

Water absorption and its effect on the durability of sand concrete lightened by the addition of wood shavings

Absorption de l'eau et son effet sur la durabilité des bétons de sable allégés par ajout de copeaux de bois

M. Bederina¹, T. Bouziani¹, M. Khenfer¹, et M. Quéneudec²

¹Laboratoire de Matériaux et Réhabilitation de Structures, Université de Laghouat, Algérie

²Unité de recherche EPROAD, UPJV, Amiens, France

Abstract. The main objective of this work is to study the effect of water on lightweight sand concrete based on local materials and wastes. The materials used are dune sand and river sand and the wastes are limestone fillers (aggregates crushing waste) and wood shavings (wood work activities wastes) [1, 2]. It was generally noted that in the case of untreated wood shavings, the higher the wood content, the more important the water absorption, whether by immersion or by capillarity. By subjecting the material to a series of accelerated "wet – dry cycling", a slight decrease in compressive strength was recorded. Moreover, the treatment of wood shavings before their use [3] had greatly improved the resistance with respect to these series of "wet-dry cycling". Similarly, the absorption of water, by immersion and by capillarity, has been greatly reduced. Finally, it should be noted that these results confirm the possibility of the use of this material in construction demonstrated by the encouraging results found in previous studies, such as mechanical and thermal properties.

Résumé. L'objectif principal de ce travail est d'étudier l'effet de l'eau sur les bétons de sable léger à base de matériaux et de déchets locaux. Les matériaux utilisés sont un sable de dune et un sable d'oued et les déchets sont des fillers calcaires (déchets de concassage) et des copeaux de bois (déchets de la menuiserie) [1, 2]. En général, on a remarqué que dans le cas de copeaux de bois non traités, plus le taux de bois est élevé, plus l'absorption d'eau est importante, que ce soit par immersion ou par capillarité. En soumettant le matériau à une série de cycles "mouillage – séchage" accélérés, une légère diminution dans la résistance à la compression a été enregistrée. Par ailleurs, le traitement des copeaux de bois avant leur utilisation [3] a considérablement amélioré la résistance vis à vis de ces cycles "mouillage-séchage". De même, l'absorption d'eau, par immersion et par capillarité, a été considérablement diminuée. Il convient de noter enfin, que ces résultats viennent confirmer la possibilité d'utilisation de ce matériau montrée par les résultats encourageants trouvés dans les travaux précédents, telles que les propriétés mécaniques et thermiques.

1 Introduction

La valorisation des matériaux locaux, peu ou pas exploités, dans la construction est devenue actuellement une solution nécessaire aux problèmes économiques des pays, notamment des pays en voie de développement [4]. C'est dans ce contexte que s'ouvre la réflexion sur la recherche de nouveaux bétons capables de résoudre les problèmes économiques et techniques, rencontrés dans le domaine de la construction. Parmi ces matériaux, on trouve le béton de sable [5]. Il a fait actuellement l'objet de différentes recherches dans lesquelles, il a été montré que, parfois, le béton de sable peut concurrencer le béton traditionnel dans certains usages [6]. Par ailleurs, la réutilisation des différents déchets, qui constituent une gêne environnementale, a fait également l'objet de nombreux travaux actuellement. Parmi ces travaux, on peut citer l'incorporation des déchets lignocellulosiques dans des matrices cimentaires. De nombreux travaux et de nombreuses applications ont été menés [7] en raison des qualités thermiques et acoustiques ainsi que le caractère renouvelable des ressources utilisées. L'idée d'introduire des déchets lignocellulosiques dans un béton de sable afin d'améliorer ses performances thermiques tout en préservant ses qualités mécaniques était donc séduisante. On peut citer également les déchets minéraux qui se sont servis comme différentes additions aux bétons et mortiers. C'est dans ce cadre donc qu'entre le présent travail. Les matériaux valorisés sont des sables dunaires locaux qui recouvrent une partie très importante du sud algérien et des sables alluvionnaires extraits d'oued M'Zi traversant la région de Laghouat. Les déchets réutilisés sont des fillers calcaires et des copeaux de bois provenant respectivement des déchets de concassage d'une carrière locale et des déchets de menuiserie de bois. Il a pour objectif l'étude de l'effet de l'eau sur le comportement et la durabilité des bétons de sables allégés par ajout de copeaux de bois. Une tentative de traitement des copeaux de bois avant leur utilisation afin d'améliorer le comportement et la tenue de ce matériau vis-à-vis de l'humidité sera également menée.

