

## Traitement d'un sol affaissable par la chaux

Tahar AYADAT  
Ph. D., Enseignant,  
Institut de Génie Civil,  
Université de M'Sila  
Abdelghani BENSALAM  
Abdelkarim BENKERRI  
Ingénieurs en Génie Civil

De nos jours les régions isolées et désertes sont devenues plus importantes et leur accès est indispensable. Les tendances de l'homme à exploiter ses richesses l'ont conduit à construire d'énormes ouvrages en surface et à utiliser une grande quantité d'eau. Ces nouvelles données ont provoqué l'apparition de phénomènes d'affaissement, d'où l'effondrement des sols et la ruine des constructions.

Le traitement de ces sols dépend généralement de leur profondeur et de la capacité portante que requiert l'ouvrage. Cette recherche expérimentale présente le cas du traitement par la chaux d'un sol affaissable de profondeur inférieure à 4 m. Afin d'avoir un sol non affaissable, on détermine les quantités minimales d'eau, de chaux et d'énergie de compactage nécessaires, compte tenu de la spécificité des régions.

### 1. Introduction

Des désordres importants, causés par l'effondrement du sol, ont été constatés dans de nombreuses régions du monde, notamment dans les zones arides ou semi-arides. Récemment, les investigations de sols de la région de Biskra (Algérie) ont montré qu'ils étaient susceptibles d'affaissement. Ce problème spécial qui est une réalité au terrain nécessite du soin, une attention particulière et une certaine maîtrise de la part des spécialistes en géotechnique.

Plusieurs études ont été développées pour le traitement de l'affaissement, ainsi que les dispositions à prendre pour garantir une stabilité suffisante aux ouvrages à construire sur ces sols. Le nombre et le type de traitement dépendent, d'une part de la profondeur du sol affaissable et, d'autre part, du type et des conditions de support exigés par la structure proposée.

La solution la plus simple est de porter les fondations à un niveau où le phénomène d'affaissement est absent ou négligeable. Ceci peut être réalisé par des pieux. Si la couche du sol affaissable n'est pas trop épaisse (inférieure à 4 m), il est souvent économique et pratique de l'enlever et de la remplacer par un sol de bonne qualité mis en place avec un effort de compactage satisfaisant. De préférence le sol choisi doit être gros, pulvérulent et inorganique. Cette opération nécessite un sol de substitution situé à proximité du projet et une disponibilité d'eau en quantité suffisante pour le compactage du sol. Ces deux facteurs influent sur le coût des travaux, surtout lorsque les zones concernées sont arides ou semi-arides, et que la disponibilité de l'eau peut faire défaut au moment des travaux.

Après la réussite du traitement par du ciment CPA 325 [1], l'objectif de cette recherche était de montrer qu'il est possible et rationnel de diminuer l'amplitude du « collapse » (ou du potentiel d'affaissement), à un niveau qui ne

présente aucun danger, du même sol excavé puis remis en place après traitement avec de la chaux, tout en diminuant la quantité d'eau et l'énergie de compactage, et de chercher les conditions optimales pour obtenir un potentiel d'affaissement acceptable.

### 2. Matériaux, matériels et essais

Les essais ont été effectués sur un sol reconstitué, composé de 80 % de sable et de 20 % de particules fines (inférieures à 80 mm), pour que l'application des différents critères d'effondrement, rapportés par Lutenegeger [2], montre que celui-ci est affaissable.

Les caractéristiques du sable, des particules fines, du sol reconstitué, ainsi que de la chaux utilisés sont données dans le tableau suivant.

Le principe consiste à reconstituer et à charger, dans le moule de l'œdomètre, un sol non traité ou traité à la chaux ayant une certaine teneur en eau et une certaine densité sèche. La fabrication des éprouvettes et la procédure d'exécution des essais sont décrites dans Ayadat et Belouahri [3].

Le principe consiste à reconstituer et à charger, dans le moule de l'œdomètre, un sol non traité ou traité à la chaux ayant une certaine teneur en eau et une certaine densité sèche. La fabrication des éprouvettes et la procédure d'exécution des essais sont décrites dans Ayadat et Belouahri [3].

