

## Formulation du béton de balles de riz : étude du comportement au cisaillement et au poinçonnement-flexion

Edem CHABI<sup>1,2\*</sup>, Valéry DOKO<sup>1</sup>, Eusèbe AGOUA<sup>1</sup>, Emmanuel OLODO<sup>1</sup>,  
Edmond C. ADJOVI<sup>1</sup> et André MERLIN<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Université d'Abomey-Calavi, Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Laboratoire d'Études et de Mécanique Appliquée, Bénin

<sup>2</sup> Université de Lorraine, Faculté des Sciences et Technologies, Laboratoire d'Études et de Recherche sur le Matériau Bois, France

\* Correspondance, courriel : [edemodiseonly@gmail.com](mailto:edemodiseonly@gmail.com)

### Résumé

Dans cette étude nous avons utilisé les balles de riz comme renforts dans une matrice cimentaire pour produire des bétons légers utilisés pour la fabrication d'éléments non porteurs dans le bâtiment notamment les entrevous. Les recherches effectuées jusqu'à ce jour ont permis de déterminer les compositions optimales et les propriétés physiques, mécaniques et thermiques de ce matériau mais certains aspects restent à étudier vu l'application qu'on veut en faire. L'objectif de cette étude est alors d'étudier quelques-uns de ces aspects notamment le comportement au cisaillement et au poinçonnement-flexion des entrevous. Les résultats ont montré que les balles de riz ont amélioré considérablement la résistance au cisaillement avec une résistance d'environ 27 % de la résistance en compression contrairement au béton normal qui a une résistance au cisaillement d'environ 5 % de la résistance en compression. L'étude au poinçonnement-flexion des entrevous permettent de les classer dans la catégorie des entrevous porteurs-résistants selon la norme EN 15037-2.

**Mots-clés** : *matrice cimentaire, béton léger, comportement au cisaillement, poinçonnement-flexion, résistance en compression.*

### Abstract

#### Formulation of rice husks concrete : study of behavior shear and punching-bending

In this study we used rice husk as reinforcements in a cementitious matrix to produce lightweight concrete used for the manufacture of non-structural elements in the building including blocks. Research made until today allowed identify the optimal compositions and physical, mechanical and thermal properties of this material but some aspects remain to be studied in view of the application we want to do. The objective of this study is then to study some aspects of these particular shear behaviour and resistance to concentrated loads. The test results show an enhancing of the shear strength which is approximatively 27% of the compressive strength whereas the traditional concrete has shear strength of about 5% of the compressive strength. The study of the resistance to concentrated load allows us to classify them as load-bearing blocks as shown in the EN 15037-2.

**Keywords** : *cement matrix, lightweight concrete, shear behaviour, concentrated load, compressive strength.*

## 1. Introduction

« Pour parvenir à un développement durable, la protection de l'environnement doit faire partie intégrante du processus de développement et ne peut être considérée isolément », ainsi s'énonce le quatrième principe de la déclaration de Rio sur l'environnement et le développement [1] qui traduit la volonté des nations du monde à faire face aux problèmes environnementaux qui menacent l'existence de notre planète. Des études statistiques révèlent que les bâtiments sont responsables de plus d'un tiers des émissions de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), ce qui fait du secteur du bâtiment le deuxième plus grand émetteur de CO<sub>2</sub> après l'industrie [2]. On retrouve alors un intérêt dans l'utilisation de matériaux d'origine naturelle tels que les végétaux (le bois, la paille, le chanvre, le lin, les balles de riz, etc.) qui sont renouvelables, recyclables et durables et peuvent contribuer à limiter de manière non négligeable les émissions de gaz à effet de serre grâce à leur capacité d'emprisonnement du CO<sub>2</sub>. La balle de riz est un coproduit dérivé de la transformation du riz et la production de ces déchets lors du décorticage du riz est estimée entre 15 et 20 % du poids total du paddy. Le riz fait partie des céréales les plus consommées au Bénin. La quantité moyenne de riz consommée par an par habitant est de l'ordre de 25 à 30 kg, soit une consommation totale annuelle variant entre 175 000 et 210 000 T [3]. Pour permettre à toute la population béninoise d'avoir accès au riz « Made in Benin » de nouvelles rizeries ont été créées dans plusieurs communes.