2 Matériaux utilisés

Les sables utilisés proviennent de la région de Laghouat (Algérie). Leurs différentes propriétés physiques sont regroupées dans le Tableau 1.

Tableau 1. Propriétés physiques des sables utilisés

	Sable dunaire	Sable alluvionnaire
Diamètre maximal des grains [mm]	0.63	5.00
Masse Volumique apparente [kg/m^3]	1428	1482
Masse Volumique absolue [kg/m^3]	2596	2576
Compacité [%]	55	57
Equivalent de sable	86	88

Le sable dunaire est un sable fin, à granulométrie serrée, par contre le sable alluvionnaire est un sable moyennement grossier, à granulométrie étalée. Les deux sables sont propres et de nature essentiellement siliceuse [1].

Le ciment utilisé est un ciment portland CPJ-CEM II/A 32.5 répondant à la nouvelle normalisation algérienne. Sa composition chimique respecte les normes recommandées pour ce genre de ciment [2].

Les fillers utilisés sont obtenus par tamisage (au tamis 80 μm) des déchets de concassage d'une carrière se trouvant dans la région de la ville de Laghouat. Ils sont purement calcaires, leur masse volumique absolue est de 2900 kg/m^3 et leur surface spécifique est de 312 kg/m^3 [1]. Rappelons que dans le cas des bétons de sable, l'utilisation des fillers est imposée [8].

Les copeaux de bois utilisés proviennent des déchets résultant du défonçage et du rabotage des travaux de la menuiserie. Ils présentent un aspect de forme irrégulière, avec une limite granulométrique supérieure voisine de 8 mm et une limite granulométrique inférieure voisine de 0.1 mm. La masse volumique absolue est de l'ordre de 512 kg/m^3 et la masse volumique apparente est de l'ordre de 160 kg/m^3 . L'absorption d'eau, exprimée par le rapport massique 'eau/copeaux' est voisine de 36 %.

- L'adjuvant utilisé est un superplastifiant algérien de type « MEDAPLAST (SP40) ».

3 Elaboration des composites

Les compositions des deux bétons sont données dans le tableau 2.

Tableau 2. Compositions des deux bétons de sable

	C (kg/m^3)	S (kg/m^3)	F (kg/m^3)	E (l/m^3)	SP* (%)	B (kg/m^3)
Béton de SD	350	1305	200	245	1,5	O à 160
Béton de SA	350	1460	150	210	1.5	

Les matières premières, préalablement séchées, sont introduites dans un malaxeur. Un malaxage à sec du mélange constitué de sable, de ciment et de fillers pendant 3mn à vitesse lente est effectué. Puis on ajoute les granulats de bois saturés d'eau, en conservant le malaxage à vitesse lente pendant trois minutes. L'eau de gâchage est ensuite ajoutée progressivement pendant 3mn de malaxage à vitesse lente puis 1mn à vitesse rapide. Après mise en moule les éprouvettes sont conservées dans une salle humide (90% de HR et 20°C). Au bout de 24 heures elles sont démoulées et conservées en ambiance sèche (50% de HR et 20°C) [2].

4 Résultats et discussions

Le rôle de l'eau dans le mécanisme de la détérioration des matériaux de construction poreux a été identifié depuis longtemps. Sa pénétration dans les matériaux de construction fournit un mécanisme et un chemin pour la pénétration des matériaux agressifs qui peuvent causer la corrosion du renfort en acier dans les bétons [9]. Plusieurs paramètres commandent le transport des matériaux délétères à l'intérieur du béton. La sorptivité (S_w ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1/2}$)) est l'un de ces paramètres [10]. Elle est définie comme étant la propriété qui caractérise la possibilité d'un matériau poreux d'absorber et transmettre l'eau par capillarité pour des conditions initiales et limites.

