

Effets de la matière organique sur les propriétés physiques et chimiques des sols sableux de la région d'Ouargla (Algérie)

N. Koull⁽¹⁾ et M.T. Halilat⁽²⁾

1) Université Kasdi Merbah, BP 511 Route Ghardaïa Ouargla (Algérie)

2) Laboratoire de Bioressources Sahariennes Préservation et Valorisation Ouargla (Algérie)

*: Auteur correspondant: klnaima@gmail.com

RÉSUMÉ

Ce travail expérimental a pour but de savoir quel est l'effet de deux types de matières organiques, à savoir le fumier bovin et ovin à quatre niveaux de dose (0 t/h, 37,8 t/h, 75,6 t/h et 113,4 t/h) sur quelques propriétés physiques et chimiques des sols sableux. Le sol traité avec les matières organiques est mis dans des pots pendant trois mois en conditions climatiques sahariennes de la région d'Ouargla. Suite à nos résultats, nous avons constaté l'effet significatif de l'amendement organique sur la majorité des propriétés du sol à savoir le pH, la capacité de rétention en eau, la capacité d'échange cationique. Au terme de cette étude, il apparaît que les matières organiques ont amélioré les propriétés du sol avec une importance et une durabilité plus importantes pour le fumier ovin. Les meilleurs résultats sont obtenus avec le traitement n°3 (113,4 t/h). D'après les résultats enregistrés sur les paramètres étudiés, nous avons noté: une diminution du pH de 8,72 à 7,73; une augmentation de la conductivité électrique de 4,30 à 7,83 dS/m; une augmentation de la capacité de rétention en eau de 29,96 à 39,45 % et une augmentation de la capacité d'échange cationique de 7,85 à 18,12 méq/100 g du sol.

Mots clés

Matière organique, propriétés physico-chimiques, sol sableux, Ouargla.

SUMMARY

EFFECT OF ORGANIC MATTER IN PHYSICAL AND CHEMICAL OF SANDY SOIL PROPERTIES OF OUARGLA REGION (ALGERIA)

In Algeria, arid zone composes 95 % of the country with 80 % in hyper arid. The development of these large areas and their management are very important for the economic future of the country.

Generally, soils of arid regions are poor in organic matter. Indeed, their characteristics (physical and chemical) are very specific with a low agricultural capability and they are exposed to difficult environmental conditions namely erosion and runoff. Therefore, the use of the organic matter as an amendment is imperative to improve the deteriorated situation in these soils. For that, we have tried to determine the effect of two organic amendments (cattle and sheep manure) on some physical and chemical properties of a sandy soil. Our experiment was conducted in pots Saharan climatic conditions of Ouargla region.

For our experiments we have chosen a Split Splot test, which is used for multi factorial test. The first factor is the nature (type) of the O.M., the second one is the dose of the organic matter and the third factor is the time (three months). Doses are selected depending on the clay content which is 2 percent only (0 t/h, 37.8 t/h, 75.6 t/h and 113.4 t/h). Soltner (2003) indicated for the soil at a rate of clay < 10 % an input of organic matter in the range of 3 to 3.5 %.

During this test, it was found that the physical and chemical properties of the soil were improved except salinity.

The analysis of all studied parameters can draw the following conclusions:

The doses of organic matter significantly lowered pH. The low pH value of about 7.73 was obtained by dose (113.4 T/h) of sheep manure after two months, then it increases to 7.89 at the end of experimentation (figure 2, 3 and 4).

Concerning the electrical conductivity, the organic matter increased soil salinity with the mineralization of the organic constituents. Electrical conductivity increased during the test, but it decreased with increasing dose of organic matter. This is the effect of organic matter on the soil structure by increasing the leaching of salts dissolved. The higher salinity (7.83 mS/cm) recorded with the dose (37.8 T/h) at the end of the experiment using fertilizer with sheep manure (figure 5, 6 and 7).

Water retention capacity of soil presented very highly significant differences with the different treatments of organic matter. Organic matter increased the water retention capacity of the soil throughout the experimental period in which the large percentage is registered with the sheep manure in D3 with 39.45 % on average (figures 8, 9 and 10).

The study of the cation exchange capacity showed that the use of manure as a fertilizer is very positive. There was a significant amelioration of cation exchange capacity depending on the dose of organic matter.

The best result (18.12 meq/100 g of soil) is obtained with the treatment of the dose (D3) by ovine manure (figures 11, 12 and 13).

The results show two distinct phases of the influence of organic matter on soil properties, including pH, cation exchange capacity and exchangeable cations:

- A first period ranges from four to five weeks, characterized by a rapid change of soil properties;
- A second phase is characterized by a decline in soil characteristics.

At the end of this study, we can say that organic matter influenced soil properties with a greater relative importance for sheep manure. Sandy soil properties adorned relatively corrected except salinity which increases. However, the improvement is limited in time. The dose 113.4 T/h (D3) gave the best results.

Irrigation is essential for soils in arid regions; it may, if it is rational, help solve the problem of increasing salinity, but only if the irrigated area is well drained.

Organic fertilization is very interesting for sandy soils generally improving its properties namely pH, water holding capacity of soil, cation exchange capacity and exchangeable cations. Although these changes are limited in time, it is believed that regular and rational organic supply can maintain this improvement.

More progress is still possible in terms of improving the properties of sandy soils, and the implementation strategy fertilization to make our Sahara region of high and permanent agricultural potential.

Key-words

Organic matter, physico-chemical properties, sandy soil, Ouargla.

RESUMEN**EFFECTO DE LA MATERIA ORGÁNICA SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS SUELOS ARENOSOS DE LA REGIÓN DE OUARGLA (ARGELIA)**

En Argelia, las zonas áridas representan 95% del país con 80% de hiper árida. El desarrollo de estas importantes aéreas y su gestión son muy importantes para el futuro económico de la región.

Generalmente, los suelos de las zonas áridas son pobres en materia orgánica. Efectivamente sus características (físicas y químicas) son muy específicas con baja capacidad agrícola y los suelos se exponen a condiciones ambientales difíciles como erosión y escurrimiento. Así, el uso de la materia orgánica como enmienda es imperativo para mejorar la situación deteriorada de estos suelos. Por eso, tratamos determinar el efecto de dos enmiendas orgánicas (estiércol de bovinos y ovinos) sobre algunas propiedades físicas y químicas de suelos arenosos. Nuestra experimentación se realizó en macetas en condiciones de clima sahariano de la región de Ouargla, durante tres meses.