Les statistiques disponibles révèlent que la production totale serait d'environ 219 101 tonnes de paddy produit en 2012 sur une superficie d'environ 65 729 hectares [4]. Chaque année après la récolte, les balles de riz sont jetées ou brûlées faute de recyclage ce qui constitue une menace pour l'environnement. C'est pour contribuer à relever ce défi majeur qu'est la préservation d'un environnement sain et de qualité et la formulation d'un nouveau matériau utilisable dans le BTP, que les déchets de riz ont été introduits dans une matrice cimentaire. [5] a eu déjà à étudier les caractéristiques physiques et mécaniques du béton léger de balles de riz à partir d'une formulation basée sur une méthode expérimentale. [6] a montré que la résistance de traction du béton de balles de riz s'est améliorée d'environ 10 à 15 % que le béton classique, idem pour le module de rupture en flexion ce qui entraîne donc une réduction de la fissuration. [7] a montré que les balles de riz ont des potentialités comme matériaux pour produire des bétons légers vues leurs caractéristiques mécaniques et leurs propriétés d'isolation. Les balles de riz ont été préalablement imbibées dans l'eau pendant 30 mn à cause de leur capacité d'absorption élevée en eau. L'affaissement du mortier frais augmente avec la teneur en fibres soit de 8 cm à 14 cm respectivement pour les dosages de 0 % et 30 % en fibres. [8] a étudié dans d'autres travaux les propriétés physiques, mécaniques et thermiques du béton de balles de riz en utilisant la zéolite.

[9] a montré dans ses travaux que les balles de riz sont compatibles avec le ciment et a proposé une formulation pour le composite. L'auteur a aussi conclu que les composites de balles de riz présentent de bonnes performances thermiques. [10] a étudié l'influence des balles de riz sur les propriétés du béton. Il en ressort que l'utilisation de la balle de riz réduit la résistance mécanique mais offre des avantages dans d'autres propriétés, par exemple réduit la pression de vapeur dans le béton empêchant ainsi l'écaillage et les rejets des gaz moins nocifs que des fibres de polypropylène. D'autres auteurs ont utilisé la cendre de balles de riz comme liant en substitution au ciment. C'est le cas de [11] qui a étudié les propriétés telles que la résistance à la compression, l'absorption de l'eau, la variation d'humidité et le module d'élasticité de blocs de béton de cendre de riz. Le ciment a été substitué avec de la cendre de riz qui a été obtenue en brûlant les balles de riz à une température de 700°C pendant six (06) heures de temps. [12] a étudié la possibilité de réduire la quantité de ciment dans le béton en le substituant par de la cendre de riz. Pour ce faire il a utilisé 20 % et 40 % de cendre. Les résultats révèlent que les bétons avec 40 % de cendre n'ont pas donné de bonnes propriétés, par contre ceux avec 20 % de cendre peuvent être utilisés comme éléments non porteurs.

[13] a aussi substitué le ciment par la poudre de riz dans les proportions suivantes : 10 %, 15 % et 20 %. Il a constaté une amélioration d'environ 25 % de la résistance pour la proportion 15 % en cendre de balle riz. Tous les mélanges étaient aussi moins poreux par rapport au béton ordinaire. L'introduction d'autres granulats végétaux dans des matrices cimentaires a été aussi l'objet de plusieurs recherches, [14] a étudié la durabilité des bétons légers à base de copeaux de bois. Afin d'optimiser les propriétés du composite, les copeaux ont été traités dans une solution de silicate de sodium de concentration  $100 \text{ kg.m}^{-3}$ . [15] a étudié l'absorption de l'eau et son effet sur la durabilité des bétons de sable allégés par ajout de copeaux de bois. [16] s'est intéressé aux propriétés acoustiques de matériaux du bâtiment à base de fibres et particules végétales notamment le béton de chanvre et les laines chanvre / lin. [17] a étudié deux types de traitement des fibres de diss pour permettre une bonne adhérence entre les fibres et le ciment. Le premier traitement consiste à extraire les sucres par distillation des fibres diss. Le second traitement consiste en l'imperméabilisation des fibres pour prévenir l'absorption de l'eau.

