



COMPOSITE A BASE DE POUZZOLANE ET SCIURE DE BOIS

COMPOSITE BASED ON POUZZOLANE AND WOOD SAWDUST

| Tsihoarana H. Rakotoelson ¹ | et | Mamiharijaona Ramaroson ¹ |

¹ Université d'Antsirana | Ecole Supérieur Polytechnique | Laboratoire de Métallurgie et Chimie | B.P. : O, 201, Antsirana | Madagascar |

| Received | 04 December 2017 |

| Accepted | 16 December 2017 |

| Published 27 December 2017 |

RESUME

Contexte : Les matériaux à caractère pouzzolanique sont généralement utilisés en mélange avec les liants aériens et hydrauliques dans le but d'améliorer certaines caractéristique des mortiers et bétons. **Objectif :** Elaborer un nouveau matériau composé de trois constituants principaux : poudre de pouzzolane, sciure de bois de sapin et de la chaux éteinte. **Méthode :** A partir d'un mélange judicieux constitué de 56% de pouzzolane, 27% de sciure de bois de sapin et 17% de chaux éteinte (pourcentage massique), nous avons varié la quantité de liant végétal et d'adjuvant pour avoir une amélioration de la résistance à la compression du composite ; nous avons élaboré des échantillons pour différentes durées de séchage à l'air libre ; nous avons réalisé des essais pour déterminer la résistance à la compression des éprouvettes. **Résultats :** Une durée de séchage de 25 jours est nécessaire pour avoir une résistance à la compression maximale de 1.51 MPa pour 18.4% de liant végétal par rapport à la masse de pouzzolane ; l'ajout de 12% d'adjuvant par rapport à la masse de pouzzolane diminue le temps de séchage à 15 jours pour avoir la même résistance à la compression de 1.51 MPa. **Conclusion :** Le mélange optimal pour avoir la résistance maximale en compression de 1.51 MPa est obtenu avec les compositions massiques suivantes : 38.5% de Pouzzolane, 18.7% de sciure de bois, 4.3% de liant végétal, 22.5% d'eau, 11.2% de chaux éteinte et 4.8% d'adjuvant, pour seulement une durée de séchage de 15 jours.

Mots clés : Composite, pouzzolane, sciure de bois de sapin, liant végétal, chaux éteinte, adjuvant.

ABSTRACT

Context: Pozzolanic materials are generally used in admixture with aerial and hydraulic binders in order to improve certain characteristics of mortars and concretes. **Objective:** To develop a new material composed of three main constituents: pozzolana powder, fir sawdust and slaked lime. **Method:** From a judicious blend of 56% pozzolan, 27% sawdust and 17% slaked lime (mass percentage), we varied the amount of vegetable binder and adjuvant to have a improvement of the compressive strength of the composite; samples were prepared for different drying times in the open air; we conducted tests to determine the compressive strength of the test pieces. **Results:** A drying time of 25 days is necessary to have maximum compressive strength of 1.51 MPa for 18.4% of vegetable binder relative to the weight of pozzolan; the addition of 9% of adjuvant relative to the weight of pozzolan decreases the drying time to 15 days to have the same compressive strength of 1.51 MPa. **Conclusion:** The optimal mixture to have the maximum compressive strength of 1.51 MPa is obtained with the following mass compositions: 38.5% Pozzolane, 18.7% sawdust, 4.3% vegetable binder, 22.5% water, 11.2% lime extinguished and 4.8% adjuvant, for only a drying time of 15 days.

Key words: Composite, pozzolana, fir sawdust, vegetable binder, hydrated lime, adjuvant.

1-INTRODUCTION

Le besoin universel de protéger l'environnement et de bien gérer les ressources naturelles, nécessitent d'établir des nouvelles lois et d'adapter des nouveaux concepts. La valorisation des matériaux naturels et le recyclage des déchets sont un moyen efficace face aux contraintes d'ordres économiques et écologiques de ces dernières années.

Depuis plusieurs décennies, l'industrie du béton a développé l'utilisation des pouzzolanes artificielles et naturelles dans les bétons hydrauliques pour en augmenter les performances mécaniques et les propriétés de durabilité.

