

INFLUENCE DE LA BENTONITE SUR LES PROPRIETES PHYSIQUES D'UN SOL SABLEUX

BENKHELIFA M. ⁽¹⁾ et DAOUY Y. ⁽²⁾

(1) : Université de Mostaghanem, B.P. 17 - Bordji Ammar, Mostaghanem.

(2) : Institut National Agronomique, El Harrach - Alger.

Résumé : L'effet de six doses de bentonite sur les propriétés physiques d'un sol sableux a été étudié expérimentalement.

Les résultats obtenus montrent qu'à la dose de 10 % de bentonite, il se produit une amélioration de la microporosité (+ 64 %), de l'humidité équivalente (+ 88 %), de la réserve en eau utile (+ 63 %). Par contre, la perméabilité a diminué sous l'effet de doses croissantes de bentonite.

Mots clés : bentonite, sols sableux, propriétés physiques.

Influence of the bentonite on the physical properties one sandy soil

Abstract : The effect six doses of bentonite on the physical properties one sandy soil was studied experimentally.

The obtained results show that to the dose of 10% of bentonite, he produces an improvement of the microporosity (64%), of the equivalent humidity (88%), of the content in useful water (63%). on the other hand, the permeability decreased under the effect of increasing doses of bentonite.

Keys words : bentonite, sandy soils, physical properties.

INTRODUCTION

En Algérie, il existe de grandes étendues de terres sableuses situées sur le littoral et au Sahara (DUBOST, 1992).

Ces sols sont caractérisés par une surface spécifique très réduite, de l'ordre de $1 \text{ m}^2/\text{g}$ de sol, et une capacité d'échange cationique très faible généralement inférieure à 2 meq par 100 grammes . Ils sont considérés chimiquement comme des sols inertes (CALLOT, 1983).

Bien que ces sols présentent la qualité d'être plus poreux, plus faciles à travailler et bons conducteurs de chaleur, leurs propriétés peuvent être défavorables à la production agricole à cause de leur faible teneur en argile et en humus, et leur faible capacité de rétention en eau et en éléments minéraux (LHOTSKY, 1979).

Il a été montré que de fortes corrélations existent entre la capacité de rétention en eau du sol et sa composition granulométrique, particulièrement sa teneur en argile et en limons fins (TESSIER, 1994; CHAMAYOU, 1984).

La connaissance des minéraux argileux a permis de comprendre l'importance de leur rôle dans les propriétés des sols (TESSIER, 1984). Il est établi que l'utilisation de certains minéraux argileux, particulièrement ceux du groupe des montmorillonites, améliorent les caractéristiques physiques et hydriques des sols sableux (BONNEAU et SOUCHIER, 1979; SIGG, 1991).

Selon PETR (1985) des sols amendés avec une dose de bentonite de 10% du poids de sol sec ont enregistré des augmentations de rendement variant de 10% à 40% selon les cultures. Si la dose optimale est dans une large mesure située par plusieurs auteurs entre 9% et 11% du poids de sol sec, car elle émane de l'observation des rendements de cultures suivies sur des terrains sableux amendés par plusieurs doses de bentonite, l'effet de cette fraction argileuse sur les propriétés hydriques des sols sableux n'a pas fait l'objet de nombreux travaux (EL SHERIF, 1987; ENGELTHALER, 1985; LHOTSKY, 1970 et 1979; PETR, 1985).

Cet aspect hydrique mérite une attention toute particulière pour comprendre les interactions du mélange sable-bentonite vis à vis de l'eau car la quantité d'eau que peut stocker un sol n'a aucune importance si elle n'est pas considérée en même temps que la pression de succion à laquelle l'eau est cessible aux racines.

Le présent travail constitue une contribution à l'étude de l'influence de la bentonite sur les caractéristiques hydriques d'un sol sableux du plateau de Mostaghanem, où les sols à texture sableuse occupent une superficie d'environ $13\,000 \text{ ha}$ (SACCARDY, 1954).

MATERIEL ET METHODES

1. Matériel d'étude

1.1. Le sol

Cet essai, a été réalisé sur une parcelle sableuse de la ferme agricole de l'INFSA (Mostaghanem). La parcelle a été labourée à l'aide d'une charrue à

disques sur une profondeur de 30 cm afin de l'ameublir suffisamment en vue de faciliter l'opération de malaxage du mélange sol -bentonite. La réalisation des mélanges a eu lieu manuellement sur les parcelles élémentaires aux doses retenues.

