

EVOLUTION DES PROPRIETES HYDROMECHANIQUES D'UN SOL ARGILEUX EXPANSIF AVEC LA DISTANCE AXIALE A LA COLONNE DE LA CHAUX

Abdelmadjid LASLEDJ, Maitre de conférence "A", Ecole nationale polytechnique d'Oran,
Laboratoire des matériaux, BP 1523 EL'Mnaour, 31000 Oran, Algérie, lasledja@yahoo.fr

Samir KENNOUCHE, Magister, Ecole nationale polytechnique d'Oran,

Kenouchesamir@yahoo.fr

Nabil KEBAILI, Maitre assistant "A", Université Kasdi Merbah Ouargla, kebaili.na@univ-ouargla.dz

Mohammed BENHOUNA, Maitre de conférence "B", Ecole nationale polytechnique d'Oran,
Laboratoire des matériaux, BP 1523 EL'Mnaour, Oran, Algérie, benhouna@yahoo.fr

Reçu le : 18/11/2015

Accepté le : 27/01/2016

Résumé :

L'objectif de ce travail est d'étudier l'évolution de l'effet du traitement par colonnes de la chaux d'un sol argileux expansif suivant la distance axiale à la colonne. L'étude est réalisée sur un sol local provenant d'In-Amenas. Deux propriétés hydromécaniques du sol (gonflement et retrait linéaire) ont été suivies lors de l'étude durant six mois de maturation et trois distances axiales d'évaluation ont été choisies.

Les résultats montrent une amélioration significative du gonflement et du retrait a été obtenue à long terme pour une distance axiale ≤ 1 m. Après 6 mois, la pression de gonflement est diminuée de 360 kPa pour le sol brut à 35 kPa et à 60 kPa avec le traitement à distance de 30 cm et 90 cm respectivement. Ainsi, le potentiel de retrait linéaire est réduit de 13,5 % pour le sol brut à 2,8 % et à 3,7 % avec le traitement à

distance de 30 cm et 90 cm. Des améliorations faibles et limitées du sol ont été observées pour la distance axiale de 150 cm.

Mots clés : sol argileux / colonnes de la chaux / traitement / réactions chaux-argile / gonflement / retrait linéaire

Abstract:

The purpose of this work is to study the evolution of the effect of lime columns treatment for expansive clayey soil with the axial distance to the column. The study is realized in local soil from In-Amenas. Two hydromechanical properties of soil (swelling and linear shrinkage) were followed during six months of maturation and three axial distances of evaluation were chosen.

The results indicated that significant improvement of swelling and shrinkage is attained at long term for axial distance to the column below to 1 m. After 6 months, the swelling pressure decreases from 360 kPa for the non treated soil to 35 kPa and 60 kPa with treatment for the axial distance to column 30 cm and 90 cm respectively. Thus, the potential of linear shrinkage reduced from 13,5 % for the non treated soil to 2,8 % till 3,7 % with treatment for the axial distance to column 30 cm and 90 cm respectively. The little and limited improvements of hydrodynamics properties were be observed for the axial distance 150 cm.

Key words: clayey soil / lime columns / treatment / lime-clay reactions / swelling/ linear shrinkage

1. Introduction

La réalisation de remblais, de couches de forme et d'assises requiert de grands travaux de terrassement. Les terrains rencontrés peuvent comporter des sols argileux sensibles aux variations de la teneur en eau. L'hydratation de ces sols est à l'origine de nombreux désordres. Dans l'objectif d'améliorer ces sols, la technique du traitement à la chaux s'est largement développée dans le monde. Elle a des effets bénéfiques sur les propriétés géotechniques des sols. Ces effets sont dus à des réactions chimiques entre la chaux et les minéraux argileux des sols. Le traitement permet de diminuer la plasticité, de réduire le gonflement et le retrait et d'augmenter la perméabilité tout en atteignant des résistances mécaniques importantes ([1], [2], [3]).

Dans la pratique, trois méthodes de traitement ont été développées : traitement par épandage, par injection et par des colonnes.