Les études entreprises par quelques chercheurs ont permis de démontrer que la valorisation de la poudre de marbre et de la pouzzolane naturelle comme ajout dans les matériaux de construction à matrice cimentaire augmente la résistance à la compression des bétons [1]. Les blocs de terre comprimée peuvent être stabilisés par l'addition de petits pourcentages en masse de chaux et de pouzzolane naturelle, pour améliorer certaines de ses propriétés. Une teneur en pouzzolane de 30% a donné des meilleures résistances mécaniques des blocs de terre comprimée, stabilisés par la chaux et durcis par la vapeur [2]. L'ajout de poudre de pouzzolane dans des mortiers à base de ciment augmente la résistance mécanique. Les taux de 20% et 30% de pouzzolane contribuent positivement à l'amélioration de la durabilité de la construction [3]. L'utilisation de la pouzzolane en substitution d'une partie du clinker comme ajouts hydrauliquement actives dans les compositions de bétons légers sous forme de mélange de granulats présente un avantage économique intéressant qui offrent des résistances mécaniques conformes aux normes en vigueur [3]. Des

études ont été aussi faites sur les briques de terre à base de pouzzolane naturelle (latérite enrichie de 8% de ciment, latérite + pouzzolane enrichie de 8% de ciment où la pouzzolane remplace la latérite à 50% et de la latérite + sciure de bois enrichie de 8% de ciment) [4].

Comme la ville de Betafo, dans la région du Vakinankaratra Madagascar, dispose des potentialités liées au volcanisme telles que la géothermie et les pouzzolanes, et que ses pouzzolanes sont conformes à la Norme Française NFP18-310 [5], nous avons l'idée de fabriquer un nouveau matériau de construction dont les deux principaux composants sont la poudre de pouzzolane et la sciure de bois, sans ajout de ciment. Le but de ce travail de recherche est de caractériser des matériaux naturels disponibles localement, en vue de leur utilisation pour l'isolation thermique-phonique des bâtiments et de matériaux pour socle. L'objectif final étant double : d'une part valoriser des matériaux locaux et d'autre part faire baisser le coût de fabrication et les dépenses énergétiques (climatisation et chauffage), contribuant ainsi à un environnement durable. Cette étude consiste à caractériser les matériaux utilisés pour la confection des mortiers à base de pouzzolane et de nouveaux matériaux à liant pouzzolane-chaux et liant végétal. Dans ce sens, nous avons mené une série d'essais mécaniques, comprenant des mortiers avec un rapport E/P (eau /pouzzolane) constant et une teneur en addition et de mélange des déchets naturelles (sciure de bois de sapin) pour former un nouveau matériau composite.

2-MATERIELS ET METHODES

2.1 Matériels

Les matières premières utilisées pour l'élaboration de notre nouveau matériau sont composés de : poudre de pouzzolane naturelle de granulométrie $\leq 0.5\text{mm}$; sciure de bois de sapin ; la chaux éteinte ; un liant végétal ; eau et un adjuvant super-plastifiant. Les constituants sont pesés avec une balance de précision METLER. La densité est mesurée avec un densimètre électronique H-300S. Les caractéristiques mécaniques sont relevées à partir des essais effectués sur une machine de traction-compression INSTRON 4302 reliée avec un ordinateur.

La pouzzolane naturelle est d'origine volcanique extraite du gisement de la montagne d'Iavoko-Betafo situé à 18 km d'Antsirabe vers la RN34. Les caractéristiques qu'elle offre de façon naturelle, tant sur le plan physico-chimique que sur le plan économique trouve un éventail toujours croissant de domaines de valorisation. Les figures 1a et 1b nous montrent les photos du produit et le site du gisement.



Figure 1a : Granule de Pouzzolane



Figure 1b : Site du gisement Iavoko

Le tableau 1 nous présente les compositions chimiques des échantillons de pouzzolane prélevés au site d'Iavoko-Betafo, et le tableau 2 la composition requise par la norme française pour les pouzzolanes NFP18-310.

Tableau 1 : Résultat des analyses chimiques des échantillons prélevés au site d'Iavoko [6].

N° Echantillon	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO
01	46,7	15,5	12,8	8,1	6,8
02	41,7	18,7	15,7	4,1	6,1
03	41,9	18	15,1	5,8	7,5
04	45,6	15,2	13	8,8	7,6
05	36,1	18,8	16,5	5,9	8,4

Tableau 2 : Composition chimique normalisée de pouzzolane selon la norme française NFP18-310 [5].

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Ip
42 à 55%	12 à 24%	8 à 20%	4 à 11%	1 à 10%	> 75

La sciure de bois de sapin est récupérée dans les ateliers de boiserie. Cette essence de bois est le plus utilisé par les menuisiers à Madagascar. Le recyclage et la valorisation des déchets sont aujourd'hui considérés comme une solution d'avenir afin de répondre au déficit entre production et consommation et de protéger l'environnement. Le recyclage a deux conséquences écologiques bénéfiques : la réduction du volume de déchets et la préservation des ressources naturelles.

