

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

جامعة يحي فارس – المدية –

Université Yahia Farès – Médéa –

Faculté de la Technologie

Département de Génie Civil



**THESE**

Présentée pour l'obtention du **grade de DOCTORAT LMD**

**En : Génie Civil**

**Spécialité : Ingénierie de Constructions et Risques Géotechniques**

**Par : GADOURI Hamid**

**Thème**

**Influence de la présence des sulfates sur le traitement des  
sols argileux par des ajouts minéraux**

Soutenue publiquement le : 24 / 05 / 2017

Devant le jury composé de:

DEBIEB Farid	Professeur	Université de Médéa	Président
BAHAR Ramdhan	Professeur	Université de Bab Ezzouar	Examineur
KHEMISSA Mohamed	Professeur	Université de M'Sila	Examineur
ZITOUNI Zein El-Abidine	Maitre de Conférences (A)	Université de Blida	Examineur
HARICHANE Khelifa	Maitre de Conférences (A)	Université de Chlef	Directeur de thèse
GHRICI Mohamed	Professeur	Université de Chlef	Co-Directeur de thèse

---

---

# **Conclusions Générales, Recommandations et Perspectives**

- 1. Conclusions générales*
- 2. Recommandations*
- 3. Perspectives*

## 1. Conclusions générales

Une étude expérimentale approfondie a été effectuée au niveau du Laboratoire de l'Habitat et de la Construction Centre afin d'évaluer quantitativement les effets apportés par la présence de différents teneurs en sulfate monovalent (sulfate de sodium anhydre,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) et bivalent (sulfate de calcium hydraté,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) sur les limites d'Atterberg, la résistance à la compression non confinée et au cisaillement des deux sols argileux (sol gris, SG et sol rouge, SR) traités avec l'addition de la chaux (L), de la pouzzolane naturelle (PN) et de leur combinaison (L-PN) à différentes périodes de cure. De plus, des tests de diffraction des rayons X (DRX) et de microscopie électronique à balayage (MEB) ont été également effectués en vue de suivre l'évolution et les changements éventuels de la minéralogie et de la macro ou microstructure des deux sols argileux traités, respectivement. A la lumière des résultats des tests effectués, les conclusions suivantes peuvent être dégagées:

### ○ En absence des sulfates

- Il est déconseillé d'utiliser la pouzzolane naturelle toute seule en tant qu'additif minéral du fait qu'elle apporte une faible réduction dans l'indice de plasticité et une augmentation négligeable dans la résistance en compression simple et au cisaillement des deux sols argileux traités.
- Cependant, une diminution importante de l'indice de plasticité avec une augmentation considérable dans les valeurs de la résistance en compression simple et au cisaillement ont été observées pour les deux sols argileux traités avec l'addition de la chaux toute seule. Ceci reflète clairement que la chaux est fortement recommandée pour le traitement chimique des sols instables.
- En outre, l'utilisation de la combinaison des deux ajouts (chaux/pouzzolane naturelle) fait améliorer considérablement toutes les propriétés géotechniques des deux sols argileux traités par rapport au traitement seul à la chaux.
- La combinaison de 8% de chaux avec 20% de pouzzolane naturelle améliore considérablement l'ouvrabilité du sol traité et par conséquent, la diminution de la sensibilité à l'eau. Cette même combinaison (8%L+20%PN) est hautement recommandée pour avoir des résistances en compression et au cisaillement extrêmement importantes et notamment à très long terme.

○ **En présence des sulfates**

- La  $W_L$  des sols argileux non traités diminue considérablement avec l'augmentation de la teneur en  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  et de la période de cure alors qu'il y a un effet marginal en présence seul du  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . D'autre part, le  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  fait augmenter d'une façon significative la  $W_L$  des sols argileux traités à la chaux ou avec la combinaison de chaux–PN alors qu'elle diminue en présence du  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .
- Le  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  fait diminuer la  $W_L$  des sols argileux traités avec l'addition de pouzzolane naturelle notamment avec la période de cure. En revanche, en présence du  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , la  $W_L$  des mêmes sols augmente fortement avec l'augmentation de la période de cure alors qu'elle diminue avec l'augmentation de la teneur en pouzzolane naturelle.
- L'augmentation de la  $W_P$  des sols argileux traités à la chaux ou avec la chaux-NP est plus prononcée avec le  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  qu'avec le  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . En outre, les effets causés par ces deux types de sulfates sur la  $W_P$  sont négligeables lorsque la pouzzolane naturelle est utilisée toute seule en tant que stabilisant.
- Par comparaison, la présence du  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  dans les deux sols argileux traités avec l'addition de la chaux, de la pouzzolane naturelle et de leur combinaison fait réduire considérablement leur indice de plasticité alors qu'il augmente avec l'augmentation de la teneur en  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ .
- Des augmentations significatives de la résistance en compression et au cisaillement ont été observées pour les échantillons des deux sols argileux traités avec la pouzzolane naturelle en présence du  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  par rapport à ceux qui ont été traités sans présence du  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Ces augmentations sont probablement attribuées aux particules fines du  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  qui ont fait augmenter la compacité des échantillons des deux sols argileux stabilisés.
- Les échantillons des deux sols traités avec l'addition de la chaux en présence du  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  n'ont développé qu'une légère augmentation de la résistance en compression simple et au cisaillement par rapport à ceux qui ont été traités sans présence du  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Ceci peut être attribué à l'aptitude du  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  de faire réduire la solubilité de la chaux hydratée dans les échantillons des deux sols argileux traités.
- Des augmentations considérables de la résistance en compression simple et au cisaillement ont été observées pour les échantillons des deux sols argileux traités avec la combinaison de chaux–pouzzolane en présence du  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .

- Les augmentations progressives dans la résistance en compression simple et au cisaillement des deux sols argileux étudiés, notamment le SR, peuvent être expliquées par la formation de l'ettringite minérale favorisée par la présence du  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  dans les mélanges de Sol-Chaux-PN. Ces augmentations sont attribuées d'une part à la présence du  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  qui fait accélérer les réactions chimiques entre le sol, la chaux et la pouzzolane naturelle, et d'autre part, à la formation d'ettringite non expansive (ettringite primaire) en raison de la présence du  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  notamment avec des fortes teneurs.
- Les augmentations précoces (rapides) de la résistance en compression simple et au cisaillement des deux sols argileux peuvent être attribuées à l'accélération des réactions pouzzolaniques causées par l'hydroxyde de sodium (NaOH) provenant de la dissolution du  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  en présence de l'eau.
- Les réductions progressives de la résistance en compression simple et au cisaillement du SG et ainsi les dégradations totales des éprouvettes du SR après 30 et 60 jours de cure peuvent être expliquées par la formation de l'ettringite minérale expansive (ettringite secondaire) favorisée par la présence de fortes teneur en  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dans les mélanges de Sol-Chaux-PN.
- La nature minéralogique du sol présente une importance capitale et joue un rôle très important dans la réussite ou l'échec d'un traitement en dominant les effets eux-mêmes apportés par le  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  sur les sols stabilisés.
- Il est à signaler qu'il n'y aura aucun risque à envisager pour la stabilisation des sols avec l'utilisation de la chaux, de la pouzzolane naturelle et de leur combinaison en présence de fortes teneurs en  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  alors qu'il est déconseillé d'utiliser ces ajouts tout seuls dans le cas de la présence du  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  avec de fortes teneurs. En revanche, la stabilisation des sols argileux riches en  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  par la combinaison de Chaux-PN est fortement recommandée du fait qu'elle présente une efficacité contre la dégradation des performances mécaniques causées par la formation de l'ettringite minérale expansive et notamment à très long terme.
- Il est important de classer le  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  comme un composé chimique fortement perturbateur du processus de la stabilisation des sols argileux lorsque sa teneur est supérieure à 2% alors qu'en revanche le  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  peut être considéré comme un additif de stabilisation.