1.2. La bentonite

Elle provient du gisement de Mzila (Mostaghanem). Nous avons choisi une dose de 10% pour vérifier les résultats trouvés dans d'autres pays et celles de 2,5%, 5%, 7,5%, 12,5% et 15% nous permettrons d'encadrer la dose supposée optimale de 10%. Les doses de bentonite ont été calculées sur la base de la densité apparente du matériau sableux qui est en moyenne de 1.60.

2. Méthodes d'étude

2. 1. Le dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est basé sur la méthode des blocs aléatoires à trois répétitions, la parcelle élémentaire est constituée d'un carré de 1m², l'espacement entre les parcelles est de 2m.

2. 2. Echantillonnage

Partant du fait que le comportement hydrique d'un sol est le résultat d'interactions pédo-climatiques, les échantillons ont été prélevés six mois après l'installation de l'essai. Le prélèvement des échantillons destinés aux analyses est effectué sur chaque parcelle élémentaire.

2.3. Méthodes d'analyse

Analyse granulométrique : par la méthode internationale de sédimentation en utilisant comme dispersant l'héxamétaphosphate de sodium.

Densité réelle: par la méthode du pycnomètre.

Densité apparente : par la méthode du cylindre de Siegrist (volume =141.37 cm³).

Humidité équivalente: elle est évaluée au laboratoire, par la méthode de centrifugation à 1000 t/mn.

Humidité en fonction du pF : à l'aide du dispositif de Richards pour des pressions variant de 64 mbars (pF = 1,8) à 16000 mbars (pF = 4,2).

Infiltration : par la méthode de Muntz à l'aide d'un infiltromètre et deux cylindres de diamètres respectivement 30 cm et 60 cm.

Conductivité hydraulique : par la méthode de mesure du flux hydrique en saturé.

Teneur en eau en fonction du temps : par la méthode gravimétrique suite à la saturation des parcelles et cessation de l'écoulement, nous avons observé les variations de l'humidité pendant sept jours.

RESULTATS

1. Analyse granulométrique

Les résultats de l'analyse granulométrique montrent que les modifications enregistrées, sur le plan textural, dans le sol sableux suite aux apports de bentonite ne sont pas importants (tabl. I).

Tableau I. Fractions granulométriques en fonction des doses de bentonite.

Doses de bentonite en % de la masse de terre sèche	0	2,5	5	7,5	10	12,5	15
Argile en %	6,56	7,85	8,84	10,13	11,00	14,00	15,60
limon en %	4,54	4,04	5,03	4,81	5,07	6,92	7,93
sable en %	88,90	88,08	86,08	85,60	81,90	78,94	76,42

2. Porosité totale et indice des vides

La porosité totale et l'indice des vides ont été déterminés selon les formules suivantes :

$$P = 1 - d_a / d_r \quad e = P / (1 - P)$$

Sur la base des résultats obtenus (tabl. II), il s'avère que la porosité totale et l'indice des vides augmentent au fur et à mesure que la dose de bentonite s'élève.

La notion de porosité totale mérite donc d'être approfondie en considérant le pourcentage de macro et microporosité car le mouvement de l'eau dans le sol reste conditionné essentiellement par la distribution des pores selon leurs dimensions (SIGG, 1991).

Tableau II. Porosité totale et indice des vides du mélange en fonction des doses de bentonite

	Doses de bentonite appliquées en % de la masse de terre sèche						
Paramètres	0	2,5	5	7,5	10	12,5	15
d_r (g.cm ⁻³)	2,67	2,65	2,65	2,64	2,62	2,61	2,60
d_a (g.cm ⁻³)	1,59	1,58	1,55	1,50	1,49	1,48	1,43
P (%)	40,22	40,34	41,44	43,03	43,10	43,06	45,08
e	0,67	0,67	0,70	0,75	0,75	0,75	0,82

3. Humidité équivalente

L'humidité équivalente (fig. 1), augmente au fur et à mesure que la dose de bentonite augmente.

