Etude comparative de quatre niveaux de puissance de traction en travail du sol des petites exploitations maraîchères

S. Chehaibi[1,2], R. Triaa[3], J.G. Pieters[1] & R.A. Verschoore[1]

Keywords: Soil structure- Low power mechanisation- Small-scale vegetable production

Résumé

Les effets de quatre catégories de puissances de traction utilisées en travail de sols sablo-argileux et argilo-sableux des exploitations maraîchères de taille limitée de la région du Sahel tunisien, sur leur état structural, ont été étudiés à l'aide de mesures sur champ. Les puissances qui ont été appliquées, correspondaient à un tracteur standard, un tracteur moyen, un mini-tracteur et un motoculteur, de puissances nominales respectives 59, 33, 22 et 6 kW. Le travail du sol a été réalisé par la même catégorie d'outils pour tous les engins envisagés, à savoir, le labour à la charrue à socs et versoirs et la reprise du labour au rotavator. L'état structural du sol a été caractérisé par la mesure de la résistance à la pénétration d'une pointe au moyen d'un pénétromètre et de la masse volumique apparente sèche en utilisant un densimètre à cylindres. Les résultats ont montré qu'après passage des engins, la masse volumique et la résistance à la pénétration du sol étaient faibles. Entre les traitements, il n'y a pas de différence significative dans les couches travaillées des deux sols. L'ensemble des traitements a donné dans les profondeurs travaillées, un état structural meuble indiqué par un émiettement élevé en surface. Cet émiettement est occasionné par les cultivateurs à lames rotatives en forme de L, actionnées à partir de prises de force tournant à régime constant (540 tr/min). La différence au niveau de la vitesse d'avancement au labour et la forme des versoirs semblent sans effet sur les paramètres mesurés. Vu la complexité, il faut effectuer une étude techno-économique comparative afin de déterminer tous les avantages et désavantages de l'emploi des différentes puissances.

Summary

Comparative Study of Four Traction Power Levels for Seed Bed Preparation in Small-scale Vegetable Production

The effects of four different traction power categories on soil structure was measured in the field during seed bed preparation experiments in a sandy clay soil and a clayish sand soil used for vegetable production. The power categories investigated corresponded to a standard tractor of 59 kW, a medium power tractor of 33 kW, a low power tractor of 22 kW and a two-wheeled tractor of 6 kW. In each experiment, seed bed preparation was carried out using a mouldboard plough and a rotary cultivator, respectively. Soil structure was characterised by measuring the resistance against vertical penetration of a cone by means of a penetrometer and the apparent dry density by means of a cylindrical densimeter. For both soils, the results showed a porous soil state without any significant difference among the four power levels. All different methods of tillage used were giving the same structure in the top layer. The soil crumbling was done using a PTO driven cultivator. Also, the measured parameters did not differ significantly over the depth of the worked area. Also the differences in work speed and equipment used don't have any influences on the measured parameters. The complexity asks for a detailed technical-economical investigation in order to define the advantages and disadvantages of the use of small power mechanisation for seed bed preparation.

Introduction

Dans la région du Sahel tunisien groupant les gouvernorats de Sousse, Monastir et Mahdia, où l'on rencontre les périmètres irrigués de maraîchage, les exploitations sont souvent de taille réduite. La majorité de ces exploitations sont inférieures à 2 ha et sont constituées généralement de deux ou trois parcelles différentes. En outre, les agriculteurs pratiquent plusieurs cultures de plein champ ou sous serres sur la même parcelle, ce qui cause un phénomène de parcellement au sein de la même exploitation (1).

[1]Department of Agricultural Engineering, Ghent University, Coupure Links 653, B-9000 Ghent, Belgium, tél. +32 9 264 61 88, fax +32 9 264 62 35, e-mail:Jan.Pieters@ugent.be
[2]Ecole Supérieure d'Horticulture, 4042 Chott-Mariem (Tunisie)
[3]Ecole Supérieure des Ingénieurs, 9070 Medjez-el-Bab (Tunisie)
Reçu le 18.10.02. et accepté pour publication le 09.09.04.