4.1 Etude de la sorptivité

Un béton ou un mortier exposé au mouillage avec de l'eau, le taux d'absorption d'eau (i), dans les premiers moments de l'absorption, est proportionnel à la racine carrée du temps ($t^{1/2}$). La sorptivité est alors facilement déterminée à partir de la pente de la première partie droite de la courbe $S_w = f(t^{1/2})$, où S_w est la sorptivité du matériau.

Dans notre étude, la sorptivité S_w est mesurée expérimentalement sur des éprouvettes $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$ par la méthode gravimétrique en déterminant la pente de la droite de la courbe caractérisant l'évolution du volume d'eau, absorbée par capillarité dans les premiers moments de l'essai, en fonction de la racine carrée du temps t (figure 1).

La sorptivité est déterminée par le lissage des premiers points expérimentaux par une fonction linéaire de type :

$$i = S_w \cdot t^{1/2} + i_0 \quad (1)$$

où S_w est la sorptivité,

et i_0 est le taux d'absorption initial ($t=0$) c'est à dire le taux d'absorption au moment de contact de l'échantillon avec l'eau. C'est la proportion d'eau qui a été rapidement absorbée par les pores

ouverts de la surface absorbante. Les courbes des figures 1 et 2 montrent l'évolution de l'absorption d'eau en fonction de la racine carrée du temps pour toutes les compositions étudiées et la courbe de la figure 4 montre l'évolution des sorptivités déterminées en fonction de la teneur en bois.

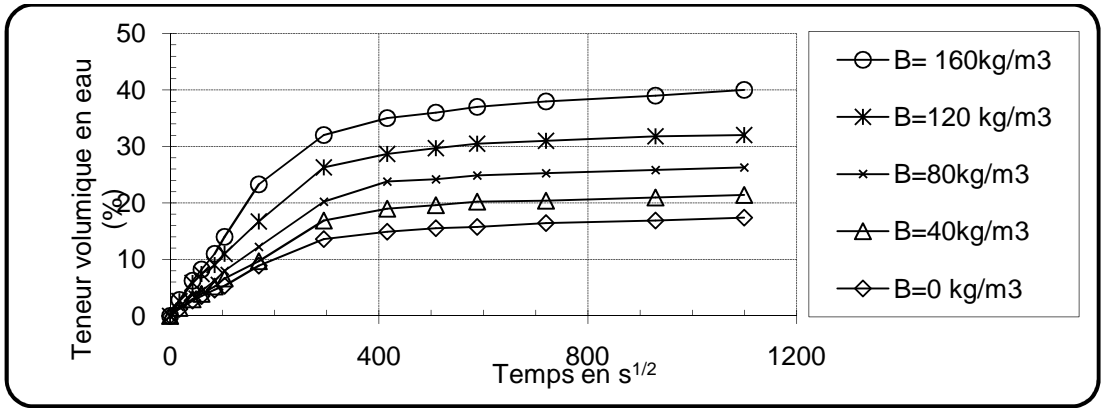


Figure 1. Evolution de l'absorption d'eau par capillarité en fonction de la racine carrée du temps pour différentes teneurs en bois (éprouvettes 4x4x16 cm² - Béton de SD)

