

Caractérisation d'un béton allégé à base de sédiments marins

Zambon A.¹, Saiyouri N.¹, Sbartai M.¹, Duplaine H.²

¹ Institut de Mécanique et d'Ingénierie Département Génie Civil et Environnemental – I2M UMR CNRS 5295

² Entreprise Balineau, 3 Avenue Paul Langevin, 33600 Pessac

RÉSUMÉ. Cette étude présente le développement d'un béton innovant qui réutilise les sédiments marins en tant que matière première et en remplacement des granulats traditionnellement utilisés. Il est fabriqué à partir d'une mousse pour lui conférer une faible densité. Le béton développé dans cette étude est fabriqué à partir d'un sol artificiel pour palier au problème de variabilité de ce dernier. L'objectif est de mettre en place une méthode de formulation, un procédé de fabrication et une base de données des caractéristiques de ce matériau. La méthode de formulation est basée sur un paramètre relié à la limite de liquidité des sédiments marins. Les différentes formulations ont été caractérisées mécaniquement en compression à 28 jours. En fin le retrait de dessiccation du matériau a été évalué.

ABSTRACT. This study deals with the development of an innovative concrete which reuses marine sediments as raw material and as replacement of aggregates traditionally used. It is made from air-foam to confer it a lower density. The concrete made during the study use an artificial soil to address the variability of the soil. The experimental works aim to establish a mix design method, a manufacturing process and a database about the concrete characteristics. The mix design method is based on a parameter related to the liquid limit of marine sediments. Mechanical tests has been led at 28 days. The desiccation shrinkage has been evaluated.

MOTS-CLÉS : sédiments marins, dragage, mousse, béton allégé, résistance mécanique, retrait de dessiccation.

KEYWORDS: marine sediments, dredging, air-foam, lightweight concrete, mechanical strength, desiccation shrinkage

1. Introduction

L'activité de dragage consiste à enlever les fonds marins dans les ports dans le but de sécuriser la navigation et l'aménagement d'un quai en assurant une hauteur d'eau suffisante pour le passage des bateaux. Les sédiments marins sont issus de la ségrégation des roches. La quantité de sédiments dragués en France chaque année s'élève à environ 50 millions de mètres cubes [DUC 11]. Jusqu'à dans les années 80, la solution utilisée était le relargage en mer. Cependant cette méthode représente une menace pour l'écosystème littoral. Le devenir des sédiments marins issus du dragage a donc fait l'objet d'une réglementation qui impose de les mettre en dépôt. La valorisation des sédiments marins dans la formulation des bétons constitue un véritable enjeu écologique et économique [GRO 05].

Le béton développé dans cette étude est fabriqué à partir d'un sol artificiel pour pallier au problème de variabilité des prélèvements naturels. L'absence de matière organique dans notre sol artificiel est donc à prendre en compte sur l'applicabilité de nos résultats à un sol naturel. L'incorporation de la mousse dans le béton permet d'obtenir une densité plus faible qu'un béton classique. Ce béton correspond à un matériau de remblais. Les applications visées correspondent à des rénovations de quais maritime afin d'utiliser de manière in situ les sédiments marins dragués. Cet article présente les différentes formulations étudiées et caractérisées mécaniquement et au niveau de la perméabilité et du retrait.

2. Méthodes et matériaux

2.1. Matériaux

Le béton développé dans cette étude a pour but de recycler des sédiments marins du bassin d'Arcachon (port du Rocher). La valeur moyenne de la limite de liquidité de 4 échantillons est égale à 98,85%. Dans le cadre de notre étude, pour s'assurer de la stabilité des caractéristiques du sol, un sol artificiel est utilisé. Il est constitué de bentonite calcique et de sable calibré de diamètre 0,125mm. La bentonite calcique se caractérise par la présence de cation Ca^{2+} entre les feuillets de silice et d'alumine ce qui lui confère une capacité de gonflement importante. Les proportions en bentonite et en sable sont fixées pour obtenir une limite de liquidité proche de celle des prélèvements du bassin d'Arcachon (site du Port du Roche). La composition du sol artificiel a été fixée à 80% de bentonite et de 20% de sable calibré de diamètre 0,125mm pour obtenir une limite de liquidité de 90%.