## 2. Matériel et méthodes

### 2-1. Matériaux

Les balles de riz ont été tamisées en vue de les séparer en plusieurs classes granulaires à l'aide des tamis d'ouverture 5 - 2,5 - 1,25 - 0,63 et 0,315 mm (*Figure 1*). Trois (03) compositions granulaires ont été choisies à savoir : le matériau brut tout-venant (TV), un mélange grossier (MG) et un mélange fin (MF). Les proportions utilisées pour la composition des mélanges sont indiquées dans le *Tableau 1*.



**Figure 1** : Balles de riz sériées

**Tableau 1 : Proportions utilisées pour la composition des mélanges [9]**

Classes granulaires	Mélange grossier	Mélange fin
[2,5 ; 5]	40 %	16,67 %
[1,25 ; 2,5]	30 %	16,67 %
[0,63 ; 1,25]	20 %	33,33 %
[0,315 ; 0,63]	10 %	33,33 %
Module de finesse	2,17	3,00

*Le ciment utilisé est de type CPJ 35*

## 2-2. Formulation du mortier de granulats

La formulation des gâchées a consisté à :

- fixer le dosage en ciment ;
- choisir les rapports eau de gâchage sur dosage en ciment adapté selon l'ouvrabilité du mélange frais par un essai de maniabilité des composites ;
- déterminer la masse de granulats à utiliser pour confectionner 1 m<sup>3</sup> de gâchée.

La méthode utilisée pour définir les masses des granulats à mettre en œuvre en fonction du dosage en ciment et en eau, est basée sur l'expression du volume absolu du mélange frais et des masses volumiques absolues des éléments constitutifs du composite. Le volume absolu du mélange frais des différents constituants du composite est donné par *l'Équation (1)*.

$$V_{abs\ mel} = V_{abs\ granulats} + V_{abs\ ciment} + V_{eau} \quad (1)$$

où,  $V_{abs\ mel}$ ,  $V_{abs\ ciment}$ ,  $V_{eau}$  et  $V_{abs\ granulats}$  sont respectivement les volumes absolus du mélange frais, du ciment, de l'eau et des granulats utilisés.

## 2-3. Mise en œuvre du composite

### 2-3-1. Préparation des balles de riz

Les balles de riz préalablement pesées sont d'abord prémouillées pendant une durée de 4 heures. Elles sont ensuite égouttées sur un tamis afin de les débarrasser du surplus d'eau. Ainsi, nous évitons que l'eau nécessaire à l'hydratation du ciment ne soit absorbée par ce matériau.

### 2-3-2. Malaxage

L'étape du malaxage est assez importante et a pour but, lorsqu'elle est bien réussie d'assurer une bonne homogénéité des mélanges.

### 2-3-3. Confection des éprouvettes

Pour la confection des éprouvettes, des moules métalliques de dimensions 4 × 4 × 16 cm<sup>3</sup> ont été utilisés. L'intérieur des moules est d'abord enduit d'une couche d'huile pour faciliter le démoulage après durcissement du mortier. Un béton léger présente un risque de ségrégation plus important que le béton classique, les

granulats légers risquent en effet de remonter à la surface si l'on réalise une vibration trop importante. Pour éviter ce problème, le moulage est effectué en deux couches compactées avec une tige de section  $4 \times 4 \text{ cm}^2$  pour permettre un compactage uniforme des couches. Après quoi le moule est arasé et entreposé dans le laboratoire pendant 24 heures. La température de la salle varie entre  $27$  et  $29^\circ\text{C}$  et l'humidité de l'air varie entre  $80$  et  $87 \%$ .

#### 2-4. Essais de compression et essai de flexion

L'essai selon la norme EN 196-1, a pour but de connaître les résistances à la traction et à la compression composite durci. Ils sont effectués sur des éprouvettes prismatiques de dimensions  $4 \times 4 \times 16 \text{ cm}^3$ . Les éprouvettes sont chargées en compression et en flexion à l'aide d'une presse électronique jusqu'à la rupture (*Figure 2, Figure 3*).



