

## **Nouvelles applications de l'électro-osmose pour la maîtrise des sols gonflants pour les fondations de bâtiments**

Jean-Claude GRESS

*Professeur à l'Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, Vaulx en Velin, France.*

*Directeur technique de HYDROGEOTECHNIQUE*

Sébastien BOMONT

*Professeur adjoint à l'Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat, Vaulx en Velin, France.*

*Directeur technique de TP-GEO*

### **RÉSUMÉ**

L'électro-osmose est à nouveau envisagée comme une solution de traitement des sols gonflants, soit pour limiter le retrait, soit pour gérer le gonflement, moyennant une meilleure maîtrise du processus.

### **ABSTRACT**

Electro-osmosis is now again considered as a treatment solution of plastic clays in order to limit shrinkage or avoid swelling, through a better understanding and mastering of the process.

---

### **INTRODUCTION**

Dans le cadre du traitement des matériaux à matrice argileuse, l'électro-osmose a de longue date été envisagée comme une solution possible soit de drainage, soit de consolidation. Récemment, plusieurs recherches ou applications ont remis cette solution sur le devant de la scène alors qu'elle était tombée en désuétude, par un manque de maîtrise des paramètres assurant son efficacité.

#### **1. Principes de l'électro-osmose**

Le principe de l'électro-osmose dans son utilisation première qui est l'électro-drainage, consiste à soumettre un sol fin saturé à un champ électrique par le jeu d'une ligne d'anodes (+) et d'une ligne de cathodes (-) drainante.

On constate une migration de l'eau, de l'anode vers la cathode, et on peut extraire un débit à la cathode, soit par pointes filtrantes, éjecteurs ou pompes électro-pneumatiques®, la pompe électro-pneumatique étant plus économique dans son fonctionnement puisque ne pompant que s'il y a de l'eau à pomper.

Si un drainage est envisagé, c'est que le sol au départ est saturé. L'efficacité de l'électro-drainage va être limitée à un certain niveau de teneur en eau, légèrement supérieur à celle du point d'entrée d'air de la mécanique des sols des milieux non saturés, la migration de l'eau n'étant plus possible si l'eau porale n'est plus continue.

Par contre, l'électro-drainage permet d'augmenter la résistance en cisaillement par diminution de la teneur en eau. Par exemple S.GLENDINNING (1) présente l'évolution de la cohésion non drainée de boues en fonction de la teneur en eau :

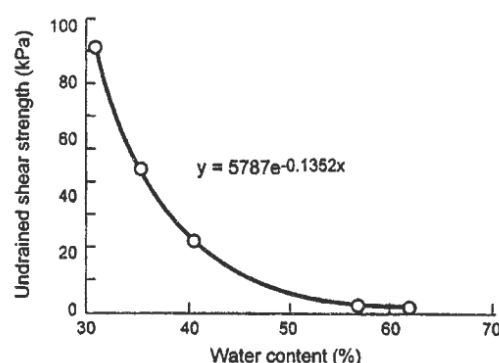


Figure 1. Relation entre  $C_u$  et  $W_N$  pour des boues

Pour rendre efficace la solution de drainage, il faut arrêter l'injection de courant continu quand ce seuil est atteint et l'initialiser pour un niveau de teneur en eau donné.

Dans tous les cas, la difficulté est le bon contact des électrodes avec le sol encaissant. Dans l'électro-drainage, la difficulté supplémentaire va être le dessèchement marqué autour de l'anode générant du retrait, ne permettant plus au courant de passer.

L'électro-drainage va trouver deux applications :

- le traitement des masses argileuses, sans nappe libre caractérisée, mais à quasi saturation ou saturation, c'est l'exemple de certains remblais ferroviaires,
- le traitement complémentaire du drainage des glissements de terrain. Les drains classiques drainent l'eau disponible gravitairement, mais qui peut circuler dans des aquifères superposés décimétriques. L'électrodrainage va assainir les niveaux intermédiaires plus argileux.

Toujours dans le domaine de la migration de l'eau, une application récente développée par Carlo FALUGI de ELETTRIS, consiste à gérer le retrait des sols argileux par équilibre hydrique au moyen de l'électro-osmose. L'avantage ici est que l'anode est saturée et l'objectif est de faire migrer l'eau d'injection à l'horizontale vers les cathodes pour uniformiser les teneurs en eau et éviter que toute l'eau ne s'infilte, pour l'essentiel, à la verticale des forages d'injection.

Pour la gestion des sols argileux, soumis à un risque de pathologie gonflement ou à un gonflement, deux solutions sont envisageables.

Quand le risque est une pathologie de gonflement, on peut procéder à une opération d'humidification préalable (prewetting) pour faire gonfler le sol et alors la méthode de Carlo FALUGI permet de forcer l'eau à migrer horizontalement. L'inconvénient du "prewetting" est qu'il peut être suivi d'une pathologie retrait.