Para nuestras experimentaciones elegimos el diseño Split plot, que se usa para test multifactorial. El primer factor es la naturaleza (tipo) de materia orgánica, el segundo la dosis de la materia orgánica y el tercero es el tiempo (tres meses). Se eligió las dosis según el contenido en arcilla que es solamente de 2% (0 t/h, 37.8 t/h, 75.6 t/h y 113.4 t/h). Soltner (2003) señalo que para los suelos que tienen un contenido en arcilla <10%, se necesita una tasa de materia orgánica comprendida entre 3 y 3.5%.

Durante este ensayo, se mostró que se mejoraron las propiedades físicas y químicas de los suelos salvo la salinidad.

Los análisis de todos los parámetros estudiados pueden mostrar las siguientes conclusiones:

Las dosis de materia orgánica bajaron significativamente el pH de 8.72 a 7.73. Se obtuvo un valor bajo de pH de 7.73 con dosis (113.4T/h) de estiércol de ovinos tras dos meses, después aumentó hasta 7.89 al final de la experimentación (figura 2, 3 y 4).

Respecto a la conductividad eléctrica, la materia orgánica aumentó la salinidad del suelo debido a la mineralización de los constituyentes orgánicos. La conductividad eléctrica aumento durante el ensayo de 4,30 a 7,83 dS/m, pero disminuyo según el incremento de la dosis de materia orgánica. Eso es el efecto de la materia orgánica sobre la estructura del suelo por incremento de la lixiviación de las sales disueltas. Se registró la más alta salinidad (7.83 mS / cm) con la dosis (37.8 T / h) al final de la experimentación utilizando como fertilizante el estiércol de ovinos (figuras 5, 6 y 7).

La capacidad de retención de agua del suelo presentó diferencias muy altamente significativas con los diferentes tratamientos de materia orgánica. La materia orgánica aumentó la capacidad de retención de agua del suelo durante todo el período experimental en el cual un grande porcentaje está registrado con el estiércol de ovinos en D3 con un porcentaje de 39.45% (figura 8, 9 y 10).

El estudio de la capacidad de intercambio catiónico mostró que el uso de estiércol como fertilizante es muy positivo. Hubo un mejoramiento significativo de la capacidad de intercambio catiónico según la dosis de materia orgánica. El mejor resultado (18.12 meq/100g) se obtuvo con el tratamiento de dosis (D3) de estiércol de ovinos (figuras 11, 12 y 13).

Los resultados muestran dos fases distintas de la influencia de la materia orgánica sobre las propiedades del suelo, incluso pH, capacidad de intercambio catiónico y cationes intercambiables:

- Un primer periodo de cuatro a cinco semanas, caracterizado por un cambio rápido de las propiedades del suelo;
- Una segunda fase caracterizada por una baja de las características de los suelos.

Al final del estudio, podemos decir que la materia orgánica influyó las propiedades del suelo con una importancia relativa más grande por el estiércol de ovinos. Se corrigió relativamente las propiedades de los suelos arenosos salvo la salinidad que aumentó. Sin embargo, el mejoramiento está limitado en el tiempo. La dosis 113.4T/h (D3) dio los mejores resultados.

El riego es esencial para suelos en regiones áridas; puede, si está racional, ayudar a resolver el problema del aumento de la salinidad, pero solamente si la zona irrigada está bien drenada. La fertilización orgánica es muy interesante para los suelos arenosos y mejora sus propiedades como pH, capacidad de retención en agua, capacidad de intercambio catiónico y cationes intercambiables. Aunque estos cambios son limitados en el tiempo, podemos pensar que aportes orgánicos regulares y racionales pueden mantener este mejoramiento.

Más progresos son todavía posibles en términos de mejoramientos de las propiedades de los suelos arenosos, y de aplicación de estrategia de fertilización para hacer de nuestro Sahara una región de alto y permanente potencial agrícola.

Palabras clave

Materia orgánica, propiedades físico-químicas, suelo arenoso, Ouargla.

La superficie occupée par les sols sahariens est immense, de l'ordre de 2 millions de km² soit 80 % de la surface de l'Algérie (C.D.A.R.S, 1998), d'où l'importance des surfaces susceptibles d'être mises en valeur et leur aménagement, capital pour l'avenir économique du pays.

Les sols sahariens sont réputés pour être, dans leur ensemble, pauvres en matière organique et en éléments minéraux indispensables aux végétaux. La teneur en matière organique (M.O.) de ces sols est souvent inférieure à 0,1 % (Durant 1954, 1959; Dutil, 1971, Rognon, 1994; Daoud et Halitim, 1994; Halilat, 1998). Cette faible teneur résulte de la rareté de la végétation et de la faible biomasse. La mise en valeur des terres dans ces régions, l'augmentation de la productivité par unité de surface et leur conservation exigent ici plus qu'ailleurs des études détaillées (Halitim, 1988).

Dans le Nord du Sahara algérien, les sols sont d'origine essentiellement éolienne et comportent principalement des sables; c'est le cas des sols de la région de Ouargla. Ces sols, compte tenu de leurs caractéristiques, présentent de mauvaises qualités physiques et chimiques. Une solution possible pour améliorer leurs propriétés consiste à apporter de la matière organique à ces sols, afin d'améliorer à la fois leurs propriétés physiques et chimiques.

Pour mieux comprendre l'action propre de la matière organique sur les sols sableux, une étude exprimable a été réalisée. Dans ce travail, notre objectif est l'étude de l'effet de plusieurs doses de deux types de matière organique (fumiers bovin et ovin) sur les propriétés physiques et chimiques des sols sableux.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

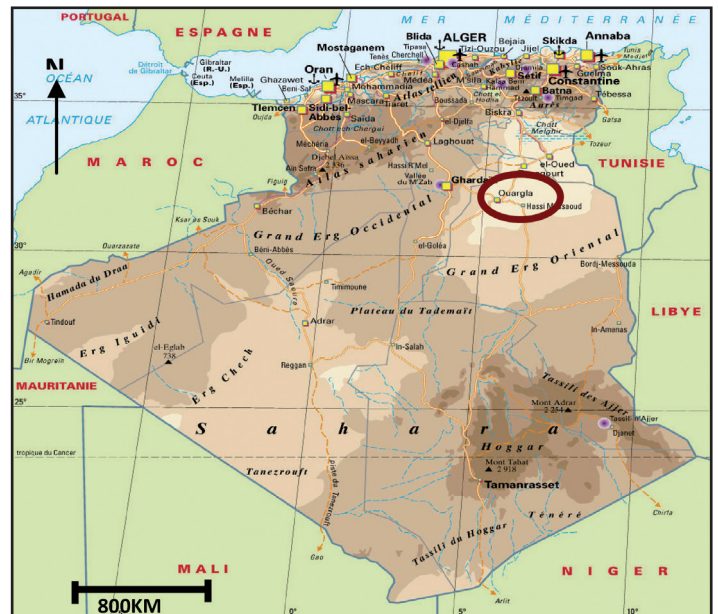
La ville d'Ouargla est située au Sud-Est Algérien au fond d'une cuvette très large de la vallée de l'oued M'ya, à environ de 800 km d'Alger. La cuvette d'Ouargla couvre une superficie de 99000 ha (*figure 1*).

