

STUDY OF THE EFFECT OF ALUMINUM CONTENT AND C / S RATIO ON THE PHYSICO-MECHANICAL AND THERMAL PROPERTIES OF A LIGHTWEIGHT CONCRETE MADE FROM SAND DUNE

Z. Damene*, M. S. Goual, I. Saiti, N. Benhassine, A. Ferhat

Laboratoire de Genie Civil, Université Amar Telidji à Laghouat (LGCL), Algérie.

Received: 7 September 2014 / Accepted: 5 October 2014 / Published online: 31 December 2014

ABSTRACT

This research is a contribution to the development of local materials especially in the development of a cellular concrete with dunes sand. This is an experimental study whose objective is to see the influence of the C/S (dosage of cement compared to sand) and the dosage of aluminum on the physico- mechanical and thermal performance of lightweight concrete cellular type. The results showed that the cement compared to the sand has a remarkable effect on the reaction and that on expansion the mechanical behavior as well as the dosage of aluminum in the composition of cellular concrete has a certain threshold Aluminium beyond which provides no relief benefits. Based on these results, the cellular concrete made from sand dune can be classified as light structural concrete with insulation suitable for very hot and arid environment of our region power.

Key-Words: Valorisation; Cellular concrete; Dune sand; Aluminium; mechanical properties; thermal insulation.

1. INTRODUCTION

La tendance actuelle dans la recherche de nouveaux matériaux de construction, est le développement de matériaux locaux pour la fabrication de bétons durables, performants et au moindre coût. En effet, le sud de l'Algérie est connu pour ses dunes de sable, qui occupent 60% de la surface de l'Algérie.

Author Correspondence, e-mail: z.damene@gmail.com

Tel.: +213 29 932696; fax: +213 29 932696.

[ICID: 1124397](https://doi.org/10.5281/zenodo.1124397)

Compte tenu de la valorisation des ressources locales, l'idée de promouvoir l'utilisation du sable de dunes dans la fabrication de mortiers et bétons s'avère intéressante. En effet, de nombreux travaux, dans des thématiques scientifiques diverses se sont focalisés sur les bétons de sables[1-4]. Ce sable a des caractéristiques qui nous permettent de prévoir une exploitation dans le domaine de la construction sous forme de béton cellulaire[5,6]. Le béton cellulaire est généralement composé de sable fin (sable de silice en poudre), ciment, chaux, eau et un agent expansif (Al ou Zn). Celui-ci réagit avec la chaux libérée au cours de l'hydratation et crée des macro-pores (appelé porosité introduite) générée par l'expansion de la pâte à cause du processus chimique de l'expansion. La légèreté et l'isolation thermique sont deux qualités souhaitées à être adapter à la région du Sahara.

Certaines études expérimentales et théoriques dans le domaine du béton cellulaire ont montré que les propriétés mécaniques et thermiques sont influencées par le mode de cure, la porosité et la taille des pores[7] ; l'augmentation du dosage en ciment augmente la porosité introduite alors qu'une augmentation de la quantité du sable ou de chaux diminue la porosité introduite [8]. En effet l'isolation est plus ou moins inversement proportionnelle à la densité du béton [9]. Ce travail expérimental a pour objectif de montrer que la valorisation du sable de dunes du Sahara de l'Algérie est tout à fait pertinente dans la production de béton cellulaire, et que le rapport C/S ainsi que le dosage en Aluminium possèdent une importante influence sur les propriétés de ce type de béton.

