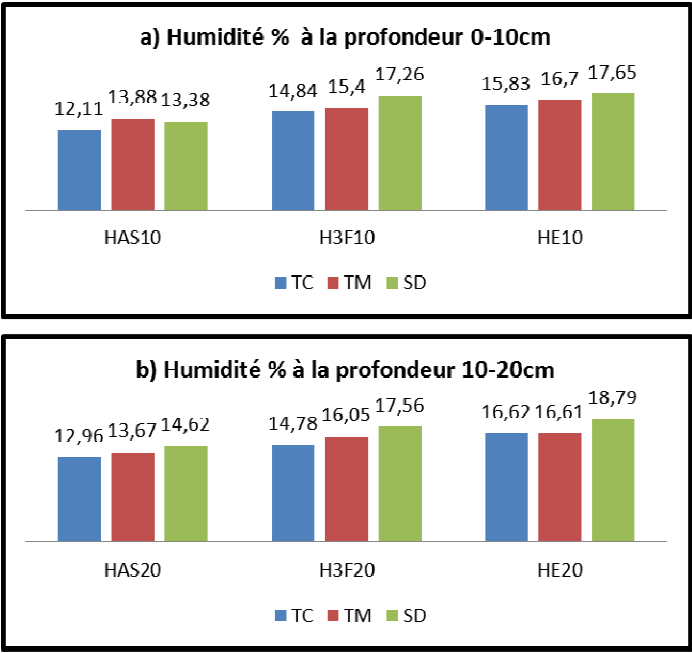


Figure 2: Porosité moyenne en fonction du stade végétatif et de la technique.

3.2.2. Effet des techniques sur la teneur en eau dans le sol

Les représentations ci-dessous montrent que la variation de la teneur en eau au niveau des trois

profondeurs est relativement la même d'un stade à un autre. Au stade végétatif épiaison, la teneur en eau est légèrement plus importante, ce qui est intéressant pour la culture



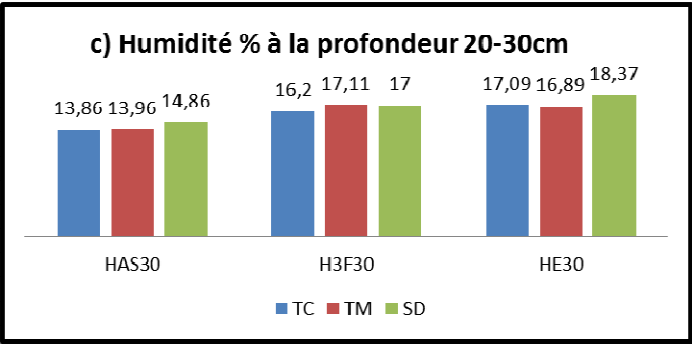


Figure 3 : Teneur en eau du sol (%) à différentes profondeurs et pour chaque technique. (HAS : avant semis, H3F : stade 3 feuilles, HE : stade épiaison)

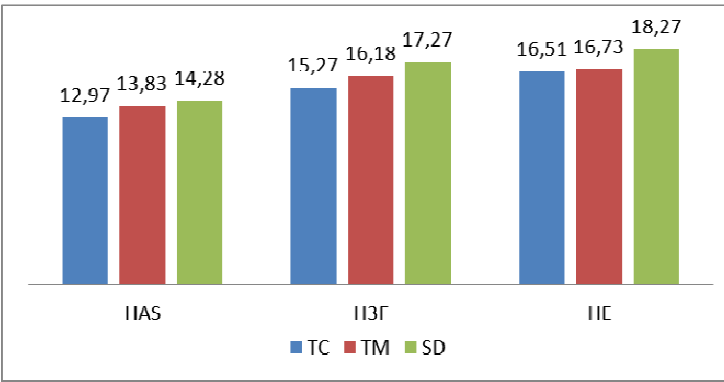


Figure 4 : Evolution de la teneur moyenne en eau (%) pour chaque technique et chaque stade

De façon générale, la teneur en eau dans le sol est plus importante sur les parcelles Semis direct. L'humidité du sol varie en augmentant légèrement en fonction de l'évolution de la culture, la présence des racines est évidemment à prendre en considération. La teneur en eau passe de 12,97 % avant le semis à 16,51 % au stade épiaison pour les parcelles labourées (TC) ; elle passe de 13,83 % à 16,73 % pour les parcelles de la TM et de 14,28 % à 18,27 sur les parcelles du semis direct.

3.2.3. Effet des techniques sur la résistance pénétrométrique du sol au stade épiaison

Les résultats relatifs à la résistance pénétrométrique consignés dans le tableau3, montrent que celle-ci augmente de la Technique Conventiionnelle à la Technique du Semis Direct.