Pour notre expérimentation, nous avons utilisé deux types de fumier (matière organique « M.O. ») à savoir le (M.O.O) et le (M.O.B). Le sol utilisé a une texture sableuse avec 51,15 % de sable fin, 31,04 % de sable grossier et 17,81 % de limon et argile. Il est très alcalin (pH =8,72), non calcaire et salé (conductivité électrique de 4,3 dS/m). Il est très pauvre en matière organique (0,3 %) et en azote. La capacité d'échange cationique de ce sol est assez faible (7,85 méq/100 g du sol) (*tableau 2*).

Pour notre expérimentation nous avons opté pour un essai en Split Plot qui est employé pour des essais multifactoriels. Le premier facteur porte sur la nature (type) de la matière organique (M.O.), le second sur la dose de la matière organique et le troisième sur le temps. Les doses sont choisies en fonction de la teneur du sol en argile (2 %). Soltner (2003) a indiqué

Figure 1 - Localisation de la région d'Ouargla.

Figure 1- Location of Ouargla region.



pour les sols à un taux d'argile < 10% un apport de matière organique de l'ordre de 3 à 3,5 %. Pour cela nous avons choisi trois doses de matière organique (D0 (témoins): 0 t/h, D1 (1 % de M.O.): 37,8 t/h, D2 (2 % de M.O.): 75,6 t/h et D3 (3 % de M.O.): 113,4 t/h).

La mise en place des pots a été réalisée le 25 avril 2005 suivant le dispositif expérimental adopté. Chaque pot (de 30 cm de hauteur) est percé et contient 10 kg de terre, avec une densité apparente (Da) de 1,26. Le sol a été bien mélangé, séché puis tamisé < 2 mm avant de l'utiliser et les mélanges (sol-matière organique) ont été préparés à l'état sec dans des grands bacs avant d'être mis dans les pots percés. Nous avons quatre (répétitions) pour chaque dose de matière organique soit 32 pots au total. La fréquence de l'irrigation était de deux fois par semaines, pendant tout le cycle de l'expérimentation (trois mois), de manière à maintenir l'humidité à un taux optimum pour l'humification qui est environ 75 % de l'humidité de la capacité au champ soit 2,5 litres/pot.

Les quatre premiers prélèvements ont été effectués chaque semaine puis la période de prélèvement est allongée à deux semaines. Sur les échantillons de sol, sont procédées les analyses suivantes: pH, conductivité électrique, capacité de rétention en eau et capacité d'échange cationique. Les résultats d'analyses sont traités par une analyse statistique (analyse de variance).

Tableau 1 - Caractéristiques des matières organiques utilisées (fumier bovin et ovin).**Table 1** - Characteristics of organic matter (cattle and sheep manure).

Caractéristiques de la M.O	Valeurs	
	Fumier bovin (M.O.O)	Fumier ovin (M.O.B)
pH _{eau} (1/5)	6,83	6,39
CE à 25°C (1/5) (dS/m)	13,59	14,17
M.O (%)	69,81	57,32
CO (%)	40,59	33,21
Cellulose (%)	11,00	24,00

Tableau 2 - Caractéristiques du sol initial (avant expérimentation).**Table 2** - Characteristics of the initial soil (before experimentation).

Caractéristiques du sol		Valeurs
Granulométrie	Sable grossier (%)	31,04
	Sable fin (%)	51,15
	Limon grossier (%)	12,71
	Limon fin (%)	3,10
	Argile (%)	2,00
pH _{eau} (1/2,5)		8,72
CE à 25°C (1/5) (dS/m)		4,30
M.O (%)		0,30
C.E.C (méq/100 g de sol)		7,85
Capacité de rétention en eau (%)		29,96

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le pH

L'apport organique a diminué significativement le pH du sol, sans pour autant le rendre neutre (7,88) (*figure 2*). La diminution du pH est plus remarquable dans les sols amendés avec le fumier ovin, ceci s'explique par la légère acidité de la matière organique ovine (pH = 6,39).

La diminution du pH paraît nette après deux semaines d'expérimentation, puis il augmente après quatre semaines (*figure 3*). Ceci est dû principalement à la libération des groupements acides de cet amendement (Schinzer et Khan, 1985; Chamayou et Legros, 1989). Selon Mustin (1987), le pH dépend de la concentration en ions H⁺ provenant de l'oxydation du carbone de la matière organique.

La conductivité électrique (C.E)

La conductivité électrique augmente avec l'apport de la matière organique, par ailleurs elle décroît avec l'augmentation des doses pour atteindre 5,83 et 5,92 mS/cm avec la dose 113,4 t/h (D3) respectivement pour le fumier ovin et bovin (*figure 4*). Mallouhi (1979) a indiqué que, dans les sols salés, la matière organique fraîche améliore la stabilité structurale et par conséquent facilite le lessivage des sels.

La conductivité électrique augmente pendant toute la période expérimentale par la minéralisation des matières organiques apportées (*figure 5*). D'autre part, l'accroissement de la salinité dans les pots témoins (traitement 0 % de MO) est dû aux apports des sels par l'eau d'irrigation. L'augmentation de la conductivité électrique est importante entre le premier et le deuxième prélèvement, du fait d'une minéralisation rapide de la matière organique. Toutain (1979)

Figure 2 - Box plot du pH du sol à différentes doses de la M.O.
Figure 2- Box plot of soil pH at different doses of organic matter.