2. PRINCIPE DE L'ETUDE

Le principe de l'étude consiste en premier lieu, à chercher une composition d'un mortier à base de ciment, sable de dune et eau, offrant de meilleurs résistances mécanique et ayant une maniabilité adéquate pour son utilisation dans la production d'un béton cellulaire ; pour cela on a choisi deux compositions ($C/S=1/3$ et $C/S=2/3$) et on a fait varier le rapport E/C du plus ferme au plus fluide, pour la recherche de l'état de maniabilité qui facilite la mise en œuvre dans les moules dans le cas d'un béton cellulaire. Pour la composition 1/3 les rapports E/C variaient de 0.60 à 0.85 et pour la composition 2/3 les rapports E/C variaient de 0.35 à 0.60. En deuxième lieu, après avoir trouvé les compositions optimales (mortier de référence pour l'étude qui suit), on procède à l'allègement du mortier par l'ajout de la poudre d'Aluminium en différents pourcentages (0%, 0.20%, 0.40%, 0.60%, 0.80%, et 1.0%) et on étudie les propriétés physico-mécanique et thermique des différentes compositions.

3. MATERIAUX UTILISES

3.1. Sable de Dune

Le sable de dunes utilisé au cours de cette expérimentation, provient de la région Nord de la ville de Laghouat (Oasis Nord). L'analyse granulométrique (figure 1) a montré que ce sable est un sable fin présentant une granulométrie serrée de diamètre maximal 0.63 mm. L'analyse au DRX révèle sa nature siliceuse (figure 2). Les caractéristiques physico-chimiques sont regroupées dans le tableau 1 qui suit.

Tableau 1. Caractéristiques physiques et chimiques du sable de dunes

Caractéristiques physiques		Caractéristiques chimiques	
Masse volumique apparente (kg/m^3)	1423.6	SiO ₂ (%)	95.87
Masse volumique absolue (kg/m^3)	2675	SO ₃ (%)	2.29
Equivalent de sable ES (%)	97	CaCO ₃ (%)	2.5
Bleu de méthylène Vb	0.067		
Module de finesse	1.22		

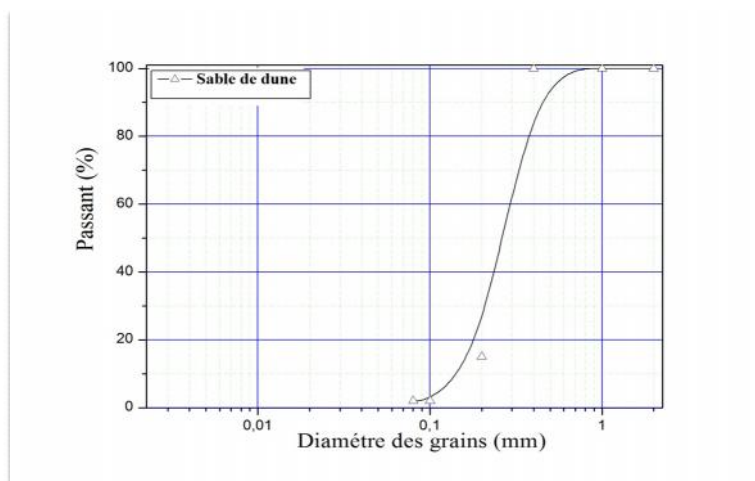


Fig.1. Courbe granulométrique du sable de dune

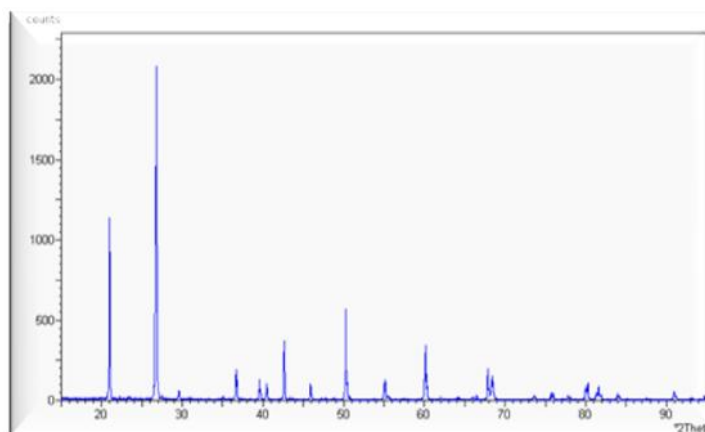


Fig.2. Analyse au DRX du sable de dune

3.2. Ciment

Le ciment utilisé dans l'étude des mortiers est un CPA-CEMI42.5 NA 443 provenant de la cimenterie de Msila (ACC) « Algérien Ciment Compagnie », dont les caractéristiques sont physiques et chimiques indiquées dans le tableau 2 ci-dessous :

Tableau 2. Caractéristiques physico-chimiques et minéralogique du ciment CEMI42.5.

