



**HAL**  
open science

## Traitement de vase fluviale en vue d'une utilisation routière

Magatte Fall, Damien Rangeard, Raoul Jauberthie, Franck Rendell, Laurent Molez

► **To cite this version:**

Magatte Fall, Damien Rangeard, Raoul Jauberthie, Franck Rendell, Laurent Molez. Traitement de vase fluviale en vue d'une utilisation routière. 1st International Conference on Sustainable Built Environment Infrastructures in Developing Countries, ENSET Oran, Oct 2009, Oran, Algérie. hal-01462681

**HAL Id: hal-01462681**

**<https://hal.science/hal-01462681v1>**

Submitted on 8 Feb 2017

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

## **TRAITEMENT DE VASE FLUVIALE EN VUE D'UNE UTILISATION ROUTIERE**

M. Fall, D. Rangeard, R. Jauberthie, F. Rendell, L. Molez

T. 2. [Performance of materials]

### **RESUME**

L'usine marémotrice située sur la Rance à Saint Malo (France) provoque un ensablement important de la baie. Le matériau déposé est de granulométrie très fine de type tangué, sable mouvant. L'extraction et l'utilisation d'un tel matériau ne sont possibles qu'après traitement.

Dans cette étude, on s'intéresse à la possibilité d'utiliser ce matériau sur la voirie environnante de faible trafic. Dans ce cas, des traitements sont nécessaires afin d'obtenir des caractéristiques géotechniques suffisantes.

Cette étude est basée sur une caractérisation physique et chimique du matériau par analyse MEB, micro analyse EDS et par diffraction X. Son caractère 'sable mouvant' est lié à sa composition minérale mais aussi à une importante partie biogène.

Le matériau contenant à la fois des argiles et des sables, on teste des traitements à base de mélange de chaux vive et de liant hydraulique. Les résultats obtenus montrent une nette amélioration des résistances en compression et de l'indice CBR avec la teneur en chaux et ciment. De plus, les caractéristiques obtenues avec ce type de traitement sont nettement supérieures à celles obtenus à partir de traitements à base de chaux seule ou de ciment seul.

### **MOT CLES**

Traitement de sol, stabilisation, sulfates, chaux aérienne, liant routier.

## 1. INTRODUCTION

La Rance est un fleuve côtier breton avec un faible dénivelé. Elle est composée d'une partie fluviale, avec de l'eau douce, et une partie aval maritime avec une eau saumâtre. L'écluse du Châtelier, lieu de ce travail, marque la limite entre la Rance fluviale et la Rance maritime. L'embouchure est traversée par le barrage de l'usine marémotrice. Ce dernier est responsable de l'envasement progressif du fleuve.

Les travaux de désensablement de la retenue du barrage de l'usine marée motrice de la Rance posent un problème de stockage et d'utilisation de la tange sédimentée. La présente étude porte sur les matériaux déposés au niveau de Châteauneuf d'Ile et Vilaine. Les caractéristiques géotechniques de ce matériau sont trop faibles pour envisager leur utilisation routière directe. Un traitement est nécessaire en vue de cette utilisation ou d'une utilisation nécessitant des caractéristiques mécaniques minimales (par exemple, en couche de forme à usage routier) [Kergoet 2001, i]. De nombreux paramètres entrent en jeu : le temps après la mise en place [Khatab, Al-Mukhtar, Fleureau 2007, ii], la température, qui modifie la cinétique, [Rao, Shivananda, 2005 iii] ou bien certains ajouts [Jha, Gill, 2006 iv] ou minéraux contenus dans le sol [Sivapullaiah, Sridharan, Ramesh, 2006 v].

Cette étude consiste, dans un premier temps, en une caractérisation physique et chimique du matériau. Dans un second temps, différents traitements à base de chaux ou de liant hydraulique sont réalisés. La performance des différents traitements est évaluée à partir d'essais mécaniques classiques (compression simple, indice CBR).