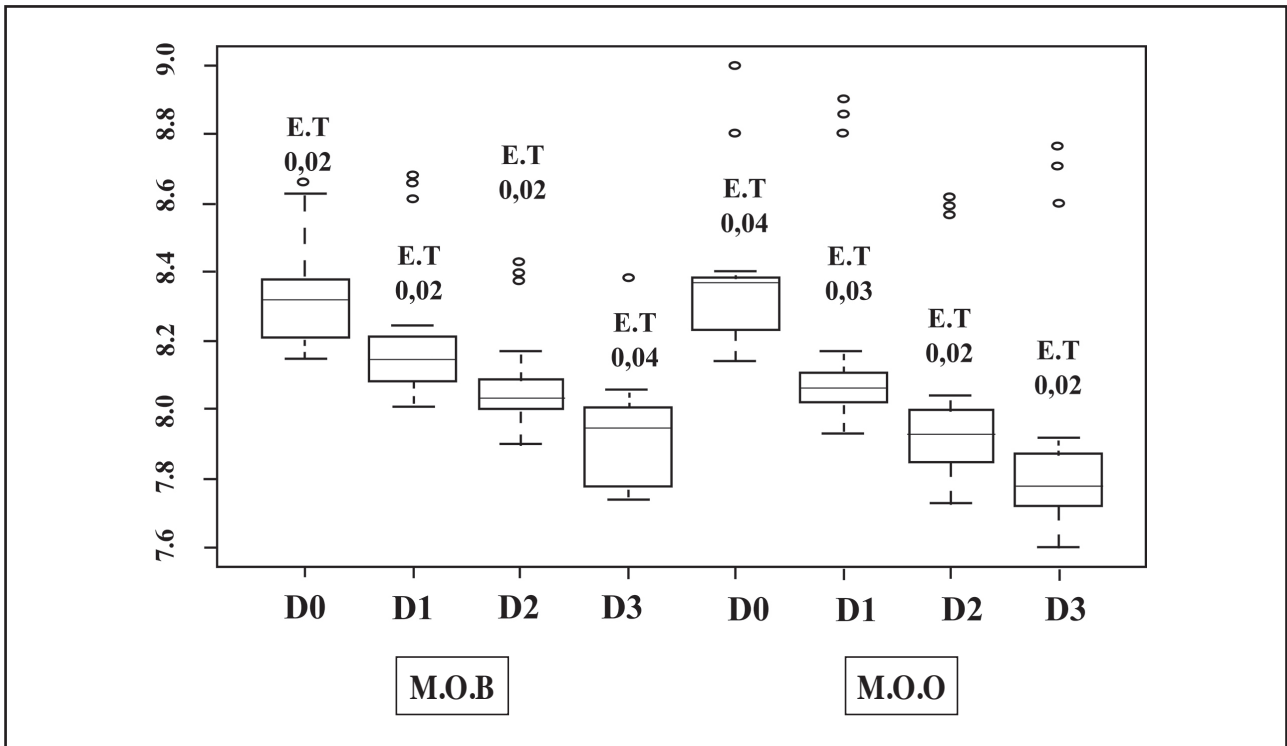


Figure 3 - Evolution du pH du sol pendant la période expérimentale.
Figure 3 - Evolution of soil pH during the experimental period.

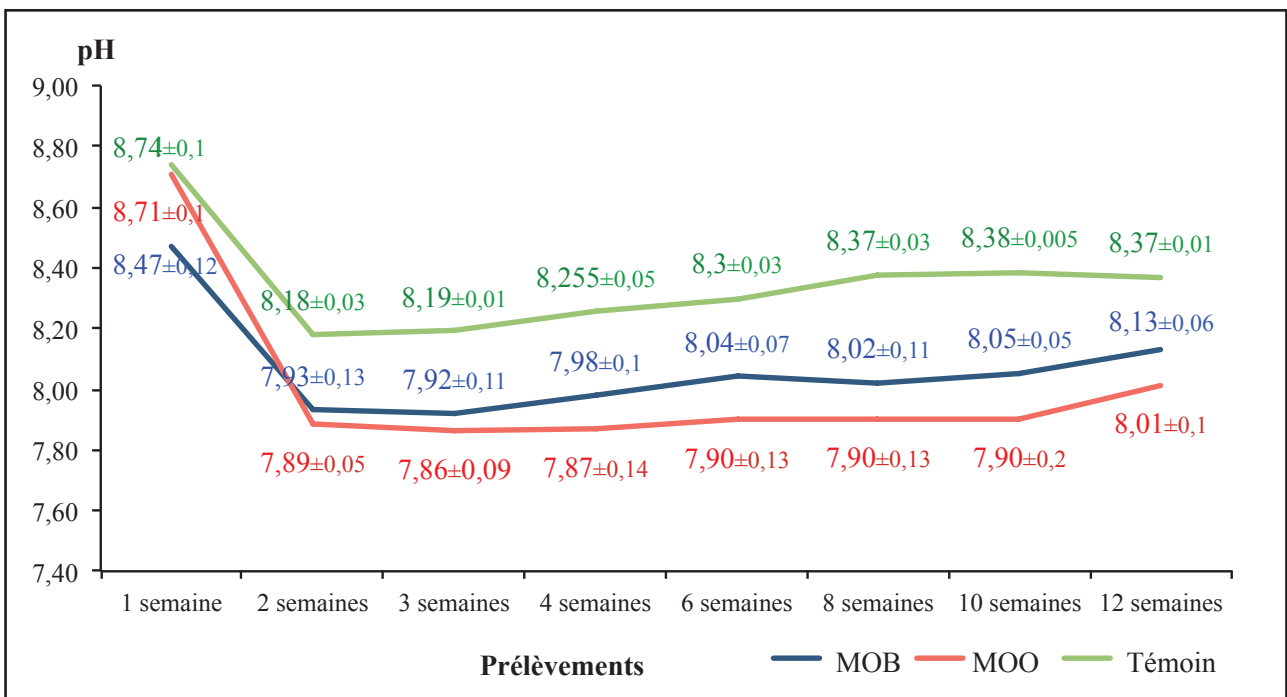


Figure 4 - Box plot de la CE (mS/cm) du sol à différentes doses de la M.O.

Figure 4 - Box plot of soil EC (mS/cm) at different doses of organic matter.

