CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA STABILISATION DES SOLS GONFLANTS PAR AJOUT DE SABLE

Par
Farid KAOUA, Zohra DERRICHE et Nadir LARADI
Institut de Génie Civil, USTHB (*) - Alger

Résumé

La stabilisation du gonflement des sols expansifs est une branche de recherche qui suscite de plus en plus d'intérêt.

Devant les répercussions financières importantes du gonflement, il y a nécessité de définir un procédé de stabilisation efficace et économique.

Après avoir passé en revue les procédés courants de stabilisation des sols expansifs, nous présentons les résultats d'une application du procédé par ajout de sable à un sol gonflant local.

Nous montrons qu'une faible teneur en sable est capable de réduire la pression de gonflement du sol dans une proportion appréciable.

Les résultats de cette étude nous autorisent à conclure que, l'ajout de sable peut s'avérer un procédé efficace et économique.

Mots clés : gonflement - stabilisation - sable.

1 INTRODUCTION

La construction sur sols gonflants pose de nombreux problèmes géotechniques. En effet, une augmentation ou une diminution de la teneur en eau de ces sols, s'accompagne d'un phénomène de gonflement ou de retrait. Les ingénieurs se trouvent donc devant un problème d'interaction sol-structure assez complexe. Pour le contrecarrer, deux solutions sont envisageables :

a/ adapter la structure du bâtiment aux mouvements du sol ; en général ceci peut se faire par la prise en compte de dispositions constructives pratiques. Nous renvoyons le lecteur aux références [1] et [2] où il trouvera des exposés assez détaillés sur ces dispositions,

b/ adapter le sol à la structure, en essayant de modifier son comportement vis-à-vis du gonflement, par traitement, substitution, préhumidification ou tout autre procédé de stabilisation.

Le but de cet article est de passer en revue les différentes méthodes de stabilisation des sols gonflants et de présenter une application de la stabilisation par ajout de sable à un sol gonflant.

2 TECHNIQUES DE STABILISATION DES SOLS GONFLANTS

2.1 Préhumidification

Pour réduire les soulèvements ultérieurs d'un sol relativement sec, on augmente artificiellement sa teneur en eau et ce jusqu'à la stabilisation du phénomène de gonflement. Il faut ensuite compter sur la permanence de la teneur en eau artificiellement créée. Donc, il faut conseiller un arrosage continu des jardins périphériques. L'augmentation de la teneur en eau initiale diminue le potentiel de gonflement mais n'influe pas sur la pression de gonflement [1].

Ce résultat a permis de conclure à l'inefficacité du procédé de préhumidification.

2.2 Substitution

Cette technique a pour objectif la diminution globale du soulèvement, à la fois par suppression du sol gonflant, par la mise en place du remblai qui peut amortir une partie du soulèvement ultérieur et aussi par une amélioration de l'homogénéité des teneurs en eau, donc du soulèvement, pour l'ensemble de la construction.

(*) Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene.

2.3 Traitement à la chaux et au ciment

L'utilisation de la chaux vive comme stabilisant est une technique très ancienne [3] et [4]. En effet, il est maintenant reconnu que son addition à des argiles gonflantes conduit à la réduction de la plasticité. Or d'après [5], plus le sol gonflant est plastique plus son potentiel de gonflement est élevé. Donc, la chaux réduit le potentiel de gonflement du sol et augmente sa résistance.

Il est également bien admis que l'addition de ciment à des argiles gonflantes conduit à des effets équivalents à ceux de la chaux.

Enfin, ces deux procédés de traitement nécessitent cependant des études particulières sur la nature du sol à traiter car leurs effets dépendent beaucoup de sa composition minéralogique [6] et [7].

2.4 Stabilisation par ajout de sable

L'utilisation du sable comme matériau stabilisant est une technique assez récente et son emploi n'est pas encore très répandu. Elle consiste à remplacer une partie du sol gonflant par du sable. Des études faites sur ce sujet montrent que l'ajout de sable réduit la plasticité du mélange argile-sable, donc réduit son potentiel de gonflement. C'est ce que nous allons essayer de montrer dans ce qui suit.

Nous rappelons qu'il existe d'autres méthodes de stabilisation des sols gonflants telles que la stabilisation thermique [1], la stabilisation électrique, la stabilisation électrochimique, etc.