## 2. CARACTÉRISATION PHYSIQUE ET CHIMIQUE

### 2.1. Appareillage

La granulométrie est déterminée, à l'aide d'un granulomètre Cilas 1180 par diffraction laser, intégrant l'approximation de Fraunhofer et la théorie de Mie. Elle est réalisée sur le matériau naturel, préalablement séché à 100°C.

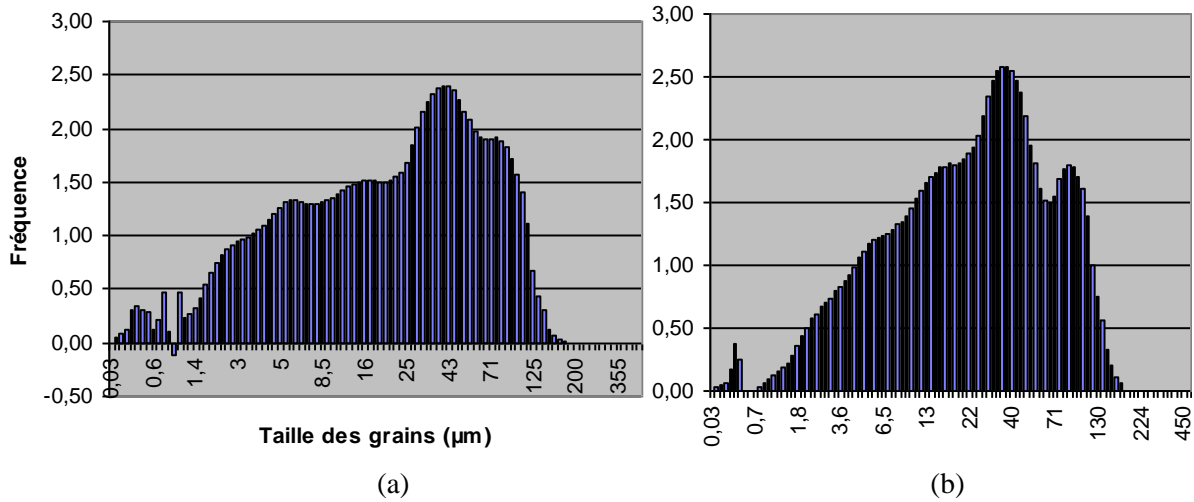
L'analyse X est obtenue à l'aide d'un diffractomètre Philips PW 3710 en montage Bragg Brentano (anticathode au cuivre, radiation Cu  $\alpha$  filtrée au Nickel). La puissance utilisée est de 30kVx20mA. L'enregistrement est de type pas à pas avec un pas de  $2\theta=0.02^\circ$  couvrant un angle  $2\theta$  de 2 à 60°.

Les observations au microscope électronique à balayage sont obtenues sur un appareil JEOL 6400 conventionnel muni d'une diode pour microanalyse EDS Oxford Inca. Il a ainsi été possible de quantifier les compositions globale et ponctuelle des échantillons. La tension d'accélération des électrons est de 9kV, la distance de travail de 15mm.