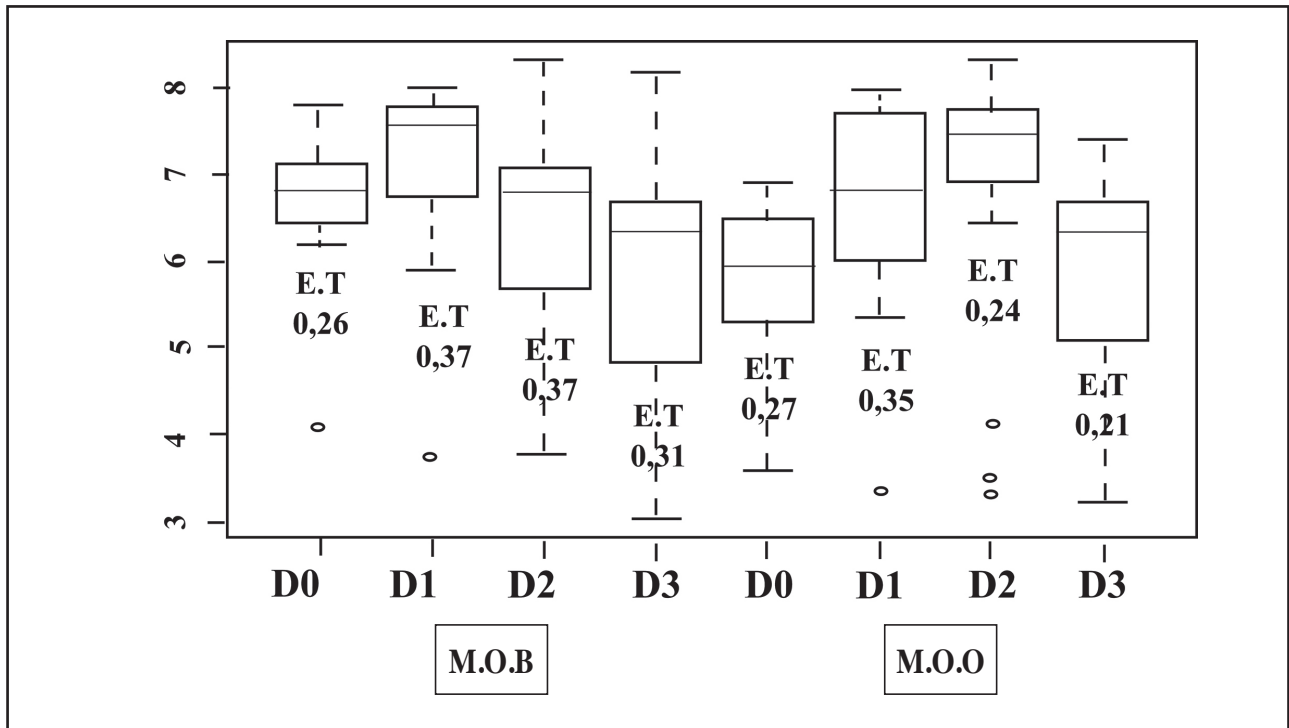
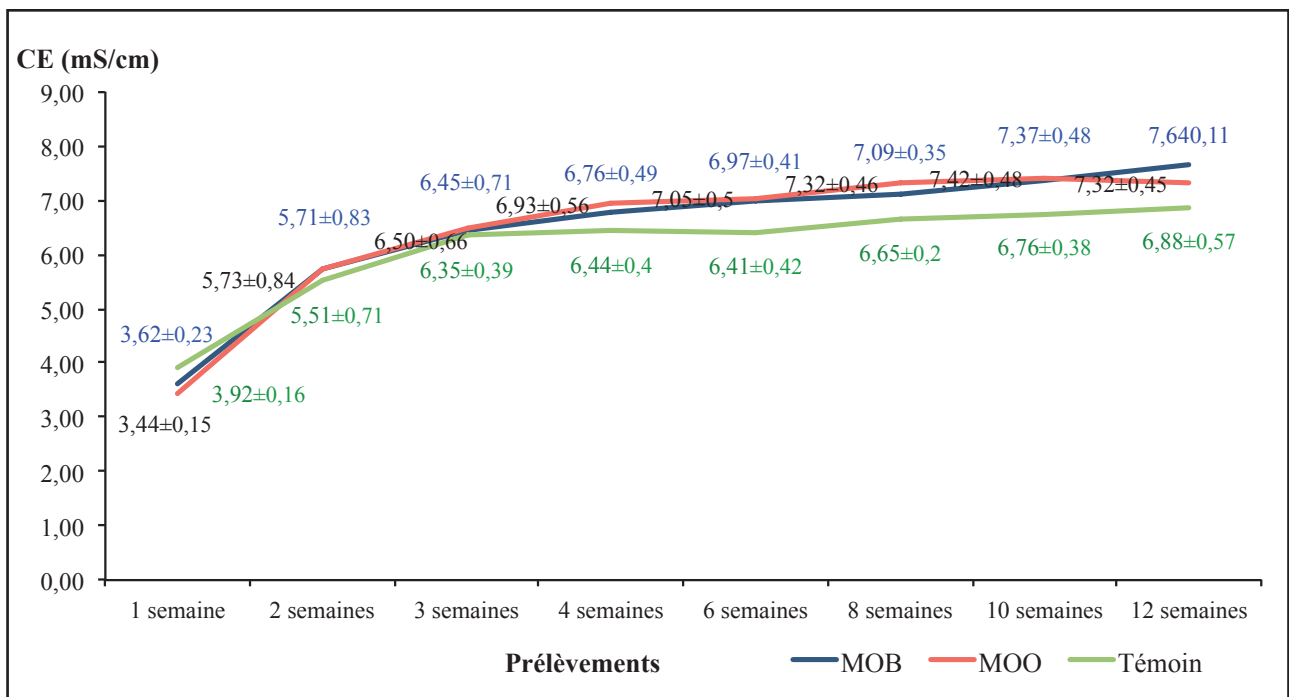


Figure 5 - Evolution de la CE (mS/cm) du sol pendant la période expérimentale.

Figure 5 - Evolution of soil EC (mS/cm) during the experimental period.



a indiqué que dans les sols sahariens, la matière organique était détruite rapidement en climat chaud sous irrigation.

La capacité de rétention en eau (humidité équivalente) (H.É)

L'humidité équivalente augmente avec l'apport de la matière organique (*figure 6*). L'humidité passe ainsi de 28,64 % et 28,96 % à 35,98 % et 39,45 % (avec 113,4 t/h de M.O.) respectivement pour les sols amendés par les fumiers bovin et ovin (*figure 7*). Monica et al. (2011) ont montré que les amendements organiques ont augmenté significativement (35 %) l'humidité du sol à la capacité au champ. En général, la matière organique retient physiquement plus d'eau que les composés minéraux du sol (sable, limon et argile), ainsi elle augmente la rétention du sol en eau (Evanylo et McGuinn, 2000). Des résultats similaires ont été rapportés dans une étude de la qualité du sol quand ont été comparés le compost de coton et l'application d'engrais inorganique; le compost dans ce cas était une matière organique très stabilisée qui a augmenté la rétention en eau du sol de 50 % par rapport aux engrais inorganiques (Evanylo et McGuinn, 2000). L'augmentation d'humidité des sols sableux en augmentant la teneur du sol en MO est attribuée à l'amélioration de la distribution de taille des pores (Shiralipour, 1998).

Dridi et Toumi (1999) ont trouvé des résultats contradictoires par rapport à nos mesures et notamment que le fumier ne change pas de façon déterminante la réserve en eau.

L'humidité à la capacité de rétention au champ du sol augmente significativement pendant toute l'expérimentation. Monnier et Gras (1965) et Hillel (1974) ont indiqué que la matière organique retient d'autant mieux l'eau qu'elle est humifiée. Selon Vanghan et Malcolm (1985), les groupements fonctionnels spécialement carboxyles où les molécules d'eaux entourent les atomes d'hydrogènes. Il est bien connu que le taux d'acide fulvique de la matière organique augmente en fonction de son humification et par conséquent la quantité d'eau absorbée par la matière organique augmente.

