



Impact du semis direct sur les propriétés physiques d'un sol argileux au Maroc central (Impact of No Tillage on physical properties of a clay soil in Central Morocco)

Laghrour M.^{1*}, Moussadek R.^{2*}, A. Zouahri A.², Mekkaoui M.¹,
Dahan R.², El Mourid M.³

¹Equipe de Physico-chimie des matériaux et nanomatériaux: Dépollution, environnement et développement durable, Université Mohammed V, Faculté des Sciences, Av. Ibn Batouta, B.P. 1014, Rabat, Morocco

²Institut National de la Recherche Agronomique (INRA), BP 6356, Rabat, Morocco

³Centre International de Recherche Agricole dans les Zones Arides (ICARDA), B.P. 435, Menzeh I - 1004, Tunis. Tunisia.

Received 6 May 2014; Revised 9 September 2014; Accepted 10 September 2014.

*Correspondance, E-mail: Laghrour.Malika@gmail.com; rachidmoussadek@yahoo.fr, Tel: (+212641510686), (+212668829271)

Abstract

Conventional agriculture practiced in Morocco based on recurring tillage, leads to soil degradation (erosion, fertility diminution, low organic matter content, etc.). To face up to this situation, conservation agriculture offers an opportunity to reverse this alarming trend. Indeed, several international studies have confirmed the positive findings of conservation agriculture in view of its impact on the structural stability which closely related to soil organic matter (SOM). This work contributes to focus the impact of no tillage (NT) after ten years of experiment, on the structural stability, SOM and bulk density (Da) of a Vertisol type clay soil in central of Morocco. The results showed that besides resistance of Vertisol under NT to slow wetting test, the soil could resist also of the fast wetting test (p -value = $0.02 < 0.05$). A significant effect was observed for the SOM content at the surface (p -value = $0.00 < 0.05$) whereas, there is no significant difference for bulk density (p -value = $0.08 > 0.05$). The results obtained in this paper have shown favorable effects of NT on the physical quality of the clay soil.

Keywords: No-tillage, structural stability, bulk density, organic matter, Vertisol

Résumé

L'agriculture conventionnelle pratiquée au Maroc, basée sur le labour récurrent, conduit à la dégradation des sols (érosion, réduction de fertilité, faible teneurs en matière organique, ...etc.). Pour faire face à cette situation, l'agriculture de conservation offre une opportunité pour renverser cette tendance alarmante. En effet, plusieurs travaux ont confirmé le constat positif de l'agriculture de conservation vu son influence sur la stabilité structurale qui est étroitement liée à la teneur en matière organique (MO). Ce travail contribue à mettre l'accent sur l'impact du semis direct (SD), après dix ans d'essai, sur la stabilité structurale, la MO et la densité apparente (Da) d'un sol argileux de type Vertisol au Maroc central. Les résultats obtenus ont montré que, en plus de la résistance du Vertisol sous SD au test d'humectation lente, le sol a pu également résister au test d'humectation rapide (p -value = $0.02 < 0.05$). Un effet significatif pour la teneur en MO (p -value = $0.00 < 0.05$) a été observé à la surface du sol, alors qu'il n'y a aucune différence significative pour la Da (p -value = $0.08 > 0.05$). Ceci a permis de montrer les effets favorables du SD sur la qualité physique de ce sol argileux.

Mots Clés : Semis direct (SD), stabilité structurale, densité apparente (Da), matière organique (MO), Vertisol

1. Introduction

Les sols du Maroc sont caractérisés par une réduction du taux de la matière organique et une faible résistance à l'érosion. Ceci est expliqué par l'adoption de techniques inappropriées par le labour intensif sous semis

conventionnelle (SC) [1 ; 2 ; 3]. Ce dernier détruit la cohésion entre les agrégats du sol, causant une instabilité et une dégradation des ressources naturelles. En effet, des études antérieures [4] ont confirmé cette diminution des teneurs en matière organique, montrant l'influence négative sur l'ensemble des phénomènes physiques notamment la stabilité structurale et la densité apparente, considérés comme des composantes très importantes et indicatrices de la qualité du sol. L'instabilité structurale d'un sol favorise également l'érosion et par la suite joue en défaveur du développement agricole [5].

