

Valorisation des déchets plastiques en matériaux de construction

Cyrille Prosper Ndepete, PhD

Université de Bangui, Département des Sciences de la Terre
République Centrafricaine

Raoul Zaguy-Guerembo, MC

Université de Bangui, Département de Géographie, République Centrafricaine

Aime Martinien Deganai Gbongo, Assistant

Université de Bangui, Département des Sciences de la Terre
République Centrafricaine

Luce Marie-Paul Regakouzou, Ingénieur

ISM- Dakar, Département de Management de Qualité Hygiène Sécurité et
Environnement, Sénégal

Victoire Olivia Ngaïssona Namndouta, Assistante

Université de Bangui, Département des Sciences de la Terre
République Centrafricaine

José Kpeou-Kolengue, MA

Université de Bangui, Département des Sciences de la Terre
République Centrafricaine

[Doi:10.19044/esj.2022.v18n21p317](https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p317)

Submitted: 04 May 2022

Accepted: 29 June 2022

Published: 30 June 2022

Copyright 2022 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Ndepete C.P., Zaguy-Guerembo R., Deganai Gbongo A.M., Regakouzou L.M-P., Ngaïssona Namndouta V.O. & Kpeou-Kolengue J. (2022). *Valorisation des déchets plastiques en matériaux de construction*. European Scientific Journal, ESJ, 18 (21), 317.

<https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n21p317>

Résumé

Cette étude consiste à valoriser les déchets plastiques qui polluent l'environnement, en proposant une méthode de recyclage de ces déchets, en les transformant en liant pouvant être utilisés pour la fabrication des matériaux de revêtement routier et de sol intérieur et extérieur. La méthodologie utilisées consiste à utiliser les déchets plastiques de basse densité (PBD) collectées dans six (06) arrondissements de Bangui comme liant dans une matrice sableuse provenant de la rivière Oubangui. Au total 54 éprouvettes (pavés) ont été

fabriquées à différents dosages (10 ; 15 ; 20 ; 25 ; 30 ; 40 ; 45 et 50% des teneurs en plastique) et ont été soumis à des essais physiques et mécaniques. Les résultats de ces essais montrent que la porosité décroît de 4,99 à 1,21 % lorsque la teneur en plastique passe de 25 à 50 %. La résistance à la compression augmente de 5,15 à 30,61 MPa lorsque la teneur en plastique varie de 10 % à 30 %. Elle chute progressivement jusqu'à atteindre 11,49 MPa quand la teneur en plastique dépasse 35%. La résistance à la traction (Rt) augmente de 0,9 à 2,43 MPa lorsque la teneur en plastique varie de 10 à 35 % avant de chuter progressivement jusqu'à atteindre 1,28 MPa lorsque la teneur en plastique atteint 50 %.

Mots-clés: Déchets plastiques, sable, recyclage, résistance, pavés

Recovery of Plastic Waste Into Construction Material

Cyrille Prosper Ndepete, PhD

Université de Bangui, Département des Sciences de la Terre
République Centrafricaine

Raoul Zaguy - Guembo, MC

Université de Bangui, Département de Géographie, République Centrafricaine

Aime Martinien Deganai Gbongo, Assistant

Université de Bangui, Département des Sciences de la Terre
République Centrafricaine

Luce Marie -Paul Regakouzou, Ingénieur

ISM- Dakar, Département de Management de Qualité Hygiène Sécurité et
Environnement, Sénégal

Victoire Olivia Ngaissona Namndouta, Assistante

Université de Bangui, Département des Sciences de la Terre
République Centrafricaine

José Kpeou-Kolengue, MA

Université de Bangui, Département des Sciences de la Terre
République Centrafricaine

Abstract

This study consists of recovering plastic waste that pollutes the environment, by proposing a method of recycling this waste, by transforming it into a binder that can be used for the manufacture of materials for road surfacing and interior and exterior flooring. The methodology used consists of using low density plastic waste (LDP) collected in six (06) districts of Bangui as a binder in a sandy matrix from the Oubangui River. A total of 54 specimens (blocks) were manufactured at different dosages (10; 15; 20; 25;