La figure 2 nous montre la forme physique de la sciure utilisée. En outre, la présence de petites fibres de bois dans un composite améliore sa caractéristique mécanique.



Figure 2 : Sciure de bois de sapin

Une chaux de bonne qualité sera celle qui présente peu d'insolubles et ayant un pourcentage élevé en chaux libre CaO. L'utilisation de la chaux éteinte donnant des résultats comparables à ceux de la chaux vive s'accompagne d'un abaissement en teneur en eau mais elle se justifie par sa facilité de manipulation. Dans cette étude on a utilisé de la chaux éteinte qu'on trouve facilement au magasin des matériaux de construction.

L'adjuvant utilisé est un super-plastifiant réducteur d'eau de la nouvelle génération. Il est conçu à base de poly carboxylate qui améliore considérablement les propriétés du matériau, et permettent d'obtenir de matériau de très haute qualité. L'eau de gâchage est de l'eau potable et le liant est végétal de type polyvinylique.

2.2 Méthode

A partir d'un mélange judicieux constitué de 56% de pouzzolane, 27% de sciure de bois de sapin et 17% de chaux éteinte en pourcentage massique, nous avons, primo varié la quantité de liant végétal et secundo la quantité d'adjuvant pour voir l'évolution de la résistance à la compression du composite. Pour cela, nous avons élaboré des éprouvettes homogènes pour différentes durées de séchage à l'air libre. Ensuite, nous avons réalisé des essais mécaniques pour déterminer la résistance à la compression des éprouvettes en fonction de leur âge. D'après la norme NFP18-406 pour des éprouvettes cylindriques, la hauteur doit être égale au double du diamètre. Nos éprouvettes ont la même dimension ($d = 45\text{mm}$ et $h = 90\text{mm}$) (Figure 3).



Figure 3 : Eprouvette cylindrique pour essai de compression.

Les tableaux 4, 5 et 6 nous présentent les compositions des éprouvettes (E0, E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8 et E9) pour les essais de compressions.

Tableau 4 : Echantillons sans adjuvant séchés pendant **25 jours**. Variable : quantité de liant végétal.

Eprouvette	Pouzzolane (g)	Sciure de bois (g)	Liant végétal (g)	Eau (g)	Chaux (g)	Adjuvant %	Masse volumique (kg/m^3)
E0	102	50	0	60	30	0	140
E1	102	50	17,2	60	30	0	830
E2	102	50	23,0	60	30	0	870
E3	102	50	11,5	60	30	0	680

Tableau 5 : Echantillons sans adjuvant séchés pendant **18 jours**. Variable : quantité de liant végétal.

Eprouvette	Pouzzolane (g)	Sciure de bois (g)	Liant végétal (g)	Eau (g)	Chaux (g)	Adjuvant (%)	Masse volumique (kg/m ³)
E4	102	50	17,20	60	30	0	960
E5	102	50	23,00	60	30	0	970
E6	102	50	11,50	60	30	0	830

Tableau 6 : Echantillons avec adjuvant séchés pendant **15 jours**. Variable : quantité d'adjuvant.

Eprouvette	Pouzzolane (g)	Sciure de bois (g)	Liant végétal (g)	Eau (g)	Chaux (g)	Adjuvant (g)	Masse volumique (kg/m ³)
E7	102,0	50,0	11,50	60,0	30,0	05,0	970
E8	102,0	50,0	11,50	60,0	30,0	07,0	890
E9	102,0	50,0	11,50	60,0	30,0	13,0	830
% massique	038,5	18,7	04,30	22,5	11,2	04,8	

3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les essais de résistance en compression des échantillons ont conduit aux résultats suivants : Pour les Echantillons E1, E2, E3 séchés pendant 25 jours (Figure 4 et 5).