**Figure 2 :** *Essai de flexion 3 points*



**Figure 3 :** *Essai de compression*

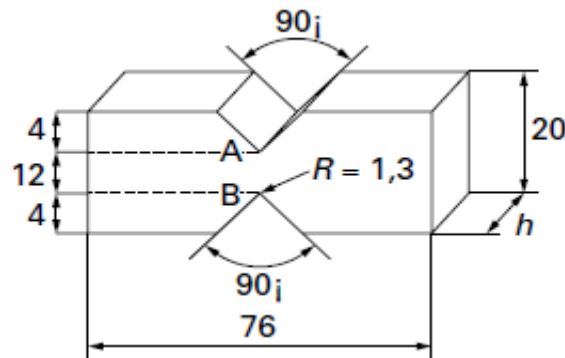
#### 2-5. Essai de cisaillement Iosipescu [18]

Les entrevous sont sollicités au cisaillement au niveau des appuis ; c'est pour cela que cet essai a été réalisé pour voir le comportement de nos composites au cisaillement. Du nom de son inventeur roumain, l'essai de cisaillement Iosipescu fait l'objet de la norme ASTM D 5379. Son principe est schématisé sur la *Figure 4*. Il est appliqué à des éprouvettes parallélépipédiques entaillées en V à  $90^\circ$  de dimensions  $76 \text{ mm} \times 20 \text{ mm} \times h$

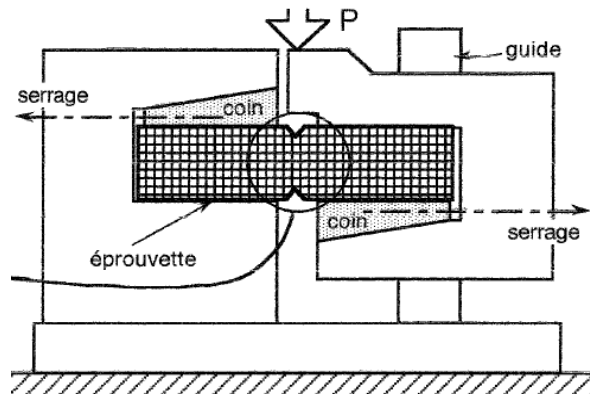
où  $h$  est l'épaisseur de l'éprouvette. Chaque extrémité de l'éprouvette est fixée dans un montage spécifique. Sous l'effet d'une charge de compression, une extrémité se déplace transversalement par rapport à l'autre, introduisant, au sein de l'éprouvette une sollicitation en cisaillement pur. La contrainte de cisaillement est donnée dans l'Équation (2).

$$\tau = \frac{F}{(AB \cdot f)} \tag{2}$$

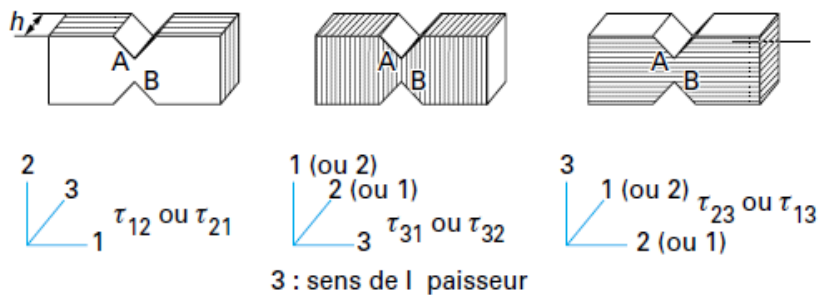
où,  $F$  est l'effort maximal appliqué,  $AB$  la hauteur cisailée et  $h$  l'épaisseur de l'éprouvette.



Dimensions en millimètres  
a. Epreuve



b. Dispositif d'essai



c. Disposition des couches de stratifiés (ou plis)

Figure 4 : Essai Iosipescu, selon ASTM D 5379

## 2-6. Essai de poinçonnement flexion sur les entrevous [19]

L'essai de poinçonnement flexion permet de déterminer la résistance des entrevous lors de la phase de mise en œuvre. Il consiste à simuler la marche d'un homme sur les entrevous afin de prendre en compte les conditions de chantier : serrage des entrevous, rugosité des poutrelles, taille des semelles des chaussures, etc.

- Equipements nécessaires

La **Figure 5** ci-dessous présente le dispositif de l'essai de poinçonnement flexion.

- Mode opératoire
- ✓ Remplir la trémie de stockage d'eau tout en s'assurant que la vanne est dans la position fermée ;
  - ✓ positionner l'entrevous sur le plateau ;
  - ✓ positionner la semelle et le cadre de charge sur l'entrevous.

