

# Impacts de l'agriculture de conservation sur les propriétés et la productivité des vertisols du Maroc Central<sup>1</sup>

Rachid Moussadek

Département de Géologie, Université de Gand, Belgique

In Morocco, intensive agriculture with deep tillage and soil inversion caused rapid soil structure deterioration with loss of soil organic matter content. This practice leads to a decrease in soil fertility, a degradation of the soil physical properties and a reduction of crop yields in different soil types, such as Vertisols. In fact, Vertisols (or Tirs as vernacular name) are among the most productive soils in Morocco, but they are also susceptible to compaction and reduced water infiltration due to intensive tillage. No-tillage (NT) is commonly promoted as a management practice capable of offsetting soil carbon depletion, improving aggregation, enriching the soil nutrient pool and enhancing crop productivity in many parts of the world. However, the influence of the NT system as compared to the conventional tillage (CT) system on physical, chemical and hydrodynamic soil properties was not yet well studied in the semi-arid environment of Morocco where rainfall ranges from 350 to 600 mm. This research focused mainly on those parameters with important agronomical or environmental impact: bulk density (Db), soil strength assessed using cone index (CI), hydraulic conductivity (K), sorptivity (S), soil water potential (SWP), soil organic carbon content or stock (SOCC or SOCs), runoff, soil loss, soil CO<sub>2</sub> emission and crop yield.

Au Maroc, la pression démographique a accentué l'utilisation intensive des terres agricoles, entraînant une détérioration rapide de la qualité des sols et la réduction de leurs productivités. Pour faire face à cette situation alarmante, l'agriculture de conservation (AC) constitue une alternative prometteuse pour produire plus et de manière durable sur des sols fragilisés tels que les Vertisols (ou Tirs) qui font partie des sols surexploités au pays vu leur fort potentiel de production malgré leur grande susceptibilité à la compaction et à l'érosion hydrique quand ils subissent des opérations de labour requérantes. En effet, les Tirs ont des caractéristiques intrinsèques particulières qui posent des problèmes quant à leur mise en valeur agricole de manière intensive sous des

<sup>1</sup> This is the report of PhD research carried out at Ghent University, under the supervision of Eric Van Ranst and Rachid Mrabet (INRA Morocco).  
Travail de thèse effectué à l'Université de Gand sous la supervision de Eric Van Ranst et de Rachid Mrabet (INRA Maroc)..

événements liés au changement climatique (sécheresse ou inondation) qui sont devenus plus fréquents durant les dernières décades au Maroc. Cette recherche a été entreprise dans le but de contribuer à améliorer les connaissances sur le comportement des Tirs sous AC, comme mode d'adaptation au changement climatique dans un environnement Méditerranéen. Elle a été orientée essentiellement vers l'étude de l'impact du AC ou du semis direct (SD), avec ou sans résidus, sur les propriétés physico-chimiques et hydrodynamiques des Tirs, sur leurs érodibilités et sur leurs productions agricoles.

---

Le secteur agricole joue un rôle important dans la croissance de l'économie marocaine et constitue un appui fort au développement du pays puisqu'il représente jusqu'à 20% du produit intérieur brute et emploie environ 40% de la population active (Akesbi, 2006). Actuellement, la surface agricole utile (SAU) au Maroc représente environ 9,2 millions d'hectares dont 65% est emblavée en céréaliculture cependant cette superficie doit être réduite de 22% toute en augmentant sa production de 44% à l'horizon 2020 dans le cadre de la nouvelle stratégie agricole (Plan Maroc Vert) ((Badraoui & Dahan, 2010). Ceci pose un double défi à ce secteur: assurer une sécurité alimentaire pour une population à croissance démographique accélérée et amortir la dégradation des sols agricoles dont 90% se situent dans la zone semi-aride et aride (Mrabet *et al.*, 2011).

En effet, l'agriculteur marocain, pour faire face à des insuffisances techniques, économiques et foncières, s'oriente vers une exploitation maximale du sol. Ainsi, après des décades d'utilisation des terres, le sol se trouve dépourvu de matière organique et présente une structure dégradée facilement transportable. De même, l'élevage extensif basé sur le pâturage des chaumes, les travaux du sol tardifs d'automne ou précoces d'été, le faible recyclage des résidus de récolte ont induit des pertes énormes du patrimoine sol. Ceci a été confirmé par la FAO qui a réalisé un inventaire exhaustif sur l'ensemble des terres du pays et elle avait estimé que sur l'ensemble des sols en zones agricoles et parcours du Maroc, 9 millions d'hectares sont dégradés (Ouassou *et al.*, 2006). En plus, les milieux arides et semi-arides marocains reçoivent de moins en moins d'eau de pluies en raison des changements climatiques planétaires (Driouech *et al.*, 2010). En d'autres termes, le déclin du potentiel de productivité des ressources en terres est le résultat d'une dégradation accélérée du sol qui réduit sa fertilité, ce qui déstabilise l'écosystème. Cet état de lieu a remis en cause le mode d'exploitation des sols au Maroc.