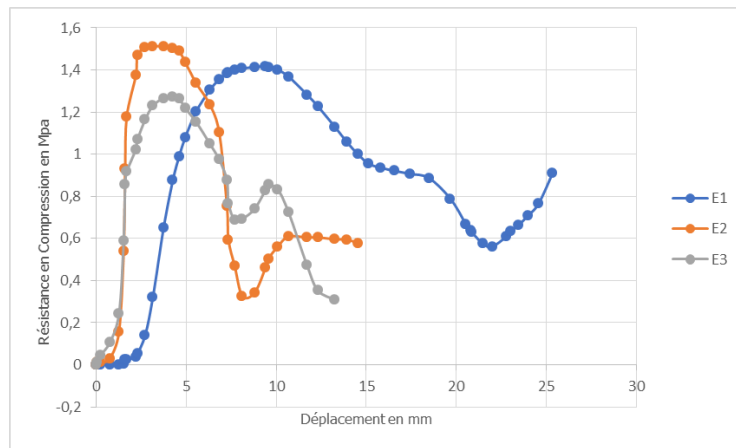


Figure 4 : Résistance à la compression des échantillons E1, E2, E3. Âge : 25 jours.

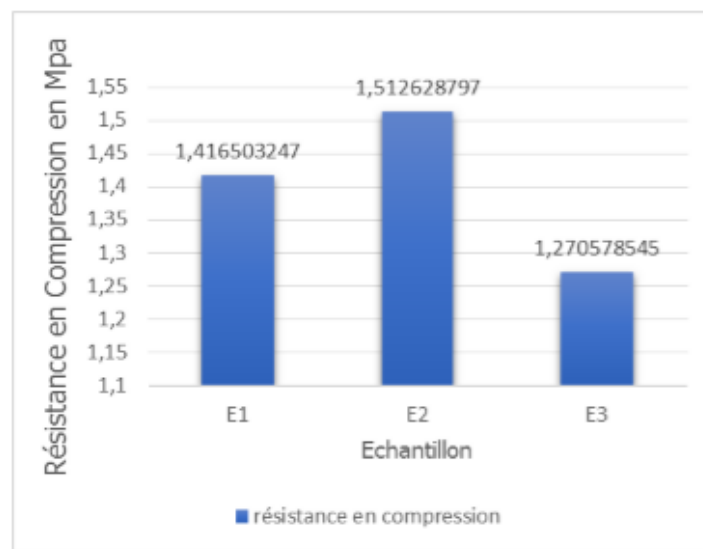


Figure 5 : Résistance maximale en compression des échantillons E1, E2 E3.

Nous constatons que la résistance à la compression et la masse volumique augmentent avec la quantité du liant végétal. La meilleure performance est obtenue par l'échantillon E2 qui contient plus de liant végétal, sans adjuvant mais pour une durée de séchage de 25 jours. Par la suite, nous avons gardé les composants de l'échantillon E2 pour voir l'influence

de l'ajout d'adjuvant et la durée de séchage. L'éprouvette E0 ne présente aucune cohésion entre la pouzzolane et la sciure de bois.

Pour les Echantillons E4, E5, E6 de même composition que E1, E2 et E3 mais séchés pendant 18 jours. Nous avons les résistances à la compression sur la figure 6 et 7.

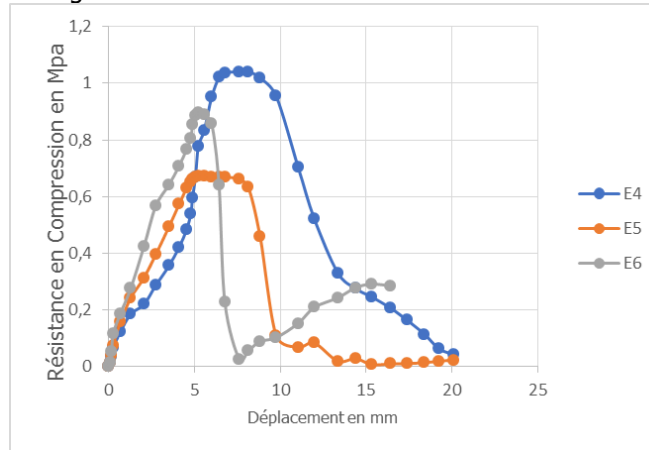


Figure 6 : Résistance à la compression en fonction de la durée de séchage.