Caractéristiques physiques	Composition chimique	Composition minéralogique	
Masse volumique apparente (Kg/m ³) 1130	SiO ₂ (%) 21.36	C ₃ S (%)	61.54
Masse volumique absolue (Kg/m ³) 3100	Al ₂ O ₃ (%) 4.98	C ₂ S (%)	14.83
Surface spécifique Blaine (cm ² /g) 3917	Fe ₂ O ₃ (%) 3.63	C ₃ A (%)	7.04
	CaO (%) 65.86	C ₄ AF (%)	11.05
	MgO (%) 2.06		
	SO ₃ (%) 0.93		
	Na ₂ O (%) 0.08		
	K ₂ O (%) 0.77		
	Cl (%) 0.02		
	LOI (%) 2.48		

3.3. Eau

L'eau utilisée pour la confection des mortiers est de l'eau potable du réseau sans aucun traitement supplémentaire. Le PH mesuré régulièrement est voisin de 7,5.

3.4. Agent expansif

L'agent d'expansion utilisé est la poudre d'Aluminium pure à 99%, de granulométrie d'environ 75µm, fabriqué par la société Allemande SIGMA-ALDRICH.

4. Malaxage et préparation des échantillons

Tout d'abord, les éléments solides sont mélangés à sec dans le malaxeur pendant 2 min. Puis toute la quantité d'eau est ajoutée et mélangée pendant 2 min encore (Dans le cas de fabrication de béton cellulaire, l'agent d'expansion est introduit en dernier avec une minute de malaxage en plus) [8]. Tous les mélanges sont coulés dans des moules 4x4x16 cm³ environ 24 h. L'excès de matériau des échantillons expansés est arasé juste avant le démoulage après quoi les échantillons sont démoulés et conservés dans l'eau à 20 ° C pendant 28 jours pour être soumis enfin aux différents essais physico-mécanique et thermique.

5. RESULTAT ET DISCUSSION

5.1. Optimisation du mortier de référence

Les résultats des mesures du temps d'écoulement et la variation de la résistance mécanique à 28 jours en fonction de rapport E/C pour les différentes compositions C/S (1/3 et 2/3) en vue de l'optimisations des mortiers de références qui vont être allégés par la suite sont représentés sur les figure 3.

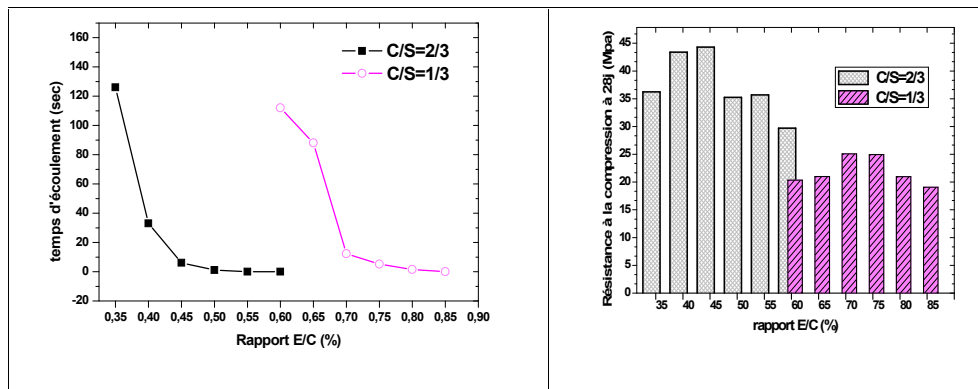


Fig.3.comportement rhéologique et mécanique des différentes compositions.