### 3. Programme d'essais

Comme mentionné, notre étude a consisté à effectuer des essais œdométriques selon Jennings et Knight [4] sur un sol non traité, reconnu affaissable, et sur le même sol traité à différentes teneurs en chaux. La démarche dans le choix des valeurs des paramètres à

Matériaux	Caractéristiques
Sable	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Granulométrie comprise entre 0,08 et 2 mm dont 4 % des particules inférieurs à 0,08 mm</li> <li>- Coefficient d'uniformité de 1,35</li> <li>- Coefficient de courbure de 0,9</li> <li>- Module de finesse de 1,65</li> </ul>
Particules fines (< 0,08 mm)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limite de liquidité : <math>W_L = 56\%</math></li> <li>- Limite de plasticité : <math>W_p = 24,7\%</math></li> <li>- Densité spécifique : <math>G_s = 2,6</math></li> </ul>
Sol reconstitué	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Granulométrie comprise entre 1 <math>\mu</math>m et 2 mm, dont 15 % des particules &lt; 0,01 mm, 60 % des particules &lt; 0,24 mm et 85 % des particules &lt; 0,38 mm</li> <li>- Limite de liquidité : <math>W_L = 20,4\%</math></li> <li>- Limite de plasticité : <math>W_p = 15,4\%</math></li> <li>- Poids volumique optimal : <math>\gamma_{opt} = 2,02 \text{ g/cm}^3</math></li> <li>- Teneur en eau optimale : <math>W_{opt} = 9\%</math></li> </ul>
Chaux	Chaux aérienne ou éteinte fabriquée par l'entreprise de l'Ouest de la chaux - ERCO (Oran). Après 1 mois de durcissement, sa résistance à la compression atteint 0,5 à 1,5 % MPa

adopter consiste à déterminer le taux de chaux au-delà duquel le potentiel d'affaissement CP est inférieur ou égal à 1,0 %. « Pas de problème » selon Jennings et Knight, tout en prenant une faible teneur en eau et aussi une énergie de compactage moindre.

Les paramètres retenus sont :

- teneurs en liant (chaux) : 0 % (sol non traité), 1 %, 3 % et 5 % ;
- teneurs en eau : 2 %, 4 % et 6 % ;
- degrés de compactage : 10, 25 et 40 coups (0,0323, 0,0816 et 0,1306 J/cm<sup>3</sup> respectivement).

## 4. Résultats et analyse

### 4.1. Sol non traité

Les figures 1 et 2 montrent une tendance manifeste à l'effondrement du sol non traité allant de 1,17 à 9,44 %, ce qui correspond respectivement, dans la classification de Jennings et Knight [4], aux rubriques « Troubles modérés » et « Troubles ». Elles montrent aussi que le potentiel CP décroît quasi linéairement, lorsqu'on augmente la teneur en eau ou l'énergie de compactage. Ce résultat

concorde avec celui de Lawton et al. [5] et confirme aussi les constatations de Ayadat et Gherabli [1] et Ayadat et Belouahri [3].

### 4.2. Sol traité

Nous constatons, d'après les figures 3, 4 et 5, que le potentiel d'affaissement CP diminue lorsque l'on augmente l'un des paramètres suivants : teneur en eau, degré de compactage, taux de chaux. En isolant l'influence de chacun de ces paramètres, on peut connaître les conditions à réunir pour obtenir un potentiel d'affaissement acceptable (CP < 1).