Le traitement par des colonnes de la chaux consiste à réaliser des colonnes remplies de la chaux dans les massifs de sol sur place. Elle est basée sur la diffusion des cations de calcium apportés par la chaux dans la structure de sol. Ce procédé a été employé dans plusieurs pays. Dans la réalité, quelques

travaux de recherche ont été effectués pour évaluer leur efficacité sur des différents sols gonflants ([4], [5], [6], [7]).

Ce travail est consacré à l'étude de l'évolution de l'effet de la chaux sur les propriétés hydromécaniques (gonflement et retrait linéaire) d'un sol argileux fortement expansif avec la distance axiale à la colonne de la chaux.

2. Matériaux de l'étude :

2.1. Sol argileux :

Cette étude a été réalisée sur un sol argileux provenant de la région d'In-Amenas. Le tableau 1 regroupe les propriétés géotechniques de ce sol.

Tableau 1 : Caractéristiques géotechniques du sol

Propriété	Valeur d'essai
Limite de liquidité	64 %
Limite de plasticité	25 %
Teneur en eau optimale	16 %
Densité sèche maximale	19 kN/m ³
Pression de gonflement	360 kPa
Potentiel de retrait linéaire	13,5 %
Résistance à la compression simple	290 kPa
Coefficient de compression	0,17
Coefficient de gonflement	0,07

Ce sol argileux est un sol très plastique, compressible et très gonflant. Ce sol est constitué de 42% d'éléments argileux (Na-smectite, illite et kaolinite), 38% de limon et 20% de sable [8].

2.2. Chaux hydratée :

La chaux hydratée employée pour le traitement provient de l'entreprise SNMC Hssasna (Saida).

3. Méthodes expérimentales

3.1. Préparation du site de traitement in-situ

Un site de traitement a été exécuté sur place sous forme d'un bac en bois (1,5 m x 1 m x 0,15 m) rempli du sol et de la chaux (Fig.1). Le sol a été compacté à l'intérieur du bac à l'optimum de Proctor normal avec l'ajout d'une quantité de la chaux à la fin de l'opération sans malaxage avec le sol. La quantité de la chaux est équivalente à 10 % de la masse sèche totale du sol compacté. Des installations d'alimentation en eau au côté de la chaux ont été mise en place. Le bac est recouvert par une plaque en bois et laissé en plein air sous la température de la région d'Ouargla (30°- 45°).

3.2. Préparation des échantillons d'essais

Les essais sont réalisés sur des échantillons de ce sol brut et traité prélevés in-situ sur une distance de 30 cm, 90 cm et 150 cm à l'axe de la colonne de

la chaux (Fig.1). Les échantillons sont confectionnés au laboratoire par taillage. Les tests sont effectués après un temps de 28, 90 et 180 jours.

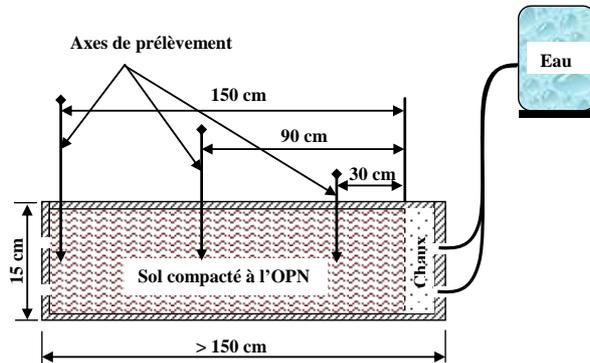


Figure 1 : Préparation du site de traitement

3.3. Détermination de la pression du gonflement

La pression du gonflement est mesurée en appliquant la méthode du gonflement à l'Oedomètre sur des échantillons de 7,5 cm de diamètre et 1 cm d'hauteur.

3.4. Détermination du potentiel de retrait

La détermination du potentiel de retrait linéaire est obtenue sur des échantillons de 4 cm de diamètre et de 2 cm d'hauteur.

4. Résultats et discussions

4.1. Evolution de la pression de gonflement

La figure 2 donne l'évolution de la pression de gonflement du sol traité en fonction de la distance axiale à la colonne de la chaux et le temps de maturation durant les 6 mois.