En effet, le labour excessif de ces sols, qui résulte d'abord d'une logique du profit à court terme, ne fait que compromettre les besoins des générations futures. Il est donc judicieux de revoir ces techniques culturales en cherchant des systèmes de gestion agricoles qui permettent une agriculture durable et techniquement acceptable, augmentant et stabilisant les rendements tout en préservant les ressources en sols.

De ce fait, les agronomes et les chercheurs à travers le monde ont proposé des alternatives aux techniques conventionnelles du travail du sol et plusieurs stratégies agricoles, basées sur la réduction du labour, la rotation appropriée et la gestion des résidus des cultures, ont été envisagées et sont connues comme étant les systèmes de labour de

conservation ou l'agriculture de conservation (AC). Ce système, encore peu adopté au Maroc, pourrait offrir des solutions aux problèmes que connaît son agriculture, surtout dans les zones marquées par la présence de sols dégradés et sous l'influence des changements climatiques.

Parmi ces sols fragilisés et érodables, les Vertisols, ou les Tirs, selon leur nom vernaculaire, sont parmi les sols les plus exploités au pays vu leur fort potentiel de production. La plupart des Tirs du Maroc se trouvent dans les étages bioclimatiques semi-arides et subhumides et ils sont souvent utilisés pour la production céréalière ou pour les cultures industrielles. Certes les Tirs sont très appréciés par les agriculteurs grâce à leur productivité mais leurs propriétés intrinsèques, les rendent difficile à aménager. En effet, les Tirs présentent des caractéristiques physiques, hydrodynamiques et minéralogiques particulières qui posent des problèmes quant à leur mise en valeur agricole sous les événements climatiques extrêmes (sécheresse ou inondation) et qui sont devenus récurrents durant les dernières décades.

Pour palier à la vulnérabilité des Tirs aux effets négatifs des changements climatiques et améliorer leurs qualités et leurs productivités, l'AC constitue une opportunité qui a déjà fait ses preuves dans plusieurs régions du Monde (Syers *et al.*, 2001). Au Maroc, plusieurs travaux ont porté sur l'effet de l'AC sur les Tirs en milieu aride et semi-aride (< 350 mm) et ils ont montré qu'AC augmente le rendement du blé par rapport au travail du sol conventionnel (Mrabet, 2008). Cette augmentation du rendement est due à l'amélioration de l'efficacité d'utilisation de l'eau et de la qualité du sol. Cependant aucune étude n'a eu lieu sur les Tirs du milieu moins aride, mais à forte variabilité climatique du Maroc Central (pluie moyenne annuelle varie de 350 à 600 mm) pour expliquer quantitativement les effets du AC sur les propriétés hydrodynamiques, les paramètres d'érosion, le stock du carbone organique du sol, l'émission du CO<sub>2</sub> et enfin sur la production agricole des Tirs.

Cette recherche a été entreprise dans le but de contribuer à améliorer les connaissances sur le comportement des Tirs sous AC, comme mode d'adaptation au changement climatique en milieux fragiles et érodés. Elle a été orientée essentiellement vers l'étude de l'effet du AC ou semis direct, avec ou sans résidus de culture, sur les propriétés physico-chimiques et biologiques des Tirs et sur leurs productions agricoles.

Ainsi, cette thèse s'est organisée autour de sept chapitres. Les deux premiers chapitres correspondent à une analyse bibliographique. Le premier chapitre présentait un état de lieu sur les acquis de l'agriculture de conservation en milieu aride Marocain. Le deuxième chapitre résumait les caractéristiques des Tirs du Maroc, analyse leurs similitudes par rapport aux Vertisols du monde et discute leurs potentialités et contraintes d'aménagement.

Le chapitre 3 s'est intéressé à l'effet du non labour et les résidus de cultures, par rapport au labour conventionnel, sur les paramètres d'érosion des Tirs. Le chapitre 4 s'est centré sur l'effet du semis direct sur les propriétés hydrodynamiques des Tirs notamment la conductivité hydraulique et la sorptivité. Le chapitre 5 avait pour objectif de mieux comprendre l'effet du semis direct et du semis conventionnel sur le stock du car-

bonne organique des Tirs en comparaison avec d'autres types de sols de la région. Quant au chapitre 6, il a montré des mesures *in situ* du flux de CO<sub>2</sub> du sol, durant deux saisons différents, sous semis direct et différents modes conventionnels de labour sur les Tirs méditerranéens. Le dernier chapitre a analysé l'effet de la variabilité climatique (durant les 7 dernières années) et le mode de travail du sol (semis direct et semis conventionnel) sur le rendement des cultures (blé-lentille) sous Tirs.

La thèse s'achève par des conclusions générales qui exposent les apports de ce travail, ses limites, sa place dans le cadre de la recherche agronomique pour l'évaluation de nouveaux systèmes de culture avec des mesures de conservation. Des perspectives de recherche pour l'étude du semis direct dans les Vertisols en climat méditerranéen sont aussi proposées.