- La composition minéralogique du sol a une importance capitale et joue un rôle très important dans le succès du processus de la stabilisation particulièrement en présence du  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ .
- Les augmentations et les diminutions de l'indice de plasticité dépendent de plusieurs facteurs à savoir : la teneur et le type de l'additif utilisé, la teneur et le type du sulfate, la période de cure (la durée d'exposition aux sulfates) et la composition minéralogique des sols qui peut jouer un rôle très important dans les réactions chimiques avec les sulfates.
- Dans tous les cas des traitements effectués, il s'est avéré que les ions calcium ( $\text{Ca}^{2+}$  venant de l'addition de la chaux ou du  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) produisent des effets bénéfiques alors que les ions sodium ( $\text{Na}^+$ , venant de l'addition du  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) provoquent des effets indésirables sur les limites d'Atterberg de deux sols argileux stabilisés.

## **2. Recommandations**

- L'utilisation de la pouzzolane naturelle en combinaison avec la chaux est fortement recommandée du fait qu'elle développe des résistances mécaniques élevées et proches à celles développées par l'utilisation du ciment seul ou en combinaison avec la chaux.
- Puisque la pouzzolane naturelle est disponible en Algérie avec des quantités considérables et facile à préparer. En terme du développement durable, elle peut être donc mélangée avec de la chaux pour améliorer les caractéristiques physico-mécaniques des mauvais sols et de minimiser les émissions de  $\text{CO}_2$  à effet de serre dégagés par les usines de la fabrication des ciments et par conséquent la préservation de l'environnement.
- Du point de vue économique, le  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  est naturellement disponible avec des quantités importantes et moins cher. Il peut être donc utilisé seul en tant que stabilisateur et/ou accélérateur pour les réactions pouzzolaniques des sols à stabiliser. De plus, leur effet devient significatif lorsqu'il est mélangé seulement avec 10 ou 20% de pouzzolane naturelle.
- Le  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  avec des faibles teneurs ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 < 2\%$ ) peut être utilisé, à court terme, comme un accélérateur de la dissolution de la pouzzolane naturelle et des réactions pouzzolaniques sans pouvoir altérer la résistance à très long terme.

- Il est recommandé d'utiliser la pouzzolane naturelle en combinaison avec la chaux puisqu'elle résiste à la dégradation des éprouvettes lorsque le  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  se présente avec des fortes teneurs.
- Avant de procéder à la technique de la stabilisation chimiques des sols, il est fortement recommandé d'effectuer des analyses chemico-minéralogiques en vue de se renseigner de la composition chimique (type et teneur en sulfates total) et minéralogique (type et teneur des minéraux argileux) des sols afin d'éviter les échecs de traitement liés généralement à la présence des sulfates et à la nature des sols traités.

### **3. Perspectives**

- Pour les futures études, il sera important d'approfondir la recherche sur les effets qui peuvent être apportés par d'autres éléments perturbateurs sur les sols traités autre que les sulfates à savoir : les chlorures, les phosphates, les nitrates, les matières organiques...etc. De plus, les fortes différences dans les valeurs de la température entre le Nord et le Sud de l'Algérie et notamment durant la saison d'été nécessitent de prendre en considération l'effet de la température sur les sols améliorés avec ou sans présence des éléments perturbateurs de prises.
- Il a été démontré que le sulfate de calcium fait améliorer considérablement les propriétés géotechniques des sols argileux stabilisés. Donc, il sera très utile d'élargir l'investigation sur d'autres types de sols mais cette-fois-ci avec l'utilisation du gypse naturel en tant qu'additif puisqu'il est disponible en grandes quantité sur le territoire national.
- Vu l'intensité des réseaux routiers construits actuellement en Algérie ainsi que les grandes quantités de remblai présentant des caractéristiques mécaniques insuffisantes ou médiocres, il sera donc très nécessaire de développer des liants hydrauliques pour ce type de projet à base du Gypse-Pouzzolane naturelle. Pour cela, il faudra faire une étude approfondie sur les différentes teneurs des mélanges de Gypse-Pouzzolane naturelle afin d'optimiser son effet et par conséquent, de recommander les fractions de Gypse-Pouzzolane naturelle adéquates pour le traitement des sols fins argileux.
- Il est à recommander que l'étude de l'effet combiné des sulfates entre eux ou avec d'autres types de perturbateurs est primordiale du fait que ces éléments se présentent réellement en état combiné dans leur environnement naturel.