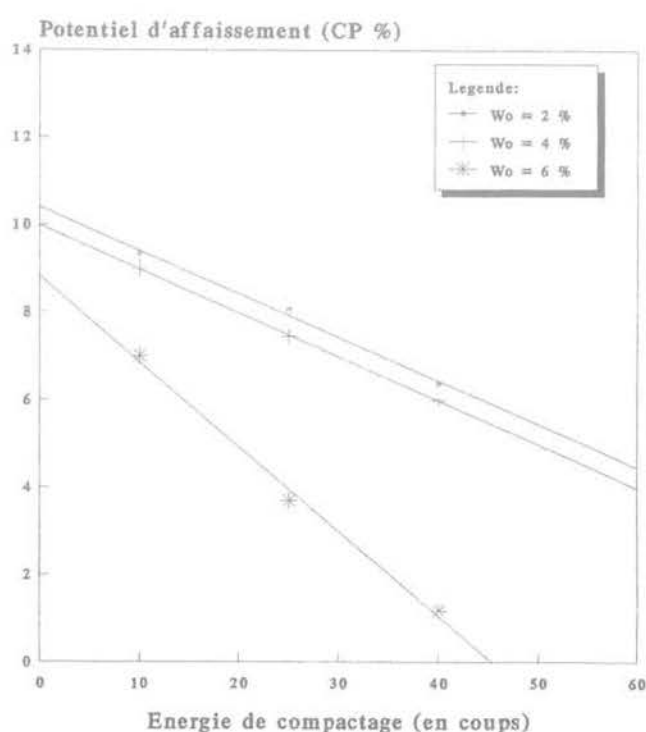
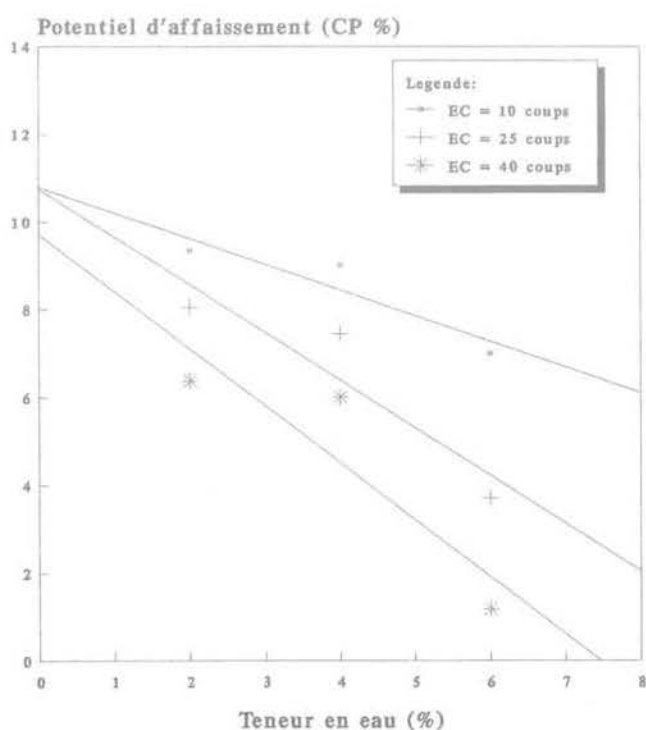
#### 4.2.1. Influence de la teneur en eau

a) Pour une teneur en eau de 2 % :

- 5 % de chaux et une énergie de compactage de 40 coups.

b) Pour une teneur en eau de 4 % :

- un minimum de 3 % de chaux et une énergie de compactage de 40 coups ;
- 5 % de chaux et un minimum de compactage de 25 coups.



