

Etude expérimentale du comportement chimio-mécanique des sédiments traités aux liants géopolymères

Ishak MOGHRABI, Harifidy RANAIVOMANANA, Fateh BENDAHMANE,
Ouali AMIRI

Génie civil, GeM UMR 6183 CNRS
IUT de Saint Nazaire, Université de Nantes
58 rue michel ange, 44600 Saint Nazaire
ishak.moghrabi@univ-nantes.fr
Harifidy.ranaivomanana@univ-nantes.fr
Fateh.bendahmane@univ-nantes.fr
Ouali.amiri@univ-nantes.fr

Les opérations de dragage des sédiments sont nécessaires pour maintenir de bonnes conditions de navigabilité des ports et les voies navigables. En France, 26.89 Millions de Tonnes de sédiments ont été dragués en 2013 [1]. La valorisation de ces sédiments est une alternative à l'immersion en mer et au stockage à terre. La stabilisation des sédiments fins nécessite la plupart du temps un traitement préalable, souvent par ajout de liants hydrauliques (chaux, ciment). Parmi les voies potentielles où les sédiments pourraient être valorisés, les filières matériau de remblai et de couche de forme routière sont les plus intéressantes du point de vue économique, environnementale et technique. La stabilisation des sédiments nécessite l'utilisation des liants hydrauliques comme le ciment et la chaux. L'utilisation intensive de ces liants, a un impact considérable sur l'environnement (émissions de CO₂, la consommation d'énergie et de matières premières). Les géopolymères sont des liants alternatifs pour le ciment ordinaire [2].

Dans cette étude, la faisabilité de la stabilisation d'un sédiment très organique a été étudiée. Ses propriétés physiques ont d'abord été étudiées, ainsi que sa composition minéralogique en utilisant l'essai thermogravimétrique (TG) et la diffraction des rayons X (DRX). Un liant hydraulique et deux liants géopolymères, GP1 : GGBFS/silicate de sodium et GP2 : cendres volantes/GGBFS/silicate de potassium, ont été caractérisés puis utilisés pour la stabilisation des sédiments. Les sédiments ont été mélangés avec 5 à 15% des liants, puis des échantillons cylindriques de 5 cm de diamètre ont été fabriqués par compactage statique. Les propriétés des sédiments traités ont été étudiées comme le suivant :

- ❖ L'essai d'aptitude au traitement pour mesurer la gonflement volumique et résistance en compression diamétrique des échantillons immergés à 40 °C pour 7 jours,
- ❖ L'activité thermique en utilisant l'essai micro-calorimétrique,
- ❖ La composition minéralogique en utilisant l'essai TG, DRX, ainsi que la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF),
- ❖ La résistance mécanique simple à 28 jours,
- ❖ La microscopie électronique à balayage (MEB) pour étudier les propriétés texturales des matériaux.

Ce programme expérimental a permis d'identifier l'effet de chaque liant utilisé sur le traitement des sédiments, et puis d'identifier l'origine des résultats mécaniques au niveau de la microstructure.

Les Figure 1,2 et 3 montrent quelques résultats de 3 différents essais. La Figure 1 montre l'activité chimique des liants utilisés. GP2 et le ciment ont d'activité similaire, supérieur au GP1, dû à la forte teneur en calcium dans GP2 que dans GP1. La Figure 2 montre les résultats de TG sur le ciment ordinaire CEM II 32.5. Dans cette Figure, on peut identifier les produits d'hydratation du ciment comme le CSH, l'ettringite entre 100 °C et 200 °C et la portlandite entre 400 °C et 500°C, et les carbonates entre 600 °C et 750 °C. Finalement la Figure 3 montre les résultats de DRX sur les sédiments traités au ciment. Des hydrates ont été identifiés comme l'ettringite et la portlandite. Ces résultats expliquent l'origine de la résistance mécanique des sédiments solidifiés.

Les résultats ont montré que le traitement avec les géopolymères est faisable. Les produits d'hydratation et de géopolymérisation, formés à proximité et autour des particules minérales, induisent une floculation/agglomération des particules, réduisant la proportion de particules non attachées et générant des agrégats plus grands. Ce qui augmente ensuite la taille des particules et améliore la résistance mécanique des matériaux traités. Cependant, la présence de matière organique dans le complexe argilo-organique induit un effet de revêtement sur les particules d'argile qui dissimule la floculation [3].

