

Valorisation des déchets de menuiserie de bois pour le développement du béton léger : Comparaison entre la sciure et les copeaux de bois

Driss Taoukil, Abdelmajid El bouardi, Taib Ajzoul, Hassan Ezbakhe

*Laboratoire d'Energétique, Equipe de Thermique, Energie Solaire et Environnement, Département de physique,
Faculté des Sciences de Tétouan, Université Abdelmalek Essaâdi, B.P 2121, Tétouan, Maroc
d_taoukil@yahoo.fr*

Résumé : Ce travail consiste à étudier l'influence des ajouts des déchets de menuiserie de bois sur les propriétés thermiques, hydriques et mécaniques d'un matériau composite considéré comme béton léger. Les résultats obtenus montrent une importante diminution de la densité et de la conductivité thermique avec l'augmentation du dosage en bois dans le béton. Ainsi, l'amélioration du pouvoir d'isolation thermique est confirmée. La résistance à la compression diminue avec le dosage en granulats de bois, mais elle reste pour la teneur maximale testée (10%) dans les normes des matériaux isolants porteurs. Néanmoins, nous avons trouvé que la présence des granulats de bois dans le béton aboutit à une augmentation importante de l'absorption d'eau. L'étude a permis aussi de montrer que l'utilisation des copeaux de bois conduit à des performances thermiques et mécaniques assez importantes que celles obtenues dans le cas de l'utilisation de la sciure.

Mots clés :

Béton de bois, Isolant porteur, Conductivité thermique, Résistance mécanique, Absorption d'eau.

1. Introduction

Les industries de bois génèrent chaque année un grand volume de déchets lors de la mise en forme, du conditionnement et de l'utilisation du bois [1]. Le traitement de ces déchets est aujourd'hui soumis à des contraintes liées aux principes du développement durable et nécessite la mise au point de méthodes de recyclage et de valorisation spécifiques. Les travaux de menuiserie produisent par exemple d'importantes quantités de sciure et des copeaux de bois de faible densité aux propriétés isolantes. L'intégration de ces résidus, dans un processus de fabrication du béton léger isolant-porteur pourrait constituer une voie de valorisation envisageable.

Le travail que nous exposons dans cet article s'inscrit dans une double perspective, D'une part mettre au point une analyse croisée des caractéristiques thermiques, hydriques et mécaniques du béton allégé avec les déchets de menuiserie de bois et d'autre part, comparer les propriétés du béton allégé avec la sciure avec celles du béton allégé avec les copeaux de bois.

2. Matériaux

Les granulats utilisés sont des déchets qui proviennent de l'industrie de bois (menuiserie).

Le dosage en ciment utilisé est tel que $C/S=1/3$. Le dosage en eau par rapport au ciment E/C est pris égal à 0.6.

Afin d'étudier l'influence du dosage en déchets de bois sur les caractéristiques du béton élaboré, on a réalisé une série d'échantillons en commençant par un béton témoin correspondant à un dosage nul en granulats de bois, puis quatre échantillons correspondants respectivement aux dosages massiques (bois/ciment+sable) de : 2% , 5% , 8% et 10%.

Deux classes de granulats de bois sont employées dans l'élaboration du béton léger, et les deux types de béton ainsi élaborés sont comparés entre eux. Il s'agit de :

- la sciure de bois (Figure 1) de granulométrie inférieure à 0.8 mm et de masse volumique de l'ordre de 174 kg/m^3 .

- les copeaux de bois (Figure 1) de granulométrie entre 8 mm et 20 mm et de masse volumique de l'ordre de 74 kg/m^3 .

Les éprouvettes (Figure 1) ainsi élaborées sont conservées, avant et après démoulage, dans une salle à hygrométrie et température contrôlées ($H.R. = 60\%$, $T_a = 20 \text{ }^\circ\text{C}$).



Figure 1 : aspect général respectivement de la sciure de bois, copeaux de bois, échantillon allégé avec 8% de la sciure et échantillon allégé avec 8% des copeaux.