Pour remédier à cette situation, des travaux de recherches nationales et internationales proposent d'adopter les techniques de l'agriculture de conservation, spécialement le semis direct [4 ; 6] qui pourrait constituer une réponse aux défis de l'instabilité de la structure des sols et de la dégradation de ces ressources naturelles [7 ; 8]. Cette technique alternative a pour objectif d'assurer la durabilité du système de production agricole en réduisant la vulnérabilité des sols à l'instabilité via l'amélioration des teneurs en MO au voisinage de la surface [9]. Cependant, plusieurs études ont montré que la MO est parmi les principaux paramètres qui déterminent la qualité du sol et influence sa stabilité [10 ; 11 ; 12 ; 13]. Grâce à ses multiples fonctions, particulièrement son pouvoir de résistance à l'érosion [14], la MO du sol joue un rôle essentiel dans le fonctionnement des écosystèmes terrestres.

Malgré que plusieurs études dans les régions semi arides du Maroc (Précipitations < 350 mm/an) ont montré l'effet positif du SD sur la MO et la stabilité structurale des sols, peu d'études les régions subhumides (Précipitations >350 mm/an) du pays. Cet article contribue à cet effort de recherche en mettant l'accent sur les changements qui ont affectés les propriétés d'un sol sous un essai de SD de long terme (10 ans). On s'intéressera particulièrement à la MO et les deux principales propriétés physiques : la densité apparente et la stabilité structurale à la surface du sol.

2. Matériels et méthodes

2.1. La zone d'étude

Le site est situé à la station expérimentale du Merchouch de l'Institut National de Recherche Agronomique à Zaer (60 km au Sud de Rabat ; 33°37 'N ; 6°43 'O) (Fig. 1). Il est caractérisé par un climat méditerranéen à influence océanique, avec une température moyenne de 28°C et une pluviométrie moyenne égale à 400 mm. Le sol au niveau du site est de type Vertisol à texture argileuse (tableau 1), une structure faiblement développée et une teneur en MO relativement élevée sur les dix premiers centimètres de profondeur.

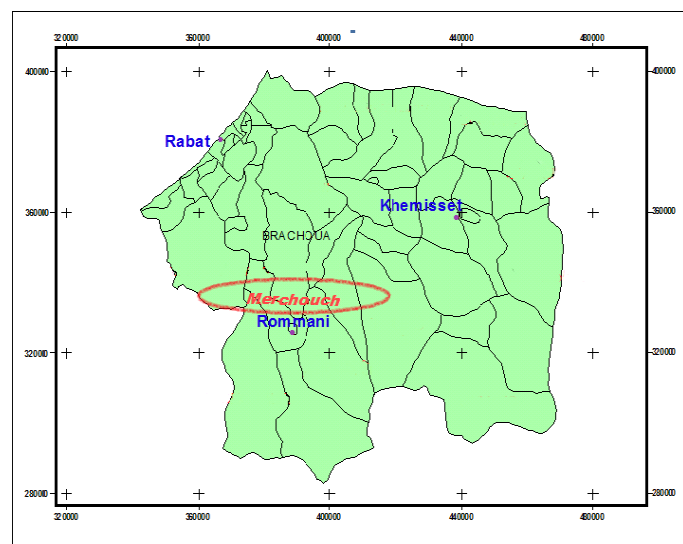


Figure 1: Carte de situation du site expérimental (en rouge)

Tableau 1: Caractéristiques granulométriques du sol de Merchouch à 0-10 cm en profondeur

