
Stabilisation d'un sol gonflant par l'ajout de lait de chaux.

Zineb BELABBACI*¹, Sidi Mohamed AISSA MAMOUNE* & Abdelmalek BEKKOUCHE**

* Laboratoire RISAM, faculté de Technologie, Université Aboubekr Belkaïd
Tlemcen, BP 230, Algérie.

**Centre Universitaire d'Ain T'émouchent, Bp 284 (46000) Algérie

¹Bellabacizyn@yahoo.fr

RESUME: L'argile est un sol d'assise pour un grand nombre de constructions. Certaines familles d'argile présentent la caractéristique d'être gonflantes ou rétractables. Cependant, La construction sur ce type de sol nécessite une bonne compagnie de reconnaissance d'identification et de caractérisation de son potentiel gonflant. Dans ce travail la stabilisation par l'ajout de lait chaux est utilisée. Cette utilisation s'explique par le fait que cette technique est celle qui présente le maximum d'avantage, notamment en ce qui concerne le coût et les méthodes d'exécutions. Dans cette communication nous sommes intéressés par deux volets :

- le premier est relatif aux essais recommandés pour l'identification des quatre sols gonflants de la région de Tlemcen
- Le second a pour objet de stabiliser ces sols gonflants et évaluer l'influence de lait de chaux en différents pourcentages.

Les résultats d'essais sur les échantillons traités au lait de chaux montrent que l'indice de plasticité, limite de plasticité et la teneur en eau diminuent d'une manière importante ainsi que l'amplitude et la pression.

ABSTRACT: Clay soil is the foundation for many buildings. Some families have the characteristic to be swelling or shrink.

However, construction on this type of soil requires a good companion for the recognition of identification and characterization of their swelling potential. In this work the stabilization by the addition of lime is used. This use is explained by the fact that this technique is that which provides the maximum benefit, particularly regarding the cost and methods of executions.

In this paper we are interested by two aspects:

1. the first is the tests recommended for the identification of four expansive soils in the region of TLEMCEM
2. The second is to stabilize expansive soils and asses the influence of lime in different percentages.

Tests results on samples treated with lime show that the swelling pressure decreases in a major way and the plasticity index, plastic limit and water content.

MOTS CLES: Argile, lait de chaux, gonflement, pression de gonflement, stabilisation

KEYWORDS: Clay, lime, swelling, swelling pressure, stabilization

1. Introduction

Les sols gonflants sont des sols très fins dont les éléments sont formés de feuillets. En période de sécheresse, ils perdent leur saturation lorsqu'ils sont de nouveau hydratés, l'eau pénètre dans les fissures et tend vers son volume initial. C'est le phénomène de gonflement (Derriche et al, 1994).

La présence de sols gonflants pose d'énormes problèmes aux concepteurs de projets. Des techniques particulières sont nécessaires pour construire sur ce type de sols. On citera deux cas pathologiques l'un à l'Est et l'autre au Sud :

- l'hôpital de Sidi-Aissa dans la wilaya de Msila
- la raffinerie de pétrole d'Ain-Amenas

Dans la pratique, de nombreux procédés de stabilisation sont disponibles, nous sommes intéressés de la stabilisation par l'ajout de lait chaux. Cette utilisation s'explique par le fait que cette technique est celle qui présente le maximum d'avantage, notamment en ce qui concerne le prix de revient et la facilité d'exécution.

2. Descriptif des sols étudiés

Les sols objets de cette étude sont des échantillons argileux remaniés qui proviennent de différentes régions de la wilaya de TLEMCEN (MANSOURAH BOUJLIDA, BOUGHRARA et la bentonite de MAGHNIA). La carte suivante donne la situation géographique des sites étudiés.



Figure1. La situation géographique des sites étudiés

3. Identifications des sols

Quels que soient les objectifs recherchés dans une étude géotechnique, il est de règle d'effectuer initialement l'identification des sols concernés. Cette procédure

permet d'orienter les analyses géotechniques ultérieures et surtout d'effectuer une classification des matériaux rencontrés. Les paramètres nécessaires pour cette classification sont aussi bien de nature physico-chimique que granulométrique.