L'augmentation de l'humidité équivalente traduit sensiblement l'accroissement de la capacité de rétention du mélange (CALLOT, 1983).

Le traitement statistique montre que l'effet des doses de bentonite sur l'accroissement de l'humidité équivalente est significatif.

Tableau III . Part des différents facteurs dans les variations globales.

Source de variation.	Pourcentage de variation.	Signification.
Individuel.	4.55	NS
Doses.	87.99	$p < 0.01$
Résiduel.	7.46	
CV = 15.62%	ppds (0.05) = 2.49	ppds (0.01) = 3.49

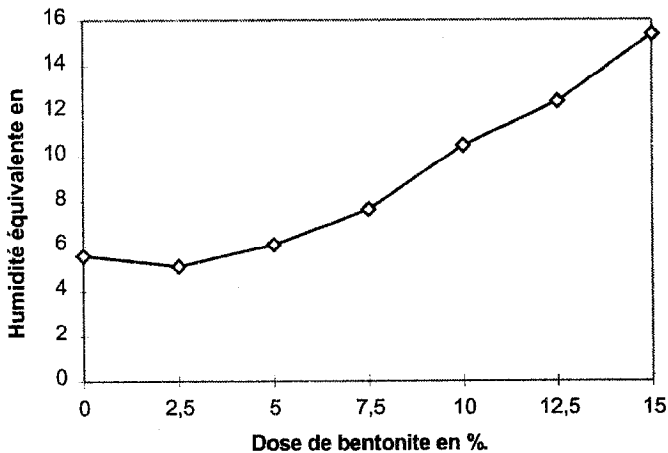


Figure 1 . Humidité équivalente en fonction des doses de bentonite.

4. Microporosité et macroporosité selon les doses de bentonite

La microporosité a été calculée par l'intermédiaire de la relation suivante (BONNEAU et SOUCHIER, 1979) :

$$\mu P = da \cdot HCC$$

- μP : microporosité en %.
- da : densité apparente.
- HCC : humidité à la capacité au champs.

La figure 2 montre que l'évolution de la microporosité et de la macroporosité en fonction des doses de bentonite n'est pas très différente respectivement entre les valeurs calculées à partir de l'humidité équivalente et celles relatives à l'humidité au pF2,5.

L'amélioration de la capacité de rétention du mélange sol-bentonite est bien reflétée par l'évolution de la microporosité. La microporosité est formée des pores dont le diamètre est compris entre 6 μm et 0,2 μm . C'est elle qui retient l'essentiel de la réserve en eau utilisable par les plantes (CALLOT , 1983 ; ROGNON, 1994).

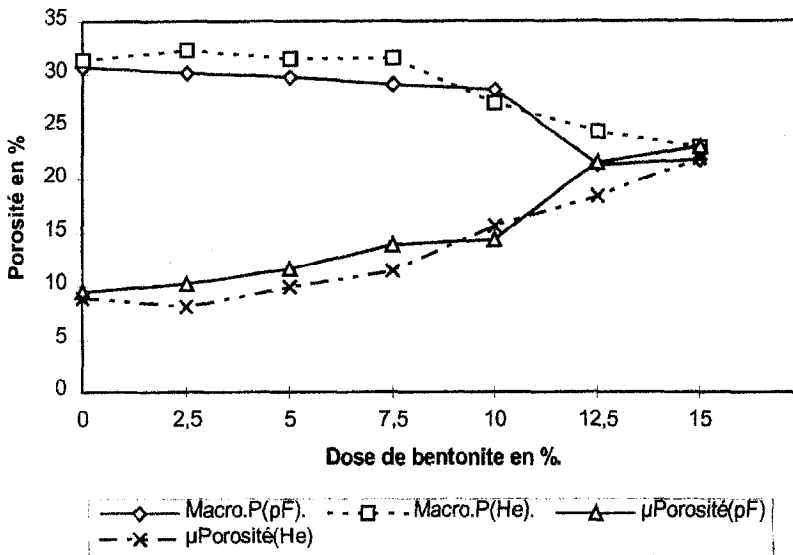


Figure 2. Microporosité et macroporosité en fonction des doses de bentonite.

