

## Chapitre 1 : Stabilisation chimique des sols

**1- Introduction :** La volonté d'aménagement du territoire conduit au développement des infrastructures telles que routes, autoroutes, voies de chemins de fer ou plates-formes industrielles dont l'implantation requiert des travaux de terrassement. Ces terrassements concernent la réalisation de remblais, de couches de forme et d'assises. Compte tenu de la nature des terrains rencontrés, ces structures sont réalisées de plus en plus souvent à partir de sols fins qui nécessitent un traitement pour répondre aux caractéristiques mécaniques demandées.

**2- Technique du traitement chimique des sols :** La technique de traitement des sols à la chaux et aux liants hydrauliques se développe pour trois raisons :

- à l'amélioration de la qualité du traitement des sols fins obtenue par des engins plus efficaces et des procédures de mise en œuvre plus rigoureuses.
- à la raréfaction des matériaux granulaires issus des carrières ainsi que la difficulté d'ouvrir des emprunts hors de l'emprise du chantier, en raison de l'hostilité croissante de l'opinion face aux nuisances. Ces raisons incitent à la réutilisation des sols, même s'il faut remédier à leur qualité médiocre par un dosage plus élevé en liants.
- à des raisons économiques. À titre d'exemple, une plate-forme commerciale ou industrielle construite avec des matériaux granulaires, coûte 40% plus cher qu'une plate-forme en sols traités. Cependant la technique du traitement des sols à la chaux et aux liants hydrauliques rencontre encore des échecs. Ces échecs se manifestent par des caractéristiques mécaniques insuffisantes ou l'apparition de gonflements qui détruisent la rigidité acquise.

### **3- Définition du traitement chimique :**

La consolidation chimique vise à traiter les terrains contenant des argiles ou des eaux agressives. Ce traitement contient trois actions :

- Action physicochimique : Déplacement sur les sols des limites d'Atterberg du matériau et modification de la granulométrie par adjonction du liant.
- Action de compactage dynamique : Serrage du sol jusqu'à un état supérieur.
- Réaction d'hydratation : Durcissement plus ou moins élevé du sol à traiter par un mélange de ciment et de chaux, et le conduisant à une certaine maturité.

**Remarque :** Il faut savoir que le traitement à la chaux ne s'applique que sur une épaisseur de terrain extrêmement faible.

Pour les sols contenant peu ou presque pas d'argile, l'utilisation de ciment est de 4 % à 8% par rapport au poids du sol sec.

Les chaux vives ( $\text{CaO}$ ) ou éteintes ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) s'utilisent dans des sols ayant une teneur en argile non négligeable ; ils sont employés à raison de 2% à 6% du poids du sol. La chaux vive s'utilise plus particulièrement pour les sols argileux qui contenant beaucoup trop d'eau ; la chaux ayant alors un effet de dessiccation par réaction thermique. Dans certains cas, il est possible de procéder par un traitement mixte : chaux puis ciment.

La chaux doit répondre certains critères granulométriques et chimiques. Elle doit être **réactive**.

### **4- Différents types de traitement chimique :**

Il existe 3 types de traitement chimiques courant :

- Traitement à la chaux
- Traitement au ciment
- Les colonnes de sol traité

## 5- Les méthodes d'applications

### 5.1.- Les améliorations des sols à la chaux

#### 5.1.1.- Principe et objectifs

Elles permettent de mettre en œuvre et de compacter les sols mouillés qui, normalement, ne pourraient pas être compactés correctement. L'incorporation de la chaux génère immédiatement la formation d'une masse granuleuse, et a pour effet de réduire le taux d'humidité. Ce procédé convient par exemple pour la réalisation de remblais, de talus ou de voies de circulation sur le chantier.