La capacité d'échange cationique (C.E.C)

La capacité d'échange cationique augmente significativement avec l'apport de la matière organique (*figure 8*). Nos résultats confirment ceux trouvés par Touries (2000) qui ont indiqué que la fertilisation organique conduit à une augmentation de la capacité d'échange cationique (cas des sols sableux).

La capacité d'échange cationique du sol augmente au début de l'expérimentation. L'augmentation paraît nette dans les sols ayant subi une fertilisation avec la matière organique ovine. On observe un décroissement de la capacité d'échange cationique à partir du cinquième prélèvement

(sixième semaine de l'expérimentation) à cause de la dégradation de la matière organique (*figure 9*).

Le fumier en cours d'humification comme toutes les autres sources de la matière organique a augmenté sensiblement la capacité d'échange cationique des sols (Delas, 1971). Selon Baize (2000), la capacité d'échange cationique augmente avec le degré d'humification. Elle présente une grande variation avec le mode d'humification de la matière organique (Bonneau et Coll, 1968; Mustin, 1987), ce qui peut expliquer les différences entre les deux types de matières organiques utilisées.

Thuriès et al. (2000) ont montré pour ce type de sol (sableux) une relation étroite entre la teneur en carbone et la capacité d'échange cationique. Donc nous pouvons expliquer la diminution de la capacité d'échange cationique par le décroissement de carbone organique (matière organique) du sol par la minéralisation.

CONCLUSION

Au terme de cette étude, il s'est avéré que sous l'effet de nos amendements, les propriétés physiques et chimiques du sol ont semblé s'améliorer, hormis la salinité.

L'apport organique à des doses croissantes fait diminuer de façon hautement significative le pH. La plus faible valeur du pH, de l'ordre de 7,73, a été obtenue par la dose de 113,4 T/h de fumier ovin après deux mois.

En ce qui concerne la conductivité électrique, la matière organique a augmenté la salinité du sol grâce à la minéralisation de ces composés organiques. La plus forte salinité est de 7,83 mS/cm obtenue avec la dose de 37,8 T/h après trois mois.

La capacité de rétention en eau du sol a présenté des différences très hautement significatives avec les différents traitements de matières organiques. La matière organique accroît la capacité de rétention en eau du sol pendant toute la période expérimentale dont le grand pourcentage est enregistré avec le fumier ovin avec 39,45 % en moyenne.

L'étude de la capacité d'échange cationique a montré que l'utilisation des fumiers comme amendement est très positive. On constate une amélioration très hautement significative de la capacité d'échange cationique en fonction de la dose de matière organique.

Les résultats obtenus font apparaître deux phases distinctes de l'influence de la matière organique sur les propriétés du sol:

- une première période, variant de quatre à cinq semaines, caractérisée par un changement rapide des propriétés du sol;
- une deuxième phase caractérisée par un recul dans les caractéristiques du sol.

A partir de cette étude, la comparaison que nous avons faite concernant les traitements de deux types de matières

Figure 6 - Box plot de l'HE (%) du sol à différentes doses de la M.O.

Figure 6 - Box plot of soil moisture (%) at different doses of organic matter.

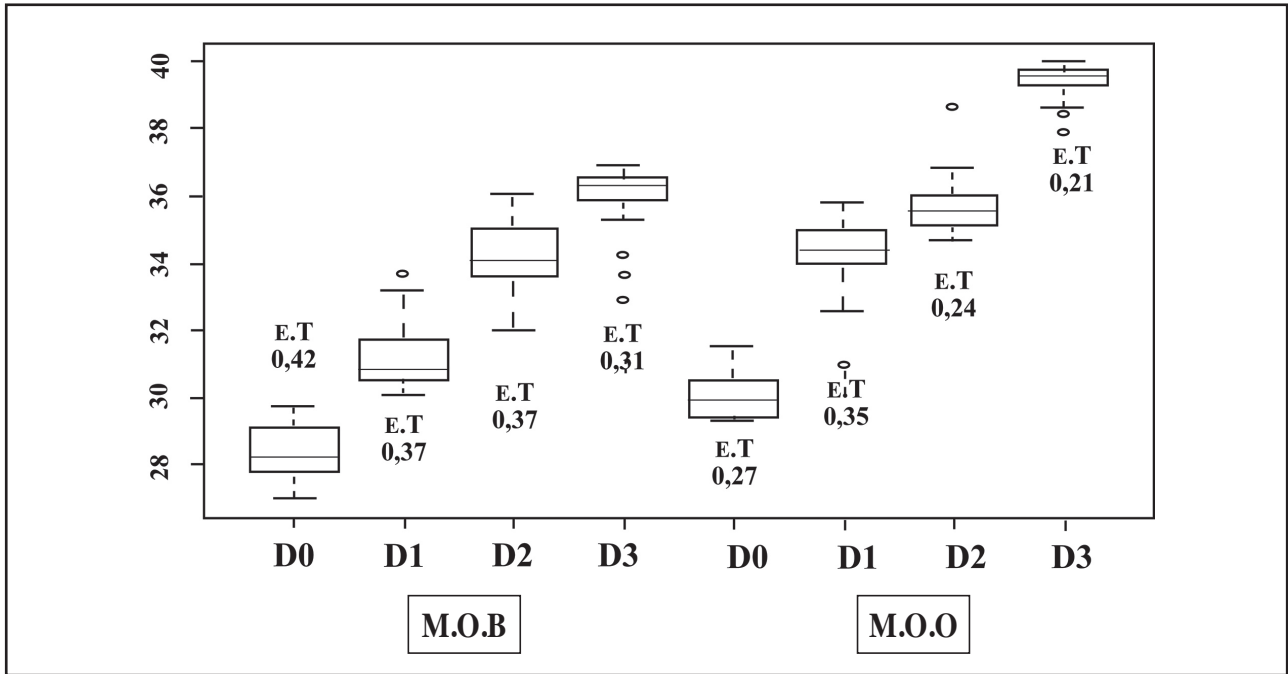


Figure 7 - Evolution de l'HE (%) du sol pendant la période expérimentale.

Figure 7 - Evolution of soil moisture (%) during the experimental period.

