



Effet de différents traitements de copeaux de bois sur les propriétés physico-mécaniques des bétons de sables légers

B. BELHADJ ^a, M. BEDERINA ^a & M.M. KHENFER ^b

^aLMRS, Université Amar Telidji, BP 37 G, 03000 Laghouat (Algérie)

^bLRGC, Université Amar Telidji, BP 37 G, 03000 Laghouat (Algérie)

Corresponding author: bk.belhadj@mail.lagh-univ.dz

Résumé : L'article a pour objet d'étudier l'effet des traitements proposés pour les copeaux de bois sur les propriétés physico-mécaniques des bétons de sables légers. La première partie de cette étude expérimentale a été consacrée à la détermination de la composition optimale du béton de sable allégé par des copeaux de bois non traités. Cette composition constitue un compromis étudié entre la compacité et la maniabilité. Cependant, la deuxième partie a été réservée à l'étude des différents traitements proposés pour les copeaux de bois par enrobage superficiel et leur influence sur les propriétés physico-mécaniques des bétons étudiés. Les résultats obtenus montrent que les deux types de traitements proposés contribuent favorablement à l'amélioration de la compacité, des propriétés thermiques et des propriétés mécaniques.

Mots clés : Béton de sable, béton léger, copeaux de bois, propriétés physico-mécaniques, conductivité thermique.

Abstract: The article has for object to study the effect of proposed treatments for wood shavings on the physico-mechanical properties of the lightweight sand concrete. The first part of this experimental study has been dedicated to determining the optimal composition of sand concrete alleviated by untreated wood shavings. This composition constitutes a compromise studied between the compactness and the workability. However, the second part has been reserved to the study of the different proposed treatments for wood shavings by superficial coating and their influence on the physico-mechanical properties of the studied concretes.

The obtained results show that both types of proposed treatments contribute favorably to the improvement of compactness, thermal properties and mechanical properties.

Keys words: Sand concrete, lightweight concrete, wood shavings, physico-mechanical properties, thermal conductivity.

I. Introduction

Le développement de nouveaux matériaux de construction à partir des ressources locales, peu ou pas exploitées, et de la valorisation des déchets industriels constituant une gêne environnementale, contribuent à une approche de développement durable. Le composite étudié est un béton de sable allégé par des copeaux de bois non traités issus des déchets de la menuiserie ainsi que les copeaux de bois traités par enrobage superficiel.

L'importance de la première partie expérimentale de ce travail se limite à la recherche de la composition optimale des bétons de sable allégés par des copeaux de bois non traités qui constitue les meilleurs compromis entre la consistance à l'état frais et la masse volumique. La deuxième partie a été consacrée à l'étude de différents traitements proposés par l'enrobage superficiel des copeaux de bois et à leur influence sur les propriétés physico-mécaniques des bétons étudiés.

Cependant, quatre types de bétons ont été étudiés, à savoir: le béton de sable sans copeaux de bois (BSC) qui représente le béton de référence ayant la composition optimale du béton de sable allégé par des copeaux de bois non traités dont la teneur en copeaux de bois est de 60kg/m^3 (BCNT), la composition du béton de sable allégé par des copeaux de bois traités par enrobage superficiel (ciment + filler calcaire) (BCT:CF) et enfin la composition du béton de sable allégé par des copeaux de bois traités par enrobage superficiel (ciment + la chaux hydraulique) (BCT:CH).

II. Bétons de sables légers

II.1 Matériaux utilisés

Les granulats utilisés dans cette étude sont comme suit : le sable alluvionnaire (SA) où le diamètre varie de 0,4 à 5 mm et le sable dunaire (SD) où le diamètre varie de 0 à 0,4 mm. Ces deux types de sables sont essentiellement de nature siliceuse [1]. Par ailleurs, le liant utilisé est un ciment de type CPJ CEM II 42.5, l'adjuvant utilisé est un superplastifiant haut réducteur d'eau de type « MEDAPLAST- SP 40 », les copeaux de bois sont issus des déchets de la menuiserie dont les limites de taille inférieures et supérieures sont respectivement de 0,1 mm et 10 mm. Les matériaux utilisés dans les différents types de traitements des copeaux

sont : le ciment, la chaux et les fillers calcaires ainsi que la partie fine (inférieure à 80 μm) du sable de dune.