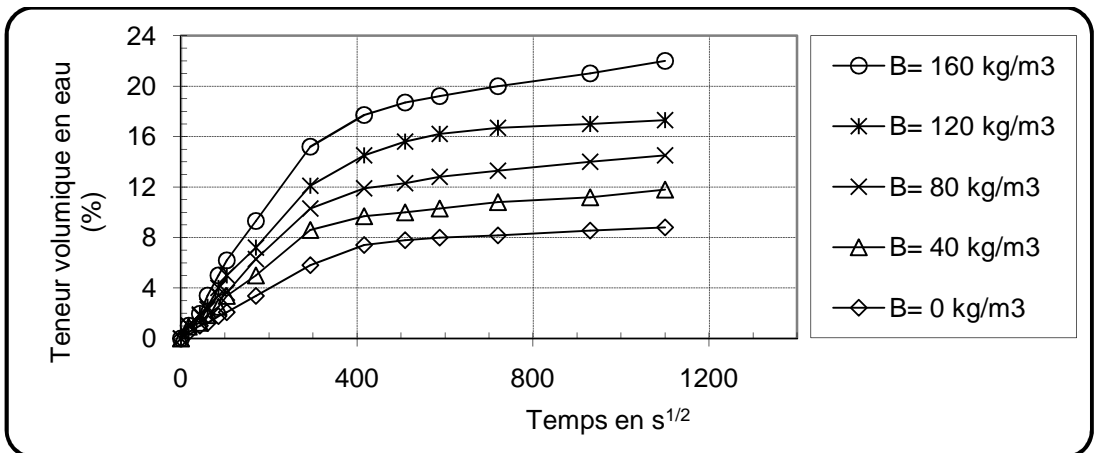


Figure 2. Evolution de l'absorption d'eau par capillarité en fonction de la racine carrée du temps pour différentes teneurs en bois (éprouvettes 4x4x16 cm² - Béton de SA)

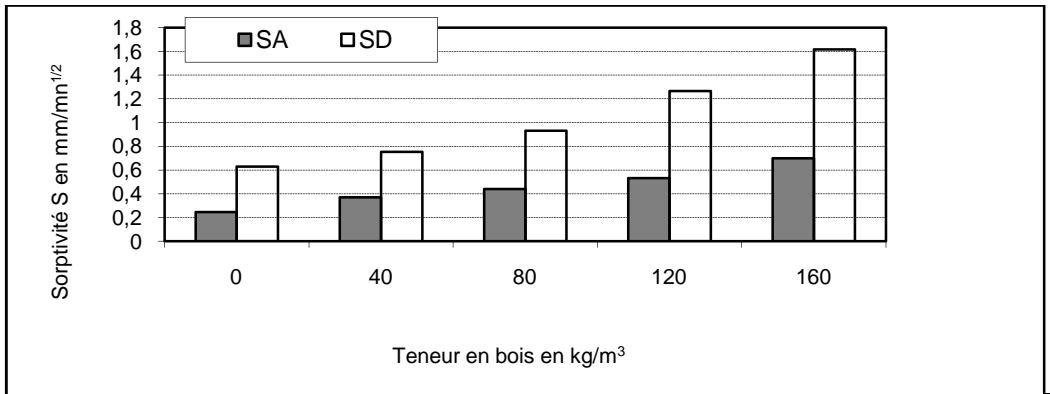


Figure 3: Evolution de la sorptivité des deux bétons de sables en fonction de la teneur en copeaux de bois

Il est à noter qu'en général, plus le matériau est poreux (proportion de copeaux de bois plus élevée), plus l'absorption est importante. La sorptivité augmente aussi avec l'augmentation de la proportion des copeaux de bois dans le béton de sable. L'augmentation dans le cas du béton de SD, où les grains sont plus fins, est plus élevée que dans le cas du béton de SA (figure 3). Ceci montre bien que le bois, sous forme de copeaux, se caractérise par une sorptivité plus élevée que celle du béton de sable. De plus, l'ajout de copeaux de bois induit dans la matrice une porosité supplémentaire qui, elle-même, favorise l'absorption d'eau par capillarité [2].

Notons aussi, qu'à des teneurs en copeaux de bois et en fillers égales, le béton de sable dunaire est beaucoup plus sorptif que le béton de sable alluvionnaire (figure 3). Ceci est dû à la finesse des grains du sable dunaire qui rend les pores très fins et par conséquent favorise la montée de l'eau par capillarité.

4.2 Effet des cycles mouillage – séchage

En ce qui concerne les bétons de bois, cas particulier des bétons légers, des études ont été menées et ont montré que ces derniers présentent une absorption d'eau par capillarité plus faible que les briques ou blocs de terre cuite [11]. Est-ce le même cas pour des bétons de sable à base de copeaux de bois? Pour répondre à cette question, différentes compositions, pour chacun des deux bétons de sable, ont été soumises à des cycles de vieillissement accélérés de mouillage-séchage pour voir le degré de dégradation qui en résulte. Afin d'examiner l'effet de cet essai, nous avons déterminé les pertes en résistance à la compression après les cycles mouillage-séchage ainsi que les pertes en masse. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau 3.