3. Méthodes

3.1. Conductivité thermique

La technique utilisée pour mesurer la conductivité thermique est la méthode dite des "Boîtes". Elle a été mise au point au Laboratoire d'Etudes Thermiques et Solaires de l'Université Claude Bernard Lyon I en France [2]. Un prototype similaire a été monté dans le Laboratoire d'Energétique de la Faculté des Sciences de Tétouan (Figure 2). La méthode des Boîtes est une méthode de mesure de la conductivité thermique en régime permanent. Le principe de mesure est basé sur la réalisation de façon permanente d'un transfert de chaleur unidirectionnel à travers l'échantillon, supposé homogène et sans génération interne de chaleur, en créant un gradient de température entre la capacité isotherme A (source froide) et la boîte B (source chaude) de telle sorte que les flux latéraux soient négligeables. Les échantillons à tester doivent avoir une forme parallélépipédique de 27 cm de côtés et d'une épaisseur allant de 1 à 7 cm (2cm dans notre cas). Les capteurs de température sont des thermosondes en platine (DIN 43760, 100Ω à 0°C) : sondes SP 683 GAL pour la mesure des températures de surface et sondes M1 pour la mesure des températures d'ambiance. Chaque boîte est munie de trois sondes : deux de surface et une d'ambiance. Les sondes de surface sont notées T_c et T_f respectivement pour la face chaude et la face froide de l'échantillon. La sonde d'ambiance de la boîte B est notée T_B . On trouve aussi deux autres sondes d'ambiance, l'une pour la température de la salle (notée T_a), l'autre pour la température à l'intérieur de la capacité isotherme (notée T_A). L'acquisition des données consiste à mesurer les différentes températures et les puissances dégagées par les résistances chauffantes R. La mesure de la puissance passe par la mesure de la tension stabilisée appliquée V ; mesure faite par une console de mesure. L'acquisition des données est faite à l'aide de la centrale de mesure DIGITI SA10 (11 voies). L'appareil (SA10) est programmé et piloté par un ordinateur en utilisant le logiciel LS10.

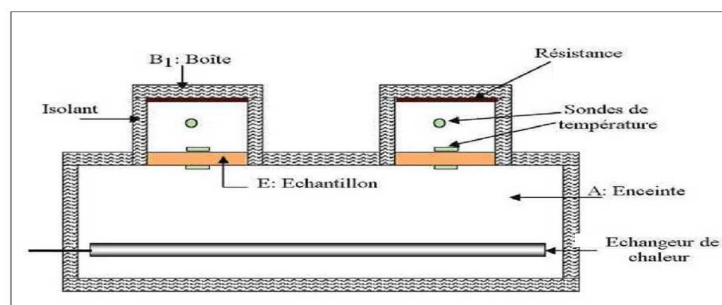


Figure 2 : Schéma de la méthode des Boîtes.

Le flux produit par la résistance chauffante (effet Joule) est donné par :

$$\phi_j = \frac{V^2}{R} \quad (1)$$

Les déperditions thermiques à travers la boîte sont données par :

$$\phi_d = C(T_B - T_a) \quad (2)$$

C étant le coefficient global de déperdition thermique à travers la boîte de mesure. Le flux de conduction à travers l'échantillon est exprimé par :

$$\phi_c = \frac{\lambda \times S}{e} (T_c - T_f) \quad (3)$$

S : surface de l'échantillon, e : épaisseur de l'échantillon.

La conservation du flux de chaleur nous a permis d'écrire :

$$\phi_j = \phi_d + \phi_c \quad (4)$$

Les équations (1), (2), (3) et (4) conduisent à l'expression de la conductivité thermique :

$$\lambda = \frac{e}{S(T_c - T_f)} \left(\frac{V^2}{R} - C(T_B - T_a) \right) \quad (5)$$

3.2. Résistance à la compression

Afin de comparer le comportement mécanique des différents échantillons, il nous a paru nécessaire de mesurer la résistance à la compression des matériaux élaborés. Les mesures de la résistance mécanique à la compression R_C ont été effectuées au laboratoire de l'usine de LAFARGE de Tétouan. Les moules et la presse mécanique utilisés sont identiques à ceux de la norme EN 196-1[3].

3.3. Absorption d'eau

Les éprouvettes $(27 \times 27 \times 2) \text{ cm}^3$ sont immergées dans l'eau jusqu'à ce que la variation de la masse pendant 24 heures soit inférieure à 0.1% (état de saturation). L'absorption d'eau par immersion est exprimée donc par :

$$W = \frac{M_{sat} - M_s}{M_s} \quad (6)$$

M_s : masse à l'état sec, M_{sat} : masse à l'état de saturation.

4. Résultats

4.1. Masse volumique

La Figure 3 compare la masse volumique des différents échantillons. On constate que la masse volumique décroît en fonction du pourcentage des granulats de bois. L'utilisation des granulats de bois donne un premier avantage au composite : celui de l'alléger. Cela est dû à la substitution d'une partie de la matrice par son équivalent en matériaux moins dense. À teneur en bois égale, le béton de la sciure de bois est plus léger que le béton des copeaux de bois. Ceci peut être expliqué par le fait que les copeaux sont plus compressibles dans le mortier que la sciure.