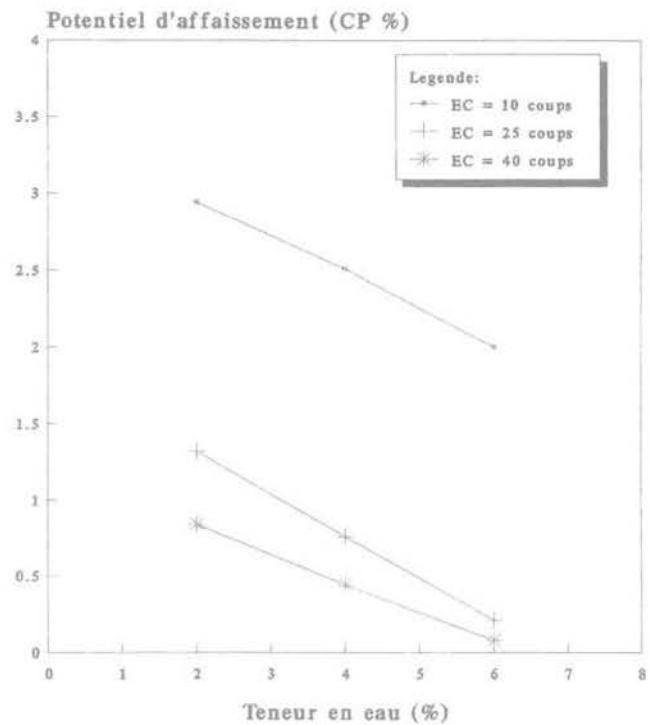
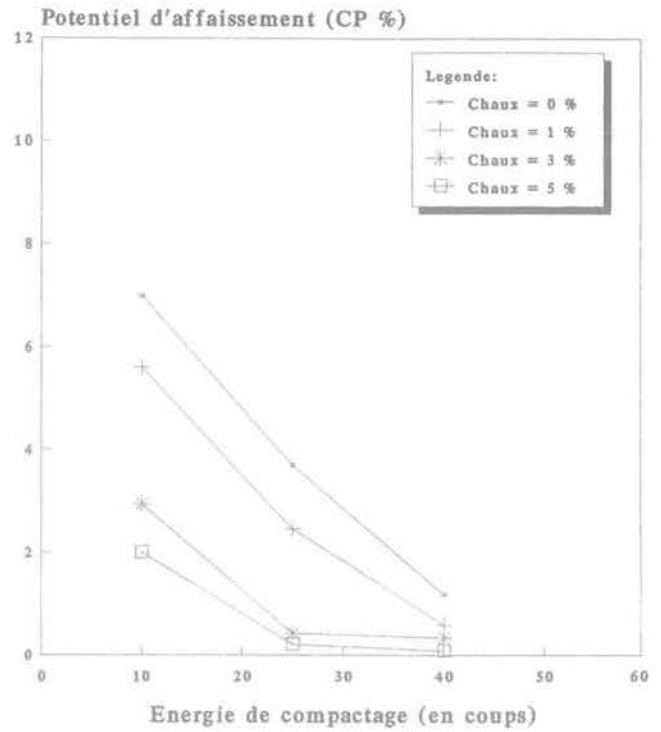
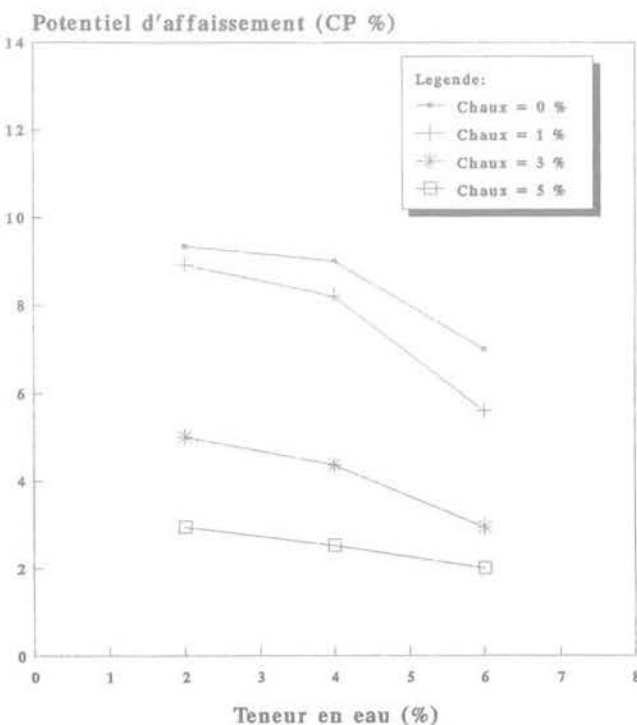
- c) Pour une teneur en eau de 6 % :
- un minimum de 1 % de chaux et une énergie de compactage de 40 coups;
  - un minimum de 3 % de chaux et un minimum d'énergie de 25 coups.

#### 4.2.2. Influence de l'énergie de compactage

- a) Pour une énergie de compactage de 25 coups :
- 5 % de chaux et un minimum de 4 % d'eau;
  - un minimum de 3 % de chaux et une teneur en eau de 6 %.
- b) Pour une énergie de compactage de 40 coups :
- 5 % de chaux et un minimum de 2 % d'eau;
  - un minimum de 3 % de chaux et une teneur en eau minimale de 4 %;
  - un taux minimal de 1 % de chaux et une teneur en eau de 6 %.