3 APPLICATION DE LA METHODE DE STABILISATOIN PAR AJOUT DE SABLE

3.1 Description et caractéristiques du sol étudié

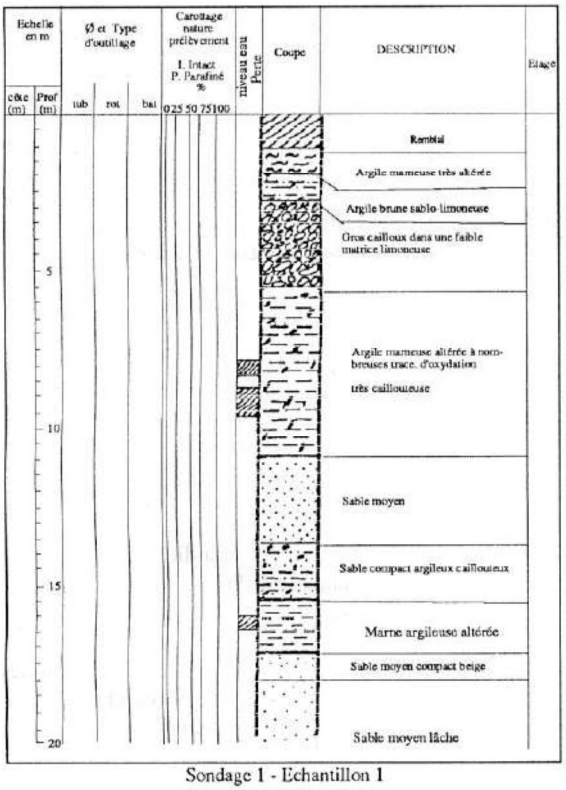
3.1.1 Origine

Les échantillons d'argile utilisés pour cette étude proviennent de la localité de Bachdjarah dans la région d'Alger. Ils ont été fournis par le Laboratoire de Travaux Publics du Centre. Malgré le nombre important d'échantillons prélevés, seuls deux ont été étudiés. Ces deux échantillons ont été extraits de deux sondages différents et à deux profondeurs différentes. Les coupes géotechniques représentatives des deux sondages sont illustrées dans la figure 1.

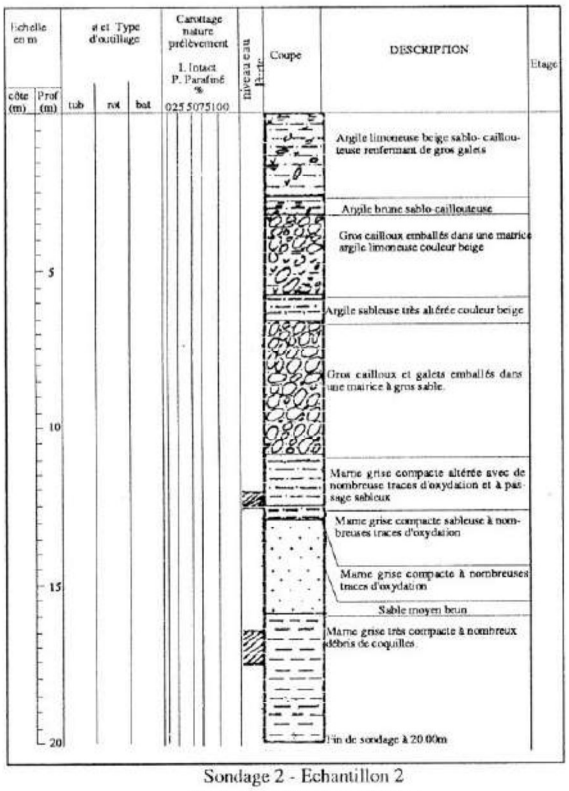
3.1.2 Analyse minéralogique

Une analyse diffractométrique aux rayons X des deux échantillons, effectuée au Centre de Recherche de la Sonatrach (CRD), a donné les résultats résumés dans le tableau ci-après.

Nous remarquons une fraction assez importante de



Sondage 1 - Echantillon 1
Profondeur 8.20 → 8.60 m



Sondage 2 - Echantillon 2
Profondeur 12.50 → 13,00 m

Figure 1 : Coupes géotechniques.

matériau actif (vermiculite et montmorillonite).

	% de minéraux argileux				% de minéraux
	Kaolinite	Illite	Vermiculite	I-M	non argileux
Ech. 1	8.4	25.2	25.2	25.2	16
Ech. 2	12.6	29.4	12.6	29.4	14

3.1.3 Autres caractéristiques

a/ Densité, teneur en eau et degré de saturation

Echantillon	Ech. 1	Ech. 2
Densité sèche	1.53	1.8
Teneur en eau (%)	28.48	17.40
Degré de saturation (%)	100	73

b/ Limites d'Atterberg

Les limites d'Atterberg ont été déterminées sur le mortier de l'argile naturelle avec l'eau du robinet comme liquide mouillant.