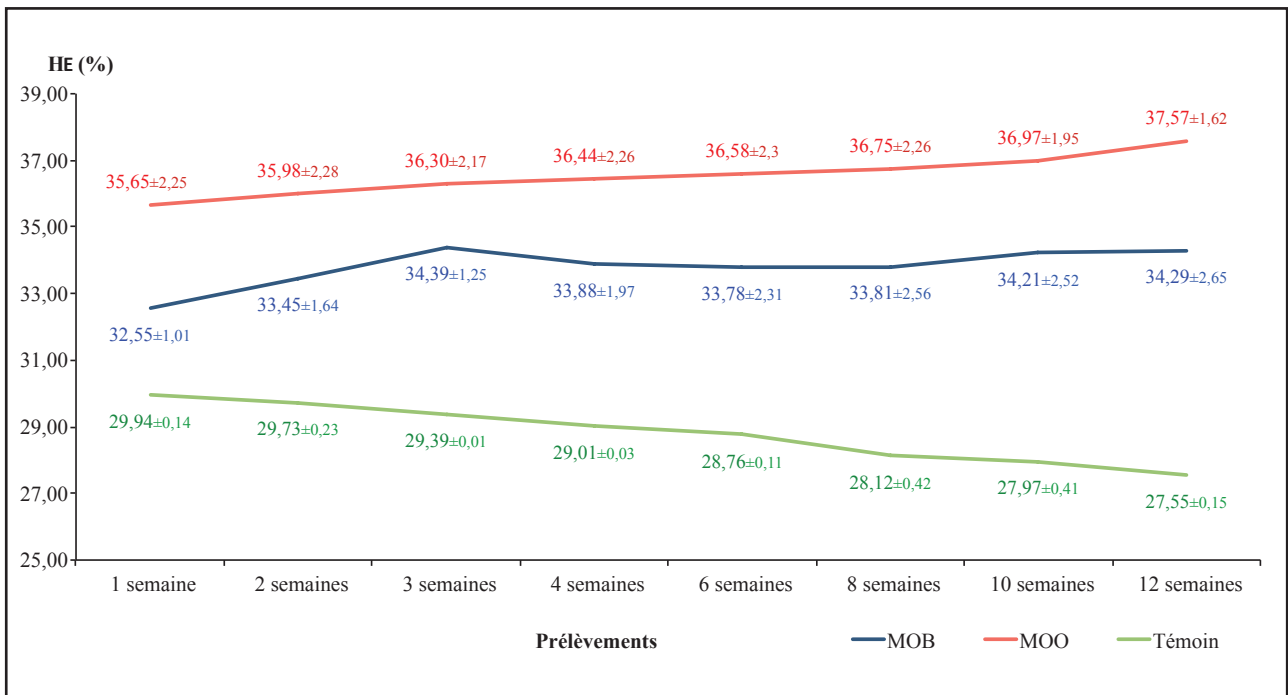


Figure 8 - Box plot de la CEC (mécq/100 g du sol) du sol à différentes doses de la M.O.
Figure 8 - Box plot of soil CEC (meq/100 g of soil) at different doses of organic matter.

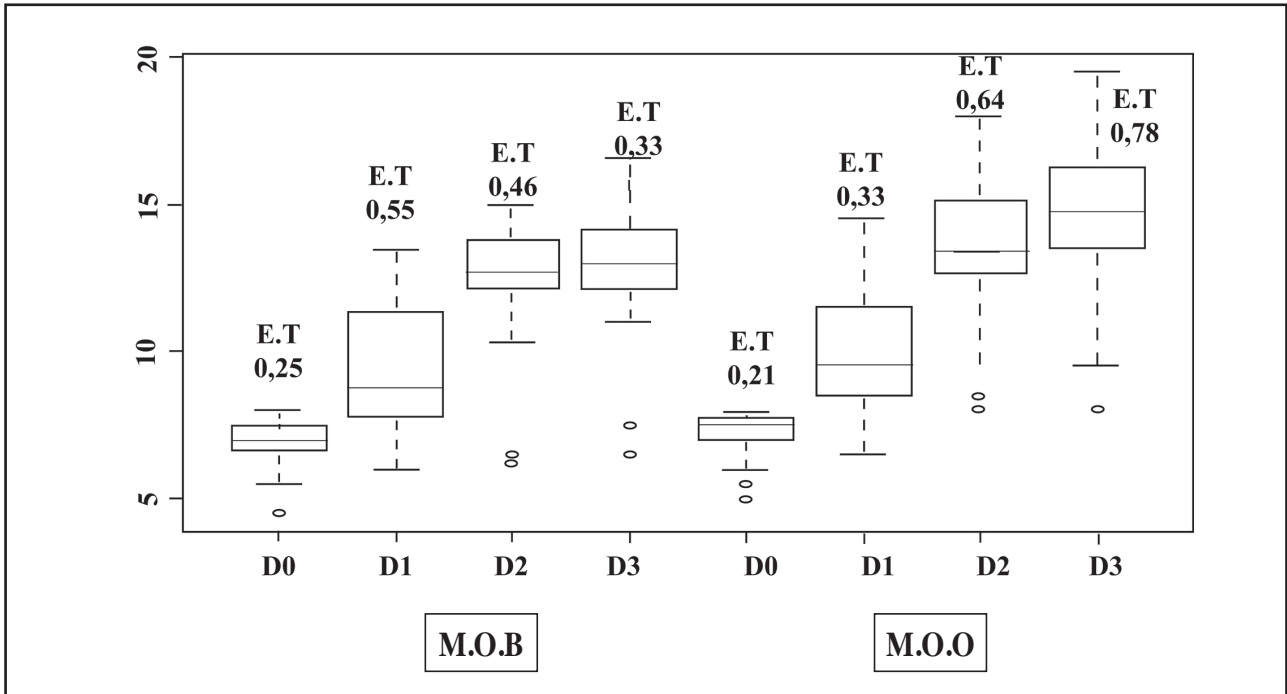
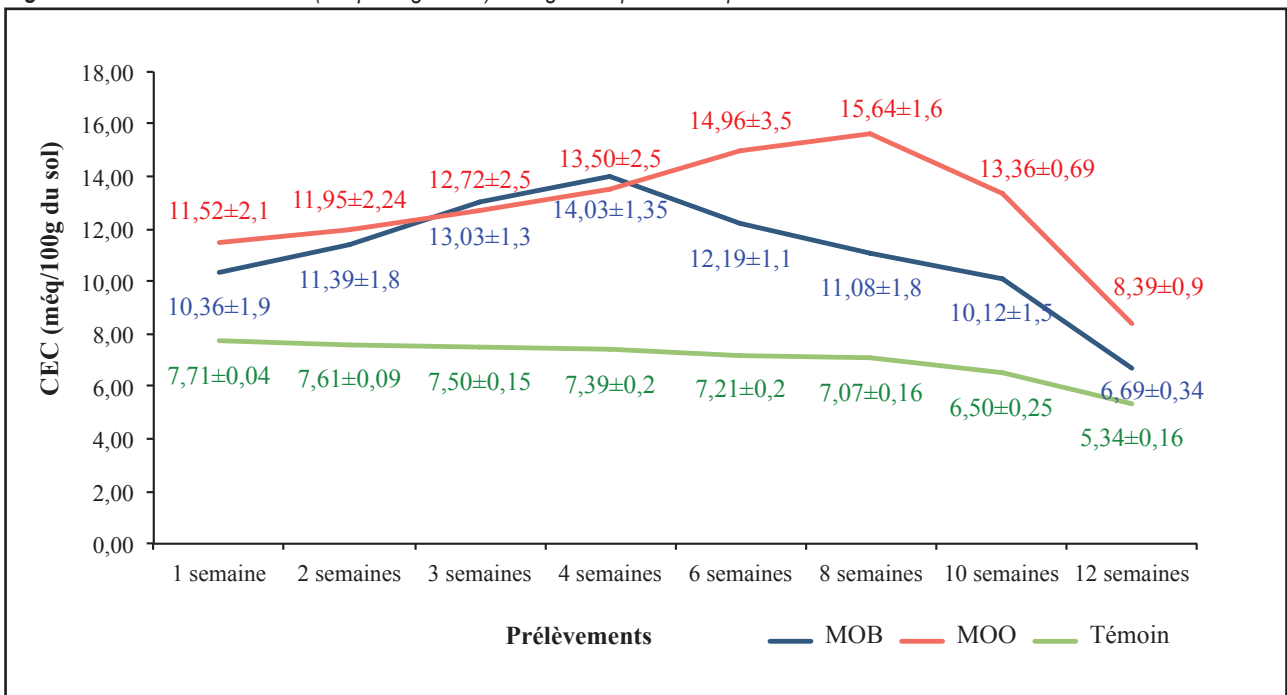