Par ailleurs, les problèmes d'héritage qui sont essentiellement à l'origine de la réduction de la taille des terrains, ne cessent d'accroître le morcellement des exploitations. Dans certains périmètres, on assiste à des superficies voisines à quelques ares (2).
En ce qui concerne les opérations culturales conduites dans les périmètres irrigués de maraîchage, seul le travail du sol est entièrement motorisé. Les autres opérations sont soit manuelles, soit à traction animale. Mais à ce niveau, le travail réalisé ne répond pas souvent au désir de l'exploitant, et sa durée est généralement longue (1).
A un autre niveau, bien que l'utilisation de la traction mécanique moyennant les tracteurs classiques à roues de puissance relativement élevée (50 à 60 kW) offre plusieurs avantages pour l'agriculture en général (10), elle présente de nombreux problèmes dans le cas des parcelles de taille réduite, à savoir:

- mauvaise adaptation de la taille des engins aux surfaces travaillées, rendant les opérations pénibles et difficiles, réduit les rendements des matériels, fatigue le conducteur et cause des coûts élevés (11);
- les pneus équipant les tracteurs sont inadaptés à une utilisation sur sol ameubli de sorte que leur passage laisse des ornières profondes (15);
- difficulté de travailler la totalité de la surface sous serre à cause de la taille importante du matériel, ce qui réduit la surface utile effectivement travaillée;
- compaction des sols accrue suite à la succession des passages surtout en cultures intensives où le sol contient toujours une certaine humidité (14), etc.

Actuellement l'application de la petite motorisation dans les pays développés (Japon, pays sud européens,…) a permis de surmonter la plupart des problèmes posés par la mécanisation classique au niveau des petites exploitations (7).
Ainsi, l'étude des possibilités d'introduction de la petite motorisation (motoculteur, motohoue,…) dans les petites exploitations de la région du Sahel tunisien se justifie pour les raisons sus-indiquées. Il s'avère donc utile d'évaluer l'état structural réalisé par des machines de plusieurs niveaux de puissance de traction utilisé en travail du sol des parcelles de taille limitée (12). Le travail du sol change les caractéristiques physiques de ce dernier (8). Travailler le sol, c'est lui faire subir des contraintes momentanées à l'aide d'outils appropriés (13). Le rôle essentiel du travail du sol est d'obtenir un état structural permettant une bonne germination et un développement racinaire indispensable à une bonne alimentation de la plante. Il vise l'enfouissement des débris végétaux superficiels, l'ameublissement de la couche arable, la formation du lit de semence, la répartition de la terre fine et des mottes, la maîtrise de la propagation des mauvaises herbes, des parasites et des maladies, l'incorporation des amendements et des fertilisants, etc (6, 17).

L'objectif de ce travail consiste à étudier et comparer pour deux types de sol du Sahel tunisien, les effets de quatre puissances de traction utilisant la même catégorie d'outils de travail du sol sur son état structural. Les outils utilisés correspondent à la charrue à socs et versoirs agissant sur le sol par fendillement et retournement employée pour le labour, et le cultivateur rotatif agissant par sectionnement appliqué pour la reprise du labour (4, 6).