---

---

# Références Bibliographiques





## Références Bibliographiques

- Abdi, M.R. and Wild, S. (1993). *Sulphate expansion of lime-stabilised kaolinite: part I. Physical characteristics*. Clay Minerals, Vol. 28, pp. 555–567, doi: 10.1180/claymin.1993.028.4.06.
- Afès, M. and Didier, G. (2000). *Stabilization of expansive soils: the case of clay in the area of Mila (Algeria)*. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, Vol. 59, No. 1, pp. 75–83, doi: 10.1007/s100649900022.
- Aldaood, A., Bouasker, M. and Al-Mukhtar, M. (2014a). *Geotechnical properties of lime-treated gypseous soils*, Applied Clay Science, Vol. 88-89, pp. 39–48, doi: 10.1016/j.clay.2013.12.015.
- Aldaood, A., Bouasker, M. and Al-Mukhtar, M. (2014b). *Impact of wetting–drying cycles on the microstructure and mechanical properties of lime-stabilized gypseous soils*, Engineering Geology, Vol. 174, pp. 11–21, doi: 10.1016/j.enggeo.2014.03.002.
- Al-Mukhtar, M., Khattab, S. and Alcover, J.F. (2012). *Microstructure and geotechnical properties of lime-treated expansive clayey soil*. Engineering Geology, Vol. 139, pp. 17–27, doi:10.1016/j.enggeo.2012.04.004.
- Al-Mukhtar, M., Lasledj, A. and Alcover, J.F. (2010). *Behaviour and mineralogy changes in lime-treated expansive soil at 20 °C*. Applied Clay Science, Vol. 50, No. 2, pp. 191–198, doi:10.1016/j.clay.2010.07.023.
- Al-Rawas, A.A. (1999). *The factors controlling the expansive nature of the soils and rocks of northern Oman*. Engineering Geology, Vol. 53, No. 3, pp. 327–350, doi: 10.1016/S0013-7952(98)00085-4.
- Al-Rawas, A.A. and Goosen, M.F. (2006). *Expansive soils: recent advances in characterization and treatment*. Taylor & Francis, London, UK.
- Al-Rawas, A.A., Hago, A.W. and Al-Sarmi, H. (2005). *Effect of lime, cement and Sarooj (artificial pozzolan) on the swelling potential of an expansive soil from Oman*. Building and Environment, Vol. 40, No. 5, pp. 681–687, doi: 10.1016/j.buildenv.2004.08.028.
- al-Swaidani, A., Hammoud, I. and Meziab, A. (2016). *Effect of adding natural pozzolana on geotechnical properties of lime-stabilized clayey soil*. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, doi: 10.1016/j.jrmge.2016.04.002.
- Ansary, M.A., Noor, M.A. and Islam, M. (2006). *Effect of fly ash stabilization on geotechnical properties of Chittagong coastal soil*. The geotechnical symposium on soil stress-strain behavior, Roma, Italy, pp. 443–454, doi: 10.1007/978-1-4020-6146-2\_26.
- Asgari, M.R., Dezfuli, A.B. and Bayat, M. (2015). *Experimental study on stabilization of a low plasticity clayey soil with cement/lime*, Arabian Journal of Geosciences, Vol. 8, No. 3, pp. 1439–1452, doi: 10.1007/s12517-013-1173-1.

- ASTM D2166 (2000). *Standard test methods for unconfined compressive strength of cohesive soil*. Annual book of ASTM Standards, American Society of Testing and Materials, USA, 04:08, doi: 10.1520/D2166\_D2166M.
- ASTM D4318 (2000). *Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils*. Annual book of ASTM Standards, American Society of Testing and Materials, USA, 04:08, doi: 10.1520/D4318.
- ASTM D6528 (2000). *Standard test method for consolidated undrained direct simple shear testing of cohesive soils*. Annual book of ASTM Standards, American Society of Testing and Materials, Philadelphia, USA, 04:08, doi: 10.1520/D6528-00.
- ASTM D698 (2000). *Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using standard effort*. Annual book of ASTM Standards, American Society of Testing and Materials, USA, 04:08.
- Atterberg, A. (1911). *The behaviour of clays with water, their limits of plasticity and their degrees of plasticity*. Internationale Mitteilungen für Bodenkunde, vol. 1, p. 10–43.
- Attoh Okine, N.O. (1995). *Lime treatment of laterite soils and gravels-revisite*. Construction and Building Materials, Vol. 9, No. 5, pp. 283–287, doi: 0950-0618(95)00030-5.
- Aubert, J.E., Segui, P., Husson, B. and Measson, M. (2012). *A method developed to quantify lime and gypsum consumed by mineral additions*. Cement and Concrete Composites, Vol. 34, No. 7, pp. 874–880, doi: 10.1016/j.cemconcomp.2012.04.005.
- Bahar, R., Benazzoug, M. and Kenai, S. (2004). *Performance of compacted cement-stabilised soil*. Cement and concrete composites, Vol. 26, No. 7, pp. 811–820, doi: 10.1016/j.cemconcomp.2004.01.003.
- Basha, E.A., Hashim, R. and Muntohar, A.S. (2003). *Effect of the cement-rice husk ash on the plasticity and compaction of soil*, Electronic Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 8, No. 1, pp. 1–8, <http://www.ejge.com/2003/Ppr0304/Abs0304.htm>.
- Bagherpour, I. and Choobbasti, A.J. (2003). *Stabilization of fine-grained soils by adding micro silica and lime or micro silica and cement*. Electronic Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 8, No. B, pp. 1–10.
- Baryla, J. M., Chenais, V., Gavois, L. and Havard, H. (2000). *Effet de sulfates et sulfures sur des marnes traitées à la chaux et au liant routier sur un chantier autoroutier*. Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées, Paris, France. Bull, No. 224, pp. 39–48, <https://trid.trb.org/view.aspx?id=960225>.
- Bell, F.G. (1988). *Stabilization and treatment of clay soils with lime. Part 2: some applications*. Ground Engineering, Vol. 21, No. 1, pp. 25–29, <https://trid.trb.org/view.aspx?id=293790>.
- Bell, F.G. (1989). *Lime stabilisation of clay soils*. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, Vol. 39, No. 1, pp. 67–74, doi: 10.1007/BF02592537.
- Bell, F.G. (1996). *Lime stabilization of clay minerals and soil*. Engineering Geology, Vol. 42, No. 4, pp. 223–237, doi: 10.1016/0013-7952(96)00028-2.
- Bell, F.G. (1993). *Engineering treatment of soils*. Chapman and Hall, London.

- Bin-Shafique, S., Rahman, K., Yaykiran, M. and Azfar, I. (2010). *The long-term performance of two fly ash stabilized fine-grained soil subbases*. Resources, Conservation and Recycling, Vol. 54, No. 10, pp. 666–672, doi: 10.1016/j.resconrec.2009.11.007.
- Broms, B. and Boman, P. (1975). *Lime stabilized columns*. Fifth Asian Regional Conference on SM and FE, Bangalore, India, Vol. 1, pp. 227–234.
- Broms, B., and Boman, P. (1979). *Lime columns-a new foundation method*. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, (ASCE 14543), Vol. 105, pp. 539–556.
- Broms, B.B. (1987). *Stabilization of soft clay in Southeast Asia*. In Proceedings of the 5th International Geotechnical Seminar on Case Histories in Soft Clay, pp. 163–198.
- Cabane, N. (2004). *Sols traités à la chaux et aux liants hydrauliques: Contribution à l'identification et à l'analyse des éléments perturbateurs de la stabilisation*. Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint Etienne, Université Jean Monnet.
- Caillère, S., Hénin, S. and Rautureau, M. (1982). *Minéralogie des argiles: Structure et propriétés physico-chimiques*. Masson, Tomes 1 & 2, pp. 184–189.
- Casagrande, A. (1947). *The pile foundation for the new John Hancock Building in Boston*. Graduate School of Engineering, Harvard University.
- Celik, E. and Nalbantoglu, Z. (2013). *Effects of ground granulated blastfurnace slag (GGBS) on the swelling properties of lime-stabilized sulfate-bearing soils*. Engineering Geology, Vol. 163, pp. 20–25, doi: 10.1016/j.enggeo.2013.05.016.
- Choquette, M., Bérubé, M.A. and Locat, J. (1987). *Mineralogical and microtextural changes associated with lime stabilization of marine clays from eastern Canada*. Applied Clay Science, Vol. 2, No. 3, pp. 215–232, doi: 10.1016/0169-1317(87)90032-9.
- Çokça, E. and Tilgen, H.P. (2010). *Shear strength-suction relationship of compacted Ankara clay*. Applied Clay Science, Vol. 49, No. 4, pp. 400–404, doi: 10.1016/j.clay.2009.08.028.
- Croft, J.B. (1964). *The pozzolanic reactivities of some New South Wales fly ashes and their application to soil stabilization*. Proc. ARRB, 2-Part 2, Australia, Vol. 120, pp. 1144–1167, <https://trid.trb.org/view.aspx?id=1209241>.
- Cuisinier, O., Le Borgne, T., Deneele, D. and Masrouri, F. (2011). *Quantification of the effects of nitrates, phosphates and chlorides on soil stabilization with lime and cement*. Engineering Geology, Vol. 117, No. 3, pp. 229–235, doi: 10.1016/j.enggeo.2010.11.002.
- Das, B.M. (1983). *Principles of foundation engineering*. Thomson.
- Davidson, D.T., Mateos, M. and Barnes, H.F. (1960). *Improvement of lime stabilization of montmorillonitic clay soils with chemical additives*. Highway Research Board Bulletin, Vol. 262, pp. 33–50, <https://trid.trb.org/view.aspx?id=1285103>.