30; 40; 45 and 50% of plastic contents) and were subjected to physical and mechanical tests. The results of these tests show that the porosity decreases from 4.99 to 1.21% when the plastic content increases from 25 to 50%. The compressive strength increases from 5.15 to 30.61 MPa when the plastic content varies from 10% to 30%. It gradually drops until it reaches 11.49 MPa when the plastic content exceeds 35%. The tensile strength (Rt) increases from 0.9 to 2.43 MPa when the plastic content varies from 10 to 35% before gradually decrease to 1.28 MPa when the plastic content reaches 50%.

Keywords: Plastic waste, sand, recycling, resistance, pavers

Introduction

La gestion des déchets plastiques est l'un des problèmes environnementaux dans le monde en générale et particulièrement en République Centrafricaine. Avec l'accroissement démographique, l'évolution et le changement de mode de consommation génèrent divers types de déchets notamment les déchets plastiques. La prolifération de ces déchets plastiques (les sachets, les sacs en plastique, les bidons, les pneus etc...) rejetés dans la nature est l'une des causes de dégradation de l'environnement dans la ville de Bangui et ses environs. Selon les travaux de Doublier (2009), ils sont non biodégradables et contribuent énormément à la pollution de l'environnement. Selon Fanny (2010), la durée de vie des sachets plastiques peut atteindre 500 ans environ. Dans la recherche de solutions aux problèmes générés par ces déchets, de nombreuses recherches (Shanmugavalli et al (2017)., Ganesh et al. (2014)., Poonam et Ramesh (2016) proposent des méthodes de valorisation telles que l'utilisation des sachets plastiques dans la production des matériaux de construction. A l'instar de ces travaux, la présente recherche s'intéresse au recyclage des déchets plastiques en République Centrafricaine étant donné qu'aucune étude scientifique du genre n'a encore été menée dans ce pays. Ainsi, cette recherche propose l'utilisation des déchets plastiques comme liant dans une matrice sableuse pour la fabrication de pavé.

Matériel et Méthodes

Matériaux utilisés

Les matériaux utilisés dans le cadre de cette recherche sont des déchets plastiques basse densité (PBD) et les sables naturels tous provenant de Bangui en République Centrafricaine (RCA)

Des campagnes de terrain ont permis de connaître non seulement quel type des déchets plastiques utilisés pour la transformation mais aussi de prélever les sables qui sont utilisés comme des matrices. A cet effet des sites ont été ciblés dans les différents arrondissements. Les arrondissements ciblés

pour cette recherche sont : 1er ; 2e ; 3e ; 4e ; 5e ; et 8e arrondissements de Bangui (Planche 1).



Planche 1. Les déchets plastiques abandonnés dans la nature (cette recherche 2022)

La moyenne hebdomadaire des masses des déchets plastiques collectés sont consignées dans le (Tableau 1).

Tableau 1. Masse hebdomadaire en kilogramme des déchets ramassés par arrondissement (cette recherche 2022)

| 1 ^{er} (Centre-ville et Stade 20000 place) | 2 ^e (SICA, Seydou et Lakouanga) | 3 ^e (Km 5) | 4 ^e (Boy-rabe et une partie de Gobongo) | 5 ^e (Miskine et rond point Marabéna) | 8 ^e (Marché Combattant) |
|---|--|-----------------------|--|---|------------------------------------|
| 5,755 kg | 4,030 kg | 5,530 kg | 2,805 kg | 4,785 kg | 5,250 kg |

La matrice sableuse a été prélevée dans la rivière Oubangui, conservée dans des sacs puis transporté au Laboratoire National du Bâtiment et des Travaux Publics (Photo 1).



Photo 1. La matrice sableuse (cette recherche 2022)

Formulation et confection des pavés

La formulation et confection des pavés ont été réalisées en cinq (5) étapes successives (Figure 1).