Le tableau 1 donne les résultats de l'ensemble des essais effectués sur les quatre sols étudiés (MANSOURAH, BOUJLIDA, BOUGHRARA et la bentonite de MAGHNIA :

	Sites	Sol1	Sol2	Sol3	Sol4
Paramètres physiques et chimiques	Profondeur (m)	3	4	8	6
	γ_d (kN/m ³)	15,82	16,19	16,5	13,33
	W_{opm} (%)	24,6	23	21,4	33
	% < 80 μ	90	94	90	85
	(%) matière organique	1.22	1.67	1.91	1.77
	(%) < 2 μ	44	48	44.8	50
	w_l (%)	67	66,3	68,45	136
	w_p (%)	29,58	30	26,41	48,06
	I_p (%)	37,42	36,2	42,04	87,94
	W_R (%)	4,2	2,3	7.01	11
	I_R (%)	62,8	64	59,55	125
	L'Activité	0,850	0,754	0,938	1,107
	V_{bs} (cm ³)	8.4	6.15	9.6	43.22
	S.S.T (m ² /g)	176.4	129.15	201,6	907.62
	TCaCo ₃ (%)	13,84	16,45	2,469	1.89

Sol1 : Mansourah ; Sol2 : Boujlida, Sol3 : Boughrara ; Sol4 : Bentonite

Tableau 1. Identification des sols étudiés

Les essais d'identification physico-chimiques montrent que les sols proviennent de la région de MANSOURAH et BOUJLIDA ce sont des argiles marneuses très plastiques, concernant la bentonite de MAGHNIA et le sol de BOUGHRARA ce sont des pures argiles, très plastique avec très peu de Carbonate de Calcium.

4. La Structure Minéralogie des argiles expansives

Il est nécessaire de présenter les structures cristallographiques des différentes familles d'argile (communes) pour mieux comprendre les relations entre l'eau et l'argile.

Les argiles ainsi que les micas font partie de la famille des phyllosilicates. Le réseau cristallographique des phyllosilicates est basé sur un réseau de tétraèdres SiO_4 (Figure 2). Chaque tétraèdre SiO_4 partage 3 sommets avec les tétraèdres voisins ; l'ensemble des sommets partagés constitue un assemblage plan hexagonal. Le sommet du tétraèdre qui n'est pas dans le plan, est partagé avec un octaèdre AlO_6 (Figure 2). C'est l'association de couches tétraédriques (T) et de couches octaédriques (O) qui constitue le motif du réseau cristallin de chaque argile.

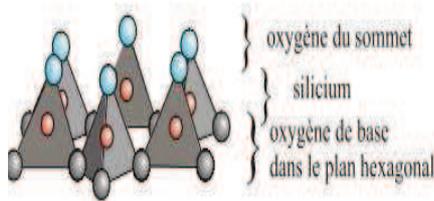
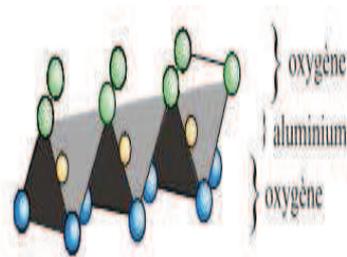


Figure 2. Structure du tétraèdre SiO_4 et Structure de l'octaèdre Al_2O_6



La minéralogie de chaque argile est définie par un motif que l'on appelle feuillet la Figure 3 illustre les différents structures cristallographiques des argiles :

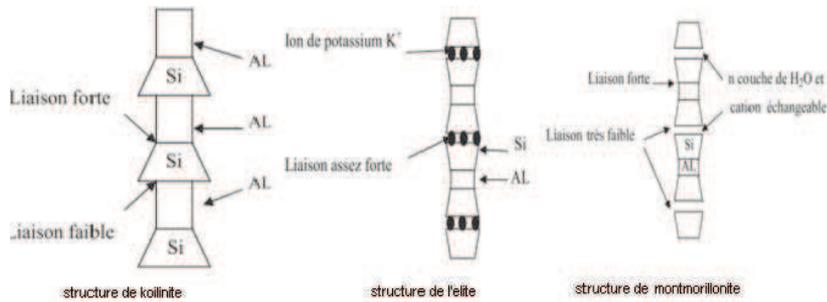


Figure 3. Structure cristallographique des argiles.

5. Classification des sols expansifs

Procéder à une classification convenable des sols expansifs sous-entend que les paramètres géotechniques représentatifs du gonflement sont connus. Toute la difficulté réside dans la définition de ces paramètres (Djedid et al, 1997). La pratique

veut que ce soit la pression et l'amplitude de gonflement qui soient utilisées pour caractériser les sols expansifs.