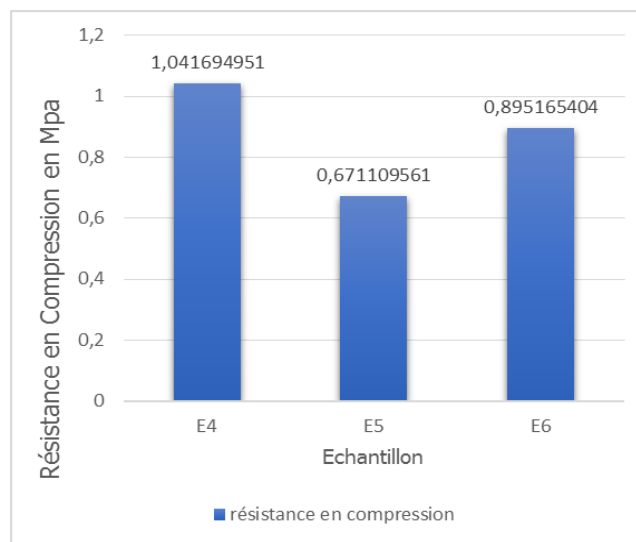


Figure 7 : Résistance maximale après 18 jours de séchage.

Nous remarquons qu'après 18 jours de séchage, la résistance maximale des échantillons diminue. L'échantillon E4 présente la meilleure résistance à la compression. Nous pouvons dire que la résistance à la compression du matériau dépend de la durée de séchage.

Pour les Echantillons E7, E8, E9 où nous avons ajouté d'adjuvant et avons varié sa quantité et séchés pendant 15 jours. Nous avons les résistances à la compression sur la figure 8 et 9.

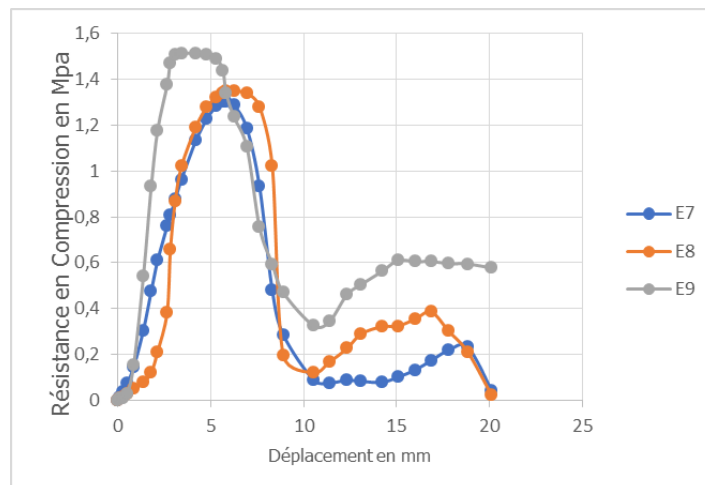


Figure 8 : Résistance à la compression avec ajout d'adjuvant. Durée de séchage 15 jours.

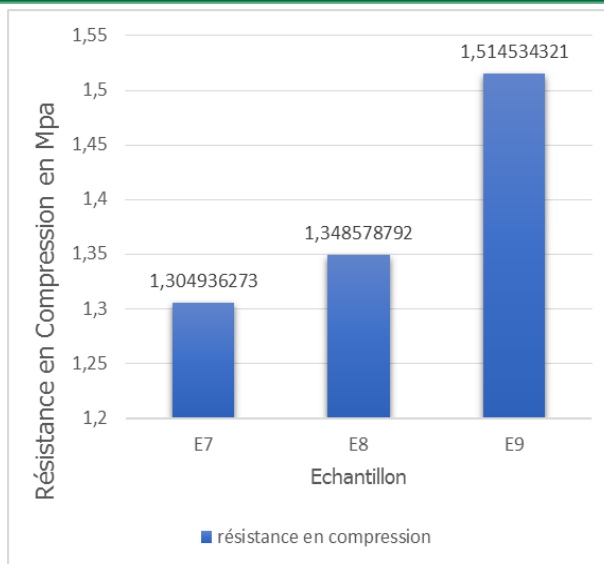


Figure 9 : Résistance maximale avec adjuvant pendant une durée de séchage de 15 jours.

Nous avons constaté que l'utilisation d'un adjuvant super-plastifiant a un important effet sur le comportement mécanique de nos échantillons. En effet il permet d'augmenter la résistance à la compression des échantillons même pour seulement 15 jours de durée de séchage.

Les résultats obtenus avec notre matériau composite à deux constituants principaux (pouzzolane + sciure de bois de sapin) sans ajout de ciment concordent avec les résultats des autres chercheurs qui utilisent de la pouzzolane comme constituant. Le mélange composé de latérite + sciure de bois enrichie de 8% de ciment étudié par Bessenouci (2010) donne une résistance en compression moyenne de 1.01 MPa [4], inférieure à celle de notre nouveau matériau écologique et économique qui est de 1.51 MPa. Le produit en béton léger fabriqué à partir d'agrégats naturels, de l'eau et des liants hydrauliques (ciment) commercialisé par Klimaleichtblock ne présente qu'une résistance en compression de 1.1 MPa [7].