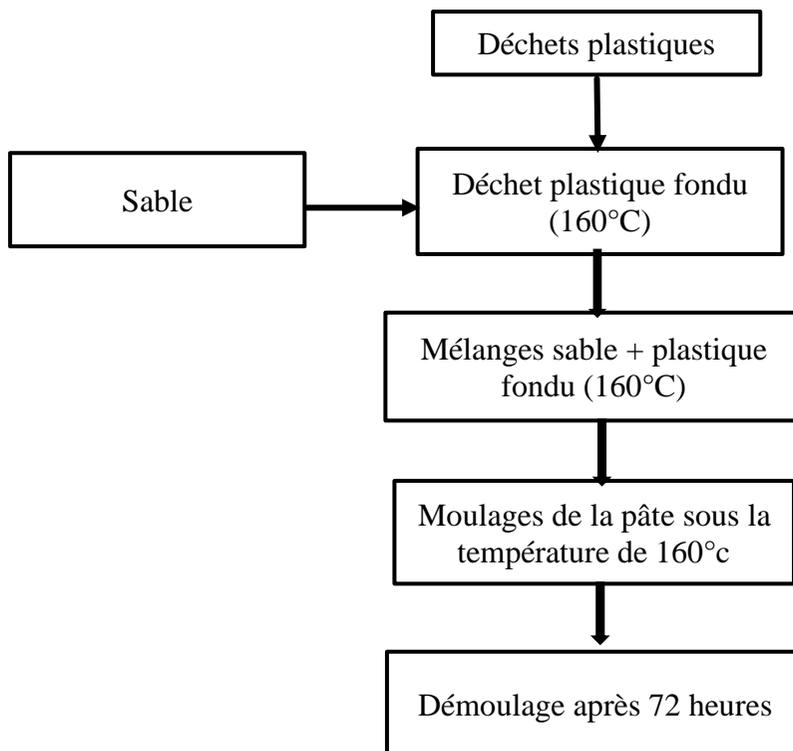


Figure 1. Les étapes de formulation des pavés (sable + plastiques)

La première étape consiste à peser les matrices (sable) et à rechercher la masse de déchet plastique pour chaque pourcentage choisie (10%, 15% ; 20%, 25% ; 30%, 35% ; 40% ; 45% et 50).

La deuxième étape consiste à faire fondre les plastiques à une température d'au moins 160°C tout en observant la durée de fusion qui peut aller jusqu'au de-là de 15 minutes.

La troisième étape consiste à verser la quantité de sable pesée dans les plastiques fondus, puis malaxer jusqu'à l'obtention d'une pâte totalement homogène.

La quatrième étape consiste à mouler la pâte obtenue tout en piquetant sur la pâte versée afin de réduire les taux vide qui peuvent se développer dans les pavés. Enfin la dernière étape consiste à démouler les pavés après deux jours de refroidissement (Planche 2).





Planche 2. Les étapes de fabrication des pavés ; (a) Pesé de la matrice et des déchets plastiques ; (b) Fonte du déchet plastique ; (c) Malaxage et la prise de température ; (d) Mise en moule et Démoulage des éprouvettes (pavés)

Les essais physiques et mécaniques

Afin d'évaluer les caractéristiques physiques et mécaniques de ces matériaux, quelques essais ont été réalisés sur les échantillons (pavés).

Les essais de retrait

Le retrait est la perte du volume du matériau fini (pavé) après refroidissement par effondrement de la structure. Il est principalement dû à la contraction du plastique au refroidissement. Il est déterminé par la formule suivante :

$$r = (V_{\text{mould}} - V_{\text{pavé}}) / V_{\text{mould}}$$

Taux d'absorption d'eau (Porosité)

Cet essai a été réalisé selon la norme NBN B 15-215 : 1989. Elle consiste à déterminer les comportements du pavé face à l'érosion et la pluie et à tout agent physique. L'absorption par immersion est exprimée en pourcentage et est calculée par la formule suivant :

$$\text{Abs} = (M_h - M_s) / M_s * 100$$

Avec: M_h la masse humide après immersion et M_s la masse sèche de l'échantillon.