- De Cock, F. and Bottiau, M. (2004). *Compactage dynamique et vibrocompactage dans un hall industriel en cours de construction: un défi géotechnique*. ASEP-GI 2004 –Vol. 2. Magnan (ed.), Presses de l'ENPC/LCPC, Paris.
- Degirmenci, N., Okucu, A. and Turabi, A. (2007). *Application of Phosphogypsum in Soil Stabilization*. Building and Environnement, Vol. 42, No. 9, pp. 3393–3398, doi:10.1016/j.buildenv.2006.08.010.
- Dermatas, D. and Meng, X. (2003). *Utilization of fly ash for stabilization/solidification of heavy metal contaminated soils*. Engineering Geology, Vol. 70, No. 3, pp. 377–394, doi: 10.1016/S0013-7952(03)00105-4.
- Eades, J.L. and Grim, R.E. (1960). *Reaction of hydrated lime with pure clay minerals in soil stabilization*. Highway Research Board Bulletin, National Research Council, Washington, DC, No. 262, pp. 51–63.
- Eades, J.L., Nichols Jr., F.P. and Grim, R.E. (1962). *Formation of new minerals with lime stabilization as proven by field experiments in Virginia*. Highway Research Board Bulletin, Vol. 335, pp. 31–39.
- Eberemu A.O. (2013). *Evaluation of bagasse ash treated lateritic soil as a potential barrier material in waste containment application*, Acta Geotechnica, Vol. 8, No. 4, pp. 407-421, doi: 10.1007/s11440-012-0204-5.
- El-Rawi, N.M. and Awad, A.A. (1981). *Permeability of lime stabilized soils*. Journal of Transportation Engineering Division, ASCE, Vol. 107, No. 1, pp. 25–35.
- Eskisar, T. (2015). *Influence of cement treatment on unconfined compressive strength and compressibility of lean clay with medium plasticity*. Arabian Journal for Science and Engineering, Vol. 40, No. 3, pp. 763–772, doi: 10.1007/s13369-015-1579-z.
- Floyd, M., Czerewko, M.A., Cripps, J.C. and Spears, D.A. (2003). *Pyrite oxidation in Lower Lias Clay at concrete highway structures affected by thaumasite, Gloucestershire, UK*. Cement and Concrete Composites, Vol. 25, No. 8, pp. 1015–1024, doi: 10.1016/S0958-9465(03)00125-2.
- Fontaine, D., (1984). *Traitement des arènes granitiques aux liants hydrauliques*. Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris VI, ENSMP, p. 207. <https://trid.trb.org/view.aspx?id=1032712>.
- Gaafer, M., Bassioni, H., Mostafa, T. (2015). *Soil Improvement Techniques*. International Journal of Scientific & Engineering Research, Vol. 6, No. 12, pp. 217–222, <http://www.ijser.org>.
- Gabr, A.K. (2012). *The Uncertainties of Using Replacement Soil in Controlling Settlement*. The Journal American of Science, Vol. 8, No. 12, pp. 662–665, doi: 10.7537/marsjas081212.91.
- Gay, G. and Schad, H. (2000). *Influence of cement and lime additives on the compaction properties and shear parameters of fine grained soils*. Otto-Graf Journal, Vol. 11, pp. 19–31.

- George, S.Z., Ponniah, D.A. and Little, J.A. (1992). *Effect of temperature on lime-soil stabilization*. Construction and Building Materials, Vol. 6, No. 4, pp. 247–252, doi: 10.1016/0950-0618(92)90050-9.
- Ghobadi, M.H., Babazadeh, R. and Abdilor, Y. (2014). *Utilization of lime for Stabilizing Marly Soils and Investigating the Effect of pH Variations on shear Strength Parameters*. Journal of Engineering Geology, Vol. 8, No. 1, pp. 1939–1962.
- Ghrici, M., Kenai, S., and Said Mansour, M. (2007). *Mechanical properties and durability of mortar and concrete containing natural pozzolana and limestone blended cements*. Cement and Concrete Composites, Vol. 29, No. 7, pp. 524–549, doi: 10.1016/j.cemconcomp.2007.04.009.
- Glenn, G.R. and Handy, R.L. (1963). *Lime-clay mineral reaction products*. Highway Research Record, Vol. 29, pp. 70–82.
- Goswami, R.K. and Singh, B. (2005). *Influence of Fly Ash and Lime on Plasticity characteristics of Residual Lateritic Soil*. Proceedings of the ICE-Ground Improvement, Vol. 9, No. 4, pp. 175–182, doi: 10.1680/grim.2005.9.4.175.
- Grim, R.E. (1959). *Physico-chemical properties of soils: Clay minerals*. Journal of the soil mechanics and foundations division, ASCE, Vol. 85, No. 2, pp. 1–18.
- Grim, R.E., (1968). *Clay mineralogy*. McGraw-Hill, New York, p. 214.
- Guney, Y., Sari, D., Cetin, M. and Tuncan, M. (2007). *Impact of Cyclic Wetting–Drying on Swelling Behavior of Lime-Stabilized Soil*. Building and Environnement, Vol. 42, No. 2, pp. 681–688, doi: 10.1016/j.buildenv.2005.10.035.
- Harichane, K. and Ghrici, M. (2009). *Effect of combination of lime and natural pozzolana on the plasticity of soft clayey soils*. 2nd International Conference on New Developments in Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 30 May 2009, Near East University, Nicosia, North Cyprus.
- Harichane, K., Ghrici, M. and Kenai, S. (2011a). *Effect of curing period on shear strength of cohesive soils stabilized with combination of lime and natural pozzolana*, International Journal of Civil Engineering, Vol. 9, No. 2, pp. 90–96.
- Harichane, K., Ghrici, M., Kenai, S. and Grine, K. (2011c). *Use of natural pozzolana and lime for stabilization of cohesive soil*, Geotechnical and Geological Engineering, Vol. 29, No. 5, pp. 759–769, doi: 10.1007/s10706-011-9415-z.
- Harichane, K., Ghrici, M., Khebizi, W. and Missoum, H. (2010). *Effect of the combination of lime and natural pozzolana on the durability of clayey soils*. Electronic Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 17, pp. 1194–1210.
- Harichane, K., Ghrici, M. and Missoum, H. (2011b). *Influence of natural pozzolana and lime additives on the temporal variation of soil compaction and shear strength*, Frontiers of Earth Science, Vol. 5, No. 2, pp. 162–169, doi: 10.1007/s11707-011-0166-1.
- Harichane, K., Ghrici, M. and Kenai, S. (2012). *Effect of the combination of lime and natural pozzolana on the compaction and strength of soft clayey soils: a preliminary study*,