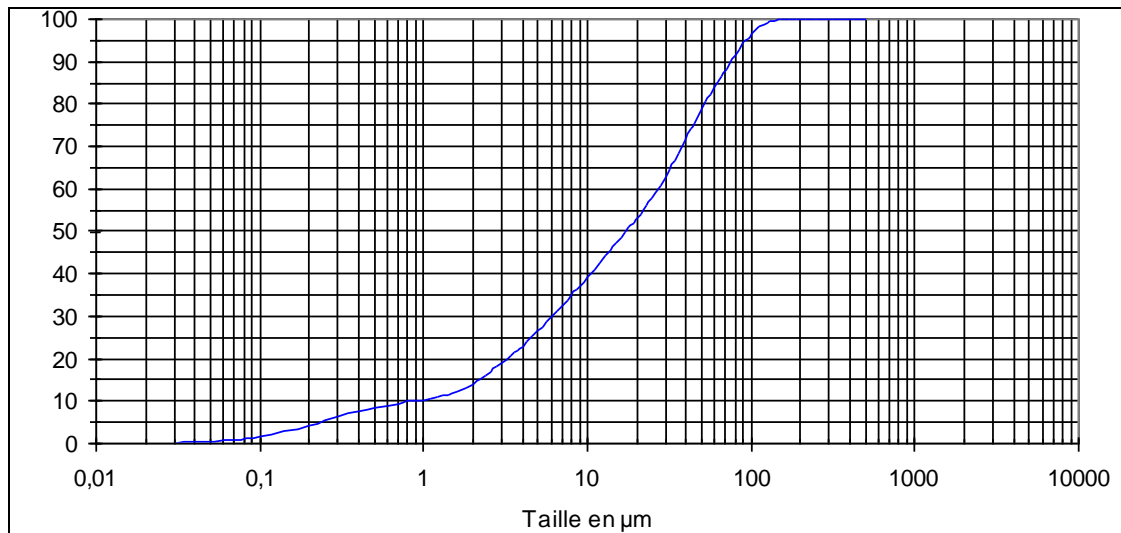
Des observations avec une meilleure définition et un plus fort grossissement sont obtenues avec un microscope électronique à effet de champ JEOL JSM 6301 FEG.

#### 2.1.1. Analyse granulométrique

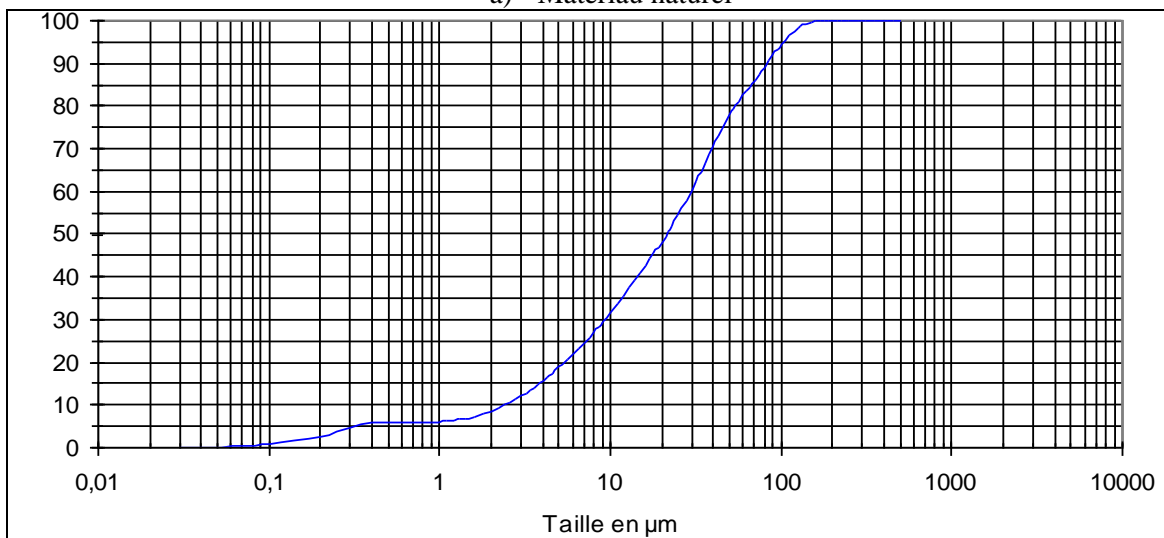
L'analyse granulométrique a été réalisée d'une part sur le matériau naturel, d'autre part sur le matériau préalablement attaqué à l'acide chlorhydrique. Cette attaque à l'acide chlorhydrique a pour but d'éliminer de l'échantillon la calcite présente (cf paragraphe 2.1.2). Les répartitions granulométriques du matériau naturel et du matériau attaqué à l'acide (sans calcite) ainsi obtenues sont reportées en Figure 1 (courbe en fréquence) et en Figure 2 (courbe en pourcentage cumulé).