Le dispositif de Carlo FALUGI étant toujours en place, il est possible de maintenir l'état hydrique par le dispositif d'humidification préalable.

Enfin, dans le cadre d'un traitement plus définitif du risque de pathologie gonflement, l'opération de consolidation de sols argileux peut consister en une opération préalable d'humidification permettant de laisser le sol gonfler, suivi d'une opération de substitution d'ions. La mise en œuvre d'un électrolyte à l'anode, par exemple du  $CaCl_2$ , permet de rendre le sol argileux moins sensible au risque de retrait après arrêt des opérations d'électro-osmose.

Pour un traitement d'une pathologie de gonflement liée à une augmentation de teneur en eau sous la construction, c'est à nouveau une action d'électro-drainage qui peut être recherchée, pour abaisser les teneurs en eau.

## **2. Améliorations récentes des procédures d'électro-osmose**

### **2.1. Environnement hydrique de l'anode**

Quand l'anode est continuellement alimentée par une arrivée d'eau amont, par exemple dans le cas des glissements de terrain ou dans le cas de la consolidation des sols compressibles, le sol reste suffisamment humide dans l'environnement de l'anode pour éviter une microfissuration.

L'exemple de traitement d'argiles compressibles donné par Guy LEFEBVRE (3), dans le cas d'argiles peu perméables, démontre toutefois l'intérêt de l'utilisation d'un électrolyte au niveau de l'anode.

Cet exemple montre aussi l'intérêt d'anodes de grand diamètre pour limiter la montée en température de l'environnement des anodes.

L'exemple de traitement d'un remblai argileux, en électro-drainage par Colin JFP JONES (4), insiste lui sur l'intérêt de multiplier le nombre d'anodes par rapport à celui des cathodes.

En électro-consolidation ou en rééquilibrage hydrique pour combattre le retrait, l'anode étant liquide, le problème de dessèchement de l'environnement de l'anode est minimisé.

Déjà H. CAMBEFORT (5) insistait sur l'intérêt des anodes liquides et avait déposé un brevet les concernant, mais évidemment dans le cadre de l'électro-substitution d'ions.

### **2.2. Type d'électrodes**

Carlo FALUGI utilise des électrodes en titane pour éviter la corrosion.

Guy LEFEBVRE utilise des électrodes métalliques, avec électrolyte à l'anode, les électrodes étant réversibles.

Une avancée très intéressante est celle de l'université de Newcastle upon Tyne qui utilise comme électrodes des géosynthétiques électriques, en bandes, en nappes ou en cylindres.



Figure 2. Exemple de géosynthétiques électriques en bandes

L'intérêt des géotextiles est de pouvoir avoir des actions complémentaires soit d'armatures, soit de drainages, soit des deux.

### **2.3. Dégagement gazeux**

Il faut être conscient que l'électro-osmose s'accompagne de dégagement gazeux. L'avantage des électrodes en géosynthétiques est de favoriser l'évacuation de ce dégazage, qui sinon perturbe le fonctionnement des électrodes.

### **3. Applications en traitement des argiles gonflantes et conclusions**

Ce sont donc aujourd'hui :

- les travaux de Carlo FALUGI (2) pour gérer le retrait des argiles plastiques,
- les travaux de recherche que nous développons sur :
  - l'humidification préalable et la pérennité de l'état hydrique dans une situation avant pathologie ou dans ce cadre l'humidification préalable suivie de l'électroconsolidation,
  - l'assèchement des argiles gonflantes dans le cas d'une pathologie de gonflement et le maintien de l'état hydrique,

en nous appuyant sur les progrès récents en particuliers au niveau des types d'électrodes envisageables.

Les travaux de Guy LEFEBVRE, de l'Université de Newcastle upon Tyne et de Carlo FALUGI de ELETTRSMOSI, doivent nous engager à de nouvelles recherches dans ce domaine prometteur avec des voies d'utilisation à développer dans le domaine de la consolidation des sols compressibles, le drainage des masses instables et la consolidation des vases de dragages.

#### **Bibliographie :**

- (1) GLENDINNING S., JONES C.J.F.P., PUGH R.C., "Reinforced Soil using Cohesive Fill and. Electrokinetic Geosynthetics", ASCE, June 2005.
- (2) FALUGI Carlo, ELETTRSMOSI, "Retour d'expérience de chantier d'humidification contrôlée par électro-osmose (non publié), 2009.
- (3) LEFEBVRE Guy et BURNOTTE Fabien, "Improvements of electroosmotic consolidation of soft clays by minimizing power loss at electrodes", Canadian Geotechnical Journal, n° 39, 2002.
- (4) JONES C.J.F.P., LAMONT-BLACK John et al., "Recent research and applications in the use of electrokinetic geosynthetics", Eurogeo4 Keynote Paper.
- (5) CAMBEFORT Henri, "Géotechnique de l'ingénieur et reconnaissance des sols", Eyrolles, 1983.