

# Effet d'un traitement électrocinétique sur la structure d'une kaolinite mélangée au carbonate

Abdelkader Ben Hassine<sup>1</sup>, Manel Ben Salah<sup>1</sup>, Hanène Souli<sup>2</sup>, Malika Trabelsi-Ayadi<sup>1</sup>, Philippe Dubujet<sup>2</sup>

(1) Faculté des Sciences de Bizerte, LACRESNE, 7021 Zarzouna Tunisie

(2) Université de Lyon, Ecole Nationale d'Ingénieurs de Saint Etienne, LTDS, CNRS (UMR5513), 58 rue Jean Parot 42023 Saint Etienne

## RÉSUMÉ

Le but de ce travail est d'étudier l'évolution de la structure de mélange de kaolinite + carbonate après un traitement électrocinétique. Le but étant d'appréhender les éventuelles variations des propriétés mécaniques des sols après l'électrocinétique. La diffraction des rayons X montre que l'orientation des particules et leur taille dépend de la composition du sol et de la présence du plomb. La porosimétrie au mercure a montré une faible variation de la porosité.

**MOTS-CLÉS :** argile, électrocinétique, structure

## ABSTRACT

The aim of this work is to study the structure evolution of kaolinite + carbonate mixture after an electrokinetic treatment. The aim is to understand how an electrokinetic treatment can change the mechanical properties of the samples. The X-rays diffraction analysis show that the orientation of the particles and their size depend on the composition of the samples and to the presence of lead. The mercury intrusion tests show that the porosity vary slightly after the electrokinetic treatment.

**KEYWORDS:** clay, electrokinetic, structure

## Effet d'un traitement électrocinétique sur la structure d'une kaolinite mélangée au carbonate

Abdelkader Ben Hassine, Manel Ben Salah, Hanène Souli, Malika Trabelsi-Ayadi, Philippe Dubujet

### Introduction

La dépollution des sols par la méthode électrocinétique a fait l'objet d'études antérieures dont l'objectif était d'étudier l'effet de certains paramètres comme l'intensité du courant, la valeur de la différence de potentiel appliquée sur l'efficacité de la méthode. Par exemple, l'effet de la nature de l'électrolyte utilisé dans les compartiments anodique et cathodique, ainsi que la nature des électrodes ont fait l'objet de quelques études (Hamed et Bahdara, 1997). Pour l'étude de l'effet de la nature des sols, la kaolinite pure ou naturelle (mélangée à d'autres minéraux) a servi comme matériau pour ces études. Steger *et al.* (2005) se sont intéressés à l'étude de l'évolution de la structure d'échantillons d'argiles naturelles après le traitement électrocinétique.

Le but de ce travail est la mise en évidence de l'évolution de la structure d'une kaolinite et d'un mélange de kaolinite + carbonate après un traitement électrocinétique. L'étude de la structure des échantillons traités est étudiée en utilisant la porosimétrie au mercure. Le but de ces essais est d'appréhender les évolutions possibles des paramètres mécaniques des sols soumis à un traitement électrocinétique.

### 1. Matériaux et méthodes expérimentales

Les mélanges de matériaux sont formés en utilisant une kaolinite et du carbonate. Le tableau 1 regroupe les différentes compositions étudiées.

La cellule électrocinétique est présentée dans la figure 1.

La cellule est constituée d'une chambre centrale cylindrique. La longueur de l'échantillon est de 20 cm. À chacune des extrémités, un compartiment anodique et cathodique a été ajouté (2) et (3). Un générateur (1) est utilisé pour l'alimentation.

**Tableau 1. Composition des matériaux étudiés.**

	Sols	Solutions utilisées
<b>Echantillon 1 (E1)</b>	kaolinite	eau
<b>Echantillon 2 (E2)</b>	kaolinite	nitrate de plomb (0,1 M)
<b>Echantillon 3 (E3)</b>	kaolinite + 30 % de carbonate	eau
<b>Echantillon 4 (E4)</b>	kaolinite + 30 % de carbonate	nitrate de plomb (0,1 M)

Le pH dans les compartiments anodique et cathodique est maintenu stable (aux alentours de 4) en utilisant des pompes (4). Les évolutions de l'intensité de courant et de la différence de potentiel de l'échantillon pendant l'électrocinétique sont mesurées en utilisant un ampèremètre (5) et un voltmètre (6) respectivement. L'intensité de courant et la différence de potentiel sont mesurées à deux niveaux des électrodes (E1, E2) et (E3, E4). Durant ces essais, l'intensité de courant et la différence de potentiel sont mesurées pour une durée de 192 heures. Ces données ont permis de calculer la variation de la conductivité durant l'essai.