On remarque que pour la composition C/S=1/3 l'optimum de résistance à 28 jour est égal à 25.09 MPa et est obtenu avec un rapport E/C= 0.70 ; alors que pour la composition C/S=2/3 l'optimum de résistance était égal à 44.3 MPa obtenu avec un rapport E/C= 0.45. Pour le choix d'un béton de référence répandant aux besoins exigés pour la confection d'un béton cellulaire, on a envisagé pour les deux compositions la formulation qui facilite mieux l'écoulement dans les moules tous en gardant une résistance adéquate. Donc on opte pour la composition 1/3 le rapport $E/C = 0.80$ et $R_c = 20.97$ MPa, et pour la composition 2/3 le rapport $E/C = 0.50$ et $R_c = 35.25$ MPa.

5.2. Densités des bétons cellulaire élaborés

En procédant aux pesées de chaque éprouvette, on a déterminé les densités de chaque béton cellulaire formulé avec les différents cinq pourcentages d'Aluminium. Nous avons obtenu les résultats illustrés sur la figure 4 :

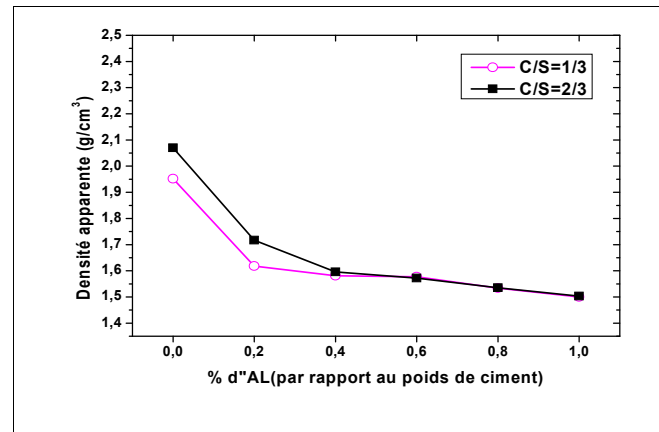


Fig.4. Variation de la densité apparente en fonction du dosage d'Aluminium des compositions (C/S=1/3 et C/S=2/3).

On remarque que les densités diminuent en fonction de l'augmentation du dosage en Aluminium dans les deux compositions et arrivent à un certain *seuil* (0.4% Aluminium dans notre cas), puis la diminution de la densité *varie peu*. Les résultats viennent confirmer les travaux de Cabrillac Richard et al [8]. Si on compare les résultats de la composition 2/3 à par rapport à celle de 1/3, on remarque que le dosage en ciment possède un effet bénéfique sur l'allègement pour son rôle dans la réaction entre la poudre d'aluminium et la portlandite ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) formée au cours de la l'hydratation du ciment. La chute de densité était de l'ordre de 19% dans la composition 1/3 et de 47% pour la composition 2/3 et ceci par rapport au mortier de référence pour le dosage de 0.4% d'Aluminium après quoi la densité devient semblable pour les restes des pourcentages d'Aluminium.

5.3. Résistance à la compression des bétons cellulaire élaborés

On observe dans la figure 5 ci-dessous que la résistance à la compression avec 0.2% d'Al a diminué respectivement par rapport aux témoins pour les compositions C/S=1/3 et C/S=2/3 de 78.5% et 61%, puis malgré l'augmentation du dosage d'Aluminium, la densité est à peu près identique.