Tableau 3 : Résistance pénétrométrique en relation avec la technique et la profondeur

traitement	Rp	profondeur (cm)
------------	----	-----------------

**138 Analyse du comportement du sol sous l'action de trois techniques de mise en place d'un blé dur (*Triticum durum*).
Effet sur le développement des racines et conséquences sur le rendement**

	(daN/cm ²)	
TC	13,75	19,4
TM	15,09	15,05
SD	15,84	14,02

Elle passe respectivement de la valeur de 13,75 daN / cm² pour la technique conventionnelle (TC) à 15,09 daN / cm² pour le travail minimum (TM) puis atteint la valeur de 15,84 daN / cm² pour le semis direct (SD).

La pointe du pénétromètre pénètre plus en profondeur sur la parcelle travaillée avec la méthode conventionnelle (19,4 cm) ensuite sur les parcelles avec travail minimum à 15,05 cm puis ensuite la profondeur atteint 14,02 cm pour le semis direct.

Ces résultats nous permettent de dire que les racines se développeront plus facilement sur les parcelles travaillées avec la charrue (TC). Les racines au niveau du

semis direct rencontreraient un obstacle bien avant que celles de la technique conventionnelle.

3.2.4. Effet des techniques sur le développement des racines

Les résultats relatifs au développement des racines montrent nettement que le système racinaire est très développé sur les parcelles labourées (TC) où la densité racinaire est de 1,101 g/dm³, ensuite c'est celui des parcelles travaillées avec le chisel (TM) où cette densité est de 0,805 g / dm³. Au niveau des parcelles du semis direct (SD) nous avons la valeur la plus faible de la densité des racines qui est de 0,638 g / dm³.

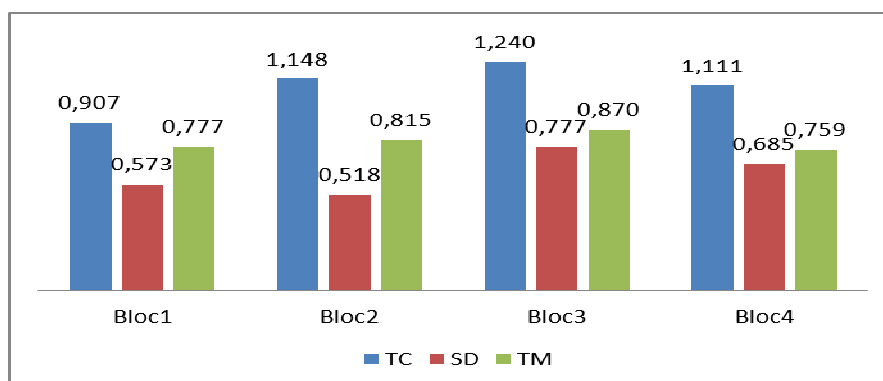


Figure 5: Densité des racines (g/dm³) pour chaque technique au niveau des quatre blocs

Tableau 4: Valeurs moyennes de la densité et des diamètres des racines dans le sol pour chaque technique

Techniques	Densités moyennes (g/18 dm ³)	diamètre des racines (mm)
TC	19,83	1,38
TM	14,5	1,14
SD	11,5	1,10

Nous remarquerons également que les diamètres des racines sont plus importants sur les parcelles travaillées avec la méthode classique la moyenne des diamètres est de 1,38 mm, ensuite les diamètres des racines pour les deux autres techniques sont relativement proches l'un de l'autre, mais toujours dans le même ordre il est de 1,14 mm pour le TM et de 1,10 mm pour le SD. Les racines se développent donc mieux dans un sol labouré.

3.2.5. Effet des techniques sur les rendements

Les résultats de nos essais montrent aussi que le PMG du blé dur est meilleur sur les parcelles labourées, il est de 40 grammes, ce qui donne donc une meilleure qualité du blé. Ceci se répercute sur les rendements de la culture. Ce dernier est donc meilleur sur les parcelles labourées, il est de 50,03 quintaux à l'hectare. Sur les autres parcelles (TM) et (SD) les rendements sont respectivement de 35,70 q/ha et 36,19 q/ha. Il est donc meilleur sur les parcelles Semis Direct que sur les parcelles du Travail Minimum. La différence de ces rendements entre la technique conventionnelle et les deux

autres techniques est hautement significative, elle est de 14 q / ha.

Ces résultats sont de même ordre que ceux obtenus sur d'autres sites à même texture du sol par Feddal (2011) qui a obtenu sur les parcelles labourées un rendement de 51,94 q/ha, alors que sur les parcelles du semis direct, il n'était que de 28,67 q/ha.

4. Analyse statistique sur les paramètres sol

Afin de confirmer et modéliser les observations faites précédemment, une analyse

statistique par la méthode des régressions linéaires polynomiales a été effectuée. Cette analyse a permis d'établir les relations : $HSD = f(HTC)$, $nSD = f(nTC)$ et $RpSD = f(RpTC)$. Ces relations sont respectivement :

$$HSD = -3,966 + 1,301*HTC \quad \text{avec } R^2 = 0,78 \quad (1)$$

$$nSD = -1,318 + 1,006*nTC \quad \text{avec } R^2 = 0,75 \quad (2)$$

$$RpSD = 3,711 + 0,745*RpTC \quad \text{avec } R^2 = 0,80 \quad (3)$$

L'analyse statistique a montré que les valeurs de p sont inférieures à 0,05 et les coefficients de détermination R^2 sont supérieurs à 0,75, ce qui signifie que ces relations sont statistiquement significatives au

niveau de confiance de 95%. Ces relations confirment bien l'effet de la technique culturale sur la conservation de l'eau dans le sol, sur la valeur de la porosité totale et sur la résistance pénétrométrique du sol.