**Figure 1.** Granulométrie du matériau - (a) : naturel ; (b) : sans calcite (fréquence).



a) Matériau naturel



b) Matériau sans calcite

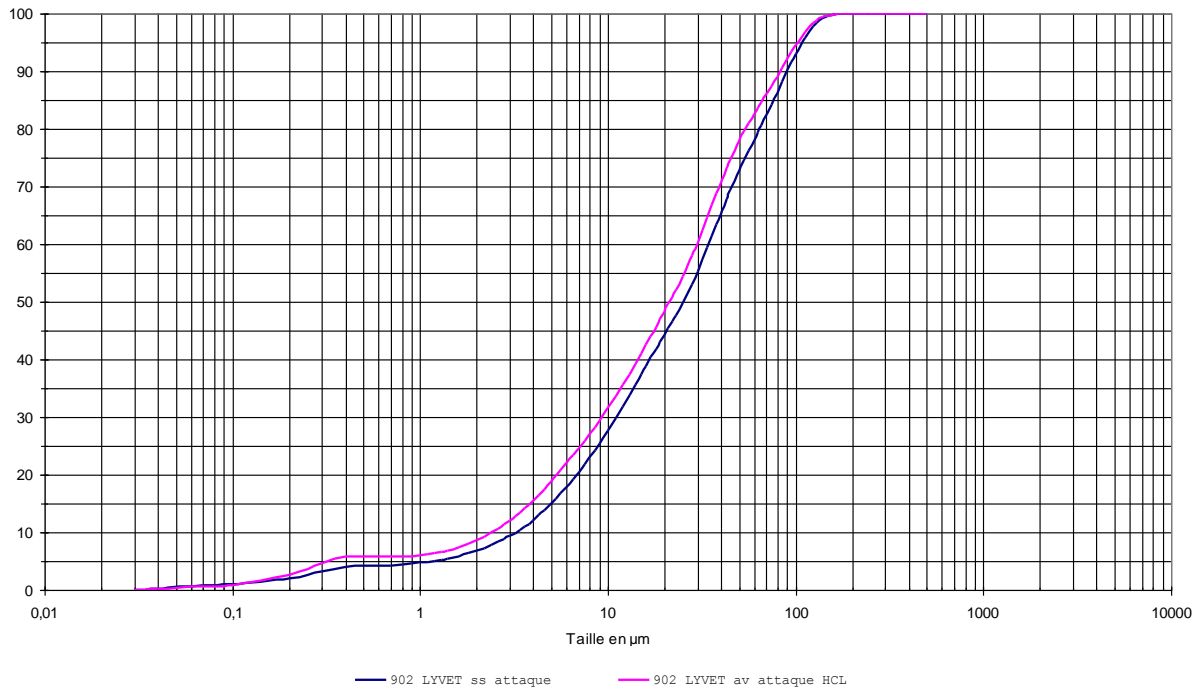
**Figure 2.** Granulométrie en pourcentage cumulé.

Les résultats mettent en évidence, pour le matériau naturel, une granulométrie relativement fine, inférieure à 100 µm. La classe de fréquence maximale se situe autour de 50µm. A titre indicatif, la décomposition granulométrique telle qu’habituellement utilisée en géotechnique est donnée Tableau 1 pour le matériau naturel.

**Tableau 1.** Décomposition granulométrique géotechnique du matériau naturel

Echantillon	%	Argile 0 - 2 µm	Limons 2 - 20 µm	Sables fins 20 - 200 µm	Sable grossier 0.2 - 2.0 mm	Moyen µm
902 MSM	Partiels	14,1	39,0	46,9	-	17
	Cumulés	14,1	53,1	100,0	-	

Dans le cas de l’échantillon sans calcite, l’analyse granulométrique montre que le pic de plus forte fréquence se situe autour de 35µm. Il semble donc que la calcite correspond principalement aux éléments les plus gros de la granulométrie du matériau. La comparaison des courbes granulométriques obtenues pour le matériau naturel et le matériau sans calcite, présentée Figure 3, confirme bien que la calcite se situe dans la partie de plus grosse granulométrie.