La littérature contient un nombre considérable d'approches empiriques qui permettent d'apprécier le potentiel de gonflement des sols. Certains auteurs pensent relier ce potentiel à un seul paramètre. Ainsi et comme le montre les tableaux 2,3 et 4 ci-dessous, Altmeyer, Ranganatham et Satyanarayan (Aissa mamoune ,2002), et Snethen (Aissa mamoune ,2002) proposent des classifications qui donnent respectivement le potentiel de gonflement en fonction de la limite de retrait WR, de l'indice de retrait IR et de l'indice de plasticité IP.

WR (%)	Potentiel de gonflement
< 10	Forte
10 - 12	Critique
> 12	Faible

Tableau2. *Potentiel de gonflement d'après Altmeyer 1955, cité par (Aissa mamoune ,2002).*

Taux de gonflement	Sp (%)	Ip
faible	0 - 1,5	0 - 10
moyen	1,5 - 5	10 - 20
Elevée	5 - 25	20 - 35

Tableau3. *Potentiel de gonflement d'après Seed, Woodward et Lungreen (1962), cité par (Aissa mamoune ,2002).*

IR	Potentiel de gonflement
0-20	Faible
20-30	Moyen
30-60	fort
> 60	très fort

Tableau4. *Potentiel de gonflement d'après Ranganatham et Satyanarayan (1965),*

Ip	Potentiel de gonflement
> 35	Très élevé
22-48	Elevé
22-32	moyen
< 18	faible

Tableau 5. *Potentiel de gonflement d'après Snethen (1980)*

P<2 μ m	Ip (%)	WR(%)	L'indice de retrait (%)	Potentiel de gonflement
> 28	> 35	<10	> 30	Très élevé
20-30	20-40	7-10	20-30	élève
13-23	15-30	10-15	10-30	moyen
<15	<18	> 15	<10	faible

Tableau 6. *Potentiel de gonflement d'après Holtz Et Gibbs (1956), cité par (Aissa mamoune ,2002).*

P<74 μ m	WL (%)	Pression de gonflement (6ans)	Potentiel de gonflement
> 95	> 60	10	Très élevé
60-95	40-60	2.5-5	Elevé
30-60	30-40	1.5-2.5	moyen
<30	<30	<0.5	faible

Tableau7. *Potentiel de gonflement d'après Ghen (1988) cité par (Aissa mamoune ,2002).*

Potential de gonflement	Ip (%)	W _R (%)	WL (%)
faible	<18	> 15	35-20
moyen	25-15	15-10	50-35
fort	41-25	12-7	70-50
Très fort	> 35	<11	> 70

Tableau8. *Potential de gonflement d'après Holtz, Dakshanamurphy et Raman (1973) cité par (Aissa mamoune ,2002).*

6. Corrélation entre le gonflement et les paramètres physico-chimiques

Afin de tester la comparaison des classifications citées ci-dessus, elles ont été appliquées à des échantillons de sols provenant des sites de Tlemcen, Les identifications sont données dans le tableau 9.

De ces classifications, il se dégage les remarques suivantes :

Certaines classifications comme celle d'Altmeyer ont tendance à surestimer le potentiel de gonflement des sols puisqu'elle donne tous les échantillons comme fortement expansifs.

Les diverses classifications ne convergent pas toutes vers la même qualification du potentiel expansif pour le même échantillon.

Ces contradictions trouvent leurs explications dans le nombre et la nature des paramètres pris en compte par chacune de ces classifications. Il y a lieu de relever que les paramètres déterminants dans le caractère expansif d'un sol sont tous connus. Par contre, l'incidence de chaque paramètre dans ce caractère expansif est difficile à quantifier.

SITES	Altme yer	Ranganath am et Satyanara yan	Sneth en	Seed, Woodwa rd et Lungreen	Gh en	Holtz et Gibbs	Holtz, Dakshanamurt hy
<i>Sol1</i>	F	TF	TE	E	TE	TE	F
<i>Sol2</i>	F	TF	TE	É	E	E	F
<i>Sol3</i>	F	F	TE	E	TE	TE	F

F : fort ; TF : très fort ; E : élevé ; TE : très élevé

Tableau9. *Classification des sols étudiés*

7. Stabilisation des sols gonflants

La stabilisation du sol a pour objet essentiel de réduire les variations de Volumes dues aux variations de la teneur en eau.