- Environmental and earth sciences, Vol. 66, No. 8, pp. 2197–2205, doi: 10.1007/s12665-011-1441-x.
- Harris, J. P., Sebesta, S. and Scullion, T. (2004). *Hydrated lime stabilization of sulfate-bearing vertisols in Texas*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 1868, 31–39, doi: 10.3141/1868-04.
- Hunter, D. (1988). *Lime-induced heave in Sulphate-bearing clay soils*. Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 114, No. 2, pp. 150–167, doi: 10.1061/(ASCE)0733-9410(1988)114:2(150).
- Hu, Z., Jia, Z., Gao, L. and Yuan, Z. (2016). *The Effects of Sulfate on the Strength of Lime-fly Ash Stabilized Soil*. Electronic Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 21, No. 10, pp. 3669–3676, <http://www.ejge.com/2016/Ppr2016.0310ma.pdf>.
- Holtz, R.D. and Kovacs, W.D. (1981). *An introduction to geotechnical engineering*. Prentice-Hall Inc, Englewood Cliffs, N.J. 07632, <http://worldcat.org/isbn/0134843940> .
- Ho, M.H. and Chan, C.M. (2011). *Some Mechanical Properties of Cement Stabilized Malaysian Soft Clay*. International Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engineering, Vol. 5, No. 2, pp. 76–83, [scholar.waset.org/1999.3/10197](http://scholar.waset.org/1999.3/10197).
- Hossain, K.M.A., Lachemi, M. and Easa, S. (2006). *Characteristics of Volcanic Ash and Natural Lime Based Stabilized Clayey Soils*. Civil Engineering, Vol. 33, No. 11, pp. 1455–1458, doi: 10.1139/L06-099.
- Hossain, K.M.A., Lachemi, M. and Easa, S. (2007). *Stabilized soils for construction applications incorporating natural resources of Papua New Guinea*. Resources Conservation and Recycling, Vol. 51, No. 4, pp. 711–731, doi: 10.1016/j.resconrec.2006.12.003.
- Jaturapitakkul, C., Kiattikomol, S., Songpiriyakij, S. (1999). *A study of strength activity index of ground coarse fly ash with Portland cement*. Science Asia, Vol. 25, p. 223–229.
- Indraratna, B. (1996). *Utilization of lime, slag and fly ash for improvement of a colluvial soil in New South Wales, Australia*. Geotechnical and Geological Engineering, Vol. 14, No. 3, pp. 169–191, doi: 10.1007/BF00452946.
- Ingles, O.G. and Metcalf, J.B. (1972). *Soil stabilization principles and practice*. Vol. 11, No. Textbook, p. 374, <https://trid.trb.org/view.aspx?id=137528>.
- Jha, A.K. And Sivapullaiah, P.V. (2015). *Mechanism of improvement in the strength and volume change behavior of lime stabilized soil*. Engineering Geology, Vol. 198, pp. 53–64, doi: 10.1016/j.enggeo.2015.08.020.
- Ji-ru, Z. and Xing, C. (2002). *Stabilization of expansive soil by lime and fly ash*. Journal of Wuhan University of Technology–Materials Science Edition, Vol. 17, No. 4, pp. 73–77, doi: 10.1007/BF02838423.
- Kamon, M. (1992). *Recent developments of soil improvement*. In: Proceedings of International Symposium on Soil Improvement and Pile Foundation, Nanjing, China, Vol. 1, pp. 1–16.

- Kavak, A. and Akyarli, A. (2007). *A field application for lime stabilization*. Environmental Geology, Vol. 51, No. 6, pp. 987–997, doi: 10.1007/s00254-006-0368-0.
- Kenai, S., Soboyejo, W. and Soboyejo, A. (2004). *Some engineering properties of limestone concrete*. Materials and manufacturing processes, Vol. 19, No. 5, pp. 949–961, doi: 10.1081/AMP-200030668.
- Kenai, S., Bahar, R. and Benazzoug, M. (2006). *Experimental analysis of the effect of some compaction methods on mechanical properties and durability of cement stabilized soil*. Journal of materials science, Vol. 41, No. 21, pp. 6956–6964, doi: 10.1007/s10853-006-0226-1.
- Kennedy, T., Smith, R., Holgreen, R. and Tahmoressi, M. (1987). *An Evaluation of Lime and Cement Stabilization*. Transportation Research board, Washington, D.C. TRR, No. 1119, pp. 11–25, <http://worldcat.org/isbn/0309044723>.
- Khatab, S.A.A. (2002). *Etude multi-échelles d'un sol argileux plastique traité à la chaux*. Ph.D thesis, University of Orléans, France, p. 249.
- Khemissa, M. and Mahamedi A. (2014). *Cement and lime mixture stabilization of an expansive overconsolidated clay*. Applied Clay Science, Vol. 95, pp. 104–110, doi: 10.1016/j.clay.2014.03.017.
- Kinuthia, J.M. (1997). *Property changes and mechanisms in lime-stabilised kaolinite in the presence of metal sulphates*. Ph.D Thesis, University of Glamorgan, Pontypridd, UK, <http://ethos.bl.uk/OrderDetails.do?uin=uk.bl.ethos.265671>.
- Kinuthia, J.M., Wild, S. and Jones, G.I. (1999). *Effects of monovalent and divalent metal sulphates on consistency and compaction of lime-stabilized kaolinite*. Applied Clay Science, Vol. 14, No. 1, pp. 27–45, doi: PII S0169-1317\_98.00046-5.
- Knapik, K., Bzówka, J. and Russo, G. (2014). *Compressibility of kaolinite treated with fly ash from fluidized bed combustion*. Budownictwo i Architektura, Vol. 13, No. 2, pp. 33–38.
- Kolias, S., Kasselouri-Rigopoulou, V. and Karahalios, A. (2005). *Stabilization of clayey soils with high calcium fly ash and cement*. Cement and Concrete Composites, Vol. 27, No. 2, pp. 301–313, doi: 10.1016/j.cemconcomp.2004.02.019.
- Kouloughli, S. (2007). *Etude expérimentale des mélanges sable bentonite : Leurs performances comme barrières de confinement dans les CET*. Thèse de Doctorat, Université Mentouri Constantine, Algérie.
- Kujala, K. (1986). *Stabilization of harmful wastes and muds*. Proc. 1st Int. Symp. Environ. Technol, Vol. 1, pp. 540–548.
- Kumar A., Walia B.S. and Bajaj A. (2007). *Influence of Fly Ash, Lime, and Polyester Fibers on Compaction and Strength Properties of Expansive Soil*. Journal of materials in civil engineering, Vol. 19, No. 3, pp. 242–248, doi: 10.1061/(ASCE)0899-1561(2007)19:3(242).
- Laguros, J.G. (1962). *Effect of chemicals on soil-cement stabilization*. Retrospective Theses and Dissertations, Paper 2061, p. 167, <http://lib.dr.iastate.edu/rtd/2061/>.