**Figure 3.** Granulométrie comparée des matériaux sans (courbe bleue) et avec attaque chlorhydrique (courbe rose).

### 2.1.2. Diffractométrie X

L’analyse minéralogique RX du matériau naturel est reportée Figure 4. Les minéraux identifiés sont essentiellement du quartz, de la calcite et en plus faible quantité des argiles (la kaolinite et l’illite). Toutefois, la quantité d’argile est très faible, et est probablement insuffisante pour une utilisation directe du matériau en tant que barrière d’étanchéité.

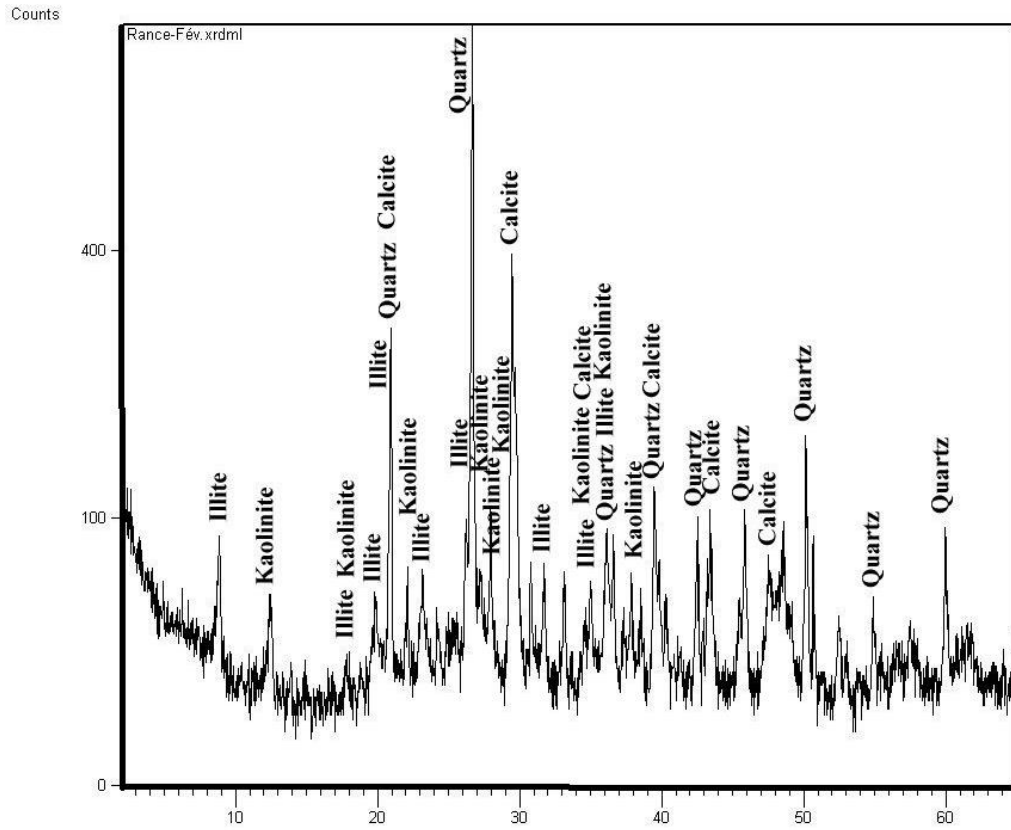


Figure 4. Diagramme de diffraction X du sable ( $K\alpha$  Cu filtré)

### 2.1.3. Observations au MEB à effet de champ

Les observations au microscope électronique à effet de champ réalisées ont portées uniquement sur la composante biogène du matériau. Les Figure 5, Figure 6 et Figure 7 montrent respectivement des diatomées plus ou moins altérées et broyées, des spicules d'éponges (avec leurs formes habituelles en tuyaux) avec un diamètre d'une dizaine de  $\mu\text{m}$  et un coccolite et un morceau de coccolite. Toutes ces formations biogènes sont constituées soit de calcite  $\text{CaCO}_3$ , soit de silice  $\text{SiO}_2$ .