Tableau 3. Pertes en résistance et en masse dues aux effets des cycles mouillage-séchage

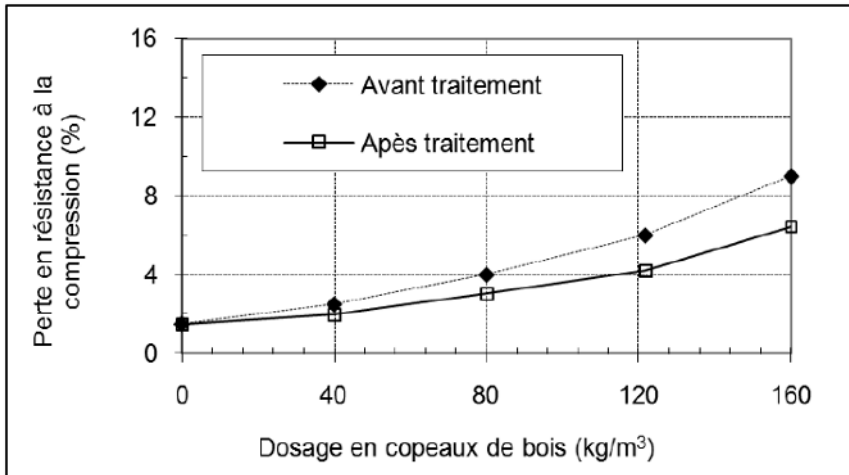
	B en kg/m³	0	40	80	120	160
Béton de SD	Rc (MPa) (av. mouill.-séch.)	20.31	13.40	6.80	3.90	1.50
	Rc (MPa) (ap. mouill.-séch.)	20.00	13.06	6.53	3.66	1.36
	Perte en Résistance (%)	1.50	2.50	4.00	6.00	9.00
	Taux de perte en masse (%)	0.70	0.80	1.10	1.90	3.00
Béton de SA	Rc (MPa) (av. mouill.-séch.)	23.90	14.62	7.58	4.13	1.97
	Rc (MPa) (ap. mouill.-séch.)	23.66	14.33	7.27	3.88	1.78
	Perte en Résistance (%)	1.00	2.00	4.00	6.00	9.50
	Taux de perte en masse (%)	0.80	0.90	1.40	2.30	3.30

D'une manière générale, on remarque une légère diminution de la résistance à la compression suite à l'essai mouillage-séchage, et ceci pour toutes les compositions envisagées. L'effet de cet essai est d'autant plus remarquable que le dosage en bois est plus élevé (tableau 3). Mais, il faut, cependant, noter que les pertes en résistance enregistrées restent dans les marges autorisées pour les matériaux de construction [12].

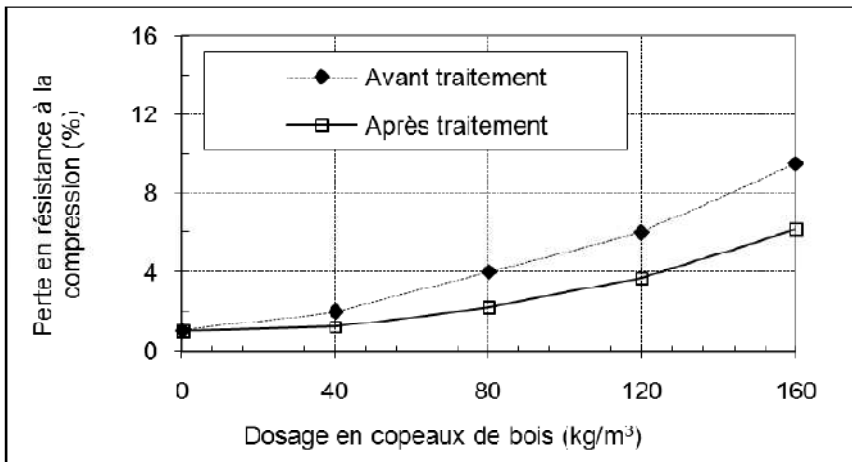
4.3 Traitement des copeaux de bois

Enfin, et afin de rechercher quelques améliorations sur certaines caractéristiques des composites étudiés, notamment la sensibilité à la présence de l'eau, nous avons pensé au traitement des copeaux de bois avant de les incorporer dans le béton de sable. Le traitement est un enrobage superficiel au ciment choisi à partir de la littérature [13]. Les copeaux sont enrobés donc par un lait au ciment (ciment + eau) et laissés bien séchés avant leur utilisation.