- Lambe, T.W. (1953). *The structure of inorganic soil*. Proceedings, ASCE, Vol. 79. Tiré à part, No. 315, p. 49.
- Le Borgne, T. (2010). *Effects of potential deleterious chemical compounds on soil stabilisation*. Doctoral dissertation, Ph.D thesis, Nancy-Université, France, <http://hdl.handle.net/10068/842439>.
- Le Pluart, L. (2002). *Nanocomposites Epoxyde/amine/montmorillonite : Rôle des interactions sur la formation, la morphologie aux différents niveaux d'échelle et les propriétés mécaniques des réseaux*. Thèse de doctorat de l'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon. France, <http://theses.insa-lyon.fr/publication/2002ISAL0061/these.pdf>.
- Lees, G., Abdelkader, M.O. and Hamdani, S.K. (1982). *Effect of clay fraction on some mechanical properties of lime-soil mixtures*. Highway Engineer, Vol. 29, No. 11, pp. 3–9, doi: 10.1016/0148-9062(84)91148-3.
- Lin, D.F., Lin, K.L., Hung, M.J. and Luo, H.L. (2007). *Sludge ash/hydrated lime on the geotechnical properties of soft soil*. Construction and Building Materials, Vol. 145, No. 1, 58–64, doi: 10.1016/j.jhazmat.2006.10.087.
- Little, D.N., Nair, S. and Herbert, B. (2009). *Addressing sulfate-induced heave in lime treated soils*. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 136, No. 1, pp. 110–118, doi: 10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0000185.
- Locat, J., Berube, M.A. and Choquette, M. (1990). *Laboratory investigations on the lime stabilization of sensitive clays: shear strength development*. Canadian Geotechnical Journal, Vol. 27, No. 3, pp. 294–304, doi: 10.1139/t90-040.
- Luckham, P.F. and Rossi, S. (1999). *Colloidal and rheological properties of bentonite suspensions*. Advances in Colloid and Interface Science, Vol. 82, No. 1, pp. 43–92, doi: 10.1016/S0001-8686(99)00005-6.
- Manasseh, J. and Olufemi, A.I. (2008). *Effect of lime on some geotechnical properties of Igumale shale*. Electronic Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 13, No. 6, pp. 1–12, doi: 10.1.1.534.4790.
- Mathew, P.K. and Narasimha, R.S. (1997). *Effect of lime on cation exchange capacity of marine clay*. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE, Vol. 123, No. 2, pp. 183–185, doi: 10.1061/(ASCE)1090-0241(1997)123:2(183).
- McCarthy, M.J., Csetenyi, L.J., Sachdeva, A. and Dhir, R.K. (2012). *Fly ash influences on sulfate heave in lime-stabilised soils*. Proceedings of the ICE. Ground Improvement, Vol. 165, No. 3, pp. 147–158, doi: 10.1016/j.fuel.2011.07.009.
- McCarthy, M.J., Csetenyi, L.J., Sachdeva, A. and Dhir, R.K. (2014). *Engineering and durability properties of fly ash treated lime-stabilised sulphate-bearing soils*. Engineering Geology, Vol. 174, pp. 139–148, doi: 10.1016/j.enggeo.2014.03.001.
- Mehta, P.K. (1983). *Mechanism of sulphate attack on Portland cement concrete-another look*. Cement and Concrete Research, Vol. 13, No. 3, pp. 401–406, doi: 10.1016/0008-8846(83)90040-6.



- Miller, G.A. and Azad, S. (2000). *Influence of Soil Type on Stabilization with Cement Kiln Dust*. Construction and Building Engineering, Vol. 14, No. 2, pp. 89–97, doi: 10.1016/S0950-0618(00)00007-6.
- Mitchell, J.K. and Dermatas, D. (1992). *Clay soil heave caused by lime-sulphate reactions*, ASTM Special Technical Publication 1135. ASTM, Philadelphia, PA, pp. 41–64, doi: 10.1520/STP15529S.
- Mitchell, J.K. (1986). *Practical problems from surprising soil behaviour*. Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 112, No. 3, pp. 274–279, <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=7868395>.
- Muntohar, A.S. and Hantoro, G. (2000). *Influence of rice husk ash and lime on engineering properties of a clayey subgrade*. Electronic Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 5, pp. 1–9.
- Nalbantoglu, Z. (2006). *Lime stabilization of expansive clay. Expansive soils-recent advances in characterization and treatment*. Taylor & Francis group, London, pp. 341–348.
- Nalbantoglu, Z. and Tuncer, E.R. (2001). *Compressibility and hydraulic conductivity of a chemically treated expansive clay*. Canadian Geotechnical Journal, Vol. 38, pp. 154–160, doi: 10.1139/cgj-38-1-154.
- Narasimha Rao, S., and Rajasekaran, G. (1996). *Reaction products formed in lime-stabilized marine clays*. Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 122, No. 5, pp. 329–336, doi: 10.1139/t00-076.
- NF EN 196-2. (2013). *Méthodes d'essais des ciments - Partie 2: analyse chimique des ciments*.
- NF EN 197-1. (2004). *Cement - Part 1: composition, specifications and conformity criteria for common cements*.
- NF P 15-108. (2000). *Liants hydrauliques routiers – Composition, spécifications et critères de conformité*.
- Okagbue, C.O. and Ochulor, O.H. (2007). *The potential of cement-stabilized coal-reject as a construction material*. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, Vol. 66, No. 2, pp. 143–151, doi: 10.1007/s10064-005-0033-y.
- Okagbue, C.O. and Yakubu, J.A., (2000). *Limestone ash waste as a substitute for lime in soil improvement for engineering construction*. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, Vol. 58, pp. 107–113, doi: 10.1007/s100640050004.
- Okumura, T. and Terashi, M. (1975). *Deep-lime-mixing method of stabilization for marine clays*. Proc. 5th Asian Regional Conf. on SMFE, Bangalore, Vol. 1, pp. 69–75.
- Ola, S.A. (1977). *The potentials of lime stabilization of lateritic soils*. Engineering Geology, Vol. 11, No. 4, pp. 305–317, doi: 10.1016/0013-7952(77)90036-9.
- Ola, S.A. (1978). *Geotechnical properties and behaviour of some stabilized Nigerian laterite soils*. Engineering Geology, Vol. 11, No. 2, pp. 145–160, doi: 10.1144/GSL.QJEG.1978.011.02.04.