Essai de Compression

La résistance à la compression (R_c) des pavés a été mesurée conformément à la norme NF P18-406, à l'aide d'une presse hydraulique de type IGM (Ingénierie Générale des mesures). Pour chaque pavé, deux éprouvettes parallélépipédiques ($L = 10 \text{ cm}$, $l = 10 \text{ cm}$ et $h = 5 \text{ cm}$) ont été utilisées. Chaque éprouvette parallélépipédique a été rompue à 28 jours en compression comme l'indique la Figure 5. Elle est calculée par la formule suivant :

$$R_c = F/S$$

Avec : F la force ou la charge appliquée en Newton (N), S la surface de contact des échantillons avec le plateau.



Photo 2. Essai de compression directe

Résistance à la traction (B.A.E.L)

La traction est un essai physique qui permet de déterminer le comportement élastique d'un matériau et de son degré de résistance à la rupture et ce dans l'état de contrainte uni axial.

Pour cette recherche, la R_t à 28 jours a été calculée théoriquement par la formule suivante (Tobo (2019)):

$$R_t = 0.6 + 0.06 \times R_c$$

Résultats

Le retrait

Les résultats des essais de retrait ont permis de réaliser la Figure 2 ci-dessous.

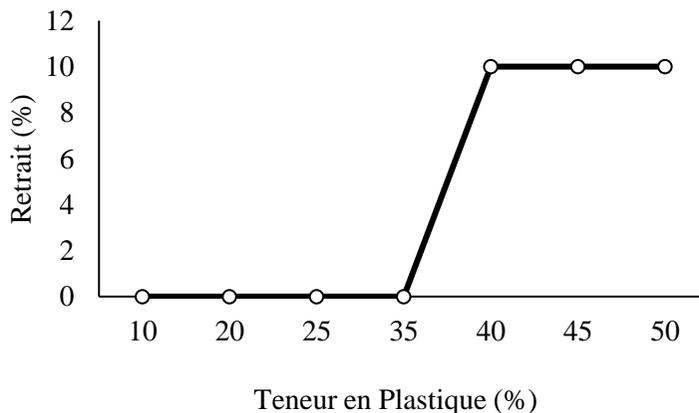


Figure 2. Variation de limite de retrait en fonction de pourcentage en plastique

Ces résultats montrent que lorsqu'on est dans la fourchette de 10% à 35% de teneur en plastique, il n'y a pas de variation de volume de nos

matériaux donc pas de retrait. Mais au-delà de 35% (40% à 50%), on note une augmentation brutale du retrait qui passe de 0% à 10%.

Taux d'absorption d'eau

La Figure 3 montre la variation des taux d'absorption d'eau en fonction de la teneur en plastique.

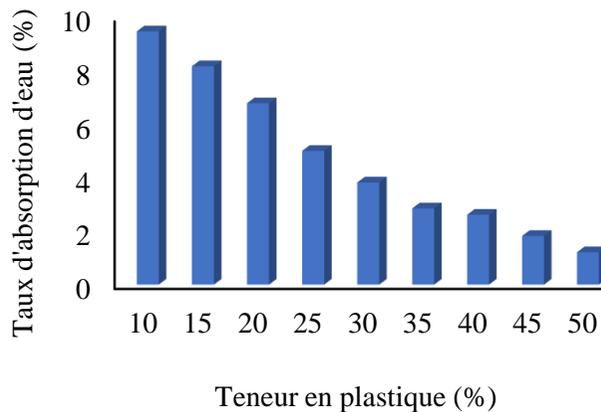


Figure 3. Variation de taux d'absorption de l'eau en fonction des teneurs en plastique

Les taux d'absorption d'eau diminuent progressivement de 9.46% à 1.2% lorsque la teneur en plastique augmente de 10% à 50%.

Essai de Compression simple (Rc) et de la traction théorique (Rt)

Les Figures 4 et 5 présentent la variation de la résistance à la compression (Rc) et à la traction (Rt) des pavés à 28 jours en fonction des teneurs en plastiques.