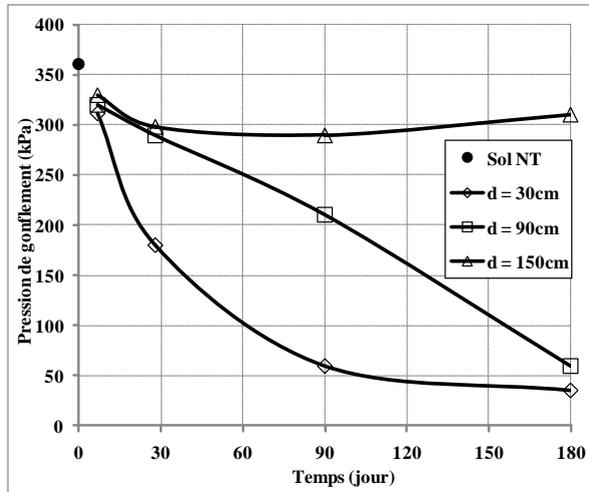


Figure 2 : Pression de gonflement du sol traité avec le temps et la distances axiale à la colonne

A court terme (7 premiers jours), l'amélioration du gonflement est trop limitée et la pression reste plus élevée (> 300 kPa) pour toutes les distances. Ceci est dû à la faible diffusion des cations calcium durant ce période.

Avec le temps, la pression de gonflement continue à diminuer progressivement pour les distances axiales de 30 cm et 90 cm. Elle devienne

plus faible (≤ 60 kPa) après 6 mois de maturation. La diminution est beaucoup plus rapide pour la distance de 30 cm.

L'amélioration du gonflement est liée à la combinaison d'effet de la dispersion de particules de la chaux au sein de la structure du sol et aux réactions chaux-argile à court et à long terme [4]. La réduction du gonflement est due pratiquement au développement d'échange cationique qui est d'autant plus accentuée que la quantité de cations de calcium diffusés est importante. Le remplacement progressif des cations de sodium du Na-smectite par les cations de calcium induit une force de cohésion importante et réduit l'absorption d'eau. La poursuite de diminution avec le temps s'explique par la poursuite d'échange cationique et/ou par le développement des liants de cimentation issus de la réaction pouzzolanique [2]. La dispersion de la chaux a un effet significatif sur le développement des réactions chaux-argile. Elle progresse lentement avec le temps dont la quantité diffusée est d'autant plus accentuée que la distance axiale la colonne de la chaux est faible.

Pour la distance de 150 cm, bien que le gonflement s'améliore légèrement, cette situation reste inacceptable pour les travaux de génie civil classique.

Ceci s'explique par le fait que la quantité de la chaux arrivée à cette distance est trop faible.

4.2. Evolution du potentiel de retrait linéaire

L'évolution du potentiel de retrait linéaire du sol traité en fonction de la distance axiale à la colonne de la chaux et le temps de maturation pendant les 6 mois est présentée sur la figure 3.

Après le premier mois de maturation, on note une diminution d'environ de 50% du potentiel de retrait obtenue pour la distance axiale de 30 cm alors elle est limitée ($< 10\%$) pour les distances de 90 cm et 150 cm. Cette amélioration est due à la floculation-agglomération induite par l'échange cationique suite au contact smectite/cations de calcium et à la réaction pouzzolanique qui progresse dans temps. La réaction pouzzolanique résulte la formation des hydrates calciques qui favorisant la cimentation des particules du sol ([2], [3]). Plus la quantité des hydrates formés augmente, plus la rigidité du sol traité augmente et moins sont les changements volumiques. Ces résultats montrent que la dispersion de la chaux est parfaite à cette courte distance axiale (30 cm) durant ce période de maturation (6 mois).