L'application de la charge se fait par l'ouverture de la vanne et le remplissage du bac de chargement. A la rupture de l'éprouvette, fermer la vanne et faire la lecture du niveau d'eau sur la règle graduée située dans le bac de chargement. La charge effective à la rupture est égale à la masse d'eau plus la pré-charge constituée par le bac de chargement et le cadre de chargement ; à la fin de l'essai, vider complètement le bac de chargement.

- Résultats

Pour chaque famille d'entrevous, la résistance caractéristique au poinçonnement-flexion effective  $P_c$  est définie comme étant la moyenne des deux valeurs obtenues à la rupture de l'éprouvette lors de l'essai. La valeur calculée  $P_c$  est comparée à la valeur PRK déclarée sur la base du **Tableau** de la norme NF EN 15037 en fonction du type d'entrevous.



**Figure 5** : Dispositif d'essai de poinçonnement flexion

## 3. Résultats et discussion

### 3-1. Recueil des données utilisées pour la fabrication des composites

Le **Tableau 2** ci-après présente les différentes formulations étudiées.

**Tableau 2 : Tableau récapitulatif des différentes formulations**

Compositions granulaires	Dosage ciment (kg / m <sup>3</sup> )	C / R	E / C	S / R	Nomenclature
Mélange grossier	500	4,6	0,25	-	MG-D500-E0,25
Mélange grossier	350	1,29	0,30	-	MG-D350-E0,30
Matériau brut (tout-venant)	500	4,64	0,25	-	TV-D500-E0,25
Mélange fin + sable	250	1,62	0,43	2,5	MFS-D250-E0,46

*C : Ciment ; R : balles de riz ; S : sable ; E : eau*

### 3-2. Résistance en traction et en compression

Le **Tableau 3** résume les caractéristiques mécaniques des composites.

**Tableau 3 : Caractéristiques mécaniques des composites à 28 jours d'âge**

Formulation						Masse volumique (g / cm <sup>3</sup> )	Résultats mécaniques	
Granulométries	Dosage	C / R	E / C	S / R	Nomenclature		Résistance en flexion (MPa)	Résistance en compression (MPa)
Mélange grossier	500	4,6	0,25	-	MG-D500-E0,25	1,651 ± 0,03	10,13 ± 0,99	20,46 ± 0,89
Mélange grossier	350	1,29	0,30	-	MG-D350-E0,30	1,180 ± 0,02	6,01 ± 0,53	6,92 ± 0,43
Matériau brut (tout-venant)	500	4,64	0,25	-	TV-D500-E0,25	1,509 ± 0,03	9,57 ± 1,32	12,18 ± 0,83
Mélange fin + sable	250	1,62	0,43	2,5	MFS-D250-E0,43	1,492 ± 0,02	5,73 ± 0,26	5,77 ± 0,33

Le rapport de la résistance en compression sur la résistance en flexion varie entre 1 et 2, ce qui montre que ces composites ont des résistances en traction importantes ; tel n'est pas le cas des bétons ordinaires qui donnent par contre un rapport de près de 10 entre la compression et la flexion.

### 3-3. Essais de poinçonnement flexion

Le matériau balles de riz-ciment devant être utilisé dans la fabrication des entrevous entrant dans la réalisation des dalles nous amène à réaliser l'essai de poinçonnement-flexion puisque ces entrevous lors de la réalisation de la dalle sont soumis à ce mode de sollicitation. Cet essai a été réalisé sur les entrevous de balles de riz-ciment dosé à 350 Kg / m<sup>3</sup> et les entrevous balles de riz-sable-ciment dosé à 250 Kg / m<sup>3</sup> à 28 jours d'âge. Lors de notre essai nous avons constaté que la charge maximum qu'on pourrait appliquer avec le dispositif d'essai n'a pas pu rompre les entrevous. La charge totale appliquée sur les entrevous est de 389,512 kg soit environ 3,90 kN. Selon le **Tableau 1** de la norme EN 15037-2 les entrevous ayant une charge de rupture d'au moins 2,5 kN sont dits porteurs résistants. On peut donc conclure que nos entrevous sont donc des entrevous porteurs résistants.