II.2 Composition de base du béton de sable

La composition optimale du béton de sable, prise comme référence pour notre étude, est inspirée des travaux de M. Gotteicha [2] qui, elle-même, a repris les résultats des travaux de M. Bederina [3]. Les proportions du mélange de sable alluvionnaire-dunaire, sont préparées selon le rapport SA/SD = 1,76. (SD représente environ 36,23% du sable total) [3]. De ce qui précède, la composition de base du béton de sable pour notre étude est comme suit [4]:

- Sable de dune+sable alluvionnaire 1316 kg/m^3 .
- Filler de calcaire 135 kg/m^3 .
- Ciment 350 kg/m^3 .
- Eau 210 l/m^3 .
- SP 02% (par rapport au poids du ciment).

II.3 Allègement par copeaux de bois non traités

L'allègement par copeaux de bois non traités est effectué par substitution avec le sable. Les proportions de bois envisagées varient de 0 à 100 kg/m^3 avec un intervalle de 20 kg, les valeurs des rapports, sables/copeaux de bois, sont déterminés par la formule des volumes absolues (1).

$$V_{SB} = V_{SN} + V_{CB} \quad (1)$$

V_{SB} : le volume de sable de base (Cas sans copeaux de bois).

V_{SN} : le nouveau volume de sable (Cas avec ajout de copeaux de bois).

V_{CB} : le volume des copeaux de bois.

La composition optimale du béton de sable allégé par des copeaux de bois non traités est la composition contenant 60 kg/m^3 de bois, vue les avantages qu'elle offre: elle constitue les meilleurs compromis entre la consistance du béton frais et la masse volumique qui présente une réduction de presque 3,43% par rapport à la composition contenant 80 kg/m^3 et une réduction de presque 27,55% par rapport à la composition du béton de sable de base, voir tableau 1.

Tableau 1: Masses volumiques et affaissements des bétons étudiés

Teneur en copeaux de bois kg/m ³	Masse volumique kg/m ³	Affaissement cm
00	1965,31 ± 30,39	9 (Plastique)
20	1732,91 ± 17,81	8 (Plastique)
40	1572,26 ± 23,47	7 (Plastique)
60	1423,82 ± 21,48	6 (Plastique)
80	1375,00 ± 48,22	4 (Ferme)

III. Traitement des copeaux de bois

III.1 Lait de ciment

La précaution du choix de traitement à l'encontre des points sensibles réside dans leur interface. Le traitement d'interface envisagé, doit marcher avec les deux, les copeaux et la matrice afin de concevoir un composite durable.

Les résultats de l'expérimentation sont comme suit:

De 800 à 1000 g/l lait non concentré.

De 1050 à 1250 g/l lait concentré.

Au delà de 1300 g/l (gramme de ciment par un litre d'eau) : on commence à perdre l'aspect d'un lait concentré et par conséquent l'aspect du film d'enrobage. Le dosage optimum du lait de ciment qui donne le meilleur enrobage (aspect de film d'enrobage pour les copeaux), correspond à la valeur de 1150 g/l (gramme de ciment par un litre d'eau) [4].

III.2 Coefficient d'absorption d'eau des copeaux de bois

L'étude des coefficients d'absorption d'eau des copeaux de bois traités est faite après quatorze (14) jours de leur traitement afin d'apprécier les performances des différents types de traitement [2,5]. Les résultats de l'effet de

traitement sur le coefficient d'absorption d'eau sont portés sur le tableau 2 et la Fig.1.

L'ensemble des traitements étudiés ont donné des résultats intéressants du point de vue la réduction du coefficient d'absorption d'eau, où l'amélioration varie entre 79,53% à 83,19%.