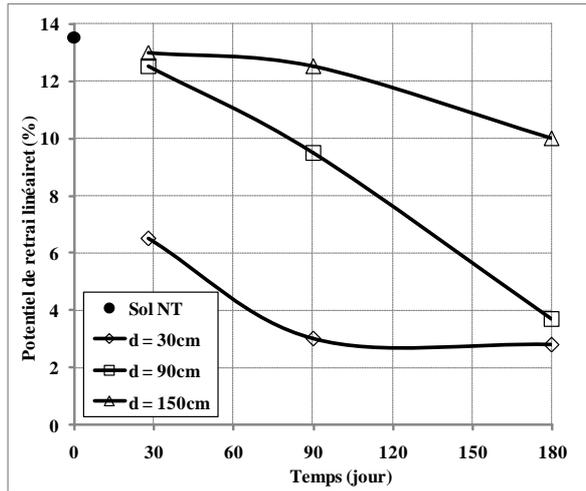


Figure 3 : Potentiel de retrait linéaire du sol traité avec le temps et la distances axiale à la colonne

Avec le temps de maturation, on remarque que le potentiel de retrait continu à diminuer notamment pour distance inférieure ou égale 90 cm. Au-delà de cette distance, l'amélioration reste considérable. Après 6 mois, le potentiel de retrait linéaire diminue de 13,5% pour le sol non traité à 2,8% et 3,7% pour sol traité aux distances de 30 cm et 90 cm respectivement. Ceci correspond à une amélioration de retrait d'environ 70%-80%. En revanche, ces améliorations de retrait sont atteintes après un long temps de maturation (6 mois) comme pour le gonflement. Cette continuation d'amélioration de retrait est liée à la progression d'augmentation de la

rigidité du sol traité provoquée par la cinétique de développement de la réaction pouzzolanique avec la progression de la diffusion de la chaux.

Pour la longue distance (150 cm) et comme pour l'évolution de gonflement constatée, la quantité réduite en chaux disponible mène au faible d'amélioration de retrait obtenue.

5. Conclusion

L'objectif de cette étude est d'étudier l'évolution de l'effet de la chaux sur le gonflement et le retrait d'un sol argileux très plastique avec la distance axiale à la colonne de la chaux d'une part et déterminer l'efficacité et les limites de ce mode de traitement d'autre part.

Les résultats d'essais réalisés montrent que :

- Une amélioration importante de gonflement et de retrait linéaire est obtenue après une longue période de traitement (6 mois) pour une distance axiale à la colonne de la chaux inférieure à 1 m.
- La pression de gonflement chute fortement de 360 kPa pour le sol non traité à 35 kPa et 60 kPa pour le sol traité à distance axiale de 30 cm et 90 cm respectivement.

- Le potentiel de retrait linéaire diminue de 13,5% pour le sol non traité à 2,8 % et 3,7 % pour le sol traité à distance de 30 cm et 90 cm respectivement.
- Faible amélioration de gonflement et du retrait linéaire a été obtenue à distance de 150 cm durant les 6 mois de maturation.
- Le traitement par des colonnes de la chaux est une méthode efficace, lente et leur effet dépend de la diffusion de la chaux dans le sol.
- Dans notre cas, l'efficacité de cette méthode est limitée à une distance d'environ de 1 m à l'axe de la colonne durant les six premiers mois.

6. Référence bibliographique

[1] S-A-A Khattab, Etude multi-échelles d'un sol argileux plastique traité à la chaux, Thèse, Université d'Orléans, 2002

[2] A. Lasledj, Traitement des sols argileux à la chaux : processus physico-chimique et propriétés géotechniques, Thèse, Université d'Orléans, 2009

[3] A Lasledj, M Al-Mukhtar, J-F Alcover, Behavior and mineralogy changes in lime-treated expansive soils at 20°C, Applied clay science (2010), 50(2), 191-198

[4] G Rajasekaran, S Narasimha Rao, Lime migration studies in marine clays, Ocean engineering (1996), 23(4), 325 – 355

- [5] C-D-F Roger, S Glendinning, Improvement of clay soils in situ using lime piles in the UK, *Engineering geology* (1997), 47, 243 – 257
- [6] G Rajasekaran, S Narasimha Rao, Compressibility behaviour of lime-treated marine clay, *Ocean engineering* (2002), 29, 545 – 559
- [7] M-C Tonož, C Gokceoglu, R Ulusay, A laboratory-scale experimental investigation on the performance of lime columns in expansive Ankara (Turkey) Clay, *Bulletin of engineering geology environment* (2003), 62, 91–106
- [8] S Kennouche, Stabilisation des sols argileux sensibles à l'eau in-situ sous fondations par des colonnes de la chaux, *Mémoire de magister, Ecole normale polytechnique d'Oran*, 2016