Echantillon	Ech. 1	Ech. 2
Limite de liquidité (%)	75.00	64.80
Limite de plasticité (%)	30.81	20.86
Indice de plasticité (%)	44.19	43.94

Il est facile de remarquer les valeurs élevées des limites de liquidité et des indices de plasticité. Or d'après la classification des sols gonflants adoptée par Seed et al à partir de Ip, nous sommes en présence de matériaux à potentiels de gonflement très élevés.

c/ Pression de gonflement

Sur les échantillons précédemment définis ont été réalisés deux essais de gonflement libre. La pression de gonflement est la pression nécessaire pour ramener un échantillon à son volume initial après qu'il ait complètement gonflé. Placé dans l'œdomètre, l'échantillon est submergé d'eau du robinet et est laissé à gonfler jusqu'à ce que le gonflement se stabilise. On applique des charges juqu'à ce que l'échantillon retrouve sa hauteur initiale. Les résultats ainsi obtenus sont représentés ci-après :

Echantillon	Ech. 1	Ech. 2
Pression de gonflement (bars)	11.5	13.0

3.2 Caractéristiques du sable utilisé

3.2.1 Origine

Le sable rouge utilisé provient du gisement de sable de Bougara situé à 30 Km d'Alger. Il constitue le flanc Nord-Est du gisement Oued-Taimamine.

3.2.2 Granulométrie

Le résultat de l'analyse granulométrique réalisée par tamisage à sec est illustré par la courbe de la figure 2. Cette courbe montre que le sable utilisé est relativement fin.

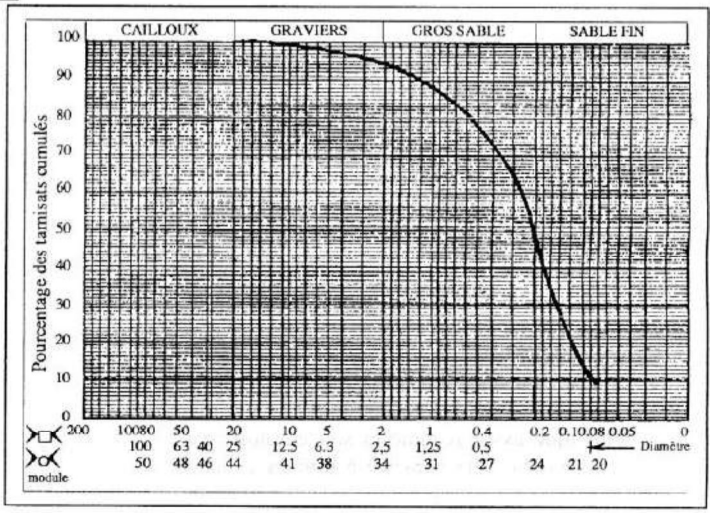


Figure 2 : Courbe granulométrique du sable.

3.3 Méthodologie adoptée et essais réalisés

3.3.1 Méthodologie adoptée

Nous rappelons que la limite de liquidité et l'indice de plasticité d'un sol gonflant varient dans le même sens que la pression de gonflement [5]. Alors, si par une méthode quelconque on arrive à réduire la limite de liquidité ou l'indice de plasticité de ce même sol, on réduirait ainsi sa pression de gonflement. La campagne expérimentale menée lors de cette étude a été dirigée dans cette optique. Nous nous proposons alors de déterminer les limites de liquidité et les indices de plasticité d'échantillons d'argile mélangés à divers pourcentages de sable.

Les pourcentages de sable retenus sont les suivants :

0, 8, 12, 20, 25, 30, 35, 40, 50 et 60%

3.3.2 Résultats obtenus

a/ Influence de l'ajout de sable sur la limite de liquidité

La variation de la limite de liquidité en fonction du pourcentage de sable ajouté est illustrée dans la figure 3. Comme prévu, on remarque une diminution de WL en fonction du pourcentage de sable ajouté. Cependant cette diminution est plus rapide pour les faibles concentrations en sable et ralentit au fur et à mesure que la concentration en sable augmente.

b/ Influence de l'ajout de sable sur l'indice de plasticité

L'influence de l'ajout de sable sur l'indice de plasticité est représentée dans la figure 4. Comme attendu,

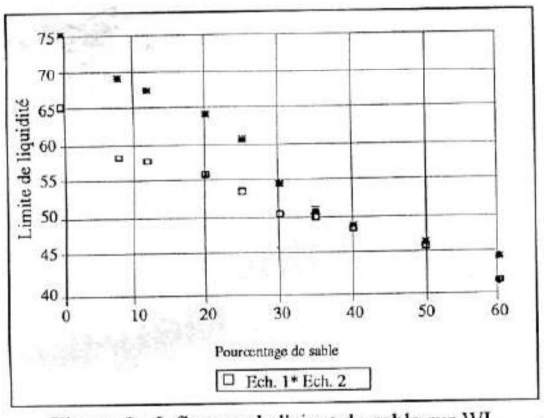


Figure 3 : Influence de l'ajout du sable sur WL.

on observe une diminution de Ip en fonction du pourcentage de sable ajouté. De plus, cette diminution est pratiquement linéaire.