Tableau 2: Influence des traitements sur le coefficient d'absorption d'eau

Type de traitement	Coefficient absorption d'eau
S-TR : Sans traitement	3,440
TR.1: Lait de base 100% ciment	0,680
TR.2: 85% ciment+15% calcaire	0,578
TR.3: 70% ciment+30% calcaire	0,627
TR.4: 90% ciment + 10% chaux	0,605
TR.5: 80% ciment + 20% chaux	0,580
TR.6:85% ciment+ 15% sable dune	0,704
TR.7:70% ciment+ 30% sable dune	0,680

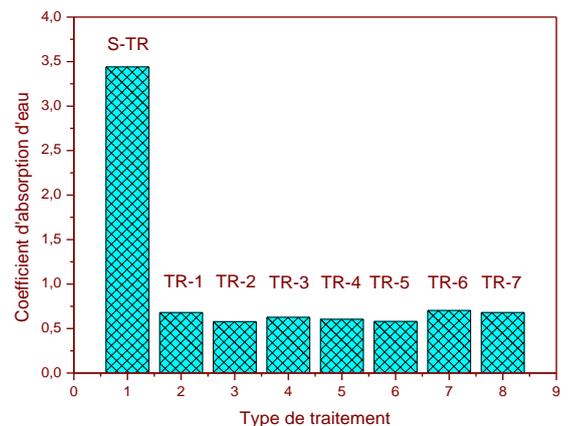


Fig.1: Influence des traitements sur le coefficient d'absorption d'eau

Les copeaux de bois traités au lait de ciment, pris comme un lait de base, ont présenté une réduction du taux d'absorption de 80,23%. Mais on remarque que certains ajouts au lait de base, surtout les deux traitements retenus, à savoir le lait (85% ciment + 15% filler de calcaire), et le traitement de lait (80% ciment + 20% de la chaux hydraulique), ont réduit le taux d'absorption des copeaux d'environ 14,70% par rapport au lait de base et de 83,13% par rapport au taux d'absorption des copeaux sans traitement.

IV. Propriétés physiques des bétons étudiés

IV.1 Masse volumique et porosité

Les valeurs de la masse volumique et de la porosité accessible à l'eau à 28 jours du béton de sable sans copeaux de bois (BSC), la composition optimale du béton de sable allégé par des copeaux de bois non traités dont la teneur en copeaux de bois est de 60 kg/m³ (BCNT), la composition du béton de sable allégé par des copeaux de bois traités (85% ciment + 15% filler de calcaire) dont la teneur en copeaux de bois est de 60 kg/m³ (BCT:CF) et enfin la composition du béton de sable allégé par des copeaux de bois traités (80% ciment + 20% de la chaux) dont la teneur en copeaux de bois est de 60 kg/m³ (BCT:CH) sont mentionnées sur le tableau 3.

Tableau 3: Masse volumiques et porosité des bétons étudiés

Teneur en copeaux kg/m ³	Masse volumique kg/m ³	Porosité accessible eau
00- BSC	1965,31±30,39	0,0853±0,0007
60-BCNT	1423,82±21,48	0,1337±0,0030
60-BCT:CF	1610,39±18,00	0,1039±0,0015
60-BCT:CH	1638,15±15,73	0,1018±0,0016

La masse volumique des bétons confectionnés avec des copeaux de bois traités a augmenté par rapport aux copeaux de bois non traités. Cette augmentation est de 13,10% pour la composition avec des copeaux traités (85% ciment + 15% filler de calcaire) et de 15,05% pour la composition avec des copeaux traités (80% ciment + 20% de la chaux), mais les deux types de bétons restent dans la catégorie des bétons légers de structure.

La porosité accessible à l'eau des compositions avec des copeaux de bois traités est réduite par rapport à la composition avec du bois non traité. Cela peut être dû à la nature du type de traitement par enrobage, qui réduit la porosité ouverte des copeaux de bois. Cette réduction, peut s'expliquer aussi par la quantité de copeaux de bois substituée par le poids de la pâte de ciment utilisée sur le traitement.

IV.2 Propriétés thermiques

L'instrument de mesure qui a été utilisé pour la détermination des propriétés thermiques est le CT-METRE suivant le procédé de l'essai de la sonde à anneau conformément à la norme

française (NF EN 993-15). Les valeurs de la conductivité thermique et de la chaleur spécifique massique à 28 jours des différents bétons étudiés sont mentionnées sur le tableau 4.