- Osula, D.O.A. (1991). *Lime modification of problem laterite*. Engineering Geology, Vol. 30, No. 2, pp. 141–154, doi: 10.1016/0013-7952(91)90040-R.
- Osula, D.O.A. (1996). *A Comparative Evaluation of Cement and Lime Modification of Laterite*. Engineering Geology, Vol. 42, No. 1, pp. 71–81, SSDI: 0013-7952 (95) 00067-4.
- Ouhadi, V.R., Yong, R.N. (2008). *Ettringite formation and behaviour in clayey soils*. Applied Clay Science, Vol. 42, No. 1, pp. 258–265, doi: 10.1016/j.clay.2008.01.009.
- Ouhadi, V.R., Yong, R.N., Amiri, M. and Ouhadi, M.H. (2014). *Pozzolanic consolidation of stabilized soft clays*. Applied Clay Science, Vol. 95, pp. 111–118, doi: 10.1016/j.clay.2014.03.020.
- Parsons, R.L. and Kneebone, E. (2005). *Field performance of fly ash stabilized subgrade*. Ground Improvement, Vol. 9, No. 1, pp. 33–38.
- Prabakar, J., Dendorkarb, N. and Morchhale, R.K. (2004). *Influence of fly ash on strength behavior of typical soils*. Construction and Building Materials, Vol. 18, No. 4, pp. 263–267, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2003.11.003.
- Puppala, A.J., Griffin, J.A., Hoyos, L.R. and Chmotid, S. (2004). *Studies on Sulfate-Resistant Cement Stabilization Methods to Address Sulfate-Induces Soil Heave*. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, pp. 391–402, doi: 10.1061/(ASCE)1090-0241(2004)130:4(391).
- Puppala, A.J., Intharasombat, N. and Vempati, R.K. (2005). *Experimental studies on ettringite-induced heaving in soils*. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 131, No. 3, pp. 325–337, doi: 10.1061/(ASCE)1090-0241(2005)131:3(325).
- Puppala, A.J., Punthutaecha, K. and Vanapalli, S.K. (2006). *Soil-water characteristic curves of stabilized expansive soils*. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, Vol. 132, No. 6, pp. 736–751, doi: 10.1061/(ASCE)1090-0241(2006)132:6(736) C.
- Radhakrishnan, G., Raju G.V.R. and Venkateswarlu, D. (2010). *Study of Consolidation Accelerated by Sand Drains*. Indian Geotechnical Conference. GEOTrendz December 16–18–2010, IGS Mumbai Chapter & IIT Bombay. India. pp. 313–314. <http://gndec.ac.in/~igs/ldh/conf/2010/articles/077.pdf>.
- Rahman, M.D.A. (1986). *The potentials of some stabilizers for the use of lateritic soil in construction*. Building and Environment, Vol. 21, No. 1, pp. 57–61, doi: 10.1016/0360-1323(86)90008-9.
- Rajasekaran, G. (1994). *Physico-chemical behaviour of lime treated marine clay*. Ph.D Thesis, Indian Institute of Technology, Madras, India.
- Raja, A. (1990). *Influence of sulphates on consolidation and swelling behaviour of lime treated calcium bentonite*. M. Tech Thesis, Indian Institute of Technology, Madras, India.

- Rajasekaran, G. and Narasimha Rao, S. (1997). *The microstructure of lime-stabilization marine clay*. Ocean Engineering, Vol. 24, No. 9, pp. 867–878, doi: 10.1016/S0029-8018(96)00041-8.
- Rajasekaran, G. and Narasimha Rao, S. (1996). *Lime migration studies in marine clays*. Ocean engineering, Vol. 23, No. 4, pp. 325–355, doi: 10.1016/0029-8018(95)00030-5.
- Rajasekaran, G. and Narasimha Rao, S. (2002). *Compressibility behaviour of lime-treated marine clay*. Ocean engineering, Vol. 29, No. 5, pp. 545–559, doi: 10.1016/S0029-8018(01)00010-5.
- Rao, S.M. and Shivananda, P. (2005). *Compressibility behaviour of lime-stabilized clay*. Geotechnical and Geological Engineering, Vol. 23, No. 3, pp. 309–319, doi: 10.1007/s10706-004-1608-2.
- Rao, S. M. and Venkataswamy, B. (2002). *Lime pile treatment of black cotton soils*. Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Ground Improvement, Vol. 6, No. 2, pp. 85–93, doi: 10.1680/grim.2002.6.2.85.
- Reid, J.M., Czerewko, M.A., Cripps, J.C. and Hillier, D.M. (2001). *Sulphate specification for structural backfills*. Report 447, TRL Limited, Crowthorne, <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=18517077>.
- Rekik, B. and Boutouil, M. (2006). *Étude de la compressibilité et de la micro structure d'un sédiment de dragage traité au liant hydraulique*. IX èmes Journées Nationales Génie Civil-Génie Côtier, pp. 635–642, doi: 10.5150/jngcgc.2006.061-R.
- Rollings, R.S., Burkes, J.P. and Rollings, M.P. (1999). *Sulphate attack on cement stabilized sand*. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, ASCE Vol. 125, No. 5, pp. 364–372, doi: 10.1061/(ASCE)1090-02441(1999)125:5(364).
- Roy, D.M. (1986). *Mechanism of cement paste degradation due to chemical and physical process*. Proceedings of 8th International Congress on the Chemistry of Cement, Brazil, Vol. I, pp. 359–380.
- Sakr, M.A., Shahin, M.A. and Metwally, Y.M. (2009). *Utilization of lime for stabilizing soft clay soil of high organic content*. Geotechnical and Geological Engineering, Vol. 27, N. 1, pp. 105–113. doi: 10.1007/s10706-008-9215-2.
- Segui, P. (2011). *Elaboration de liants hydrauliques routiers à base de pouzzolane naturelle ou de cendre volante de papeterie*. Doctoral dissertation, Université de Toulouse, Université Toulouse III-Paul Sabatier, France, p. 207.
- Segui, P., Aubert, J.E., Husson, B. and Measson, M. (2013). *Utilization of a natural pozzolan as the main component of hydraulic road binder*. Construction and Building Materials, Vol. 40, pp. 217–223, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2012.09.085.
- Senol, A., Edil, T.B., Bin-Shafique, M.S., Acosta, H.A. and Benson, C.H. (2006). *Soft subgrades' stabilization by using various fly ashes*. Resources, Conservation and Recycling, Vol. 46, No. 4, pp. 365–376, doi: 10.1016/j.resconrec.2005.08.005.