Matériel et méthodes

Le dispositif expérimental comprend un facteur traitement qui est caractérisé par le niveau de la puissance nominale du tracteur relié à une technique de travail du sol, et deux variables mesurées à savoir le profil de la résistance du sol à la pénétration d'une pointe conique (5) et le profil de la masse volumique apparente sèche du sol (3, 18).
La technique de travail du sol testée, correspond à un labour moyennant une charrue à socs et versoirs et deux reprises du labour utilisant le cultivateur rotatif.
Les quatre traitements étudiés sont:
-traitement 1 (T1): travail du sol à une profondeur moyenne de labour de 21 cm pour le sol SA, et 17 cm pour le sol AS, au moyen d'un tracteur standard d'une puissance nominale de 59 kW;
-traitement 2 (T2): travail du sol à une profondeur moyenne de labour de 16 cm pour le sol SA, et 15 cm pour le sol AS, au moyen d'un tracteur d'une puissance nominale de 33 kW;
-traitement 3 (T3): travail du sol à une profondeur moyenne de labour de 13 cm pour le sol SA; et 15 cm pour le sol AS, au moyen d'un mini-tracteur d'une puissance nominale de 22 kW;
-traitement 4 (T4): travail du sol à une profondeur moyenne de labour de 13 cm pour le sol SA; et 13,5 cm pour le sol AS, au moyen d'un motoculteur d'une puissance nominale de 6 kW.
La vitesse moyenne de labour des traitements T1, T2, T3 et T4 était respectivement de 1,5- 2,4- 3,0 et 1,5 km/h dans le sol SA; et de 2,0- 2,9- 3,3 et 1,3 pour le sol AS. Le régime de la prise de force des engins de traction était de 540 tr/min lors des opérations de reprise du labour par cultivateurs rotatifs.
Les spécifications essentielles des outils de travail du sol (charrues, rotavators) utilisés dans chaque traitement sont présentées dans les tableaux 1 et 2.

Les essais ont été effectués au cours de la campagne agricole 2002, sur deux parcelles situées dans le domaine de l'Ecole Supérieure d'Horticulture et d'Elevage de Chott-Mariem (Sousse, Tunisie) la première caractérisée par une pente de 1,6% sur un sol sablo-argileux (SA) de précédent cultural pommes de terre, et la deuxième marquée par une pente de 1,5% sur un sol argilo-sableux (AS) en jachère depuis une année (9).
L'état initial des parcelles avant travail du sol était

Tableau 1
Spécifications essentielles des charrues

traitement	nombre de corps	largeur de travail (m)	type de versoir
1	3	1,05	cylindro-hélicoidal
2	3	0,90	cylindrique
3	3	0,80	cylindrique
4	1	0,27	cylindrique

Tableau 2
Spécifications essentielles des cultivateurs rotatifs

traitement	nombre de couteaux	forme	largeur de travail (m)	régime de rotation (tours/min)
1	28 (4* x 7**)	L	1,3	240
2	28 (4 x 7)	L	1,4	240
3	28 (4 x 7)	L	1,2	216
4	24 (4 x 6)	L	0,6	167

* nombre de couteaux par flasque

**nombre de flasques

caractérisé par un état homogène avec une résistance du sol à la pénétration moyenne de 11,6 et 13,3 daN/cm^2, une masse volumique apparente moyenne de 1650 et 1640 kg/m^3 et une teneur en eau pondérale de 11,0% et 7,3% sur l'horizon 0-40 cm pour les sols SA et AS respectivement.

Les parcelles utilisées présentaient des dimensions de (5 x 50) m^2, ce qui signifie que les dimensions du terrain étaient de (60 x 50) m^2 (Figure 1). Le dispositif expérimental consiste en 12 blocs pour chaque sol.

L'état structural du sol était caractérisé par deux mesures à savoir la résistance du sol à la pénétration et masse volumique apparente.

La résistance du sol a été mesurée à l'aide d'un pénétromètre à lecture directe enfoncé à vitesse régulière (pénétromètre statique). Les mesures de la résistance du sol sont réalisées tous les 5 centimètres sur une profondeur de 30 centimètres. Elles sont effectuées pour les trois répétitions (blocs) de chaque traitement. L'appareil utilisé comprend une tige graduée en centimètres et d'une longueur de 50 cm qui se termine par une pointe conique de 30° d'angle au sommet et de 3,2 cm^2 de section. Cette tige est reliée à la poignée de poussée par un anneau dynamométrique de force 500 daN qui se déforme lors de l'enfoncement de la tige dans le sol. Un comparateur situé au cœur de l'anneau permet la lecture des déformations. Les valeurs de lecture sur le comparateur sont traduites ensuite en valeurs de pression après étalonnage de l'appareil à l'aide d'une balance de précision.