Merchouch	Argile (%)	Limon (%)	Sable (%)	Type de sol
	50,9	37,0	12,0	Vertisol

2.2. Méthodologie

L'essai sur cette station a subi une pratique sous semis direct depuis dix ans, sur la base d'une rotation blé tendre-lentille utilisée par les agriculteurs de la région. L'essai a été installé depuis 2004 dans le but d'observer l'impact à long terme du semis direct sur la qualité du sol et la production agricole. Il a été réalisé sur une parcelle de 4 ha. Les parcelles ont été différenciées avec deux modalités de travail du sol : SD et SC sur lequel, la première consiste à un travail conventionnel avec (Stubble Plow) et (Cover Crop), effectué en parcelles labourées sur les premiers centimètres (de 10 cm à 15 cm de profondeur) pour préparer les lits de semences et pour enfuir les résidus de la culture. Par contre pour la deuxième modalité, la seule opération aratoire consiste en une ouverture de 2 ou 3 cm du sol pour placer la semence à 5 cm de profondeur. Cette opération a été réalisée avec un semoir spécial du semis direct (Type, KUHN). Ce dispositif a fait l'objet de suivre l'effet du SD sur les caractéristiques principales du sol à savoir La stabilité structurale, la densité apparente et la matière organique. Les échantillons ont été prélevés à la surface du sol en faisant des répétitions selon le paramètre à mesurer. L'échantillonnage a été fait le 21 et 23 Mai 2013 avant la récolte du blé et juste après une journée pluvieuse. Les principaux paramètres du sol ont été mesurés selon les procédures suivantes :

- **Densité apparente**

Elle est évaluée à l'aide d'un cylindre de volume égale à 1305 cm^3 . La mesure de cette D_a a été effectuée à la surface (0-13cm).

Les échantillons prélevés sont pesés avant et après leur passage dans l'étuve à $105 \text{ }^\circ\text{C}$ pendant 48 heures.

La mesure de cette densité apparente en g/cm^3 , a été effectuée selon la méthode proposée par Grossman et Reinsch [15] :

- **Matière organique**

Des prélèvements à 0- 10 cm en profondeur, ont été déterminés par parcelle avec 12 répétitions pour chaque modalité de travail du sol. Chaque échantillon a été mis ensuite dans une boîte en carton. Ils ont été séchés à l'air puis tamisés à 0.2 mm pour la détermination de la teneur en MO. Cette teneur a été évaluée selon la méthode proposée par Walkley et Black [16] en multipliant le taux de la teneur en carbone par 1,724 :

- **Stabilité structurale**

La stabilité structurale a pour objectif de mesurer la quantité d'agrégats stables soumis à l'action de l'eau. Elle est déterminée par la méthode proposée par Le Bissonais [10] qui combine trois tests décrivant le comportement du sol soumis à différentes conditions climatiques et hydriques que l'on peut rencontrer à la surface du sol:

- Traitement d'humectation rapide par immersion ;
- Traitement d'humectation lente par capillarité ;
- Traitement de désagrégation mécanique par agitation après réhumectation.

Des prélèvements d'échantillons ont été faits à 0-10 cm à l'aide de la tarière et avec précaution pour que la forme naturelle de ces agrégats reste la même. Ces derniers ont été séchés à l'aire libre, effrités avec les mains ensuite, tamisés pour sélectionner des agrégats de taille de 3 à 5 mm. Juste avant les tests, les agrégats sont soumis à l'étuve à $40 \text{ }^\circ\text{C}$ pendant 24 heures.

Pour le test (i), on pèse environ 5g d'agrégats et on les verse rapidement dans un bécher contenant 50 ml de l'eau distillée pendant 10 min (observation visuelle de l'éclatement).

Pour le test (ii), la même prise d'agrégats est disposée sur un papier filtre posé sur une table succion pendant 60 min (le temps du réhumectation des agrégats par capillarité).

En fin, pour le test (iii), les agrégats ont été émergés dans l'éthanol pendant 30 min, puis transférés dans un erlenmeyer contenant 250 ml d'eau distillée qui a été agité en effectuant dix retournements avant décantation.

Trois répétitions ont été effectuées pour chaque test et les échantillons de ces derniers ont été transmis dans un tamis de $50 \mu\text{m}$ immergé préalablement dans l'éthanol dans le but de séparer les agrégats supérieurs à $50 \mu\text{m}$ des agrégats inférieurs à $50 \mu\text{m}$ sans créer des désagrégations supplémentaires. Ce tamisage à l'éthanol se fait avec l'appareil de Hénin à un mouvement hélicoïdal.

Les agrégats restants (> 50 µm) ont été transférés dans un bécher à l'aide d'une pissette d'éthanol avant d'être séchés à 40°C pendant 48h.

Le pourcentage de chaque classe de taille (< 50 µm) par rapport au poids total à été calculé et les résultats ont été exprimés en mm sous la forme de Diamètre Moyen Pondéré (DMP). Ce dernier correspond à la somme des fractions de la masse restante sur chaque tamis, multiplié par la moyenne des tailles inter-tamis. Les DMP ont été calculés selon la méthode de Le Bissonais [10] pour chaque traitement.