**5.1.2.- applications :** La consolidation du sol à la chaux trouve son application dans la construction de routes et chemins de toutes natures. Effectuée dans la zone supérieure de la couche de base ou de la sous-couche, cette consolidation à la chaux peut être utilisée comme technique de construction pour protéger les routes contre les actions du gel ou du dégel

**5.1.3.- Moyens mis en œuvre :** La mise en œuvre de la chaux nécessite des engins idéals pour l'incorporation de chaux dans les sols mouillés,

#### 5.1.4.- Phasage

Incorporation de la chaux préalablement répandue





## 6-Application de la stabilisation chimique aux sols à Problèmes :

### 6.1 Cas des sols affaissables :

**6.1.1 Généralités :** L'effondrement du sol constitue un risque majeur dans de nombreuses régions du monde. Les activités humaines continuent d'augmenter dans les régions engendrées par les sols affaissables, de sorte que les dangers posés, et les impacts économiques augmentent à la fois en termes relatifs et en termes absolus. En Algérie, les extensions récentes des communautés urbaines vers le désert ont exposé l'ingénieur Algérien à des défis géotechniques relativement nouveaux, parmi lesquels les sols affaissables.

#### 6.1.2 Définition des sols affaissables

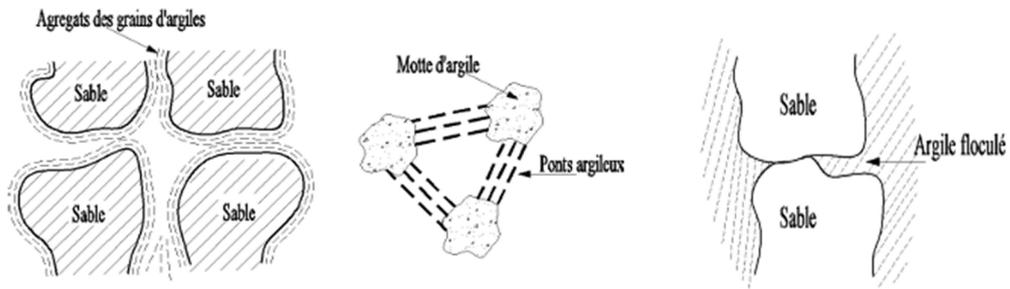
Les sols affaissables sont définis comme étant des sols qui subissent un réarrangement des grains et une grande diminution de volume après inondation, avec ou sans chargement appliqué (Dudley, 1970). L'effondrement est défini comme étant l'affaissement brusque du sol sous une charge appliquée après inondation (Rizkallah et Kee (1989)). Day (2001) définit un sol affaissable comme étant un sol qui lors d'une inondation, subit une réduction importante et soudaine du volume.

#### 6.1.3 Les différents types des sols affaissables

- **Les loess** (Le loess est formé en grandes quantités à partir de l'écrasement glaciaire des roches)
- **Les dépôts alluviaux** (Les alluvions sont des matériaux qui ont été déposés par des cours d'eau sur les parties inférieures du bassin versant, lors d'une crue).
- **Les sols résiduels** (Les sols résiduels sont causés par l'érosion due à la désintégration et l'altération de la roche-mère. Souvent, les sols résiduels se présentent sous forme de couches de différentes épaisseurs stratifiées).
- **Autres types des sols Affaissables** (D'autres types de sols peuvent présenter l'affaissement, sont ceux qui dérivent des tufs volcaniques, le gypse, les sables lâche cimentés par des sels solubles et les argiles dispersées. Il y a aussi une gamme de sols fabriqués artificiellement, par exemples les remblais compactés à une teneur en eau inférieure à l'optimum de Proctor).