Tableau 4: Propriétés thermiques des bétons étudiés

Teneur en copeaux de bois kg/m ³	Conductivité thermique W/mK	Chaleur spécifique massique J/kgK
00-BSC	2,165 ± 0,174	1289,64 ± 39,85
60-BCNT	0,611 ± 0,023	808,10 ± 30,71
60-BCT:CF	1,366 ± 0,091	1145,95 ± 36,08
60-BCT:CH	1,490 ± 0,069	1102,74 ± 59,38

D'une façon générale, on peut dire que les valeurs des conductivités thermiques utiles, sont un peu élevées en comparaison de leurs masses volumiques, cela est dû surtout au type de l'essai, ainsi qu'aux conditions du laboratoire d'essai (taux d'humidité de 66%).

La relation entre la conductivité thermique (λ) et la chaleur spécifique (c) s'exprime par une des propriétés thermiques, à savoir la diffusivité thermique (a), qui est déterminée par l'équation (2), où (ρ) est la masse volumique du béton.

$$a = \lambda / \rho c \text{ (m}^2/\text{s)} \tag{2}$$

Les valeurs de la diffusivité thermique des bétons étudiés sont mentionnées dans le tableau 5.

Tableau 5: Diffusivité thermique des bétons étudiés

Teneur en Copeaux de bois kg/m ³	Diffusivité thermique m ² /s
00-BSC	(854 ± 57,51).10 ⁻⁹
60-BCNT	(531 ± 00,00).10 ⁻⁹
60-BCT:CF	(740 ± 34,41).10 ⁻⁹
60-BCT:CH	(824 ± 44,31).10 ⁻⁹

La diffusivité thermique du béton avec des copeaux de bois non traités (BCNT) a été réduite de presque 37,82% par rapport à la composition de base (BSC). Tandis que, la diffusivité thermique du béton avec des copeaux de bois traités (ciment + filler de calcaire) (BCT: CF) a été réduite de 13,34% par rapport à la composition de base (BSC). Par contre pour le béton avec des copeaux de bois traités (ciment + la chaux hydraulique) (BCT: CH) elle n'a été réduite que de 3,5%.

V. Propriétés mécaniques

Les valeurs de la résistance à la flexion et à la compression à 28 jours des différents bétons étudiés sont mentionnées sur le tableau 6 et respectivement sur la Fig.2. et la Fig.3.

Tableau 6: Résistances à la flexion et à la compression des bétons étudiés

Teneur en copeaux kg/m ³	Résistance à la flexion MPa	Résistance à la compression MPa
00-BSC	4,09 ± 0,20	15,80 ± 0,05
60-BCNT	3,64 ± 0,08	11,16 ± 0,59
60-BCT:CF	4,35 ± 0,12	15,10 ± 0,44
60-BCT:CH	3,67 ± 0,08	12,53 ± 0,17

D'après les résultats obtenus, on constate que les copeaux traités (ciment + filler de calcaire) ont nettement amélioré la résistance à la flexion avec une augmentation de 6,35% et de 19,50% respectivement par rapport au béton de sable sans copeaux de bois et avec des copeaux de bois non traités.

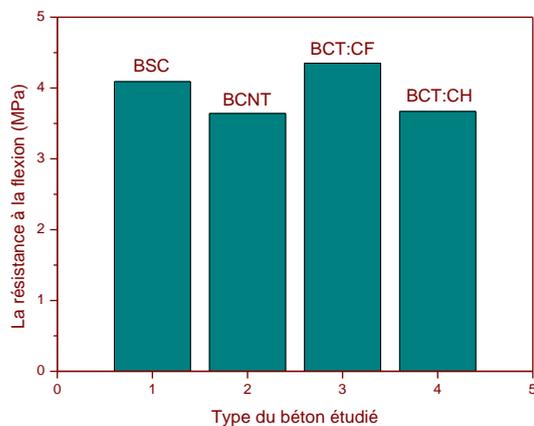


Fig.2: Résistance à la flexion à 28 jours des bétons étudiés

D'après les résultats obtenus, on constate que les copeaux traités (ciment + filler de calcaire) ont nettement amélioré la résistance à la compression avec une augmentation de 35,30% par rapport au béton avec copeaux non traités et une légère réduction de 4,43% par rapport au béton de sable sans copeaux de bois.