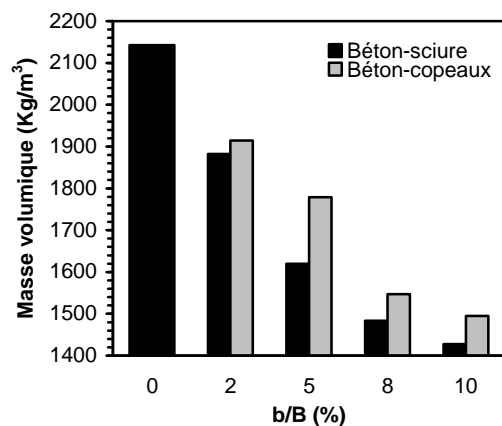


Figure 3 : Comparaison de la masse volumique des échantillons.

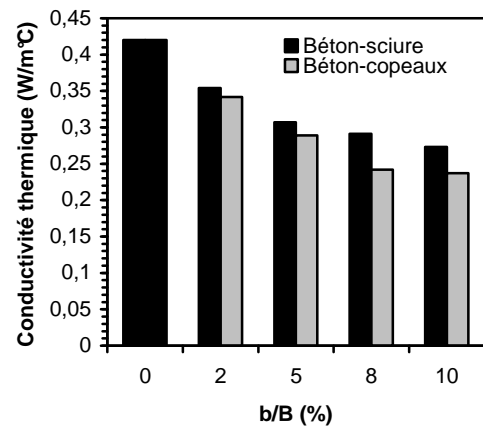


Figure 4 : Comparaison de la conductivité thermique des échantillons.

4.2. Conductivité thermique

La Figure 4 montre bien la diminution de la conductivité thermique sèche avec l'augmentation de la teneur en bois. Ceci est normal, du fait qu'on introduit du bois qui a une conductivité thermique beaucoup plus faible que celle d'une matrice du béton. Les valeurs ainsi obtenues permettent de prévoir une très bonne isolation thermique. Les bétons élaborés peuvent procurer une isolation thermique très intéressante et par conséquent un gain d'énergie très remarquable par rapport aux matériaux ordinaires communément employés dans la construction. On note aussi d'après la figure précitée que les copeaux de bois réduisent mieux la conductivité thermique du béton en comparaison avec la sciure. Ce phénomène peut s'expliquer par le fait que la conductivité des copeaux est légèrement plus faible que celle de la sciure.

4.3. Résistance mécanique

Les matériaux de construction sont généralement chargés en compression. Pour le composite étudié, l'influence de la concentration en granulats de bois sur la résistance en compression est représentée sur la Figure 5, montrant ainsi que la résistance à la compression diminue avec l'augmentation de la concentration en granulats de bois. Ceci est en accord avec les travaux de Soderhjelm [4] qui a étudié une composition de mortier avec adjonction de boues de papeteries à teneur entre 0% et 1.5%. Les composites obtenus pourront être classés, conformément à la classification fonctionnelle de la Réunion internationale des laboratoires et experts des matériaux (RILEM) [5], entre béton de construction et d'isolation (classe II) et béton d'isolation (classe III). La Figure montre aussi que les bétons des copeaux présentent des résistances supérieures à celles des bétons de la sciure. Ceci est en accord avec les résultats obtenus pour la masse volumique.

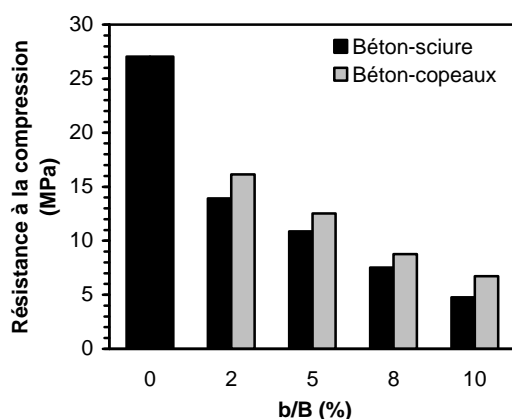


Figure 5 : Comparaison de la résistance à la compression des échantillons.