2.2 Méthode de formulation

La méthode de formulation utilise le paramètre w/w_L qui correspond au rapport de la limite de liquidité (w_L) et de la teneur en eau du sol (w) [HOR14]. Les paramètres fixés pour une formulation sont le pourcentage massique de ciment « C », le rapport « w/w_L », le pourcentage volumique de mousse « M » (par rapport au volume « ciment+eau+sol »)

Le ciment utilisé correspond à un ciment de classe I (CEMI 52,5 N PM-CP 2). L'étude vise à minimiser la quantité de ciment pour minimiser le coût du matériau. La vitesse de malaxage utilisée pour la fabrication des éprouvettes correspond à 30tr/min. Les moules utilisés sont cubiques de dimension $100 \times 100 \times 100 \text{mm}^3$ pour les essais mécaniques à la compression selon la norme EN 206. Avant de couler le béton frais, les moules sont huilés afin de faciliter le démoulage. Aucun procédé de mise en place n'est utilisé (la mise en place est donc sans vibration). Une fois démoulées (après 5 jours), les éprouvettes sont placées dans des bacs à humidité contrôlée égale à 90%HR et à une température de 20°C pour palier le phénomène de fissuration et de retrait. Les pourcentages de ciment testés sont 4%, 8%, 12%, 15% et 18%. Les pourcentages de mousse testés pour chaque quantité de ciment sont 0%, 20%, 30% et 50% par rapport au volume « ciment+eau+sol ».

3. Résultats et discussions

1.1. Résistance mécanique en compression

La résistance mécanique en compression sur presse mesurée à 28 jours augmente en fonction de la densité avec une tendance exponentielle pour l'ensemble des formulations testées.

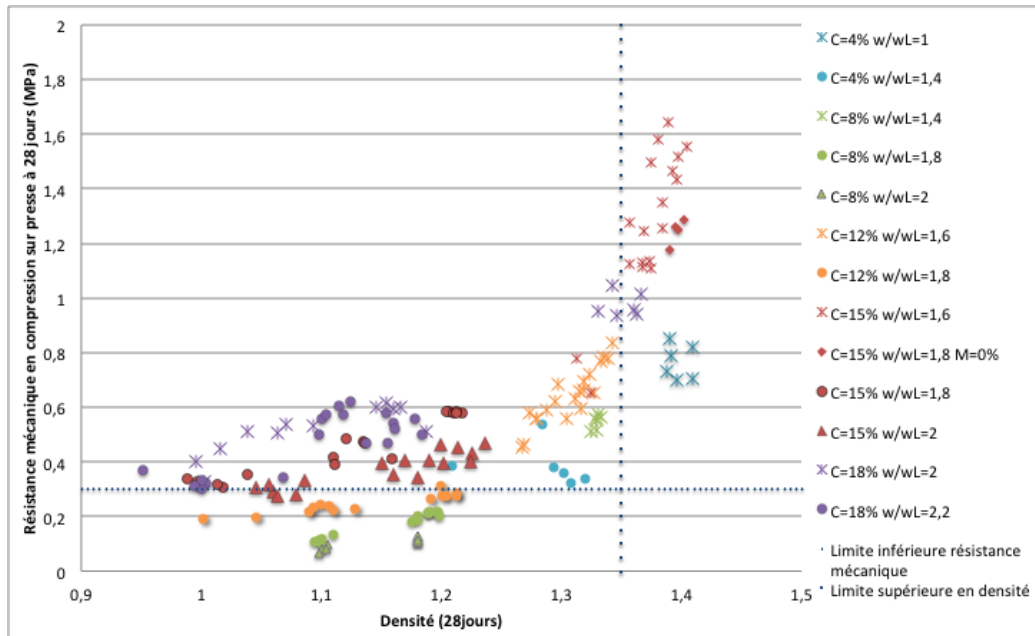


Figure 1. Résistance mécanique en compression à 28 jours en fonction de la densité.

Pour des pourcentages de ciment différents, il est possible d'atteindre une même résistance mécanique en compression à densité équivalente en jouant sur le rapport w/w_L et sur le pourcentage de mousse. Cela permettra d'ajuster la formulation en fonction des objectifs et des applications pour garantir la résistance et densité visées.

3.2 Retrait

Le retrait a été mesuré pour les formulations de pourcentage de ciment $C=12\%$, de rapport w/w_L identique égal à 1,6 mais de pourcentage de mousse différent égal à 20% et 30%. Le retrait est plus important pour la formulation dont le pourcentage de mousse est plus important (figure 2 (gauche)). Pour cette formulation, la stabilité du retrait est atteinte plus rapidement.