7.1. But de la stabilisation

La stabilisation d'un sol permet de :

1. Réduire le volume des vides entre les particules solides (augmenter la compacité);
2. Créer des liens et améliorer les liaisons existantes entre particules (résistance mécanique).

7.2. Le choix de stabilisant

Le matériau choisi pour l'étude de la stabilisation c'est le lait de chaux et Ce choix a été effectué parce que La stabilisation par ajout de chaux est la technique de traitement des sols la plus répandue.

L'utilisation de cette technique permet :

- D'éviter des volumes de terrassement importants dans le cas de substitution des sols médiocres.

-De donner aux sols argileux d'une manière assez rapide une bonne consistance pour des dosages compris entre 1% et 2%. Ceci montre aussi l'intérêt économique de ce procédé.

-De modifier les propriétés du sol.

Sachant qu'il y a deux types de chaux, vive et éteinte, le choix s'effectue en basant sur les essais de laboratoire, les essais de chantier et sur le prix de revient. Généralement, c'est la chaux vive qui est préférée car elle fournit plus d'ions de Ca^{2+} , elle donne un produit plus dense et un abaissement de la teneur en eau important (Bekkouche et al, 2005).

Il est clair que c'est la phase argileuse du sol qui réagit avec la chaux. La qualité du résultat dépend des engins utilisés dans le traitement. L'expérience a montré que suite à un traitement, certaines modifications se produisent sur les caractéristiques - du sol : Diminution de la teneur en eau du mélange de 0.6% à 0.8% pour 1% de chaux [(Bekkouche et al, 2005).

La méthodologie suivie pour cette étude consiste en premier lieu à réaliser des mélanges sols –lait de chaux à des pourcentages bien déterminés (2%,4%,6%,8%)., Sur ces mélanges, les paramètres physico-chimiques seront déterminés. Ensuite, des échantillons de ces mêmes matériaux seront reconstitués à des teneurs en eau et des

densités optimums pour subir des essais de gonflement libres suivant la norme ASTM D méthode a(les essais sont en cours).

7.3 Action de lait de chaux sur les paramètres physique-chimique des sols étudiés

Sachant que le gonflement des sols argileux est parfois corrélé avec certains paramètres Physico-chimiques, ces derniers ont été déterminés pour chaque dosage. Les valeurs obtenues sont consignées dans les courbes ci-dessous.

Tous les paramètres sont rapportés à ceux obtenus sans ajout de lait de chaux.

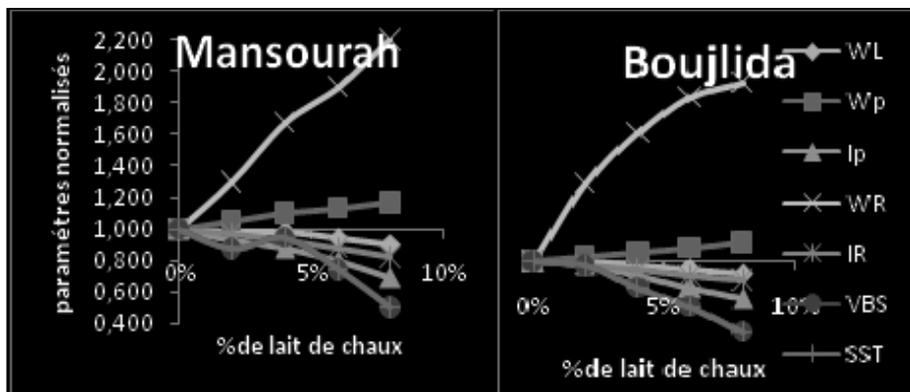


Figure4. variation des paramètres physique-chimique en fonction de pourcentages de lait de chaux