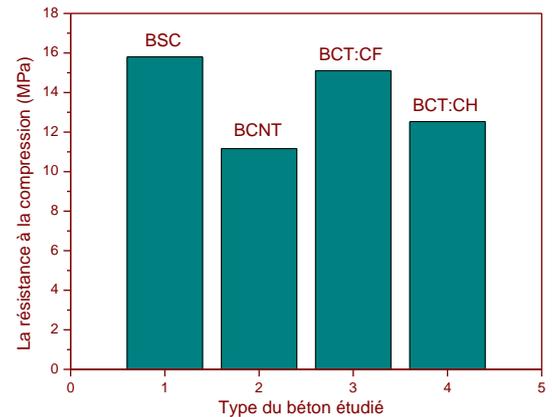


Fig.3: Résistance à la compression à 28 jours des bétons étudiés

VI. Résultats et discussions

L'interprétation croisée des différents paramètres thermo-physiques a confirmé l'existence de fortes relations, comme le montrent les différentes régressions dont le coefficient de corrélation se rapproche de la valeur (1).

VI.1. Masse volumique et conductivité thermique

La Fig.4 présente la variation de (λ) par rapport à la masse volumique, où (λ) augmente avec l'augmentation de la masse volumique.

D'après K. Al Rim et al. [6], la conductivité thermique $\lambda = f(d)$, est une équation linéaire. Néanmoins, d'après les travaux de A. Benazzouk et al. [7], la conductivité thermique diminue avec la réduction de la masse volumique. Pour notre étude et d'après la Fig.4. c'est une fonction polynomiale:

$$Y = -13,44931 + 0,01495 \cdot x - 3,56228E-6 \cdot x^2$$

avec un coefficient de corrélation $r = 0,99962$.

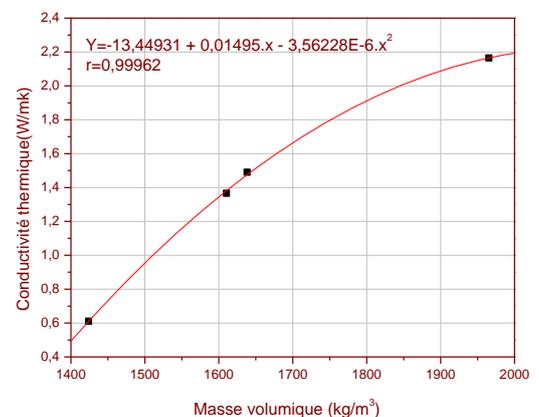


Fig.4: Relation entre la masse volumique

et la conductivité thermique

VI.2. Porosité et conductivité thermique

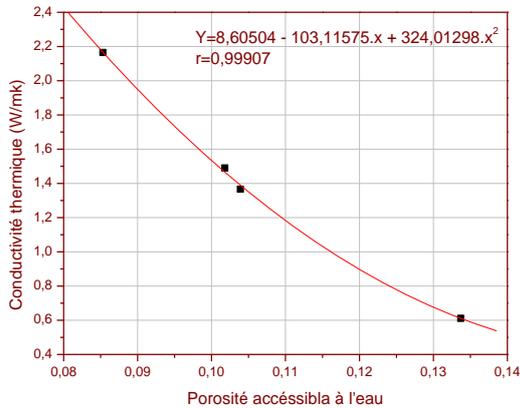


Fig.5: Relation entre la porosité et la conductivité thermique

La Fig.5 présente la variation de (λ) en fonction de la porosité, plus la porosité diminue plus la conductivité thermique augmente.

D'après A. Bouguerra et al. [8], $\lambda = f(P)$, est une équation linéaire à une tendance négative forte, où (P) représente la porosité totale d'un béton de bois. Pour notre étude, et d'après la Fig.5, on constate que la relation suit une fonction polynomiale:

$Y = 8,60504 - 103,11575.x + 324,01298.x^2$, avec un coefficient de corrélation $r = 0,99907$.