La masse volumique apparente du sol a été mesurée à l'aide de prélèvements de volume de sol au moyen d'un cylindre métallique de 5 cm de hauteur et de diamètre enfoncé dans le sol par l'intermédiaire d'une douille porte-cylindres, d'une tige et d'un marteau. La méthode consiste à enfoncer dans le sol un cylindre pour en retirer un volume de 100 cm^3 de terre. Après séchage à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures on obtiendra le poids sec de la terre. Cette mesure a été réalisée tous les 10 cm sur une profondeur de 40 cm.

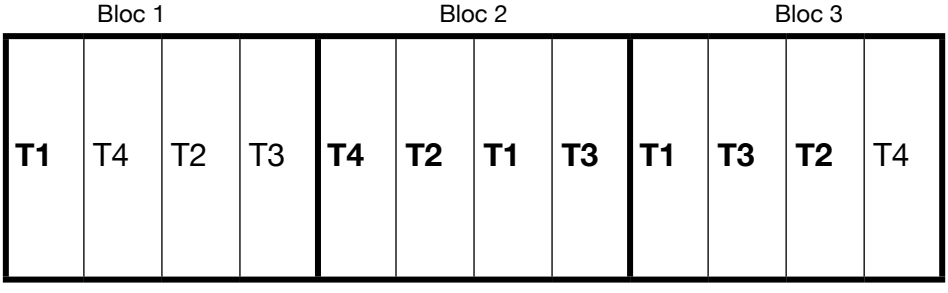
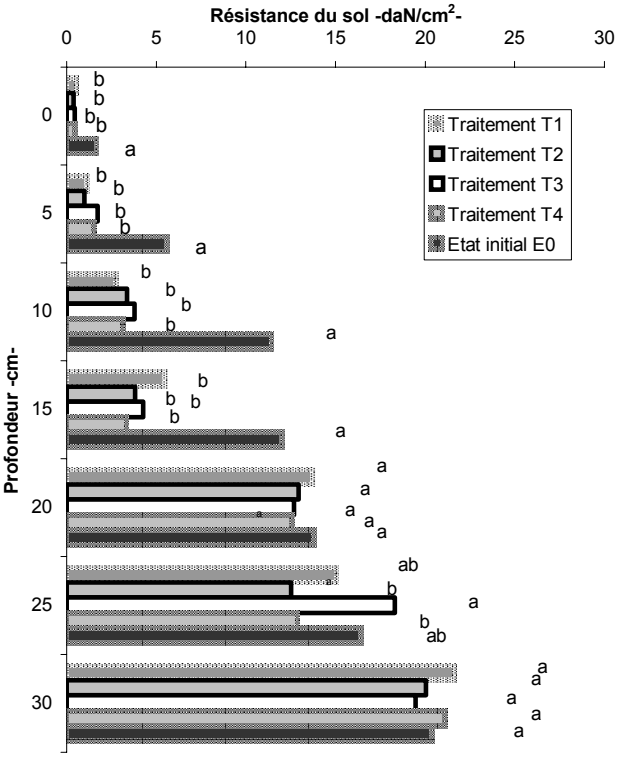


Figure 1: Schéma du dispositif expérimental.

Elles sont effectuées pour les trois répétitions de chaque traitement.
Donc sur chaque bloc, la résistance à la pénétration a été mesurée à sept profondeurs et la masse volumique apparente à quatre profondeurs.
Pour le traitement statistique des données, on a utilisé la méthode de l'analyse de la variance, moyennant le logiciel SAS (16). Les moyennes portant la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5%.