Plus le DMP d'un sol est élevé, plus sa stabilité est grande.

- *Analyses statistiques des données*

Dans l'objectif de déterminer l'effet de deux traitements (SD et SC) sur les propriétés physiques du sol, les différentes mesures ont été effectuées en comparant leurs moyennes selon le test Student au seuil de 5%. Le logiciel utilisé pour les traitements statistiques est le Statistical Analysis System (SAS version 2009).

- **Résultats et discussion**

- *Etude de l'effet du travail du sol sur sa densité apparente et sa teneur en matière organique*

La matière organique et la densité apparente sont considérées parmi les principaux indicateurs physiques de la qualité du sol. Elles nous renseignent respectivement sur la fertilité et la porosité du sol.

Le résultat obtenu pour la densité apparente (tableau 2), montre qu'elle est élevée sous SD par rapport à celle pratiquée sous SC. Ce résultat est similaire au constat trouvé par certains auteurs [17]. La différence entre les moyennes des deux techniques n'est pas significative, contrairement aux résultats obtenus sous SD après sept ans d'essai [4].

En comparant les résultats obtenus sous SD après sept et dix ans, on peut conclure que la compaction des sols de type Vertisol sous SD diminue avec le temps suite probablement à l'intensification de l'activité biologique. Des résultats similaires ont été confirmés par certains auteurs [18; 19].

Les essais concernant la matière organique dans la station du Merchouch ont donné des résultats significatifs en faveur du SD après dix ans, confirmant ainsi les résultats obtenus par Moussadek et al. [4] après sept ans d'essai avec des différences moins importantes. Ces résultats montrent l'effet positif du SD sur l'accumulation de la MO en surface du sol. Ceci est en accord avec les résultats obtenus par d'autres auteurs [1, 14, 20].

De même que les résultats obtenus sous deux modalités de travail du sol peuvent s'expliquer par la durée d'utilisation de la technique du SD, ils sont en accord avec des travaux qui ont montré que l'augmentation de la teneur en MO dépend de la durée d'adoption du SD [21].

Tableau 2 : Effet des deux pratiques culturales sur la teneur en MO et sur la densité apparente (Da) après dix ans d'essai. Les traitements ayant la même lettre ne sont pas significativement différents selon le test de Student (p-value > 0.05)

Propriétés du sol	Mode de travail du sol	
	SD	SC
MO (%) (0-10 cm)	2,01 ^a	1,76 ^b
Da (g cm ⁻³) (0-13 cm)	1,33 ^a	1,12 ^a

SD: Semis direct; SC: Semis avec travail conventionnel.

MO: taux de la matière organique; Da: densité apparente du sol.

- *Etude de l'effet du travail du sol sur sa stabilité structurale*

La stabilité structurale d'un sol correspond à la capacité d'un sol à conserver son arrangement entre particules solides et vides lorsqu'il est exposé à différentes contraintes, comme l'action désagrégante de gouttes de pluie ou l'humectation [22]. C'est une propriété physique des sols indicatrice de leur vulnérabilité à la battance et à l'érosion [23; 4].

D'après les résultats obtenus dans ce travail (Fig.2) et selon le test Student, les différences entre les moyennes sont statistiquement significatives pour le test d'humectation rapide et pour le test d'humectation lente, par contre il n'y a aucune signification pour le test de désagrégation mécanique. Ceci veut dire que le SD adopté depuis dix ans a un effet visible sur le test d'humectation lente qui se caractérise par des pluies modérées, ce qui confirme le résultat obtenu par Moussadek et al. [4] sur ce même essai sous SD depuis sept ans. Cependant

ces auteurs n'ont pas trouvé de différence significative pour le test d'humectation rapide. Par contre, nos résultats ont montré un effet positif avec ce test sur la stabilité structurale, ceci explique que le sol résiste à une humectation brutale qui est la plus vulnérable à la désagrégation du sol après dix ans d'essai sous SD. En outre, les résultats obtenus pour le Vertisol selon la méthode du classement de la stabilité structurale décrite par Le Bissonnais [10], ont permis de conclure que ce dernier est plus stable face aux pluies modérées (DMP (SD) = 1,51 mm > 1.3 mm) qu'aux pluies brutales (DMP (SD) = 0,7 mm < 0,8 mm). Cet effet positif de la stabilité structural sous semis direct pour le test d'humectation lent par rapport au test d'humectation rapide est probablement du à l'accumulation des teneurs en MO à la surface du sol (Tableau 2) et à la bonne cohésion que le sol garde lorsqu'il est soumis à des pluies modérées, confirmant ainsi les résultats obtenus par certains auteurs [24; 25].