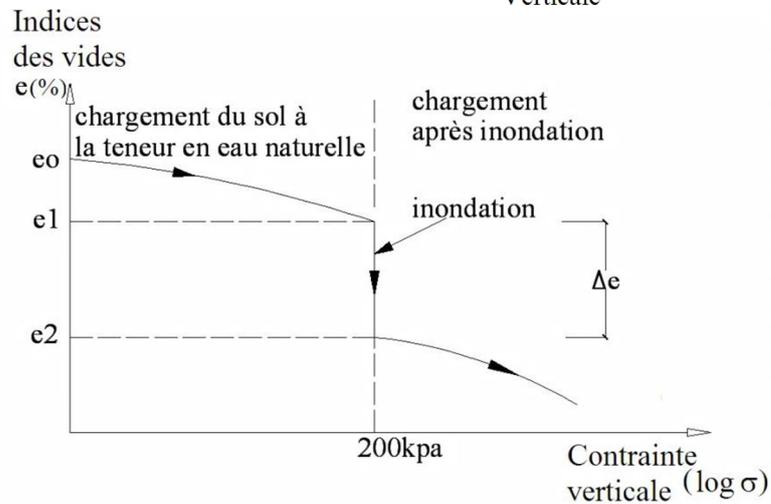
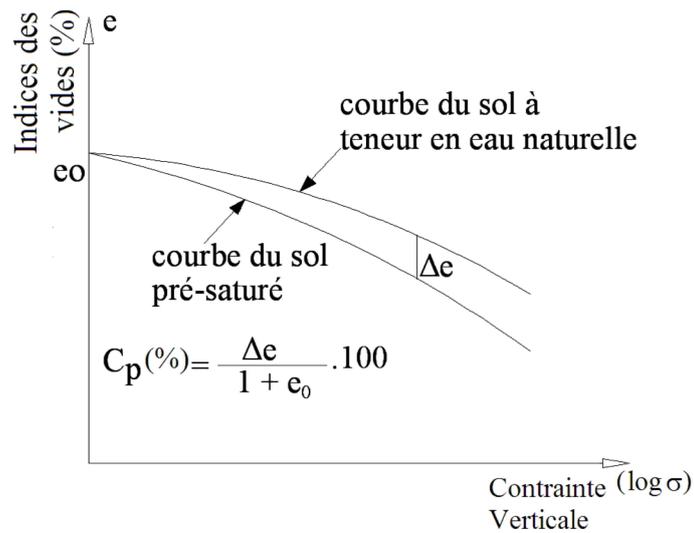
#### 6.1.4 Les différentes liaisons existantes entre les grains du sol affaissable





**6.1.5 Les différentes méthodes de prédiction des sols affaissables :**

- Les méthodes empiriques
- Les méthodes expérimentales
- Les méthodes théoriques



### 7-Problématique

Traitement à la chaux des sols affaissables situés dans des zones arides et semi-arides. Cas du traitement par la chaux hydraté d'un sol de profondeur inférieure à 4 mètres avec la nécessité de minimiser l'humidification et le compactage du sol : détermination des quantités minimales de la chaux, d'eau et d'énergie de compactage pour l'obtention d'un sol non affaissable.

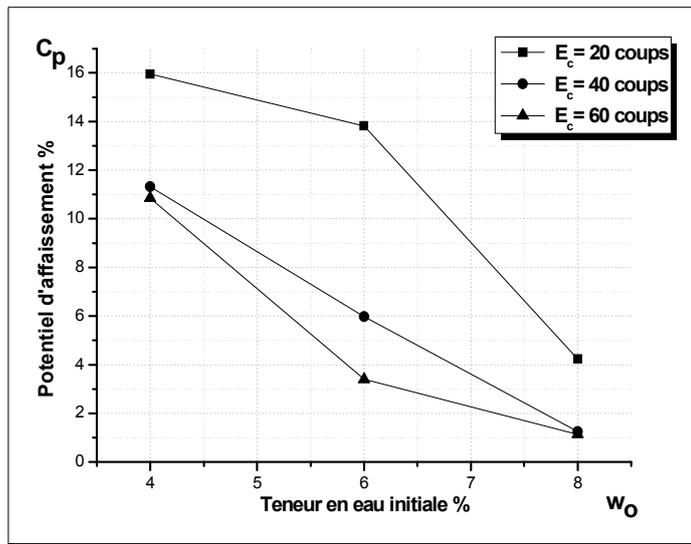


Figure. 1 Influence de la teneur en eau sur  $C_p$  (0% de chaux)

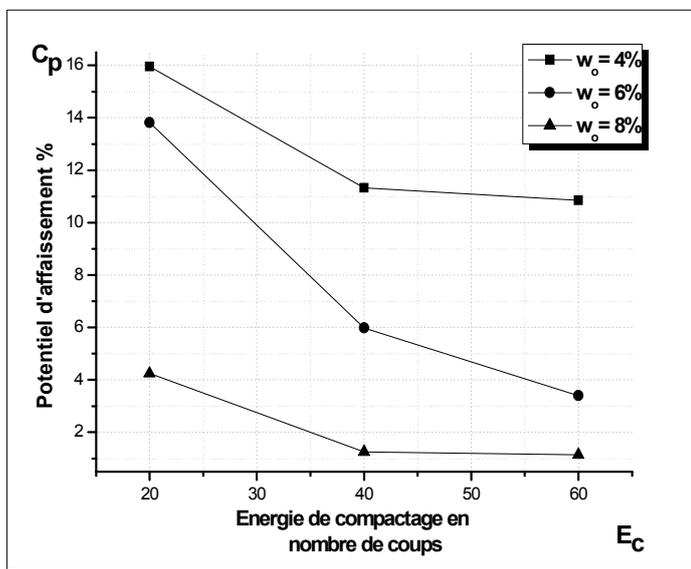


Figure2. Influence de l'énergie de compactage sur  $C_p$  (0% de chaux)