4. CONCLUSIONS

D'après cette étude, nous pouvons conclure que :

1-La cohésion entre pouzzolane et sciure de bois n'existe pas si on a seulement ajouté de la chaux éteinte et de l'eau. La réaction chimique de l'eau avec la chaux pour la transformer en $\text{Ca}(\text{OH})_2$ sur les surfaces actives des sciures de bois ne produit pas de liaison solide. L'ajout de liant végétal améliore la force de cohésion et la résistance en compression. Cette résistance augmente avec la quantité de liant utilisé. Il y a une liaison solide entre la pouzzolane, la sciure de bois et le liant végétal polyvinylique.

2-La résistance en compression augmente avec la durée de séchage des éprouvettes.

3-L'ajout d'un adjuvant diminue la durée de séchage et augmente la résistance en compression des éprouvettes. Il est donc possible de réaliser un nouveau matériau de construction à base de pouzzolane naturelle et de la sciure de bois sans ajout de ciment. L'utilisation d'un liant végétal assure la cohésion entre la surface de contact pouzzolane-sciure de bois de sapin. L'ajout d'un adjuvant dans le mélange et l'augmentation de l'âge du matériau augmentent la résistance en compression du matériau. L'adjuvant prend aussi un rôle de plastifiant résistant à l'eau (imperméabilisant). Nous déduisons que le mélange optimal sans ciment pour avoir la résistance maximale en compression de 1.51 MPa est obtenu avec les compositions massiques suivantes : 38.5% de Pouzzolane, 18.7% de sciure de bois, 4.3% de liant végétal, 22.5% d'eau, 11.2% de chaux éteinte et 4.8% d'adjuvant, pour seulement une durée de séchage de 15 jours. Pour compléter les propriétés de ce nouveau matériau nous devons encore déterminer ses caractéristiques physico-chimiques.

5. REFERENCES

1. Mohammed A.H. et al. Valorisation du déchet de marbre et de la pouzzolane naturelle dans les mortiers, J. Mater. Environ. Sci. 2016 ; 7(2) :429-437. Available : <https://www.jmaterenvironsci.com/Document/vol7/vol7.../48-JMES-Belhadj-2016.pdf>
2. Izemmouren O., Guettala A. Effet de la pouzzolane naturelle sur les propriétés mécaniques des blocs de terre comprimée. 22^{ème} Congrès Français de Mécanique, Lyon, 24 au 28 Août 2015. Available : <http://docplayer.fr/40191696-Effet-et-de-la-pouzzolane-naturelle-sur-les-proprietes-mecaniques-des-blocs-de-terre-comprimee.html>
3. Chaïb O. et al. Etude de l'influence de la pouzzolane naturelle sur la résistance mécanique des mortiers à base ciments composites, Rencontres Universitaires de Génie Civil, May 2015, Bayonne, France. <hal-01167742> Disponible: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01167742/>

4. Bessenouci M. Z. Impact et contribution thermo énergétique des matériaux de construction à base pouzzolanique dans l'habitat. Mémoire de Magister, 2009-2010. Disponible : <http://dspace.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/1051/1/BESSENOUCI-Mohammed-Zakaria.pdf>
5. Thibaut P. M. et al. Evaluation des ressources et potentiel de valorisation des matériaux pouzzolaniques de La Réunion. BRGM/GRP-50865-FR-2001 SGR/REU 11, tableau 2, p. 22. Disponible : <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-50865-FR.pdf>
6. Mandimbarison A.J., Rasolomanana E.H., Randrianja R., Caractéristiques physico-chimiques et mécaniques de pouzzolanes du district de Betafo Antsirabe région Vakinankaratra. Madamines. 2014 ; 6:38-49. Disponible : http://madarevues.recherches.gov.mg/IMG/pdf/Madamines6_4_.pdf
7. Horst J. et al. Environmental Product Declaration KLB Klimaleichtblock GmbH – Flat blocks with integrated insulation - KLB-Isostar. Institut Bauen und Umwelt e. V. Aivailable: http://www.klb-klimaleichtblock.de/fileadmin/documents/Nachhaltigkeit/EPD_ISOSTAR_EN.pdf

Cite this article: Tsihoarana H. Rakotoelson et Mamiharijaona Ramaroson. COMPOSITE A BASE DE POUZZOLANE ET SCIURE DE BOIS. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2017; 5(6): 454-461.

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>