Par ailleurs, l'absence d'une différence significative pour le test de désagrégation mécanique, peut être due à l'effet de l'éthanol qui sature la porosité des agrégats d'une part et d'autre part, à l'intensité de désagrégation qui dépend de l'énergie appliquée lors de retournement du sol [25]. De même, elle peut être due à une insuffisance d'accumulation de la MO en surface [26]. On peut conclure qu'il faut encore plus de temps pour que le SD puisse avoir un effet significatif après amélioration de la teneur en MO à la surface du sol.

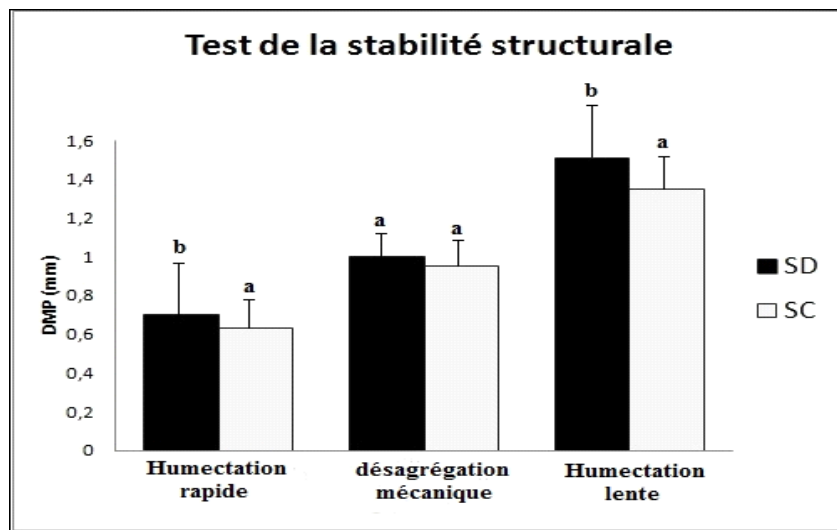


Figure 2: Effet du travail du sol (SD et SC) sur le diamètre moyen pondéral (DMP). Pour le DMP de trois tests (test d'humectation rapide, test de désagrégation mécanique et test d'humectation lente), les traitements ayant des lettres différentes sont significativement différents selon le test de Student (p-value < 0.05)

Ces constatations obtenues ont permis de conclure que le SD a des effets sur l'amélioration de la MO à la surface du sol avec le temps et sur les nombreux effets positifs sur la stabilité structurale [27- 30].

Conclusion

La présente étude nous a permis d'étudier l'effet du SD sur les propriétés d'un sol argileux situé à Zaer (Maroc Central). Les résultats montrent que le SD favorise l'accumulation de la MO en surface du sol (0-10 cm) contrairement au SC. Cette teneur élevée en MO explique la stabilité des agrégats sous SD par rapport à ceux qui ont subi un labour intensif. Ces résultats positifs obtenus sous deux modes de travail du sol, à savoir, la stabilité structurale et la densité apparente, peuvent s'expliquer par la durée d'utilisation de la technique du non labour. Par le biais de ces résultats on peut conclure que les sols labourés sont plus exposés à la dégradation par l'érosion que les sols sous SD ayant des agrégats stables comme le montre le test de la stabilité structurale. Toutefois, il serait encore mieux de prolonger cette étude, en effectuant plusieurs campagnes à différentes époques dans l'année pour bien appréhender l'effet du SD à long terme sur les propriétés du sol.