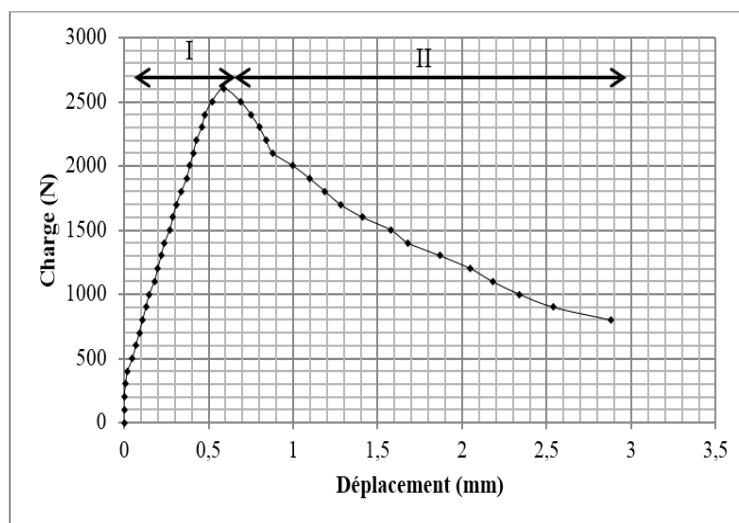
### 3-4. Essais de cisaillement

Les entrevous sont sollicités au cisaillement au niveau des appuis ; c'est pour cela que cet essai a été réalisé pour voir le comportement de nos composites au cisaillement. Les résultats des essais sont résumés dans le **Tableau 4**.

**Tableau 4 : Résultats d'essai de cisaillement**

Granulométries	Dosage	C / R	E / C	S / R	Nomenclature	Contrainte de cisaillement (MPa)	Module de cisaillement (GPa)
Mélange grossier	350	1,29	0,30	-	MG-D350-E0,30	1,81 ± 0,09	4,173 ± 0,816
Mélange fin + sable	250	1,62	0,43	2,5	MFS-D250-E0,43	1,53 ± 0,04	3,703 ± 0,176

Les composites de balles de riz ont une résistance au cisaillement importante soit près de 27 % de la résistance en compression, ce qui n'est pas le cas des bétons ordinaires qui ont une résistance au cisaillement de près de 5 % de la résistance en compression. Ces résultats concordent avec ceux de [6] qui a trouvé des résistances de cisaillement de près de 23 % de la résistance en compression ; ce qui confirme l'hypothèse selon laquelle les fibres dans le béton améliorent sa résistance au cisaillement [20]. La **Figure 6** ci-dessous présente le comportement de l'éprouvette sollicitée au cisaillement.



**Figure 6 : Courbe de comportement typique au cisaillement des composites balles de riz-ciment**

Le comportement présenté par les composites au cisaillement peut être subdivisé en deux phases :

- La première phase est caractérisée par une variation quasi-linéaire de la force en fonction du déplacement. Dans cette phase, les efforts appliqués au composite sont repris par la matrice avant d'être transmis aux balles de riz. Cette reprise de charge traduit par ailleurs une bonne adhésion à l'interface ciment-biomasse ;
- La seconde phase est caractérisée par une chute contrôlée et progressive de la charge alors que la flèche continue d'augmenter. Cette zone illustre le gain de ductilité du composite par rapport à la matrice pure. La présence des fibres joue un rôle de stabilisateur après rupture de la matrice du béton.

#### 4. Conclusion

L'objectif de cette étude était d'étudier le comportement au cisaillement et au poinçonnement-flexion des entrevous en composite de balles de riz. Dans un premier temps nous avons étudié le comportement mécanique en compression et en traction du matériau. Les matériaux présentent de bonnes caractéristiques mécaniques. La caractérisation par l'essai de flexion du comportement mécanique du composite permet de conclure que la présence de balles de riz engendre une amélioration de la résistance à la fissuration du composite et un apport de ductilité dans son comportement post - rupture. L'étude du comportement au cisaillement a montré que les composites de balles de riz ont une bonne performance au cisaillement. La résistance au cisaillement va jusqu'à 27 % de la résistance en compression contrairement au béton normal qui a une faible résistance au cisaillement. L'essai de poinçonnement-flexion révèle que les entrevous sont très résistants malgré leur faible densité et répondent aux exigences définies dans le Cahier de Prescriptions Techniques « Planchers » (CPT).

