



Étude du comportement de sédiments de dragage marins à l'essai d'aptitude au traitement

**Mohamed BOUTOUIL^{1,2}, Farouk BEN ABDELGHANI¹,
Lucile SAUSSAYE^{1,2}, Walid MAHERZI^{1,2}**

1. ESITC Caen, 1 rue Pierre et Marie Curie, F-14610 Epron, France.

dir.recherche@esitc-caen.fr

2. ERPCB, UCBN, Bât. Sciences 2, Bld du Maréchal Juin, F-14032 Caen, France.

Résumé :

Les résultats présentés dans cet article s'inscrivent dans le cadre du projet de recherche Européen SETARMS dont l'un des objectifs est de rechercher des solutions innovantes et durables de gestion des sédiments marins dragués en Manche (France-Angleterre) pour une application en techniques routières. Après la détermination des caractéristiques physico-mécaniques et de classification des sédiments selon le GTR, les recommandations du GTS ont été utilisées pour le traitement des sédiments aux liants hydrauliques. Ainsi une formulation à 3% de chaux et 6% de ciment est appliquée à cinq sédiments. Des essais d'aptitude au traitement comprenant des mesures de gonflements volumiques (G_v) et de résistances à la traction indirecte (R_{it}) ont été réalisés sur ces cinq sédiments traités selon les normes standards en vigueur en France. Les résultats obtenus montrent que malgré des classes GTR assez proches (A1 et A2), les sédiments traités répondent différemment aux essais d'aptitude. Ces premiers résultats, utiles au développement du projet, permettent une meilleure compréhension des mécanismes de traitement aux liants hydrauliques.

Mots-clés :

Sédiments de dragage – Essai d'aptitude – Liants hydrauliques – Valorisation – Techniques routières

1. Introduction

La Manche et la Mer du Nord constituant un enjeu économique, écologique et patrimonial majeur pour la France, plusieurs partenaires se sont groupés au sein du projet SETARMS (Sustainable Environmental Treatment and Reuse of Marine Sediment : www.setarms.org). Ce projet européen, de par sa structure partenariale et ses objectifs, permettra de trouver des solutions économiques et environnementales au dragage, basées sur des travaux scientifiques et techniques. Privilégiant les traitements aux liants hydrauliques et la valorisation en technique routière (sous-couches ou remblais), le projet opérationnel SEDIMARD 83 s'est focalisé sur des traitements de sédiments par inertage. Les résultats de l'étude de valorisation des sédiments ainsi traités (SANNIER *et al.*, 2009 ; LEVACHER *et al.*, 2011) montrent que les

performances mécaniques (seuil de 1 MPa exigé pour la résistance à la compression simple à 28 jours) associées à une approche environnementale et économique sont atteintes avec plusieurs combinaisons de prétraitement et traitement. Dans le cadre du projet SETARMS, la méthodologie de valorisation en couche de forme repose sur les recommandations des guides techniques LCPC-SETRA (1992) de terrassements et de traitement (GTR et GTS), références pour ce type d'application. Les résultats analysés concernent des essais d'aptitude au traitement : (i) mesures de gonflements volumiques (G_v), (ii) détermination des résistances à la traction indirecte (R_{it}) sur cinq sédiments traités aux liants hydrauliques.

2. Matériaux et méthodes

Une première étape de caractérisation géotechnique menée sur des sédiments bruts a permis de classer ces cinq sédiments selon le GTR en sols fins A1 ou A2, faiblement à fortement organiques F11 ou F12 (tableau 1).

Selon les recommandations du GTS et à partir des résultats d'un essai de point de fixation de la chaux (PFC) (mentionné par ZRI *et al.*, 2011), la formulation choisie pour traiter l'ensemble des sédiments du projet au cours de cette étape préliminaire est la suivante : 3% de chaux vive et 6% de ciment CEMII 32,5 par rapport à la masse sèche du mélange.

Une fois la formulation de traitement définie, les caractéristiques de compactage des mélanges sont déterminées selon l'essai Proctor normal. Les éprouvettes cylindriques de dimensions 5×5 cm (hauteur×diamètre) pour les essais d'aptitude au traitement sont confectionnées par compression statique à la teneur en eau optimale w_{OPN} et à 96% de la masse volumique sèche maximale ρ_{dOPN} . Trois éprouvettes sont destinées à la mesure de G_v et trois autres à la détermination de R_{it} . Les éprouvettes sont conservées pendant 4h à une humidité relative supérieure à 90% et à une température de $20\pm 2^\circ\text{C}$, avant leur immersion dans un bain thermostatique réglé à 40°C pendant 7j. Ces conditions de cure accélèrent les réactions d'hydratation au sein du matériau traité et permettent d'entrevoir rapidement une perturbation physico-chimique éventuelle.

Tableau 1. Classification GTR des cinq sédiments.

<i>Echantillons</i>	<i>A001</i>	<i>B001</i>	<i>C001</i>	<i>D001</i>	<i>F001</i>
<i>Classification</i>	<i>A2F11</i>	<i>A1F11</i>	<i>A1F12</i>	<i>A1F11</i>	<i>A2F12</i>

3. Résultats et discussions

La détermination du PFC repose sur la mesure du pH des sédiments après addition de chaux vive à différents taux par rapport à la masse sèche de sédiment. La figure 1 montre qu'à partir d'un pourcentage de chaux de 3%, le pH se stabilise à la valeur de 12,4 attendue pour obtenir un milieu favorable au développement d'hydrates

cimentaires et ainsi au développement de performances mécaniques. Un dosage de 3% a donc été retenu pour le traitement.