5. Humidités caractéristiques et réservoir du sol en fonction des doses de bentonite

D'une manière globale, l'humidité retenue par le mélange soumis à une certaine pression de succion s'accroît avec l'augmentation de la dose de bentonite (tabl. IV). Cette humidité augmente au fur et à mesure que la valeur du pF diminue.

Le tableau V montre que la variation de l'humidité retenue par le mélange est due essentiellement à l'effet important du pF.

Tableau IV. Humidités pondérales (%) en fonction du pF et des doses de bentonite

pF	Doses de bentonite appliquées en %						
	0	2,5	5	7,5	10	12,5	15
1,8	28,45	29,79	31,35	32,18	32,45	35,06	37,71
2,0	24,45	25,00	24,63	25,96	25,80	29,94	32,42
2,2	10,17	07,20	07,52	09,20	09,94	19,40	21,16
2,5	05,97	06,45	07,52	09,27	09,66	14,56	16,20
3,0	05,32	05,60	06,32	06,83	07,88	12,39	14,15
4,2	02,20	02,30	02,70	02,80	03,10	02,40	05,10

Tableau V. Part des différents facteurs sur les variations des teneurs en eau.

Source de variation.	Pourcentage de variation.	Signification.
pF	90.56	p<0.01
Doses.	7.58	p<0.01
Résiduel	1.86	
CV = 11.56%	ppds(0.05) = 2.10	ppds(0.01) = 2.83

A l'intervalle des pressions comprises entre le pF 2,5 et le pF 4,2 (Fig.3), correspond une plage de variations d'humidité accentuée par l'augmentation des doses de bentonite. Cet intervalle reflète la capacité du réservoir du sol. En effet, les doses croissantes de bentonite appliquées, entraînent une augmentation de la quantité d'eau retenue par le mélange qui se manifeste par sa réserve utile (RU).

Cet accroissement faible pour les petites doses d'argile (inférieures à 5 %), devient important à partir de la dose de 10 %. L'évolution de l'accroissement de la RU est très remarquable et permet de prévoir une amélioration du rendement agricole de cultures installées sur des sols bentonisés.

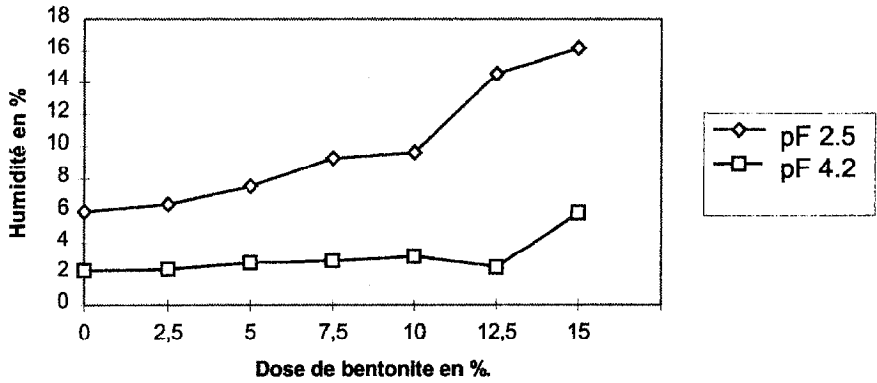


Figure3. Evolution de la réserve du sol en fonction des doses de bentonite.
(Δ = pF 2.5 = pF 4.2)

6. Infiltration cumulée en fonction des doses de bentonite

La figure 4 illustre l'influence de la dose de bentonite sur l'évolution de l'infiltration cumulée et permet d'en déduire les observations suivantes :

- d'une manière globale le volume total d'eau infiltrée augmente avec le temps pour toutes les doses,

- l'augmentation de la dose de bentonite diminue le volume total d'eau infiltrée. La bentonite aurait donc provoqué une augmentation de la microporosité, ce qui conduit à un accroissement de la résistance du sol à la circulation de l'eau. Cet effet permet une amélioration de la capacité de rétention en eau du mélange (BONNEAU et SOUCHIER, 1979).