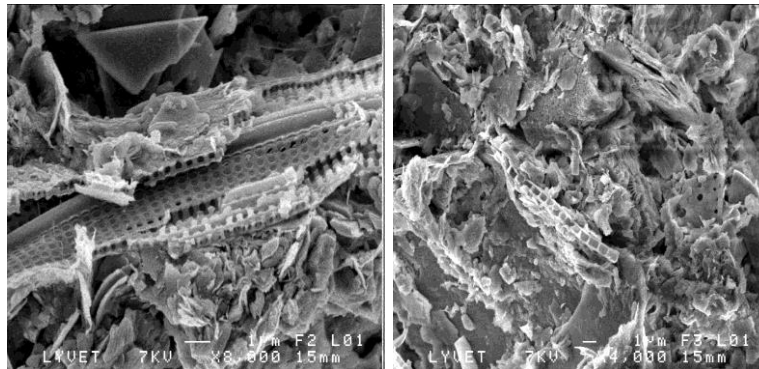
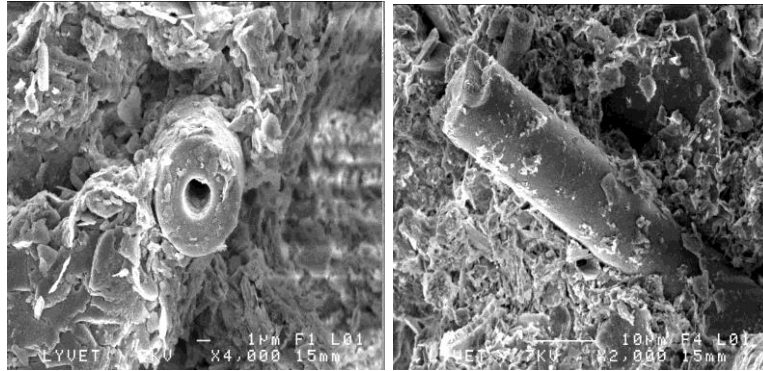
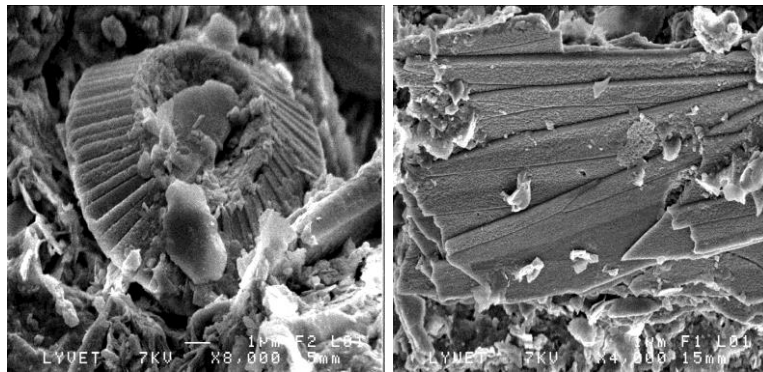


Figure 5. Observation au MEB d'une diatomée.