140 Analyse du comportement du sol sous l'action de trois techniques de mise en place d'un blé dur (*Triticum durum*). Effet sur le développement des racines et conséquences sur le rendement

La modélisation de la résistance pénétrométrique en relation avec la teneur en eau(H) et la porosité(n) nous

donne les relations suivantes qui restent valables dans les conditions de nos essais :

$$RpSD = -0,78 + 0,18 HSD + 0,17 nSD \quad \text{avec } R^2 = 0,89 \quad (4)$$

$$RpTC = -4,40 + 0,56 HTC + 0,10 nTC \quad \text{avec } R^2 = 0,91 \quad (5)$$

Ces deux relations mettent en évidence l'effet de la teneur en eau sur la résistance pénétrométrique, donc sur l'évolution des racines dans le sol. Pour le semis direct l'effet de la teneur en eau est équivalent à celui de la porosité du sol, par contre pour le travail conventionnel, l'effet de la teneur en eau est plus important. Ceci signifie que sur les parcelles travaillées en Semis direct, le développement des racines sera pratiquement le même à la capacité au champ (18 % d'humidité) mais aux humidités inférieures les racines pénétreront plus facilement sur les parcelles labourées que sur celles en semis direct.

5. Conclusion

Tous les résultats montrent que la technique culturale pour la mise en place d'une culture blé a un effet certain sur les principaux paramètres physico-mécaniques du sol et sur le développement de la culture.

La technique dite conventionnelle permet d'avoir une porosité plus importante que les autres techniques. La teneur en eau est cependant plus importante au niveau des parcelles en semis direct.

La résistance pénétrométrique est plus importante sur les parcelles en semis direct (SD) que sur les parcelles labourées (TC). La résistance pénétrométrique étant un bon indicateur pour l'évaluation du développement des racines, montre que celles-ci se développeraient mieux au niveau des parcelles travaillées

avec la technique conventionnelle. Les rendements obtenus sont meilleurs quand le sol est labouré.

Une étude économique est nécessaire pour se prononcer sur la technique à pratiquer pour un blé dur. Cependant dans les conditions de nos essais, nous préconisons la méthode conventionnelle avec labour, mais avec un sous solage tous les quatre ans pour détruire la semelle de labour. La pratique de cette méthode permettra entre autre d'éviter une pollution des nappes d'eau souterraines et même du sol.

Comme le semis direct exige un traitement avec herbicide pour la destruction chimique des mauvaises herbes, une analyse à caractère environnemental est plus que nécessaire, notamment sur les zones aquifères.

Références bibliographiques

Amara M., Boudhar L., Adli N., Feddal M.A., 2008: Evolution de la résistance pénétrométrique du sol en relation avec l'humidité et la porosité, sous l'action des pièces travaillantes d'une chaîne classique de préparation du sol. Vol. 2, n° 1 et 2 — Janvier-décembre 2008, Science et technique, Sciences appliquées et Technologies. Burkina Faso.

Anonyme, 2008. Bilan des activités agrotechnie de l'Institut Techniques des Grandes Cultures, Algérie.

Feddal M.A. 2011 : Analyse du comportement du sol sous l'action de deux techniques de mise en place d'une culture de céréale. Thèse de magister, machinisme, Ecole Nationale Supérieure Agronomique – El-Harrach. Algérie.

Huwe B., 2003: The rôle of soil tillage for soil structure, *In* A. El Titi, ed. Soil Tillage in Agroecosystems. CRC Press LLC, Boca Raton. p. 27-50.

Köller K., 2003: Techniques of Soil Tillage, *In* A. El Titi, ed. Soil Tillage in Agroecosystems. CRC Press LLC, Boca Raton, p. 1-25.

Lal R., Reicosky D.C., et Hanson J.D., 2007 : Evolution of the plow over 10,000 years and the rationale for no-till farming. Soil and Tillage Research 93:1-12.

Richard G, Mary B, Boizard H, Roger-Estrade J, Chenu C, 2004. Impacts des techniques culturales sans labour sur le fonctionnement des sols cultivés: composantes physique et organique. In: Techniques culturales sans labour. Paris : éditions CORPEN

Vian J.F., 2009 : Comparaison de différentes techniques de travail du sol en agriculture biologique : effet de la structure et de la localisation des résidus sur les microorganismes du sol et leurs activités de minéralisation du carbone et de l'azote. Thèse de docteur, Paris, Institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement (AGRO PARIS TECH), 204P.