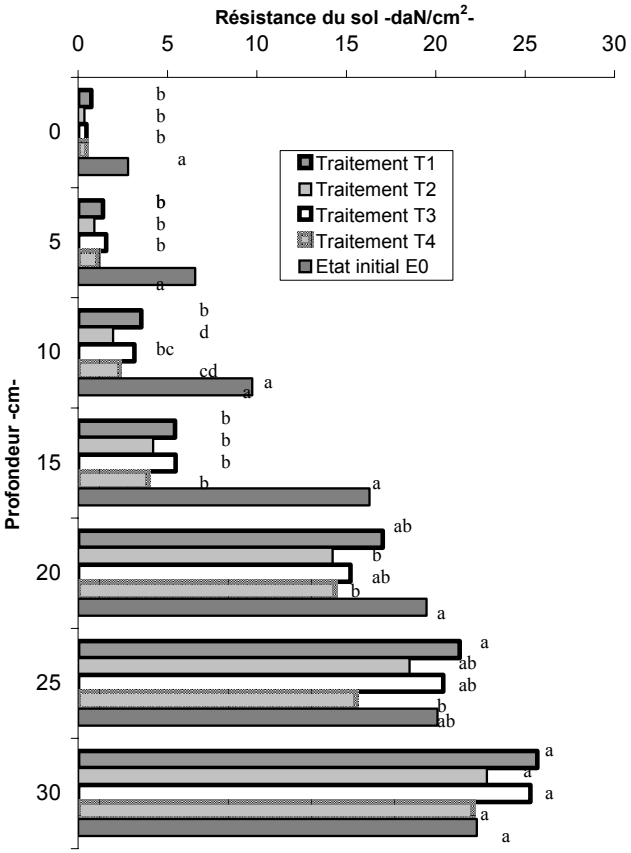
Résultats – discussion

L'examen des profils pénétrométriques moyens (Figures 2 & 3) des différents traitements dans les deux types de sol par rapport à l'état initial, a permis de mettre en évidence une diminution de la résistance à la pénétration dans la zone travaillée après passage des différents outils.
La tendance à la diminution de la résistance à la pénétration dans les horizons travaillés, a démontré l'objectif du travail du sol en général. Les mesures de pénétrométrie reflètent la force de cohésion favorisant la formation d'agrégats.
Les valeurs de la résistance à la pénétration comparées à l'état initial par niveau de profondeur dans le cas du sol SA (Figure 2), montrent un effet hautement significatif du facteur traitement sur la résistance du sol sur les profondeurs allant de 0 à 15 cm. Au niveau de ces profondeurs, les quatre traitements ne différaient pas significativement entre eux. Au niveau de la profondeur 20 cm, il s'est avéré que l'effet traitement sur le paramètre résistance du sol était absent. Cette profondeur représentait la profondeur moyenne traitée par le traitement T1, mais elle était nettement supérieure aux limites réalisées par les trois autres. Au niveau de 25 cm de profondeur, des différences significatives ont été observées entre les traitements T3 et T1 et les deux autres. Mais à cette profondeur, les traitements T3 et T1 ne différaient pas significativement de l'état initial. Par contre, les différences entre les traitements T4 et T2 par rapport à l'état initial, pourraient être dû à des écarts d'humidité dans cet horizon. Finalement, la profondeur 30 cm ne reflétait aucun effet du traitement sur la résistance du sol puisqu'on est loin de la profondeur travaillée par les outils ou influencée par la compaction.
En considérant le sol AS (Figure 3), un phénomène similaire à celui du sol SA s'est produit au niveau des profondeurs 0, 5 et 15 cm. Il s'agissait d'un effet hautement significatif du facteur traitement sur la résistance du sol à la pénétration comparé à l'état initial mais sans différence significative entre les traitements. A 10 cm de profondeur, on a assisté à un effet hautement significatif du facteur traitement sur la résistance du sol, mais aussi à des différences significatives entre les traitements. Au niveau de la profondeur 20 cm, l'effet



Les moyennes portant la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5%.

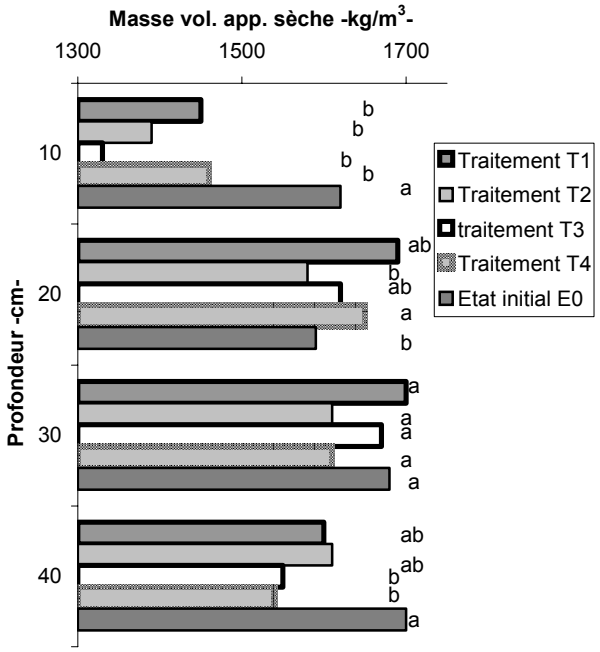
Figure 2: Profils pénétrométriques moyens du sol SA pour l'état initial et après les différents traitements.