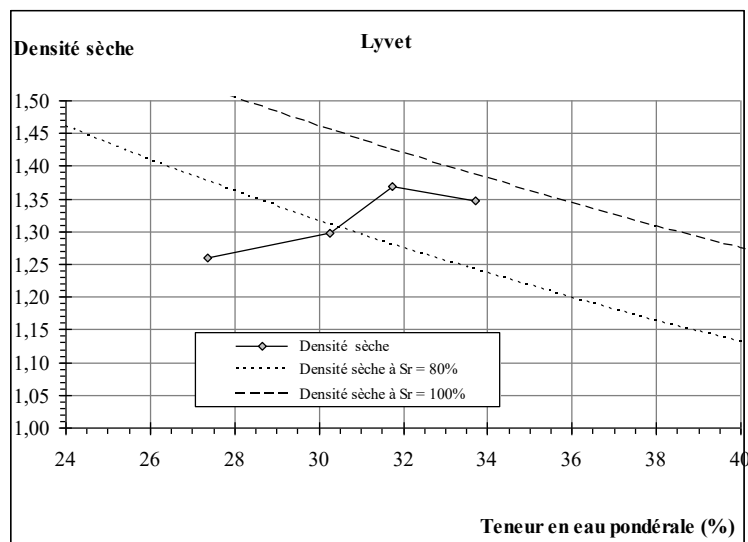
**Figure 6.** Observation au MEB d'une spicule.



**Figure 7.** Observation au MEB d'un coccolite.

#### 2.1.4. Essai Proctor, matériau non traité

L'essai Proctor est utilisé pour déterminer la teneur en eau optimale qui conduit, à énergie de compactage fixée, à une densité sèche maximale. Les résultats de l'essai Proctor réalisé sur le matériau naturel est présenté Figure 8. Cette figure fait apparaître l'évolution de la densité sèche en fonction de la teneur en eau à la mise en place. L'exploitation de cet essai conduit à une valeur de la teneur en eau optimum Proctor de 31,8%, et une densité sèche à l'optimum de 1,37, correspondant à un poids volumique sec de 13,7 kN/m<sup>3</sup>.



**Figure 8.** Résultat de l'essai Proctor.

#### 2.1.4. Essai CBR, matériau non traité

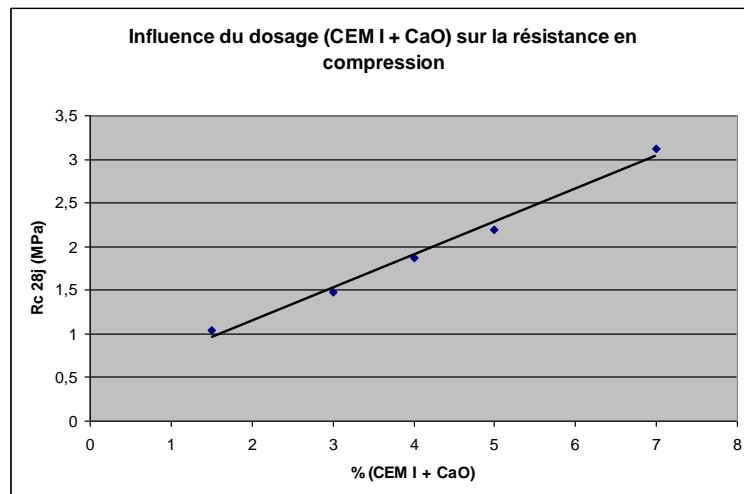
L'essai CBR (Californian Bearing Ratio) est réalisé sur le matériau non traité, mis en place dans le moule à une teneur en eau proche de l'optimum Proctor c'est-à-dire à 30%. Les résultats obtenus sont reportés Tableau 2. L'indice CBR déterminé est de 5.5.