#### Références

- [1] - United Nations, «Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement,» Rapport, Rio de Janeiro, (1992).
- [2] - T. T. NGUYEN, «Contribution à l'étude de la formulation et du procédé de fabrication d'éléments de construction en béton de chanvre,» Mémoire de thèse, Université de Bretagne Sud, Bretagne, (2010).
- [3] - Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche (MAEP), «Stratégie Nationale pour le Développement de la Riziculture au Bénin (SNDR),» Rapport, Cotonou, (2011).
- [4] - Conseil de Concertation des Riziculteurs du Bénin (CCR-B), «Rapport de l'étude d'état des lieux de la filière riz au Bénin en 2014,» Rapport, Cotonou, (2014).
- [5] - S. TAMBA, «Béton léger à base des déchets cellulosiques,» Mémoire de thèse, INSA, Rennes, (2001).
- [6] - M. SIVARAJA et S. KANDASAMY, «Potentiel reuse of waste rice husk as fibre composites in concrete,» *Asian journal of civil engineering*, Vol. 12, N° 12, (2011) 205 - 217.
- [7] - SISMAN, GEZER et KOCAMAN, «Effects of organic waste (rice husk) on the concrete properties for farm bulidings,» *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, Vol. 17, N° 11, (2011) 40 - 48 pp.
- [8] - C. B. SISMAN, E. GEZER et C. KURC, «Effects of Rice Husk on the Lightweight Concrete Properties Produced by Natural Zeolite for Agricultural Buildings,» *Asian Journal of Applied Sciences*, Vol. 02, (2014).
- [9] - V. DOKO, «Etude de la formulation et de la modélisation des résistances mécaniques et thermiques des composites à matrice cimentaire renforcés par des biomasses végétales : cas des fibres de rônier et des balles de riz,» Mémoire de thèse, Université d'Abomey-Calavi, Abomey-Calavi, (2013).
- [10] - N. YUZER, Z. CINAR, F. AKOZ, H. BIRICIK, Y. Y. GURKAN, N. KABAY et A. KIZILKANAT, «Influence of raw rice husk addition on structure and properties of concrete,» *Construction and Building Materials*, Vol. 44, (2013) 54 - 62 p.
- [11] - F. A. CHIK, B. H. BAKAR, M. A. JOHARI et R. P. JAYA, «Properties of concrete block containing rice husk ash subjected to girha,» *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*, Vol. 8, N° 11, (2011).
- [12] - E. LARUAN, R. BONARES, M. M. ABDULKASAN et R. RUIZ, «Compressive Strengths of Concrete Hollow Blocks Using Rice Husk Ash,» *The Official Journal of Engineering Research*, Vol. 2, N° 11, (2013).
- [13] - D. CHOPRA, R. SIDDIQUE et KUNAL, «Strength, permeability and microstructure of self-compacting concrete containing rice husk ash,» *Biosystems engineering*, Vol. 130, (2015) 72 - 80 p.

- [14] - S. TAMBA, L. M. VOUMBO, A. WEREME, S. GAYE et G. SISSOKO, «Durabilité des bétons légers à base de copeaux de bois,» *Journal des Sciences*, Vol. 7, N° 14, (2007) 67 - 72 p.
- [15] - M. BEDERINA, «Absorption de l'eau et son effet sur la durabilité des bétons de sable allégés par ajout de copeaux de bois,» chez *MATEC Web of Conferences Volume 2*, Rabat, (2012).
- [16] - P. GLE, «Acoustique des Matériaux du Bâtiment à base de Fibres et Particules Végétales - Outils de Caractérisation, Modélisation et Optimisation,» Mémoire de thèse, Ecole Nationale des Travaux Publics de l'État, Vaulx-en-Velin, (2013).
- [17] - A. SELLAMI, M. MERZOUZ et S. AMZIANE, «Improvement of mechanical properties of green concrete by treatment of the vegetals fibers,» *Construction and Building Materials*, Vol. 47, (2013) 1117 - 1124.
- [18] - P. KRAWCZAK, «Essais des plastiques renforcés,» Techniques de l'ingénieur, Base documentaire de l'Université de Lorraine, (1997).
- [19] - AFNOR, «NF EN 15037,» Norme française, (2008).
- [20] - C. NARDJES, «Matrice cimentaire renforcée de fibres : valorisation des sous - produits (polystyrène, copeaux d'acier et copeaux de bois),» Mémoire de magister, Université Mentouri Constantine, Constantine, (2005).