En guise de conclusion, l'étude de l'érosion des sols par simulation de pluie, sur les Vertisols sous SD, a montré l'importance du maintien d'environ 50% de résidus à la surface du sol pour réduire jusqu'à 70% du taux de ruissellement et jusqu'à 50% des pertes en terres par rapport au semis conventionnel (SC). Certes une densité apparente plus élevée au niveau des horizons de surface a été observée sous SD vis-à-vis SC, ce qui a réduit l'infiltration et la sorptivité dans les Tirs non labourés. Cependant la teneur en eau était souvent supérieure sinon égale sous SD par rapport au SC. Ceci a été expliqué par une meilleure stabilité des agrégats ainsi que la présence du mulch favorisant une meilleure rétention d'eau du sol sous SD par rapport au SC. En plus, le suivi du potentiel matriciel du sol durant le cycle de croissance du blé, a démontré que la présence de 50% mulch en surface a permis aux traitements sous SD de se dessécher tardivement (3 semaines) après le dessèchement d'un sol sous SC.

Par ailleurs, cette recherche a permis de rapporter que l'adoption du SD est capable de renverser l'appauvrissement des sols en matières organiques (MO) et que le degré de cet enrichissement en MO dépend de la texture des sols. En effet, une augmentation de 8% à 10% du stock de la MO, dans SD par rapport au SC sur une profondeur de (0-30 cm), a été observée dans les sols à texture argileuse (Vertisols et Cambisols). Cependant, pour les sols à texture moins fine de la zone d'étude (Luvisols), aucune différence significative n'a été observée dans le stock de MO entre les deux traitements (SD et SC) après 5 années d'expérimentation.

Quant à l'analyse de la qualité chimique de cette MO, on a montré que les Vertisols non labourés ont significativement plus de substances humiques de formes stables (acides humiques et humine) que de formes instables (acides fulviques), contrairement au Tirs labourés.

Ce travail de recherche nous a permis de confirmer, par des mesures *in situ* et à différentes saisons, que l'émission de CO<sub>2</sub> du sol vers l'atmosphère est significativement plus faible sous SD que sous SC dans les Tirs Méditerranéens.

Sachant que n'importe quel système de gestion des sols ne peut être adopté par les agriculteurs s'il n'améliore pas la production, une grande partie de cette recherche a été consacrée au suivi des rendements de cultures (blé et lentille) sous SD et SC. Suite à l'analyse de 7 années de mesures, on a pu conclure qu'en plus que le système SD permet un ren-

dement de la culture du blé meilleur sinon égal par rapport au SC. Par contre, la culture de la lentille a été plus vulnérable à l'excès de pluie et sa biomasse a été réduite lors des années pluvieuses sous SD comparativement au SC. Ceci a remis en cause le choix de cette culture comme rotation avec le blé durant les années humides sur les Vertisols non labourés.

Finalement, on peut conclure que le SD est une alternative prometteuse pour réduire la vulnérabilité des filières céréalières aux variations climatiques qui marque la zone d'étude et pour produire de manière durable sur les Vertisols méditerranéens.

## References

- Akesbi, N. (2006). *Evolution et perspectives de l'agriculture marocaine*. In Rapport 50 ans du développement humain et perspectives 2025, 85-198. Casablanca: Editions Maghrébines.
- Badraoui, M., Dahan, R. (2010). *The Green Morocco Plan in relation to food security and climate change*. In Solh, M., Saxena, M.C. (Eds.), *Proceedings of International Conference on Food Security and Climate Change in the Dry Areas, 1-4 February 2010, Amman, Jordan*, ICARDA Publication, p. 61-70.
- Driouech, F., Déqué, M., Sánchez-Gómez, E. (2010). *Weather regimes – Moroccan precipitation link in a regional climate change simulation*. *Glob. Planet Change*. Volume. 72, 1-2. Publisher. Elsevier B.V. 1-10.
- Mrabet, R. (2008). *No-tillage systems for sustainable dry land agriculture in Morocco*. INRA Publication. Rabat.
- Mrabet R., Moussadek R., Fadlaoui A., Van Ranst, E. (2011). *Conservation agriculture in dry areas of Morocco*. *Field Crops Research*. In press.
- Ouassou, A., Amziane, T., Lajouad, L. (2006). *State of natural resources degradation in Morocco and plan of action for desertification and drought control*. In *Desertification in the Mediterranean Region*. In Kepner, W.G. Rubio, J. L. Mouat, D. A. & Pedrazzini, F. A. (Eds.). Security Issue. Dordrecht, Netherlands. Springer. 253p.
- Syers, J. K., Craswell, E. T., Nyamudeza, P. (2001). *Research needs and opportunities for farming Vertisols sustainability*. In Syers, J. K., Penningde Vries, F. T., Nyamudeza, P. (Eds.). *The Sustainable Management of Vertisols*. CAB International Publishing, 283-290.