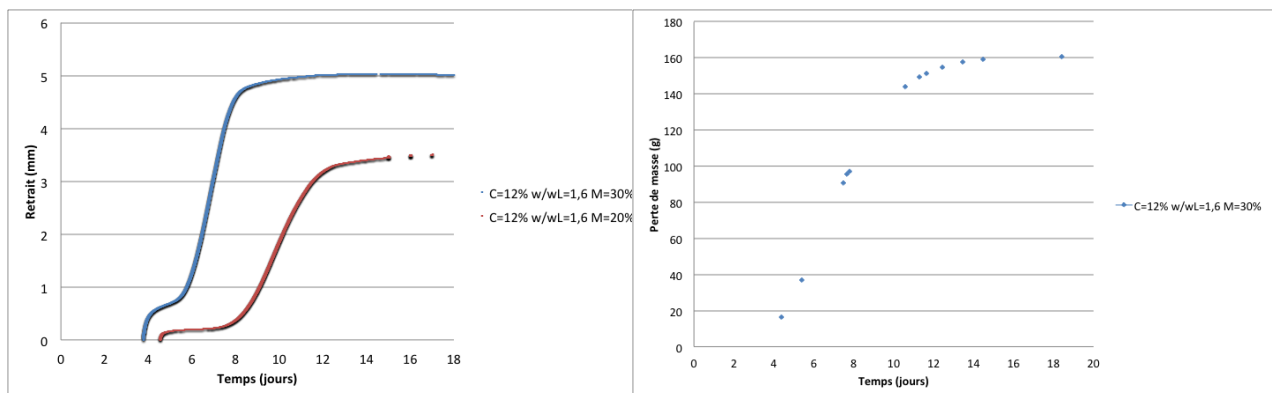


Figure 2. Evolution dans le temps, du retrait (gauche) et de la perte de masse (droite)

Le retrait est principalement lié à l'évaporation de l'eau. La figure 2 (gauche) et la figure 3 (droite) indiquent que la perte de masse a lieu au moment où le retrait est le plus important. L'évaporation de l'eau est liée à la porosité du matériau ce qui explique la différence notable entre les deux formulations de pourcentage de mousse différent.

4. Perspective

La perméabilité à l'azote du matériau a été estimée à 10^{-15} m² à par la loi de Darcy. Une campagne de mesure sur des éprouvettes en cure pendant 28 jours sera menée pour les formulations étudiées afin de dégager l'influence des formulations.

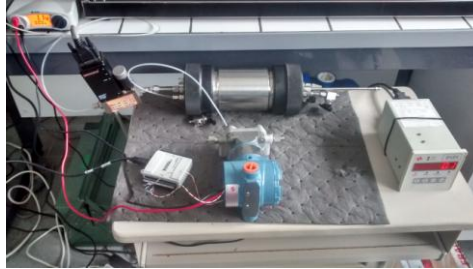


Figure 3. Photographie du dispositif de perméabilité à l'azote

5. Conclusion

L'objectif de cette étude est de développer un béton allégé qui réutilise les sédiments marins issus de l'activité du dragage. La première démarche a consisté à mettre en place la méthode de formulation fixée par le rapport w/w_L (w et w_L correspondent respectivement à la teneur en eau et à la limite de liquidité des sédiments marins). La résistance mécanique en compression sur presse à 28 jours augmente en fonction de la densité avec une courbe de tendance exponentielle avec des résistances variables de 0,1 à 1,6 MPa et des densités respectives de 0,95 à 1,4. Les premiers résultats du retrait montrent une influence de la quantité de mousse.

6. Remerciement

Les travaux présentés dans cet article ont pu être réalisés grâce au financement de l'entreprise Balineau que nous remercions.

7. Bibliographie

- [DUC 11] DUCLAY E. « Sédiments de dragage. Grenelle de la Mer », 2011.
- [GRO 05] GROSEMANGE D., « Guide pour la gestion des opérations de dragage », *Fédération Française des Port de Plaisance*, 2005.
- [HOR 14] HORPIBULSUK S., WIITCHOT A., NERILITKNORBUREE S., « Factors influencing unit weight and strength of lightweight cemented clay », *Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology*, vol.47, p101-109, 2014.
- [ACH 13] ACHOUR R. « Valorisation et caractérisation de la durabilité d'un matériau routier et d'un béton à base de sédiments de dragage », 2013.
- [AGO 08] AGOSTINI F. « Inertage et valorisation des sédiments de dragage marins », 2013.