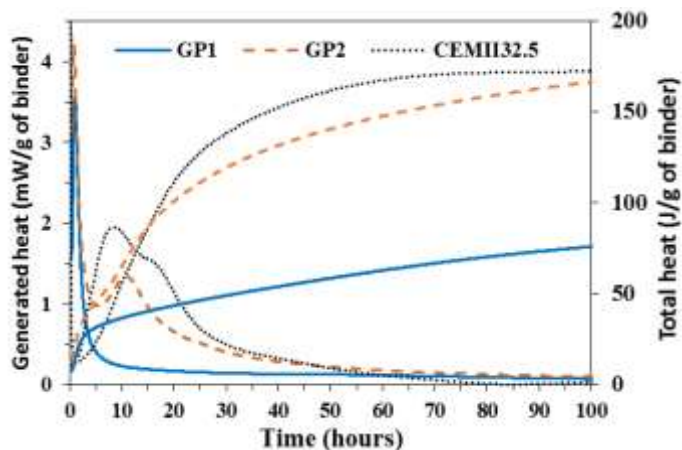


Fig. 1: Analyse micro-calorimétrique sur les liants utilisés

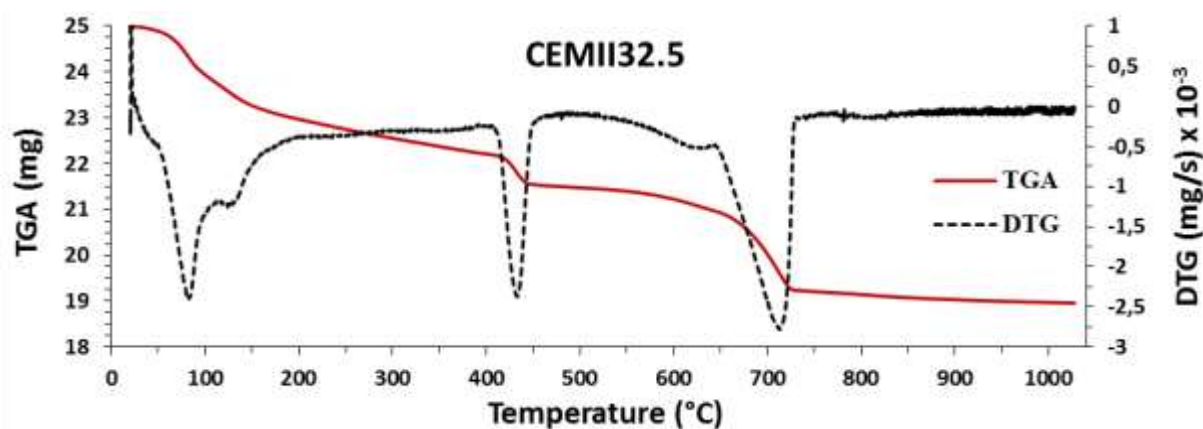


Fig. 2: ATG-DTG sur le ciment ordinaire CEMII 32.5

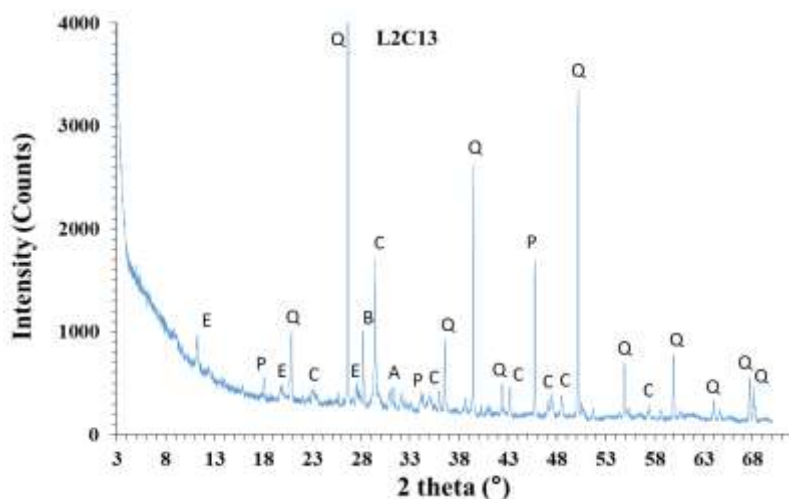


Fig. 3: Résultats de DRX sur les sédiments traités au ciment

Références

- [1] CETMEF. Enquête dragage 2013 - Synthèse des données [Dredging survey 2013 - Data synthesis]. 2013. p. 40.
- [2] DAVIDOVITS J. Mineral polymers and methods of making them. U.S. Patent No. 4,349,386. 14 Sep 1982.
- [3] B. Rekik, M. Boutouil, Geotechnical properties of dredged marine sediments treated at high water/cement ratio, Geo-Mar. Lett. 29 (2009) 171–179. doi:10.1007/s00367-009-0134-x.