Pour les mesures de porosimétrie au mercure, l'échantillon est placé dans un pénétromètre en verre. Avant d'injecter le mercure, le vide est réalisé dans le pénétromètre. Cette méthode permet de mesurer des tailles de pores variant de 350  $\mu\text{m}$  jusqu'à 0,0036  $\mu\text{m}$ . L'appareil utilisé est un porosimètre Micromeritics Auto pore IV.

### 2. Résultats expérimentaux

#### 2.1. Évolution de la conductivité électrique

La figure 2 montre l'évolution de la conductivité en fonction du temps.

Les résultats montrent une augmentation de la conductivité électrique des échantillons E1 et E3 en fonction du temps. L'augmentation de conductivité est due à la diffusion de cations  $\text{H}_3\text{O}^+$  dans l'échantillon. Ces cations sont obtenus suite à l'électrolyse de l'eau au niveau de l'anode et de la cathode qui se traduit par la formation de cations  $\text{H}_3\text{O}^+$  et d'anions  $\text{OH}^-$ . Ces entités (surtout les cations  $\text{H}_3\text{O}^+$ ) auront tendance à migrer à travers l'échantillon sous l'effet du courant électrique (Reddy *et al.*, 2002). D'un autre côté, une diminution de la conductivité des échantillons E2 et E4 est observée.

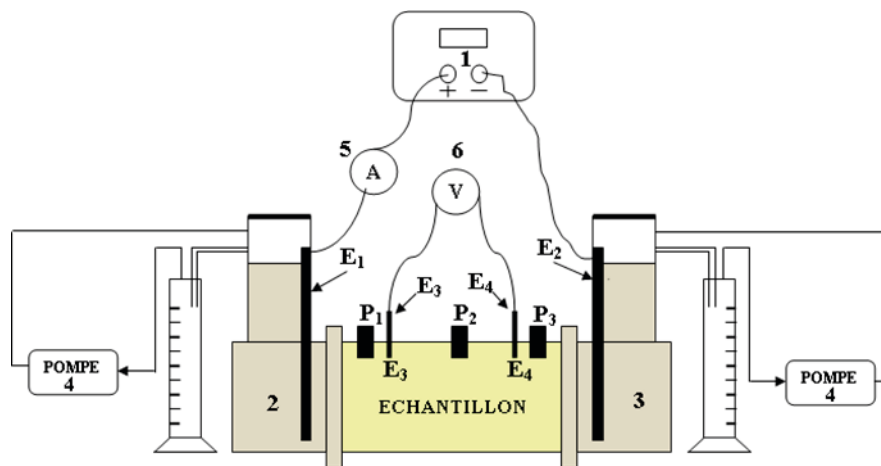


Figure 1. Représentation schématique de la cellule électrocinétique.