- Sezer, A., Inan, G., Yilmaz, H.R. and Ramyar, K. (2006). *Utilization of a very high lime-fly ash for improvement of Izmir clay*. Building and Environment, Vol. 41, No. 2, pp. 150–155, doi: 10.1016/j.buildenv.2004.12.009.
- Sherwood, P.T. (1962). *Effect of sulphates on cement- and lime-stabilised soils*. Building and Highway Research Board, No. 353, pp. 98–107, <https://trid.trb.org/view.aspx?id=128024>.
- Shi, C. and Day, R.L. (2000a). *Pozzolanic reaction in the presence of chemical activators Part I. Reaction kinetics*. Cement and Concrete Research, Vol. 30, No. 1, pp. 51–58, doi: 10.1016/S0008-8846(00)00214-3.
- Shi, C. and Day, R.L. (2000b). *Pozzolanic reaction in the presence of chemical activators Part II. Reaction products and mechanisms*. Cement and Concrete Research, Vol. 30, No. 4, pp. 607–613, doi: PII S0008-8846(99)00205-7.
- Silitonga, E., Levacher, D. and Mezazigh, S. (2010). *Utilization of fly ash for stabilization of marine dredged sediments*. European Journal of Environmental and Civil Engineering, Vol. 14, No. 2, pp. 253–265. <http://www.tandfonline.com/loi/tece20>.
- Sivapullaiah, P.V. and Jha, A.K. (2014). *Gypsum induced strength behaviour of fly ash-lime stabilized expansive soil*. Geotechnical and Geological Engineering, Vol. 32, No. 5, pp. 1261–1273, doi: 10.1007/s10706-014-9799-7.
- Sivapullaiah, P.V., Sridharan, A. and Ramesh, H.N. (2000). *Strength behaviour of lime-treated soils in the presence of sulphate*. Canadian Geotechnical Journal, Vol. 37, No. 6, pp. 1358–1367, doi: 10.1139/t00-052.
- Sivapullaiah, P.V., Sridharan, A. and Ramesh, H.N. (2006). *Effect of sulphate on the shear strength of lime treated kaolinitic soil*. Ground Improvement, Vol. 10, No. 1, pp. 23–30, doi: 10.1680/grim.2006.10.1.23.
- Sivrikaya, O., Yavascan, S. and Cecen, E. (2014). *Effects of ground granulated blast furnace slag on the index and compaction parameters of clayey soils*. Acta Geotechnica Slovenica, Vol. 11, pp. 19–27, [http://www.fg.uni-mb.si/journal-ags/pdfs/AGS\\_2014-1\\_article\\_2.pdf](http://www.fg.uni-mb.si/journal-ags/pdfs/AGS_2014-1_article_2.pdf).
- Smith, C.J., Peoples, M.B., Keerthisinghe, G., James, T.R., Garden, D.L. and Tuomi, S.S. (1994). *Effect of surface applications of lime, gypsum and phosphogypsum on the alleviating of surface and subsurface acidity in a soil under pasture*. Australian Journal of Soil Research, Vol. 32, No. 5, pp. 995–1008, doi: 10.1071/SR9940995.
- Sridharan, A., Sivapullaiah, P.V. and Ramesh, H.N. (1995). *Consolidation behaviour of lime treated sulphate soils*. Proc. Int. Symp. Compression Consolidation Clayey Soils, Hiroshima, Japan, Vol. 1, pp. 183–188.
- Stavridakis, E.I. (2005). *Evaluation of engineering and cement-stabilization parameters of clayey-sand mixtures under soaked conditions*. Geotechnical and Geological Engineering, Vol. 23, No. 6, pp. 635–655, doi: 10.1007/s10706-004-0800-8.
- Stipho, A.S. (1989). *Some engineering properties of stabilized salina soil*. Journal of Engineering Geology, Vol. 26, No. 2, pp. 181–197, doi: 10.1016/0013-7952(89)90006-9.

- Taube, M.G. (2008). *Prefabricated Vertical Drains-The Squeeze Is On*. Geo-Strata-Geo Institute of ASCE, Vol. 9, No. 2, pp. 12–14.
- Terashi, M., Tanaka, H., Niidome, Y. and Sakanoi, H. (1980). *Permeability of treated soils*. Proceedings, 15th Japan Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Hiroshima, Japan, pp. 773–776.
- Thompson, M.R. (1966). *Lime reactivity of Illinois soils*. J. SM FE, Proc. ASCE, Vol. 92, pp. 67–92, <https://trid.trb.org/view.aspx?id=119340>.
- Tonoz, M.C., Ulusay, R. and Gokceoglu, C. (2004). *Effects of lime stabilization on engineering properties of expansive Ankara clay*. Engineering Geology for Infrastructure Planning in Europe, Vol. 100, pp. 466–474, doi: 10.1007/978-3-540-39918-6\_53.
- Townsend, D.C. and Kylv, T.W. (1966). *Durability of lime-stabilized soils*. Highway Research Board Bulletin, Vol. 139, pp. 25–41.
- Varghese P.C. (2005). *Foundation engineering*. New Delhi: PHI learning private limited, India.
- Wang, Z. (2002). *Seismic anisotropy in sedimentary rocks, part 1: A single-plug laboratory method*. Geophysics, Vol. 67, No. 5, pp. 1415–1422.
- Wild, S., Kinuthia, J.M., Jones, G.I. and Higgins, D.D. (1998). *Effect of partial substitution of lime with ground granular furnace slag (GGBS) on the strength properties of lime-stabilised sulphate-bearing clay soils*. Engineering Geology, Vol. 51, No. 1, pp. 37–53, doi: PII S0013-7952(98)00039-8.
- Wild, S., Kinuthia, J.M., Jones, G.I. and Higgins, D.D. (1999). *Suppression of swelling associated with ettringite formation in lime stabilized sulphate-bearing clay soils by partial substitution of lime with Ground Granulated Blastfurnace Slag*. Engineering Geology, Vol. 51, No. 4, pp. 257–277, doi: 10.1016/S0013-7952(98)00069-6.
- Yadu, L. and Tripathi, R.K. (2013). *Effect of granulated blast furnace slag in the engineering behaviour of stabilized soft soil*. Procedia Engineering, Vol. 51, pp. 125–131, doi: 10.1016/j.proeng.2013.01.019.
- Yilmaz, I. and Civelekoglu, B. (2009). *Gypsum: an additive for stabilization of swelling clay soils*. Applied Clay Science, Vol. 44, pp. 166–172, doi: 10.1016/j.clay.2009.01.020.
- Yi, Y., Gu, L. and Liu, S. (2015). *Microstructural and mechanical properties of marine soft clay stabilized by lime-activated ground granulated blastfurnace slag*. Applied Clay Science, Vol. 103, pp. 71–76, doi.org/10.1016/j.clay.2014.11.005.
- Yong, R.N. and Ouhadi, V.R. (2007). *Experimental study on instability of bases on natural and lime/cement-stabilized clayey soils*. Applied Clay Science, Vol. 35, No. 3, pp. 238–249, doi: 10.1016/j.clay.2006.08.009.
- <http://www.keller-france.com/techniques/applications/amelioration-et-renforcement-de-sol> (accédé le: 17 Juin 2016).