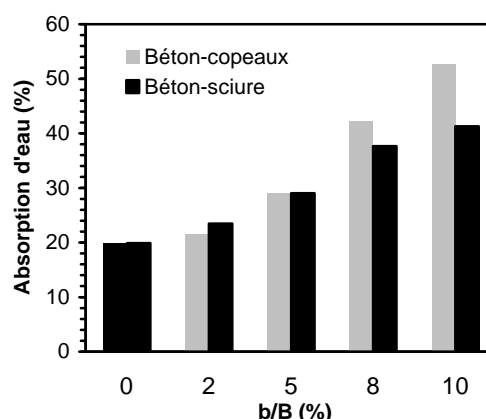


Figure 6 : Comparaison de l'absorption d'eau des échantillons.

4.4. Absorption d'eau

Il semble que l'absorption d'eau est directement proportionnelle à la proportion des granulats de bois (Figure 6). En effet, les particules de bois ont un aspect fibreux très marqué. Les canaux qui conduisent la sève confèrent à ce matériau une grande porosité communicante par l'intermédiaire d'orifices. Ceci conduit à un caractère fortement hygroscopique [6]. Notons que le béton de sable, lui-même, est caractérisé par un pouvoir d'absorption plus élevé que celui d'un béton ordinaire [7], et que l'ajout de bois l'augmente davantage. La comparaison de l'absorption d'eau des deux types du béton étudiés montre que pour les cas $b/B = 2\%$ et $b/B = 5\%$, on remarque que le béton de la sciure absorbe mieux l'eau que le béton des copeaux. Pour les cas $b/B = 8\%$ et $b/B = 10\%$, on remarque le phénomène inverse.

Ce changement de comportement est, peut être, lié essentiellement aux variations de nombre de gros capillaires des composites élaborés, étant donné que la quantité d'eau absorbée n'est pas corrélée à la porosité mais à la porosité ouverte de diamètre supérieur à 2 microns [8].

5. Conclusion

Les granulats de bois ; déchets industriels en quantités assez importantes au Maroc pourront être valorisés en les utilisant comme granulats successibles de procurer des bétons légers présentant des performances thermiques assez importantes. D'après les résultats obtenus, les bétons ainsi élaborés présentent des résistances mécaniques compatibles avec leur utilisation comme béton de construction et d'isolation ou béton d'isolation, selon la classification de la RILEM. En revanche, ces types de béton présentent des pouvoirs hydriques assez élevés, ce qui constitue un inconvénient pour ces bétons.

Une autre donnée intéressante, c'est que l'utilisation des copeaux de bois pour alléger le béton conduit à des performances thermiques et mécaniques assez importantes que celles obtenues dans le cas de l'utilisation de la sciure. Toutefois, il serait très intéressant d'améliorer la performance de ces types de béton par l'action de traitements spécifiques visant à réduire l'hydrophilie du bois, afin de limiter les variations dimensionnelles des composites et globalement améliorer leur durabilité. En effet, la stabilité dimensionnelle est un paramètre important qui peut affecter la durabilité des matériaux de construction. En général, le retrait et le gonflement sont des phénomènes susceptibles d'entraîner des dégradations.

Références

- [1] M. Rihani, K. Chedad et R. Herrar, Les résidus de transformation du bois et les déchets des abattoirs de viandes rouges au Maroc, Morocomp (Life TCY05/MA000141), Annex 4, Université Chouaib Doukkali, Faculté des Sciences El Jadida, Maroc, 2006.
- [2] A. Mourtada, Comportement thermique des mortiers d'isolation extérieur du bâtiment, Thèse de Docteur-Ingénieur, INSA de Lyon, UCB Lyon I, France, 1982.
- [3] NF EN 196-1, Méthodes d'essai des ciments, Partie I. Détermination des résistances mécaniques, 1995.
- [4] L. Soderhjelm, Possible uses for fibrous sludges from pulp and paper industry, Pap Puu-Pap Tim, Vol. 58, P. 620-627, 1976.
- [5] RILEM, Functional classification of lightweight concrete, Recommendations of RILEM LC2, Vol. 11, P. 281-283, 1978.
- [6] S. Tamba, L.M. Voumbo, A. Wereme, S. Gaye et G. Sissoko, Durabilité des bétons à base de copeaux de bois, Journal des Sciences, Vol. 7, N° 4, P. 67 - 72, 2007.
- [7] A. Benaïssa, Déformations différées d'un béton de sable, Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux, Laboratoire Régional des Ponts et Chaussées, France, 1992.
- [8] L. Arnould, Granulats de bétons légers, Presses des Ponts et Chaussées, Paris, France, 1986.