VI.3. Masse volumique et porosité

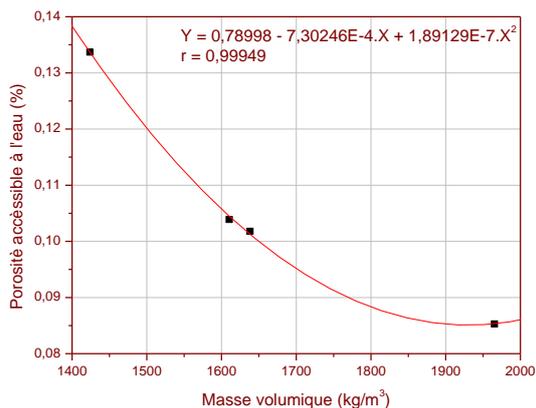


Fig.6: Relation entre la masse volumique et la porosité

D'après la Fig.6. on constate que plus la masse volumique augmente, plus la porosité diminue. Alors, la porosité peut être définie directement à travers la première propriété physique, qui est la masse volumique par l'équation polynomiale:

$Y = 0,78998 - 7,30246E-4.x + 1,89129E-7.x^2$ où la variable (x) représente la masse volumique, vu l'existence d'une corrélation très forte avec $r = 0,99949$.

VII. Conclusion

L'étude expérimentale sur les propriétés physico-mécaniques des bétons étudiés a été faite pour déterminer la teneur optimale en copeaux de bois non traités, qui est de 60 kg/m^3 . Cette composition présente un compromis entre la consistance du béton frais, la masse volumique et la résistance à la compression.

L'influence des copeaux traités (ciment + fillers de calcaire) sur les propriétés thermo-physiques est légèrement moins marquée que dans le cas des copeaux traités (ciment + chaux), puisque la réduction de la conductivité thermique par rapport à la composition de base est de $0,799 \text{ (W/mK)}$, qui représente $36,90\%$ à l'encontre de $0,675 \text{ (W/mK)}$, qui représente $31,17\%$ pour le béton avec copeaux traité (ciment + chaux).

Cette étude a montré l'effet avantageux des copeaux de bois traités par enrobage superficiel avec un lait (ciment + fillers de calcaire), par rapport aux copeaux traités (ciment + chaux). L'avantage de ces résultats est au profit des propriétés physico-mécaniques à savoir: la masse volumique, les propriétés thermiques, la résistance à la flexion et la résistance à la compression.

References

- [1] B. Bederina, M.M. Khenfer, R.M. Dheilily, M. Quéneudec, Reuse of local sand : effect of limestone filler proportions on the rheological and mechanical properties of different sand concrete, *Cement and Concrete Research*, vol. 35, no 4, (2005) 1172-1094.
- [2] M. Gotteicha, Caractérisation des bétons de sable à base de copeaux de bois traités, Mémoire de magister, UAT de Laghouat, (2005).
- [3] M. Bederina, Caractérisation mécanique et microstructure des bétons de sable locaux : Effet des fillers et de la nature des sables sur le comportement mécanique du matériau, Mémoire de magister, UAT de Laghouat, (2000).
- [4] B. Belhadj, Amélioration des propriétés thermo-physiques des bétons de sables allégés par des copeaux de bois en milieux arides (cas de la ville de Laghouat),

Mémoire de magister, UAT de Laghouat, (2007).

- [5] A. Ledhem, Contribution à l'étude d'un béton de bois mise au point d'un procédé de minimisation des variations dimensionnelles d'un composite Argile-Ciment-Bois, Thèse de doctorat de l'INSA de Lyon, (1997).
- [6] K. Al Rim, A. Ledhem, O. Douzane, R.M. Dheilily, M. Quéneudec, Influence of the proportion of wood on the thermal and mechanical performances of clay-cement-wood composites, *Cement & Concrete Composites*, vol. 21, (1999) 269-276.
- [7] A. Benazzouk, O. Douzane, K. Mezreb, B. Laidoudi, M. Quéneudec, Thermal conductivity of cement composites containing rubber waste particules : Experimental study and modelling, *Construction and Building Materials*, vol. 22, (2008) 573-579.
- [8] A. Bouguerra, A. Ledhem, F. de Barquin, R.M. Dheilily, M. Quéneudec, Effect of microstructure on the mechanical and thermal properties of lightweight concrete prepared from clay-cement wood aggregates, *Cement and Concrete Research*, vol. 28, no 08, (1998) 1179-1190.