Ce qu'il faut noter, est que le traitement a considérablement allégé les problèmes posés pour le béton de sable à base de bois [3]. L'absorption d'eau, quant à elle, est considérablement réduite. A titre d'exemple, et dans le cas de 80 kg/m³ de bois, la valeur mesurée est presque 7 fois moins (2.8 % avant traitement contre à 19.1 % après traitement). Concernant la résistance, cette dernière a considérablement été améliorée par le traitement des copeaux et la tenue du matériau vis-à-vis des cycles mouillage – séchage, bien qu'elle était déjà acceptable, a été améliorée davantage (figure 4).



Béton de sable dunaire



Béton de sable alluvionnaire

Figure 4. Pertes en résistance dues aux mouillage-séchage avant et après traitement des copeaux de bois

5 Conclusion

La principale remarque à noter concernant le comportement hydrique des bétons de sable à base de copeaux de bois est que leurs propriétés hydriques sont fortement influencées par la proportion des copeaux de bois incorporés. L'absorption par capillarité est d'autant plus forte que la proportion des

copeaux de bois est élevée. En augmentant la teneur de copeaux de bois, les composites étudiés deviennent de plus en plus sorptifs. A des faibles teneurs en bois on note une légère différence entre le béton de sable dunaire et le béton de sable alluvionnaire. Mais, à des teneurs plus élevées, les deux composites se comportent presque de la même manière. Les cycles mouillage-séchage ont légèrement marqués leur effet sur la résistance à la compression, mais avec le traitement des copeaux de bois, cette dernière est fortement améliorée.

Références

1. Bederina M., Khenfer M.M., Dheilily R.M., Queneudec M. 2005. Reuse of local sand: effect of lime stone filler proportion on the rheological and mechanical properties of different concrete sand. *Cement and Concrete Research*, 35, 1170-1179.
2. Bederina M., Marmoret L., Mezreb K., Khenfer M.M., Bali A., Queneudec M. 2007. Effect of the addition of wood shavings on the thermal conductivity of the sand concretes - Experimental Study And Modelling. *Construction And Building Materials*, 21, 662-668.
3. Bederina M., Laidoudi B., Goullieux A., Khenfer M.M., Bali A. & Quéneudec M. 2009. Effect of the treatment of wood shavings on the physico -mechanical characteristics of wood sand concretes. *Construction and Building Materials*, 23(3), 1311-1315.
4. Soufo Y. M. 1993. Matériaux locaux et construction de logements dans les pays en voie de développement. Ph.D. Université de Montréal.
5. NF P 18-325. 1991. Bétons, Performances, Production, Mise en Œuvre et Critère de conformité (ENV 206).
6. Projet SABLOCRETE, 1994. Presse de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. Béton de sable, Caractéristiques et pratique d'utilisation. Ed. Association Amicale des Ingénieurs Anciens Elèves de L'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées.
7. Coatanlem P., Jauberthie R., Rendell F. 2006. Lightweight wood chipping concrete durability. *Const Build Mater*, 20, 779-781.
8. Chauvin J.J., Grimaldi G. 1988. Les bétons de sable, *Bulletin de Liaison, Laboratoire des Ponts Chaussées*. 157, 9- 15.
9. Addleson L. 1972. *Materials for Buildings*. 2 (London: Iliffe Books).
10. Crause P. 1983. Etude fondamentale des transferts couplés de chaleur et d'humidité en milieu poreux non saturé. thèse de Doctorat d'état, I.N.P.Toulouse, France.
11. Pimienta P., Chaudzllier J., Rubaud M., Dutruel F., Nicole H., 1994. Etude de la faisabilité des procédés de construction à base de béton légers d'aujourd'hui. *Cahier ce CSTB*.
12. ASTM D 560. Freezing-and-Thawing Tests of Compacted Soil-Cement Mixtures.
13. Ledhem A. 1997. 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, France.