Références

1. Mrabet R., Moussadek R., Fadlaoui A., Ranst E.V., *Field Crops Res.* 132 (2012) 84
2. Wang X.B., Cai D.X., Hoogmoed W.B., Oenema O. et Perdok U.D., *Soil & Tillage Research.* 93 (2007) 239

3. Machado P. et Silva C.A., *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 61 (2001) 119
4. Moussadek R., Mrabet R., Zante P., Lamachere J-M., Pepin Y., Le Bissonnais Y., Ye L., Verdoodt A., Van Ranst E., *Can. J. Soil Sci.* 91 (2011) 627
5. Roger-Estrade J., Labreuche J., Richard G., *Cah Agric.* 201 (2011) 86
6. West T.O., Post W.M., *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66 (2002) 1930
7. Duiker S.W. et Lal R., *Soil & Tillage Res.* 52 (1999) 73
8. Saroa G. S. et Lal, R., *Land Degrad. Dev.* 14 (2003) 481
9. Ben Hammouda M., Guesmi L., Nasr K. et Khammassi M., *Actes des deuxièmes rencontres méditerranéennes sur le semis direct, Tunisie*, (2004) 104
10. Le Bissonnais Y., *European Journal of Soil Science*, 47 (1966) 425
11. Balesdent J., Chenu C., Balabane M., *Soil & Tillage Research*. 532 (2000) 15
12. Chenu C., Le Bissonnais Y., Arrouays D., *Soil Sci Soc Am J.* 64 (2000) 1479
13. Pagliai M., Vignozzi N., Pellegrini S., *Soil & Tillage Research*. 79 (2004) 131
14. Andrushkewitsch R., Geisseler D., Josef Koch H., Ludwig B., *Geoderma*. 192 (2013) 368
15. Grossman R.B. et Reinsch T.G., (2002) 201 dans Dane J. H. and Topp G. C., *Can. J. Soil. Sci.* 634
Downloaded from pubs.aic.ca by MCGILL UNIVERSITY on 08/24/11 For personal use only. éd. *Methods of soil analysis. Part 4. Physical methods*. SSSA Book Ser. 5. SSSA, Madison, WI.
16. Walkley A., and Black I.A., *Soil Science*. 37 (1934) 29
17. Dam R.F., Mehdi B.B., Burgess M.S.E., Madramootoo C.A., Mehuys G.R., Callum I.R., *Soil and Tillage Research*. 84 (2005) 41
18. Dress L. R., Karathansis A. D., Wilding L. P., Belvins R. L., *Soil Sci. Soc. Am. J.* 58 (1994) 508
19. Jordan A., Zavala L. M., et Gil J., *Catena* 81 (2010) 77
20. Bessam F., & Mrabet R., *Soil Use and Management*. 19 (2003) 139
21. Lopez M. V., Blanco Moure N., Limon A., Gracia R., *No tillage Soil & Tillage Research*. 118 (2012) 61
22. Le Bissonnais Y., *European Journal of Soil Science*, 47 (1996) 425
23. Chenu C., Abiven S., Annabi M., Barray S., Bertrand M., Bureau F., Cosentino D., Darboux F., Duval O., Fourrié L., Francou C., Houot S., Jolivet C., Laval K., Le Bissonnais Y., Lemée L., Menasseri S., Pétraud J. P., Verbèque B. *Etude et Gestion des sols*. 18 (2011) 161
24. Belmekki M., Mrabet R., Moussadek R., Iben Halima O., Boughlala M., ElGharous M., et Bencharhi B. *International Journal of Innovation and Applied Studies*. 4 (2013) 322
25. Annabi M., Le Bissonnais Y., Le Villio Poitrenaud M., Houot S., *Agriculture, Ecosystems and Environment* 144 (2011) 382
26. Abiven S., Menasseri S., Chenu C., *Soil Biol. Biochem.* 41 (2009) 1
27. Guidi G., Pera A., Giovannetti M., Poggio G., Bertoldi M., *Plant & Soil*. 106 (1988) 113
28. Angers D.A., Edwards L.M., Sanderson J.B., Bissonnette N., *Can. J. Soil Sci.* 79 (1999) 411
29. Nemati M. R., Caron J., Gallichand J., *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 64 (2000) 275
30. Bissonnette N., Angers D.A., Simard R.R., Lafond J., *Can. J. Soil Sci.* 81 (2001) 545

(2015); <http://www.jmaterenvirosci.com>