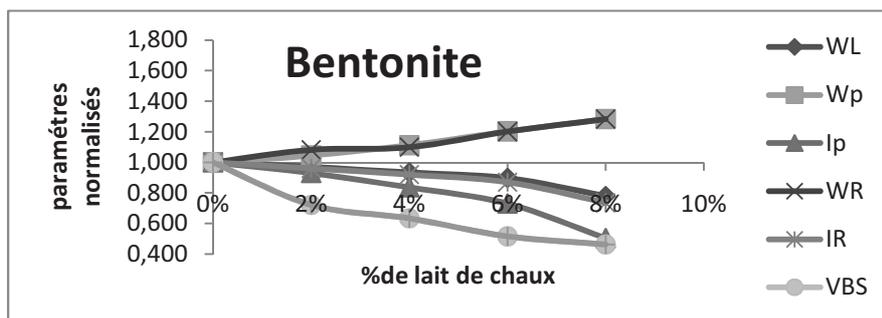


Figure5. Variation des paramètres physique-chimique en fonction de pourcentages de lait de chaux

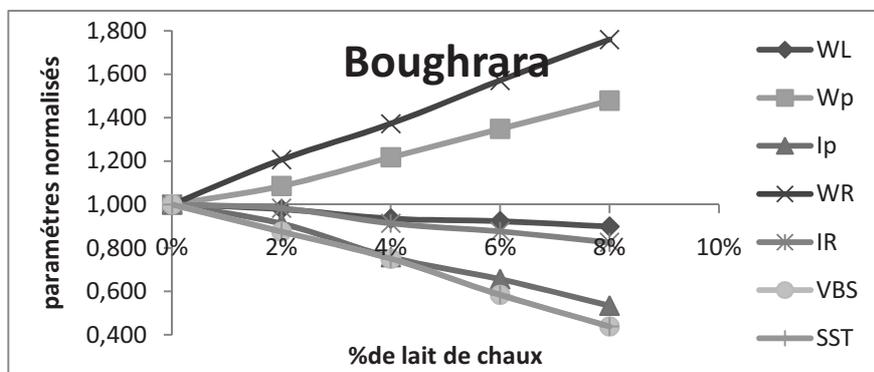


Figure 6. variation des paramètres physique-chimique en fonction de pourcentages de lait de chaux

SITES	Altme yer	Ranganatha m et Satyanaraya n	Sne the n	Seed, Woodwa rd et Lungree n	Gh en	Holtz et Gibbs	Holtz, Dakshana murthy
SOL1	F	F	M	E	M	M	M
SOL2	F	F	E	E	E	E	M
SOL3	C	F	M	E	E	M	M
SOL4	f	TF	TE	E	TE	TE	TF

M : moyen, C : critique, f : faible

Tableau 10. Corrélation entre les paramètres physiques chimiques et le gonflement après une stabilisation par l'ajout de 8% de lait de chaux .

Conclusion

Ce travail a permis de définir et de mesurer les caractéristiques minéralogiques, chimiques, Physiques et granulométriques des sols de la région de TLEMCCEN.

Dans ce cadre, on a montré qu'à partir d'essais simple effectués pratiquement dans toutes les campagnes de reconnaissances préliminaires, il est possible d'identifier qualitativement les sols expansifs et d'obtenir à partir de corrélations des estimations approximatives de la pression et de l'amplitude de gonflement.

Les résultats obtenues sur l'ajout de lait de chaux montrent que le traitement des sols au lait chaux peut constituer une solution à envisager, parce que avec des faibles pourcentages il y'avait une diminution de l'indice plasticité et l'amplitude et la pression de gonflement. Cette étude sera poursuivie par des essais de mesures directes de gonflement et des essais de stabilisation avec différents pourcentage de lait de chaux.

Références

- AFNOR., *Géotechnique : Essais de reconnaissance des sols*, Tome 1, Edition AFNOR, 2ième Edition, Paris, France, 1998.
- Aissa mamoune S. M., Contribution à la mesure, prévision et modélisation du comportement des sols expansifs, Mémoire de Magister présenté au département de génie-civil, Université A. Belkaïd, Tlemcen, Algérie, 2002.
- Bekkouche et al. , « Techniques de stabilisation des sols expansifs », journées d'études des sols gonflants, Université A. Belkaïd, Tlemcen, Algérie, 2005.
- Derriche Z, Kaoua F., « *Sols gonflants: Méthodologie pour la conception des ouvrages* », Revue Technique de l'ENTP ; Algérie Equipement, 1994.
- Djedid A., Bekkouche A., Bousmaha N., « Construire sur les sols expansifs », Colloque National de Génie Civil, Centre Universitaire Mohamed BOUDIAF, Msila, 19 et 20 octobre 1997.