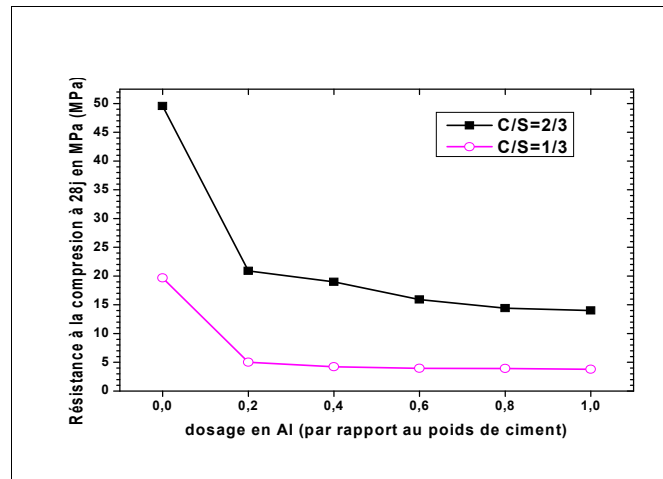


Fig.5. Variation de la résistance à la compression en fonction du dosage d'Aluminium des compositions (C/S=1/3 et C/S=2/3).

5.4. Porosité des bétons cellulaire élaborés

Les résultats des mesures de la porosité en fonction du dosage d'Aluminium montrés dans la figure 6 ci dessous indiquent une croissance de la porosité jusqu'au dosage de 0.4% après lequel elle diminue légèrement, ce qui explique la quantité d'Aluminium n'influe plus après ce seuil.

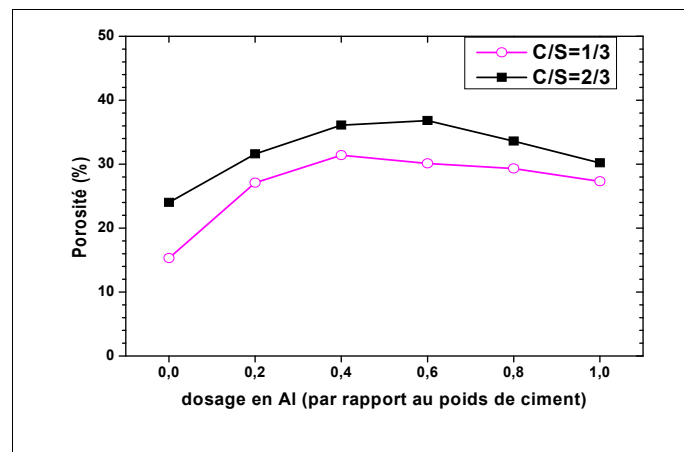


Fig.6. Variation de la porosité en fonction du dosage d'Aluminium des compositions (C/S=1/3 et C/S=2/3).

5.5. Conductivité thermique des bétons cellulaire élaborés

Les résultats de la conductivité thermique des différentes compositions mesurées dans l'état sec et l'état saturé sont tracés en fonction du dosage d'Aluminium dans la figure 6. Ils montrent que l'introduction du dosage d'Aluminium dans la matrice fait chuter la conductivité à l'état sec de 40% et 36% environ, respectivement pour les compositions 1/3 et

2/3 et à l'état humide d'environ 40% et 26%. Ceci explique l'amélioration du pouvoir isolant des échantillons allégés par la poudre d'Aluminium. Mais malgré cette diminution l'isolation n'est pas si importante du fait qu'on atteint :

- pour la composition 1/3 les valeurs de : $2.02 \text{ W/m}^{-1}\text{K}^{-1}$ à l'état humide et $1.11 \text{ W/m}^{-1}\text{K}^{-1}$ à l'état sec.
- pour la composition 2/3 les valeurs de : $1.56 \text{ W/m}^{-1}\text{K}^{-1}$ à l'état humide et $1.06 \text{ W/m}^{-1}\text{K}^{-1}$ à l'état sec.