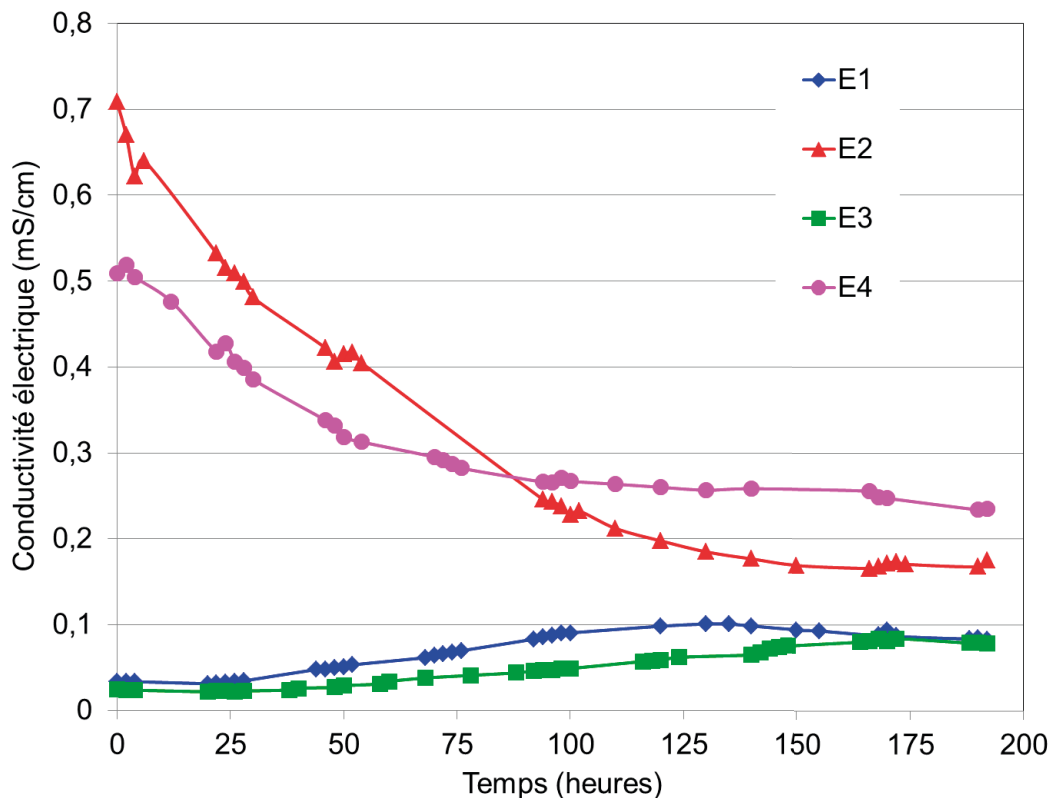


Figure 2. Évolution de la conductivité électrique des matériaux étudiés en fonction du temps.

Ces échantillons E2 et E4 sont fabriqués en présence de cation  $Pb^{2+}$ . La diminution de la conductivité est interprétée par le déplacement de ces cations sous l'effet du courant électrique.

## 2.2. Mesures chimiques : quantité de Pb restant

La figure 3 montre la variation de la quantité de plomb restant après l'essai électrocinétique. Les quantités de plomb sont mesurées au niveau de l'anode (0 cm) au milieu de l'échantillon (8 cm) et vers la cathode (16 cm). Les pourcentages présentés sont calculés par rapport la quantité de plomb initialement présente dans les échantillons.

Pour l'échantillon E2, les résultats montrent que le plomb s'est concentré en totalité vers la cathode à la fin du traitement (ce qui explique le pourcentage supérieur à 100 %). Une quantité assez importante est mesurée au milieu de l'échantillon. En ce qui concerne l'échantillon E4, les polluants sont concentrés tout au long de l'échantillon. Ceci suggère qu'en présence du carbonate les polluants sont difficiles à extraire. Le tableau 2, montre qu'en présence du plomb, le pH est basique. Le plomb se fixe donc sur le carbonate et peut précipiter sous forme de composé de carbonate (Ouhadi *et al.*, 2010), ce qui rend son extraction difficile.

**Tableau 2. Évolution du pH en fonction du taux de carbonate et de la concentration de plomb.**

Taux du carbonate	pH de la solution	
	Eau	[Pb] = 0,1 M
0 %	8,2	8,8
30 %	5,5	7,9

### 2.3. Résultats des mesures physico-chimiques

Les valeurs des volumes cumulés et de la taille moyenne des pores des échantillons E1, E2, E3 et E4 avant et après le traitement électrocinétique sont regroupées dans le tableau 3.

**Tableau 3. Valeurs des volumes cumulés et de la taille moyenne des pores des échantillons étudiés avant les essais électrocinétique.**

	Avant le traitement		Après le traitement	
	Volume cumulé (mg/l)	Volume moyen des pores (µm)	Volume cumulé (mg/l)	Volume moyen des pores (µm)
<b>E1</b>	0,19	0,09	0,2	0,1
<b>E2</b>	0,2	0,12	0,23	0,2
<b>E3</b>	0,18	0,18	0,17	0,25
<b>E4</b>	0,19	0,18	0,17	0,25

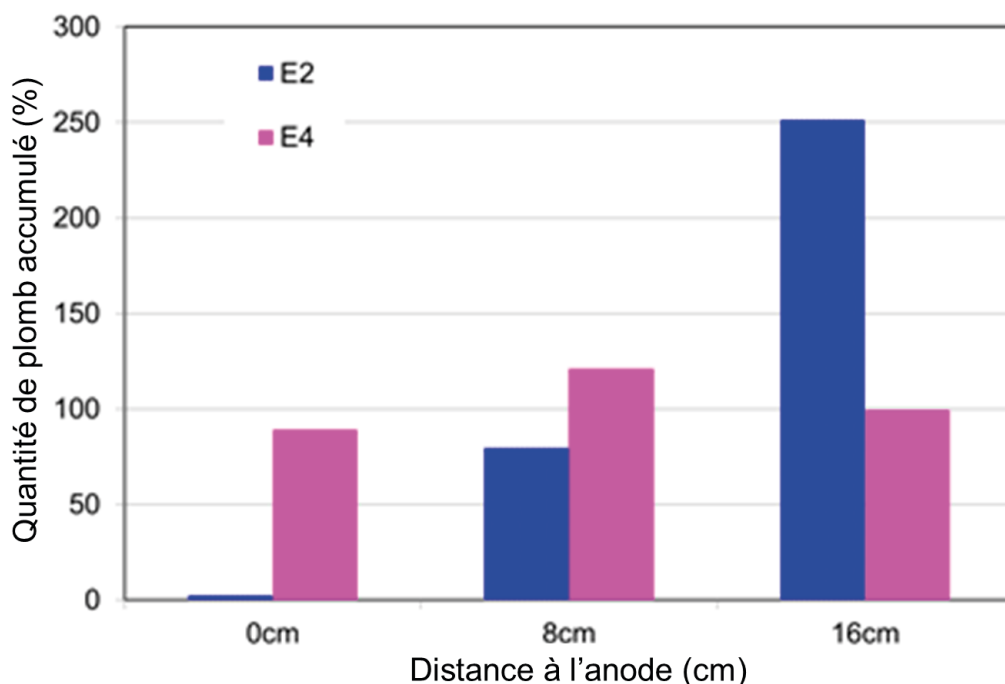
Les résultats montrent que les volumes cumulés varient très peu après le traitement électrocinétique. En ce qui concerne la taille des pores une faible évolution de la taille des pores est également observée après les essais électrocinétique.