#### 4.2.3. Influence de la teneur en chaux

- a) Pour une teneur en chaux de 1 % :
- 6 % d'eau et une énergie de compactage de 40 coups.
- b) Pour une teneur en chaux de 3 % :
- une teneur minimale de 4 % d'eau et une énergie de compactage de 40 coups;
  - 6 % d'eau et un minimum de 25 coups.
- c) Pour une teneur de la chaux de 5 % :
- un minimum de 2 % d'eau et une énergie de 40 coups;
  - un minimum de 4 % d'eau et un minimum de 25 coups.
- D'après ces résultats on peut conclure que :
- l'énergie de compactage influe sur la teneur en eau et la teneur en liant nécessaire pour obtenir un sol non affaissable. En effet, en augmentant l'effort de compactage, au moins l'un des deux autres paramètres diminue. Le compactage du sol à 10 coups n'est pas suffisant pour traiter le sol aux taux de chaux et aux teneurs en eau considérés (fig. 3);
  - l'humidification du sol à 2 % est suffisante pour traiter le sol au taux de chaux maximal et au plus haut niveau d'énergie. L'augmentation de la teneur en eau diminue considérablement la quantité de chaux nécessaire pour éliminer le phénomène d'affaissement. Elle atteint un taux de 1 % pour une teneur en eau de 6 % (fig. 4);
  - une stabilité suffisante contre le phénomène d'effondrement est obtenue pour plus de 3 % de chaux. Mais, il est important de noter que la teneur en eau est minimale autant que la teneur en chaux est élevée (fig. 5).



## 5. Conclusion

L'objet de cette recherche était de déterminer les conditions optimales de traitement par la chaux d'un sol affaissable, de profondeur inférieure à 4 m, situé en zone aride ou semi-aride, où la nécessité de minimiser l'humidification et le compactage du sol s'impose.

Les résultats obtenus montrent que, pour obtenir un sol non affaissable, il faut utiliser :

- un taux minimal de chaux égal à 3 % avec une teneur en eau minimale de 4 % et une énergie de compactage modérée de 40 coups, c'est-à-dire 0,1306 kJ;
- un taux minimal de 5 % de la chaux avec une teneur en eau minimale de 4 % et une énergie de compactage de 25 coups qui correspond à 0,0816 kJ.

Il est à signaler que le deuxième cas est le cas le plus rationnel et le plus économique. Car, au niveau du matériel et du coût, il est plus efficace d'augmenter le taux de chaux de 3 % à 5 % que d'augmenter l'énergie de compactage de 25 à 40 coups.

Ce résultat peut être utilisé en pratique comme suit :

Une couche de sol affaissable, de profondeur inférieure à 4 m

peut être traitée par la chaux éteinte. Chaque mètre cube de sol excavé, d'un poids supposé de 1 500 à 1 600 kg, doit être mélangé à environ 75 à 80 kg de chaux et à une quantité d'eau légèrement inférieure à la moitié de la quantité d'eau nécessaire pour le ramener à sa teneur en eau optimale, puis remis en place par un compactage modéré.

## Bibliographie

---

Ayadat T., Gherabli A. – Traitement d'un sol affaissable par du ciment CPA 325. *Annales de l'ITBTP*, n° 530, p. 34-43, janvier 1995.

Lutenegger A.J., Saber R.T. – Determination of collapse potential of soils. *Geotechnical Testing Journal*, vol. 11, n° 3, p. 173-178, septembre 1988.

Ayadat T., Belouahri B. – Influence du coefficient d'uniformité sur l'amplitude et le taux de l'affaissement. *Revue Française de Géotechnique*, n° 76, p. 25-35, 3<sup>e</sup> trimestre 1996.

Jennings J.P., Knight K. – A guide to construction on or with materials exhi-

biting additional settlement due to collapse of grain structure. *Proc. 6th RCSEMF for Africa*, p. 99-105, 1975.

Lawton E.C., Fragszy R.J., Fames H.H. – Collapse of compacted clayey sand. *Journal of Geot. Eng. Div.*, ASCE, vol. 115, n° 9, p. 1225-1267, 1989.