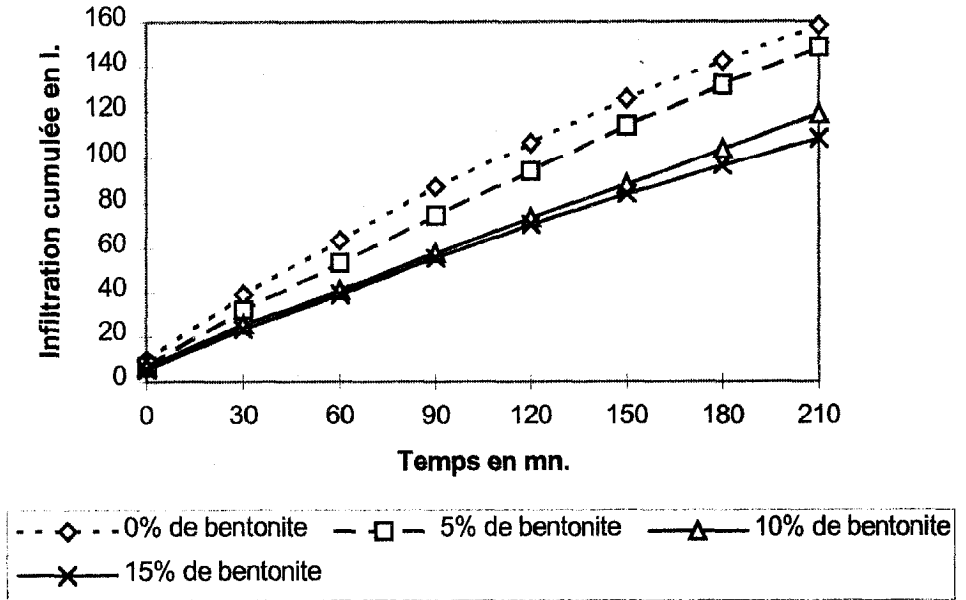


Figure 4. Infiltration cumulée en fonction des doses de bentonite.

Le tableau VI montre que l'effet des doses de bentonite sur l'infiltration cumulée demeure hautement significatif bien que la part de variation liée au temps soit prédominante du fait de la nature cumulative de ce paramètre.

Il faut souligner aussi que l'écart exprimé en infiltration cumulée est assez important entre la dose de 5% de bentonite et celle de 10%.

Tableau VI . Part des différents facteurs dans les variations globales.

Source de variation	Pourcentage de variation	Signification
Temps.	84.0	$p < 0.01$
Doses.	14.34	$p < 0.01$
Résiduel.	1.66	
CV = 7.2%	ppds(0.05) = 6.81	ppds(0.01) = 9.32

7. Conductivité hydraulique en fonction des doses de bentonite

Les valeurs de la perméabilité sont calculées à partir de la loi de Darcy.

Selon les résultats de la figure 5, une nette réduction de la perméabilité est enregistrée pour l'ensemble des traitements. Cette réduction s'accroît avec l'augmentation de la dose de bentonite. Il est important de remarquer que les différentes doses de bentonite n'affectent pas de la même manière la perméabilité du sol. Ainsi le taux de diminution relative au témoin de la perméabilité est de 92% pour la dose de 7,5% de bentonite et de 96% pour la dose de 15%.

En effet, la distribution des pores selon les dimensions dépend étroitement de la texture du mélange (CHAMAYOU, 1984).

Il s'avère par conséquent, que les pores responsables de la rétention de l'eau atteignent une proportion importante à partir de 7,5% de bentonite.

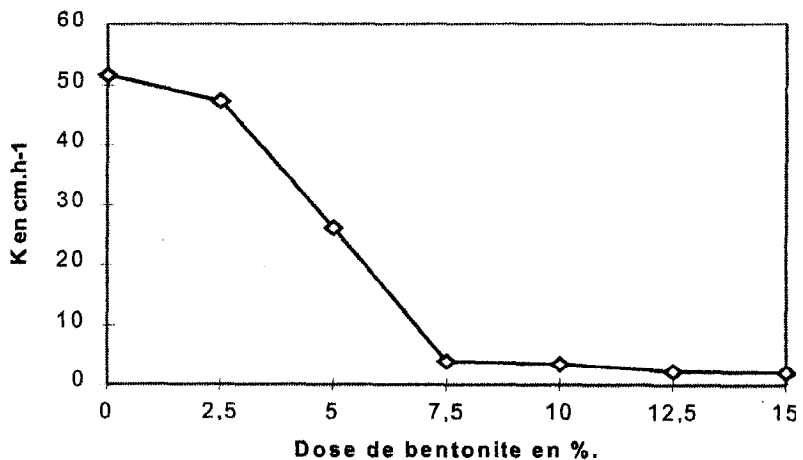


Figure 5 : Evolution de la conductivité hydraulique en fonction des doses de bentonite.