**Tableau 2.** Essai CBR sur la vase non traitée.

Enfoncement (mm)	Force (N)	Résistance (MPa)	I <sub>CBR</sub>
2.5	703	0.36	5.1
5	1140	0.58	5.5

### 3. TRAITEMENTS AU CIMENT ET CHAUX

Dans cette série d'essais, le sédiment est traité avec un mélange de chaux et de ciment CEM I. La chaux est anhydre, le rapport massique chaux/ciment est pris égal à 1. L'évolution des résistances en compression à 28j en fonction du dosage en (chaux+ciment)/sédiment sec est reportée Figure 9. On note que, lorsque le dosage passe de 1,5% à 7% la résistance à la compression à 28 jours est multipliée par un facteur 3. De plus, les résistances obtenues avec un mélange (chaux + ciment) sont supérieures à celles obtenues avec un traitement au ciment seul et à celles obtenues avec un traitement à la chaux seule. A titre d'exemple, la résistance à la compression à 28j obtenue après traitement à 3% de ciment est de 1,63MPa, celle obtenue après traitement à 3% de chaux seule est de 1,23MPa. Dans le cas d'un traitement à 3% de ciment + 3% de chaux la résistance obtenue est de 2,75MPa.



**Figure 9.** Evolution de Rc à 28j en fonction du dosage en chaux+ciment.

De la même manière, un essai CBR (Californian Bearing Ratio) est réalisé sur la matériau traité (chaux + ciment) et confectionné avec une teneur en eau proche de l'optimum Proctor. Le dosage pondéral en ciment et en chaux (par rapport à la masse sèche) est fixé à 4%. Avant essai, le moule CBR est enveloppé dans un film étanche et conservé pendant 8j permettant ainsi à la stabilisation de se réaliser à humidité quasiment constante. Les résultats de l'essai CBR alors obtenus sont portés dans le Tableau 3. L'indice CBR identifié est dans ce cas de 16.5, soit trois fois supérieur à celui identifié sur le matériau naturel.

**Tableau 3.** Essai CBR sur la vase traitée.

Enfoncement (mm)	Force (N)	Résistance (MPa)	I <sub>CBR</sub>
2.5	2100	1.08	15.1
5	3442	1.75	16.5



#### 4. CONCLUSIONS

L'analyse des vases amont du barrage de la Rance (France) a permis de définir la composition chimique et minéralogique de ce matériau. Les éléments minéraux composant le matériau sont principalement du quartz, de la calcite et, dans une moindre quantité, de l'argile sous forme d'illite et de kaolinite.

Les éléments sableux (quartz) associés aux minéraux argileux ont été traités avec un mélange chaux + ciment. A 28j, la résistance à la compression de la tange traitée à la chaux+ciment est supérieure à la somme des résistances de la tange traitée à la chaux seule et traitée au ciment seul. L'indice CBR est, quant à lui, multiplié par 3 par rapport au matériau sans traitement.

Des essais complémentaires sont nécessaires afin d'analyser l'influence d'ajouts complémentaires de type sulfate et d'optimiser l'énergie de compactage. Enfin, la durabilité des éléments ainsi stabilisés et conservés à un taux d'humidité variable devra être prise en compte.

#### REFERENCES

- 
- Kergoet, M., 2001 'Exemple d'étude de traitement pour déterminer l'emploi d'un sol en couche de forme'. *Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées*, **231**, March/April, pp. 19-24.
- Khattab, A., Suhail, Al-Mukhtar, M.; Fleureau, J. M., 2007 *Long-Term stability characteristics of a lime-treated plastic soil*, *Journal of Materials in Civil Engineering*, **19**, n 4, April, pp. 358-366.
- Rao, M., Sudhakar, Shivananda, P., 2005, *Role of curing temperature in progress of lime-soil reactions*, *Geotechnical and Geological Engineering*, **23**, n 1, February, pp. 79-85.
- Jha, J.N., Gill, K. S., 2006, *Effect of rice husk ash on lime stabilization of soil*, *Journal of the Institution of Engineers (India): Civil Engineering Division*, **87**, n NOV., Nov 28, pp. 33-39.
- Sivapullaiah, P. V., Sridharan, A., ; Ramesh, H. N., 2006, *Effect of sulphate on the shear strength of lime-treated kaolinitic soil*, *Ground Improvement*, **10**, n 1, January, , pp. 23-30.