**7-1 Influence de l'énergie de compactage**

- a) Pour une énergie de compactage de 20 coups
  - un minimum de 6% de chaux et un minimum de 8% d'eau
- b) Pour une énergie de compactage de 40 coups
  - un minimum de 3% de chaux et un minimum de 8% d'eau
- c) Pour une énergie de compactage de 60 coups
  - un minimum de 6% de chaux et un minimum de 6% d'eau

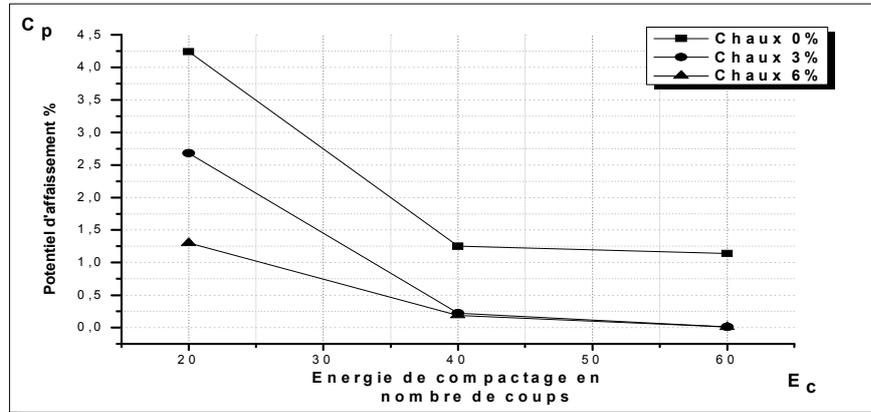


Figure. 3 Influence de l'énergie de compactage sur Cp ( $w_0 = 8\%$ )

**7-2 Influence de la teneur en eau**

- a) Pour une teneur en eau de 8%
  - 3% de chaux et une énergie de compactage de 40 coups
- b) Pour une teneur en eau de 6%
  - 6% de chaux et une énergie de compactage de 60 coups

On constate que l'humidification du sol à 4 % n'est pas suffisante pour traiter les sols aux taux de chaux et d'énergies de compactage considérés, et que la teneur en eau minimale de 6% acquiert au sol, pour une énergie minimale et un taux minimum de 6 % de chaux, une stabilité suffisante au phénomène d'affaissement. Par contre l'augmentation de l'énergie de compactage à 40 coups, pour une teneur en eau de 8 % permet de diminuer le taux de chaux à 3 %.

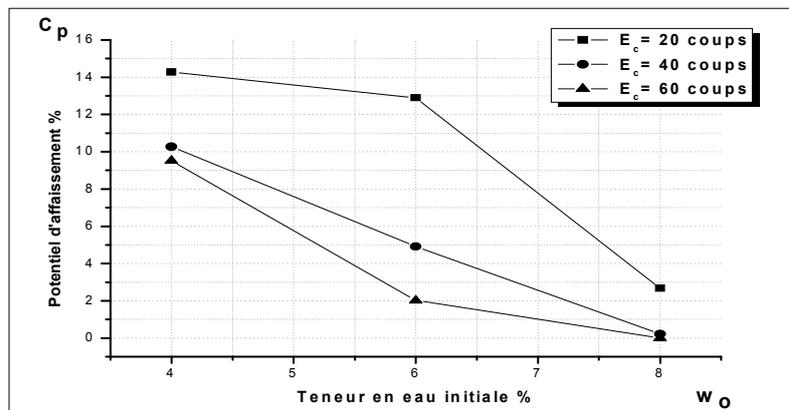


Figure. 4 Influence de la teneur en eau sur Cp (3% de chaux)