## Conclusion

En présence de l'eau, les essais ont montré que pendant l'essai électrocinétique, la conductivité du matériau augmente, suite à la diffusion des cations  $H_3O^+$  dans l'échantillon. Le volume poreux varie légèrement après le traitement électrocinétique, ainsi que la taille moyenne des pores. Quand les cations  $H_3O^+$  sont diffusés dans la structure, l'épaisseur de la double couche diminue. Ceci se traduit par la diminution des forces répulsives au fur et à mesure que le pH diminue, la structure est floculée. Le résultat est la formation de particules qui sont plus rapprochées les unes des autres (Souli et al., 2008).

Pour l'échantillon E2, la conductivité électrique du matériau diminue en fonction du temps, ceci est attribué à la diminution de la concentration de plomb et son remplacement par les cations  $H_3O^+$ .

L'élimination du plomb, et son remplacement par les cations  $H_3O^+$  se traduit par la diminution de l'épaisseur de la double couche et par l'évolution des interactions entre les particules qui sont répulsives. La structure formée est floculée et des agrégats se forment.



**Figure 3. Quantité du plomb restant dans les échantillons E2 et E4 après les essais électrocinétique.**

En présence de 30 % de carbonate, l'échantillon E3 montre une augmentation de la conductivité de la kaolinite mais la valeur de la conductivité reste globalement faible.

Comme dans le cas de l'échantillon E1, l'augmentation de la conductivité est reliée à la diffusion des cations  $H_3O^+$  dans l'échantillon. C'est la présence du carbonate qui rend cette diffusion difficile et qui est donc à l'origine des faibles valeurs de la conductivité.

Pour l'échantillon E4, la conductivité diminue après l'application du traitement électrocinétique. Du point de vue structure, de faibles variations sont observées.

La faible variation de la structure après le traitement électrocinétique, permet d'appréhender la variation des propriétés mécaniques des échantillons notamment la perméabilité. En fonction de ces résultats, ce paramètre ne serait pas trop influencé par le traitement et donc le sol serait utilisable sans traitement après le traitement électrocinétique.

## Références bibliographiques

- Hamed J.T., Bhadra A., (1997). Influence of current density and pH on electrokinetics. *Journal of Hazardous Materials*, 55(1-3), p. 279-294. [https://doi.org/10.1016/s0304-3894\(97\)00024-1](https://doi.org/10.1016/s0304-3894(97)00024-1)
- Ouhadi V.R., Yong R.N., Shariatmadari N., Saeidijam S., Goodarzi A.R., Safari-Zanjani M., (2010). Impact of carbonate on the efficiency of heavy metal removal from kaolinite soil by the electrokinetic soil remediation method. *Journal of Hazardous Materials*, 173(1-3), p. 87-94. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.08.052>
- Reddy K.R., Saichek R.E., Maturi K., Prasanth A., (2002). Effects of soil moisture and heavy metal concentrations on electrokinetic remediation. *Indian Geotechnical Journal*, 32(2), p. 258-288.
- Souli H., Fleureau J.-M., Trabelsi Ayadi M., Besnard M., (2008). Physicochemical analysis of permeability changes in the presence of zinc. *Geoderma*, 145(1-2), p. 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2008.02.014>
- Steger H., Zorn R., Gregolec G., Czurda K., Borst M., (2005). Soil Structure Changing caused by electrokinetic processes. 5<sup>e</sup> Symposium on electrokinetic remediation, fundamental and industrial aspects, 22-25 May, Ferrera (Italy).