Les moyennes portant la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5%.

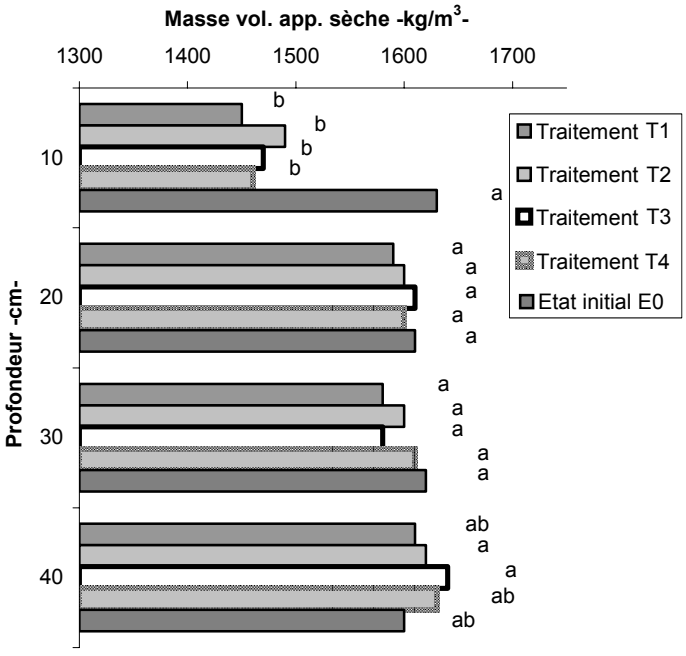
Figure 3: Profils pénétrométriques moyens du sol AS pour l'état initial et après les différents traitements.

traitement sur la résistance du sol est apparu, mais des différences entre les traitements ont été enregistrées.
Les traitements T2 et T4 étaient différents des autres. A la profondeur 25 cm, les traitements n'avaient pas d'effet significatif sur la résistance du sol. Le traitement T4 était caractérisé par une faible moyenne, et il a semblé que les traitements T1 et T3 ont provoqué un tassement du sol en profondeur. Au niveau de la profondeur 30 cm, on a remarqué que les constatations pour le sol SA étaient identiques, c'est-à-dire absence de l'effet traitement sur la résistance du sol. Les traitements T1 et T3 étaient toujours à l'origine du tassement du sol en profondeur.
En ce qui concerne la masse volumique apparente sèche (Figures 4 & 5), l'examen des profils moyens des quatre traitements par rapport à l'état initial, a montré une diminution de la masse volumique apparente des sols dans la zone travaillée après passage des outils.
Dans les deux types de sol, les profils moyens des différents traitements présentaient des allures croissantes tout le long de la profondeur de travail concernée. Donc, le travail du sol moyennant les quatre niveaux de puissance, en diminuant la masse volumique apparente a augmenté par conséquent la porosité structurale de chacun des sols considérés. Ainsi le travail du sol a présenté l'avantage de permettre une meilleure occupation du sol par le système racinaire de la plante. Cependant, on doit signaler que l'emploi de la méthode des cylindres d'acier enfoncés dans le sol par l'intermédiaire d'une douille porte-cylindres, d'une tige et d'un marteau, n'était pas homogène dans les horizons travaillés. Cette dispersion des résultats reflétait le manque de cohésion dans le cas du sol sablo-argileux et la faible humidité dans le sol argilo-sableux.
La comparaison des valeurs de la masse volumique apparente sèche du sol SA (Figure 4) par niveau de profondeur, a démontré l'effet hautement significatif du facteur traitement sur la masse volumique du sol à la profondeur 10 cm. Le traitement T4 se distinguait des trois autres par une moyenne relativement élevée qui pourrait être due à la faible profondeur de labour (13 cm) réalisée par ce traitement. Au niveau de 20 cm de profondeur, il y avait absence de l'effet traitement sur la masse volumique du sol. Ceci pourrait résulter de la faible profondeur (< 20 cm) réalisée par tous les engins sans exception. Cependant, on doit signaler une augmentation de la masse volumique du sol par rapport à l'état initial produite par les traitements T1, T3 et T4, indiqués par des moyennes élevées. Au niveau de l'horizon 30 cm, les traitements ne présentaient ni effet sur la masse volumique du sol ni différence entre eux. Le même phénomène s'est manifesté au niveau de la profondeur 40, mais les traitements T3 et T4 se distinguaient des autres par des moyennes plus faibles.
En considérant le sol AS (Figure 5), la comparaison des valeurs de la masse volumique apparente sèche à 10 cm de profondeur, a mis en évidence un effet hautement significatif du facteur traitement sur ce paramètre. Mais les quatre traitements ne différaient pas significativement entre eux. En revanche, au niveau des horizons 20, 30 et 40 cm, il y a eu absence de l'effet traitement sur la masse volumique du sol. Ces horizons n'étaient pas atteints par la totalité des outils lors de passage des engins, car les profondeurs de travail réalisées étaient inférieures à 20 cm. Cependant, au niveau de l'horizon 40 cm, les