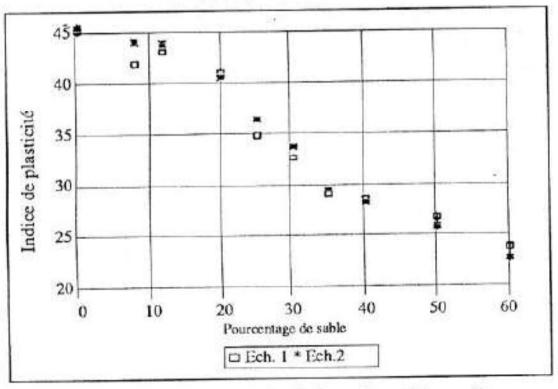


Figure 4 : Influence de l'ajout de sable sur Ip.

c/ Influence de l'ajout de sable sur la pression de gonflement

Les résultats obtenus sont très encourageants. Mais il est encore plus intéressant de voir l'influence de cet ajout de sable directement sur la pression de gonflement du sol. Aussi, nous avons mesuré expérimentalement les pressions de gonflement de l'échantillon 1 correspondant à quelques pourcentages de sable ajouté (20, 30, 35, 40 et 50%).

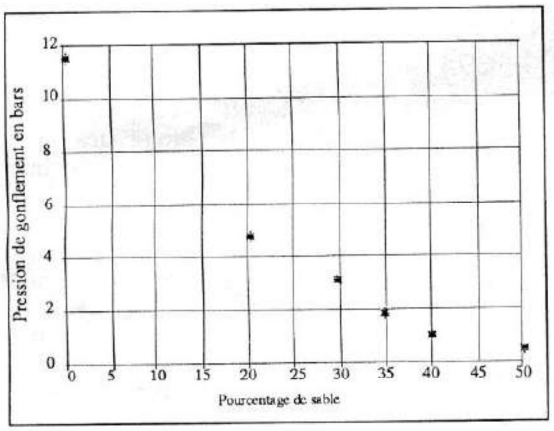


Figure 5 : Influence de l'ajout de sable sur la pression gonflement.

La figure 5 montre la variation de la pression de gonflement en fonction du pourcentage de sable ajouté. Cette figure fait ressortir des résultats très intéressants puisque un ajout de sable de 20% réduit la pression de gonflement de plus de 60% (de 11.5 à 4.5 bars). De plus, pour un même rang de teneur en sable ; de 20 à 40%, la pression de gonflement passe de 4.5 à 0.86 bar soit 20% environ. Donc la stabilisation est un phénomène à rendement décroissant.

Ces résultats sont en accord avec ceux trouvés par [6].

4 CONCLUSION

Cette étude a justifié expérimentalement la relation entre, d'une part, la limite de liquidité et la pression de gonflement et, d'autre part, l'indice de plasticité et la pression de gonflement à savoir qu'ils varient dans le même sens.

Elle a en outre confirmé les résultats obtenus par d'autres chercheurs, à savoir l'intérêt du sable en tant que matériau stabilisant les sols gonflants.

Néanmoins cette étude doit être poursuivie afin de voir l'influence de la granulométrie du sable sur l'efficacité du traitement et également la façon de mettre en œuvre cette technique sur le terrain.

Nous pensons que cette technique est assez intéressante et mérite d'être développée ❸

BIBLIOGRAPHIE

[1] F.H Chen : *"Fondation on expansive soils"*. Elsevier Ed, 1988.

[2] P. Mouroux & al. : *"La construction économique sur sols gonflants"*. Rexcoop, 1988.

[3] *"Recommandations du SETRA et du LCPC pour le traitement des sols fins à la chaux"*. Bull. de Liaison des P. et Ch.-61. Sept-Oct 1972.

[4] M. Veluat : *"Le traitement des sols à la chaux et au ciment"*. Chatillon-sous-Bagneux, XIII 1980.

[5] H.B Seed & al. : *"Prediction of swelling potentiel for compacted clay"*. Jour. of the soil mech. and found. Div. ASCE, 88, n°SM4, pp. 107-131.

[6] G. Didier : *"Gonflement cristallin et macroscopique des montmorillonites"*. Thèse de Docteur-Ingénieur, Université Claude Bernard, Lyon 1972.

[7] M. Iltis : *"Contribution à l'étude du traitement des argiles gonflantes en cours de forage"*. Thèse de Docteur-Ingénieur, INSA de Lyon 1979.

[8] M.A Sherif, I Ishibashi and B.W Medhin : *"Swell of Wyoming montmorillonite and sand mixtures"*. Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, GT1, January 1982, pp. 33-45.