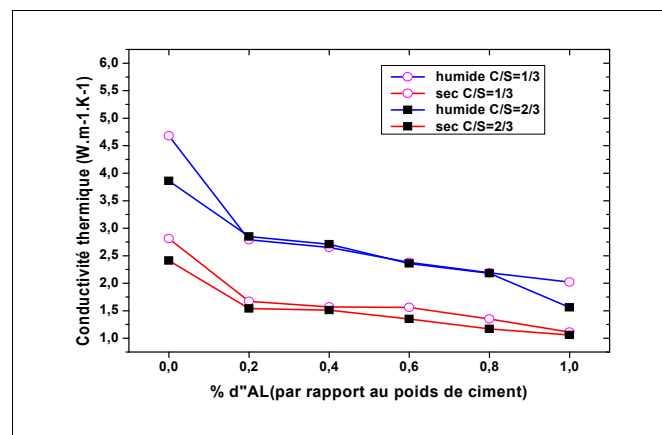


Fig. 7. Variation de la conductivité thermique en fonction du dosage d'Aluminium des compositions ($C/S=1/3$ et $C/S=2/3$).

6. CONCLUSION

A travers les expériences menées dans l'élaboration du béton cellulaire à base de sable de dune, nous avons constaté que Le dosage de ciment ($C/S = 2/3$) dans ces types de bétons possède un effet favorable sur le comportement physico-mécanique et thermique et que le dosage d'Aluminium possède un seuil de 0.4 % au-delà duquel son influence varie peu sur ces propriétés. Parallèlement malgré la diminution de la conductivité thermique de ce matériau par rapport au témoin, le pouvoir isolant atteint reste un peu faible.

En effet le matériau développé dans cette recherche à l'aide des matériaux locaux comme le sable des dunes, très abondant dans le Sahara de l'Algérie, montre qu'il est possible d'envisager ce type de béton pour la production des bétons légers qui s'adaptent très bien à l'environnement chaud et aride de notre région vu ses caractéristiques très acceptables qui permettent sa classification dans la marge des bétons légers[10].

7. BIBLIOGRAPHIE

- [1] I. K. Cisse, M. Laquerbe. Mechanical characterization of filler sandcretes with rice husk ash additions : Study applied of Senegal. *Cement and Concrete Research* 30; 2000 ; 13-18.
- [2] R. Kettab. Valorisation du sable de dune. Thèse de doctorat, ENP d'Alger, Algérie ; 2007.
- [3] A. S. Al-Harthy, M. Abdelhalim, R. Taha, K. S. Aljabri. The properties of concrete made with fine dune sand. *Construction and Building Material* 21; 2007 ; 1803-1808.
- [4] A. Tafraoui. Contribution à la valorisation de sable de dune de l'erg occidental (Algérie). Thèse de doctorat, université de Toulouse, France ; Février 2009.
- [5] H. Wajahat, Mirza, Solman, I. Al- Noury. Utilisation of Saudi sands for aerated concrete production. *The International Journal of Cement and Composites and Lightweight Concrete*. Volume 8, number 2 ; May 1986.
- [6] Abdelkarim Hinana & Issam Saiti. Etude multiparamétrique d'un béton cellulaire à base de sable de dune, ciment et ajouts minéraux. Mémoire d'ingénieur d'état université de Laghouat (2010).
- [7] N. Narayanan, K. Ramamurthy. Structure and properties of aerated concrete: a review. *Cement & Concrete Composites* 22 ; 2000 ; 321-329.
- [8] R. Cabrillac, B. Fiorio, A. Liss Beaucour, H. Dumontet, S. Ortola. Experimental study of the mechanical anisotropy of aerated concretes and of the adjustment parameters of the introduced porosity. *Construction and Building Materials* 20 ; 2006 ; 286-295.
- [9] Shrivastava OP. Lightweight concrete – a review. *Indian Concrete Journal* 51; 1977; 10-23.
- [10] Kass J.L et Compbell D: Functional classification of lightweight concrete, *Matériaux et Constructions*, (1972) Vol.5 N°27, pp171-172.

How to cite this article:

Damene Z. Goual M. S. Saiti I. Benhassine N. Ferhat A. Study of the effect of aluminum content and c / s ratio on the physico-mechanical and thermal properties of a lightweight concrete made from sand dune. *J Fundam Appl Sci*. 2014, 6(2), 219-228.