CONCLUSION

Les résultats obtenus dans ce travail montrent que l'apport de bentonite au sol sableux leur confère une porosité totale plus élevée, suffisamment illustrée par un accroissement maximum de 22% de l'indice des vides. Ce résultat explique

en partie les accroissements enregistrés de l'humidité équivalente de 88,5% pour la dose de 10% et 176,5% pour la dose de 15% par rapport au témoin.

L'augmentation de la porosité totale est accompagnée d'une élévation de la microporosité . La microporosité étant la fraction qui retient l'essentiel de la réserve en eau utilisable par les plantes est formée des pores dont le diamètre est compris entre 6 μ m et 0,2 μ m, elle est passé de 9% pour le témoin à 22% pour la dose de 15% .

les variations de l'humidité en fonction des doses croissantes de bentonite, ont lieu dans des proportions plus importantes pour les plus faibles pF.

Les pertes par évaporation, durant le dessèchement du sol, sont d'autant plus faibles que la dose de bentonite est élevée.

La réserve utile augmente au fur et à mesure de l'accroissement de la dose de bentonite. Cette augmentation est de 63,5% pour la dose de 10% et 200% pour la dose de 12,5% par rapport au témoin.

Les valeurs de la conductivité hydraulique du sol diminuent de 92% entre la dose de 0% à celle de 7,5%.

L'adjonction de bentonite permet au sol sableux de bénéficier davantage des apports d'eau d'irrigation, ce qui permet d'envisager une augmentation de la dose d'arrosage ou une augmentation de sa fréquence.

Les résultats obtenus montrent donc qu'il est possible de bonifier les terres sableuses du plateau de Mostaghanem par des apports de bentonite d'origine locale.

Références

- BONNEAU M. et SOUCHIER B.,(1979) - Constituants et propriétés du sol. Editions Masson, France.459p.
- CALLOT R. (1983) - Mieux comprendre les interactions sol-racines. INRA, Editions Lavoisier, France. 325p.
- CHAMAYOUJ A.,(1984) - Notions fondamentales de sciences du sol. ENSA Montpellier, France.271p.
- DUBOST M. et al,(1992) - Aridité, agriculture et développement: le cas des OASIS Algériennes. Sécheresse n° 3, V.4: pp 85-96
- EL SHERIF A. F.,(1987) - Projet de recherche sur l'amélioration des sols sableux, méthodes et aspects économiques, Rapport final. ARST, Caire, Egypte.182p.
- ENGELTHALER Z. A. (1985) - L'exploitation industrielle complexe de la bentonite. ONUDI, Pilsen, Tchécoslovaquie.78p.
- LHOTSKY J.,(1970) - Influence de la bentonite sur le changement des dimensions des pores dans un sol sableux. Scientia agriculturae bohemoslovaca, Praha 6: pp 97-109, Tchécoslovaquie.
- LHOTSKY J.,(1979) - Application of bentonite to agriculture of desert countries. Preliminary évaluation. Editions ONUDI, Tchécoslovaquie.26p.
- PETR J.,(1985) - Non metallic sorbents in agriculture. Editions ONUDI, Tchécoslovaquie.39p.
- ROGNON P.,(1994) - Les conséquences de la sécheresse sur la pédogenèse. Sécheresse n° 3, V. 5 , pp:173-184
- SACCARDY M.,(1954) - Rapport du conseil de l'expérimentation et des recherches agronomiques. Inspection générale de l'agriculture, France.366p.
- SIGG J.,(1991) - Les produits de terre cuite. Editions Septima, Paris, France.448p.
- TESSIER D.,(1984) - Etude expérimentale de l'organisation des matériaux argileux. Hydratation, gonflement et structuration au cours de la dessiccation et la réhumectation. Thèse Doct. d'Etat, Univ. Paris VII, France.361p.
- TESSIER D.,(1994) - Rôle de l'eau sur les propriétés physiques des sols. Sécheresse n° 3, V. 5: pp143-150 .