Les moyennes portant la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5%.

Figure 4: Profils moyens des masses volumiques apparentes sèches du sol SA pour l'état initial et après les différents traitements.



Les moyennes portant la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5%.

Figure 5: Profils moyens des masses volumiques apparentes sèches du sol AS pour l'état initial et après les différents traitements.

quatre traitements étaient marqués par des moyennes supérieures à celle de l'état initial, ce qui semblait mettre en évidence un effet de tassement du sol en profondeur suite aux passages de l'ensemble tracteur-outils.
Bien que sur le plan état structural réalisé, les différentes puissances utilisées se soient montrées similaires, l'étude de l'impact de ces différentes puissances sur l'aspect tassement du sol devrait être considéré de façon plus détaillée et sur une plus longue période pour plusieurs raisons. Le tassement peut avoir un effet direct sur la croissance de la plante car il freine l'implantation et le développement des racines, ce qui limite par conséquent les rendements. Il peut diminuer la conductivité hydraulique qui favorise le ruissellement et l'érosion, et il peut avoir aussi des effets négatifs sur la fertilité du sol.

Conclusion

Au terme de ce travail expérimental ayant pour but d'étudier les effets de quatre classes de puissance de traction sur l'état structural du sol dans les petites exploitations maraîchères du Sahel tunisien, il est apparu que pour la technique de travail du sol utilisée, tous les engins ont permis d'atteindre pratiquement le même état structural du sol dans les profondeurs travaillées par l'ensemble des appareils. En effet, les résultats obtenus dans les deux sols, mettent en évidence un état structural meuble confirmé statistiquement par des effets hautement significatifs des différents traitements sur les variables mesurées sans différence entre les traitements eux-mêmes. Le labour avec la charrue à socs et versoirs ainsi que la reprise de labour au cultivateur rotatif animé par prise de force du tracteur sont traduits par un état poreux non compact avec un sol émietté en surface pour les quatre traitements. Ce qui met en évidence que l'ensemble des traitements a occasionné dans les couches travaillées un état structural similaire, malgré une différence au niveau de la vitesse de labour et de la forme des versoirs. Il en résulte que pour la technique de travail du sol adoptée, l'ensemble des puissances envisagées a offert les mêmes possibilités pour la préparation du sol ce qui favorise l'utilisation des petites puissances dans les exploitations maraîchères de taille réduite. Cependant, pour une meilleure conduite de ces petits équipements, plusieurs facteurs pourraient être pris en considération:

- un choix judicieux du moment d'intervention notamment pour l'opération de labour (état d'humidité du sol surtout), ce qui pourrait réduire davantage la résistance du sol et par suite l'effort de traction demandé;
- stabilité des motoculteurs au labour par un réglage adéquat de leur voie;
- meilleure adéquation entre la taille de l'outil et la puissance de l'engin, etc.