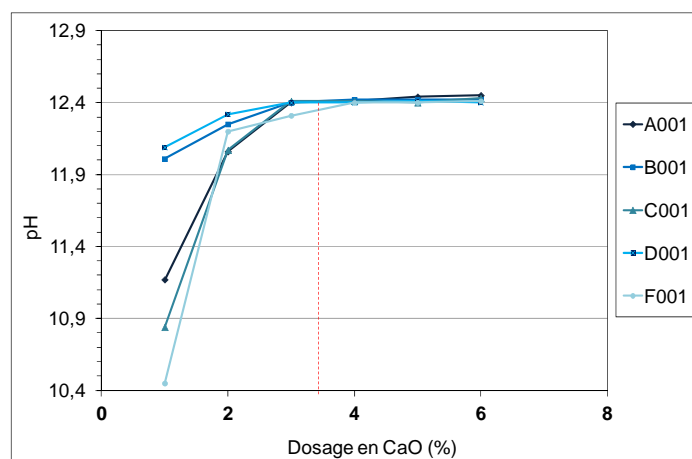


Figure 1. Evolution du pH des cinq sédiments en fonction du pourcentage de chaux.

Les caractéristiques de compactage des sédiments traités selon l'essai Proctor normal correspondent à des masses volumiques sèches comprises entre 1,31 et 1,61 t/m³ pour des teneurs en eau optimales variant entre 20 et 30%.

Le tableau 2 montre que seul le sédiment B001 est apte au traitement. Il semble y avoir concordance entre la teneur en M.O. et le Gv. Néanmoins, le phénomène de gonflement implique la présence d'autres éléments dits perturbateurs non encore analysés.

Tableau 2. Gonflements volumiques des cinq sédiments.

Echantillon	Résultats	M.O. (%)	Critère de jugement pour Gv (LCPC-SETRA, 2000)	Jugement
A001	Non mesurable*	10	$Gv < 5\%$: sédiment apte au traitement $5 \leq Gv \leq 10$: douteux $Gv > 10$: inapte	Inapte
B001	1%	5		Apte
C001	6%	14		Douteux
D001	5%	8		Douteux
F001	Non mesurable*	11		Inapte

* : éprouvettes déstructurées

Les valeurs de R_{it} sont représentées sur la figure 2. Un seuil de 0,20 MPa doit être atteint pour valider l'aptitude d'un sédiment au traitement appliqué. Dans le cas présent, les cinq sédiments ne développent, au cours des 7 jours d'immersion à 40°C, que des R_{it} inférieures à 0,05 MPa, les définissant ainsi comme étant inaptes au traitement.

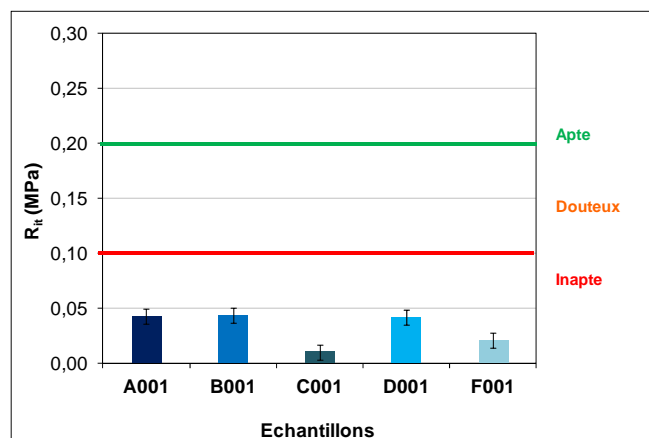


Figure 2. Résistances à la traction indirecte des cinq sédiments.

4. Conclusion

Il est fait état des premiers résultats de traitement engagé pour une valorisation en couche de forme, reposant sur le GTR et le GTS. Après une classification GTR des sédiments les regroupant dans des classes de types sols fins A1 et A2, une formulation de traitement avec 3% de chaux vive et 6% de CEMII 32,5 a été appliquée. Le premier essai prescrit par le GTS avant de poursuivre une étude plus complète en laboratoire pour un matériau traité aux liants hydrauliques est l'essai d'aptitude au traitement. Les résultats obtenus pour cinq sédiments révèlent une inaptitude des sédiments bruts à l'emploi en technique routière pour cette formulation recommandée par le GTS. Ceci suggère que pour répondre aux exigences du GTS en termes de performances mécaniques à court et à long termes, il faudra tenir compte des propriétés des sédiments et rechercher un traitement adapté. C'est à quoi le projet SETARMS devra répondre pour envisager de façon pratique une valorisation des sédiments de dragage.

5. Références

- LEVACHER D., SANCHEZ M., DUAN Z., LIANG Y. (2011). *Valorisation en unité pilote de sédiments méditerranéens : étude des caractéristiques géotechniques et de la perméabilité*. Revue Paralia, Vol. 4, pp 4.1–4.20. doi:10.5150/revue-paralia.2011.004
- LCPC-SETRA (1992). *Réalisation des remblais et des couches de forme (GTR) - Guide technique*. Fascicules I et II. 200 p.
- LCPC-SETRA (2000). *Traitement des sols à la chaux et/ou aux liants hydrauliques (GTS) - Application à la réalisation des remblais et des couches de forme - Guide technique*. 240 p.
- SANNIER L., LEVACHER D., JOURDAN M. (2009). *Approche économique et validation de méthodes de traitements aux liants hydrauliques de sédiments marins contaminés*. Revue Paralia, n° 2, pp. s2.1–s2.15. doi:10.5150/revue-paralia.2009.s02
- ZRI A., ABRIAK N.E., ZENTAR R. (2011). *Caractérisation physico-mécanique d'un sédiment brut et traité à la chaux*. EJECE. Vol. 15. n° 2, pp. 239-267.