Figure 9 - Evolution de la CEC (mécq/100 g du sol) du sol pendant la période expérimentale.
Figure 9 - Evolution of soil CEC (meq/100 g of soil) during the experimental period.



organiques nous permet de dire que les matières organiques ont amélioré les propriétés du sol avec une importance relative plus grande pour le fumier ovin. Par ailleurs, cette amélioration est temporaire et pour avoir un effet durable il faut apporter régulièrement des amendements organiques suivant les caractéristiques du sol et le type de culture.

L'irrigation étant indispensable pour les sols dans les régions arides, celle-ci peut, si elle est raisonnée, contribuer à résoudre le problème de l'augmentation de la salinité, mais à condition que la surface irriguée soit bien drainée.

BIBLIOGRAPHIE

- Baize D., 2000 - Guide des analyses en pédologie, Choix, Expression, Présentation. Interprétation, 2^e Ed, INRA, Paris, 257 p.
- C.D.A.R.S., 1998 - Etude du plan directeur général de développement des régions sahariennes. Lot 1: étude de base. Phase II A2: Monographies spécialisées des ressources naturelles, Ressources en sols. 104 p.
- Chamayou H. et Legros J.P., 1989 - Les bases physiques, chimiques et minéralogiques de la science du sol, Technique vivante, Presses universitaires de France, Paris. pp. 212-213.
- Daoud Y et Halitim A., 1994 - Irrigation et salinisation au Sahara Algérien. Sécheresse, 5, 3, pp. 151-160.
- Delas J., 1971 - Évolution des propriétés d'un sol sableux sous l'influence d'apport massif et répété de matières organiques de différentes origines. Annales Agronomiques, 5(22), pp. 585-610.
- Dridi B et Toumi C., 1999 - Influence d'amendements organiques et d'apport de boues sur les propriétés d'un sol cultivé. Etude et Gestion des Sols, 6, 1, pp. 7-14.
- Durant J.H., 1954 - Les sols d'Algérie, S.E.S, Alger, 244 p.
- Dutil P., 1971 - Contribution à l'étude des sols et des paléosols du Sahara, Thèse, Doct d'état, Faculté des sciences de l'université de Strasbourg, 346 p.
- Evanylo G. and Mcguinn R., 2000 - Agricultural management practices and soil quality: measuring, assessing, and comparing laboratory and field test kit indicators of soil quality attributes, virginia cooperative extension publication number 452-400 <http://www.ext.vt.edu/pubs/compost/452-400/452-400.html>
- Halilat M.T., 1998 - Étude expérimentale de sable additionné d'argile, comportement physique et organisation en conditions salines et sodiques, Thèse, Doct, I.N.R.A, I.N.A, Paris, Grignon, 229 p.
- Halitim A., 1988 - Sols de régions arides d'Algérie, Alger, 384 p.
- Hillal D., 1974 - L'eau et le sol: principes et processus physiques, Poly Académie, Press, Neuyourk, 357 p.
- Mallouhi N., 1979 - Contribution à l'étude d'évolution du compost urbain dans les sols salés carbonatés, Thèse, Doct, Ing, 104 p.
- Monica Ozores-Hampton, Philip A. Stansly et Teresa P. Salame., 2011- Soil, Chemical, Physical, and Biological Properties of a Sandy Soil Subjected to Long-Term Organic Amendments, Journal of Sustainable Agriculture, 35:3, pp. 243-259, doi: 10.1080/10440046.2011.554289
- Monniers G., 1965 - Action des matières organiques sur la stabilité structurale des sols. Annales Agronomiques, 16 (4 et 5), pp. 327-534.
- Mustin M., 1987 - Le composte, gestion de la matière organique, Ed, François Dubusc, Paris, 954 p.
- Rognon P., 1994 - Les principaux sols du Maghreb, In: « Désertification et aménagement », Med. Compus N°8, Cours de séminaire Mednin (Tunisie), Agadir (Maroc. Caen), pp. 89-112.
- Shiralipour A., 1998 - The effects of compost on soil. In: Compost use in Florida. Florida Department Environmental Protection, pp. 27-31.
- Soltner D., 2003 - Les bases de la production végétale, Tome I, Le sol et son amélioration Collection Sciences et Techniques Agricole, 23^e Ed, Paris, 472 p.
- Thuriès L., Arrufat A., Dubois M., Feller C., Herrmann P., Larré-Larrouy M.C., Martin C., Pansu M., Rémy J.C. et Viel M., 2000 - Influence d'une fertilisation organique et de la solarisation sur la productivité maraîchère et les propriétés d'un sol sableux sous abri. Etude et gestion des sols, 7, 1, pp. 73-88.
- Toutain G., 1979 - Élément d'agronomie saharienne De la recherche au développement, I.N.R.A, Paris, 276 p.
- Vanghan D. et Malcolm R.E., 1985 - Soil organic matter and biological activity, Development in plant and soil sciences, Martinus Nijhoff, Vol 16, 469 p.