  En outre, il est nécessaire d'effectuer une étude technico-économique comparative entre différentes puissances de traction en travail du sol des exploitations maraîchères de taille réduite sur plusieurs années et qui pourrait renseigner davantage sur l'application de ce mode de traction dans ce secteur.

Références bibliographiques

1. Anonyme, 1996, Enquête sur les structures des exploitations agricoles. Rapport du Ministère de l'Agriculture tunisien.
2. Anonyme, 1999, Annuaire des statistiques agricoles, Ministère de l'Agriculture tunisien.
3. Aubineau M. & Billot J.F., 1973, Compte rendu de la session de perfectionnement de Grignon sur les outils de travail du sol. Etude de CNEEMA, n° 385.
4. Barthélemy P., Boigontier D. & Lajoux P., 1987, Choisir les outils de travail du sol. Paris: ITCF.
5. Billot J.F., 1989, Pénétrométrie, choix des outils et dates de travail du sol. Dublin, volume **3**.
6. Billot J.F., Aubineau M. & Autelet R., 1993, Les matériels de travail du sol, semis et plantation. Paris: CEMAGREF/ ITCF/ TEC & DOC, 384 p.
7. Bourarach E,. 1996, Motorisation des petites exploitations agricoles, Terre et vie, 23, 3 p.
8. Chehaibi S., Mansouri T. & Dridi N., 1993, Etude comparative de deux techniques de travail du sol dans les terres en pente, Tropicultura, **11**, 4, 147-150.
9. Chergui M., 1985, Etude pédologique des sols du domaine de l'Ecole Supérieure d'Horticulture, Mémoire de fin d'études.
10. FAO, 1998, La mécanisation en Afrique de l'ouest, 20 p.
11. FAO, 1996, La traction animale en Mauritanie: situation et perspective, 34 p.
12. Germain N. & Poussin JC., 1987, Les exploitations de moyenne Côte d'Ivoire utilisant la motorisation intermédiaire, Cah. Sci. Hum. **23**, 3-4, 555-566.
13. GRET, CTA, ITDG, 1994, Ministère français de la coopération. Matériels pour l'agriculture, 1500 références pour l'équipement des petites et moyennes exploitations. Saint-Étienne: Impressions Dumas, 302 p.
14. James C. Frisby & Donald L. Pfost., 2002, Agricultural Engineering Publications, MU Extension, University of Missouri- Colombia.
15. Ouézou Yaovi Azouma, 1999, Protection des sols en culture mécanisée. Cahiers agricultures, **8**, 3, 189-95.
16. SAS Institute, 1990, SAS user's guide version 6.
17. Seguyl, 1994, Contributions à l'étude et la mise au point des systèmes de cultures en milieu réel: petit guide d'initiation à la méthode de «création-diffusion» de technologie en milieu réel- résumé de quelques exemples significatifs d'application. Montpellier, CIRAD-Ca, 191 p.
18. Yoro G. & Godo G., 1990, Les méthodes de mesure de la densité apparente: analyse de la dispersion des résultats dans un horizons donné, Cah. ORSTOM, sér. Pédol., vol. **XXV**, n° 4, 1989: 423-429.

S. Chehaibi, Tunisien, 3ème cycle en machinisme agricole, Maître-assistant de l'Enseignement Supérieur Agricole.
R. Triaa, Tunisien, Diplôme d'Ingénieur National, Ingénieur en Machinisme agricole.
J.G. Pieters, Belge, Docteur en Sciences Biologiques Appliquées, Professeur RUG.
R.A. Verschoore, Belge, Docteur en Sciences Appliquées, Professeur (RUG), Directeur du Département.