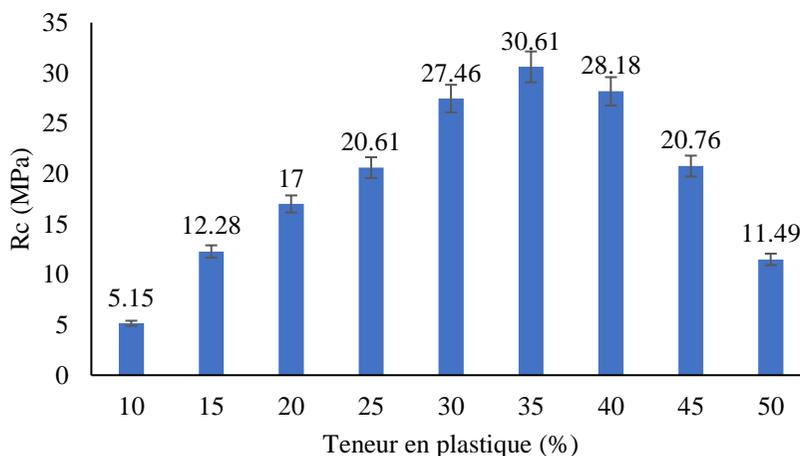


Figure 4 . Variation de la résistance en compression en fonction du teneur en plastique

Les résultats de la résistance en compression montrent une augmentation progressive de 5,15 à 30,61 MPa lorsque la teneur en plastique varie de 10% à 35%. Elle chute progressivement jusqu'à atteindre 11.49 MPa quand la teneur en plastique dépasse 35%.

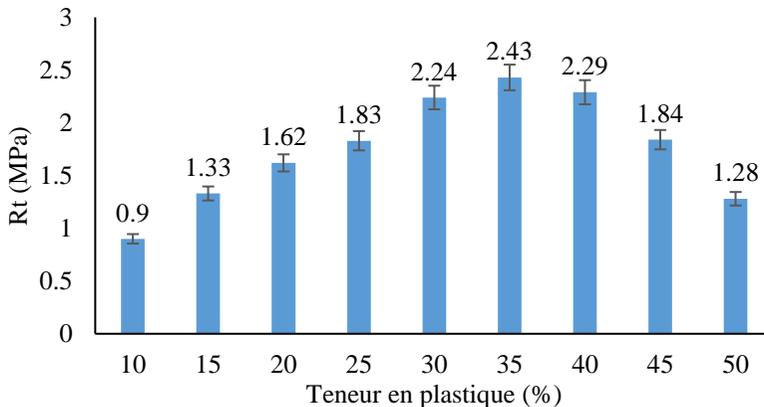


Figure 9. Résistance à la traction des matériaux en fonction de teneur en plastique

Tout comme les résultats de la Rc, on assiste à une augmentation de la Rt qui passe de 0,9 à 2,43 MPa lorsque la teneur en plastique est de 10% à 35% avant d'assister à une chute progressive de la Rt jusqu'à 1,28 MPa lorsque la teneur en plastique atteint 50%.

Discussion

Le phénomène de retrait dans ces matériaux est dû à la perte du volume du produit fini (pavé) après refroidissement par effondrement de sa structure. Il est principalement dû à la contraction du plastique au refroidissement Mariam. (2011).

D'après les travaux de Mariam (2011) et Ledru (2009), l'apport des déchets plastiques qui sont imperméables et qui jouent le rôle des liants a réduit considérablement le taux d'absorption d'eau. En comparant ces résultats aux normes des qualités des matériaux du génie civil qui qualifie un matériau de bonne qualité lorsque le taux d'absorption d'eau $\leq 6\%$ en masse, nous pouvons dire qu'à partir de 25% en teneur en plastique, ces pavés sont de bonnes qualités en termes d'absorption en eau.

L'augmentation progressive de la Rc s'explique par l'occupation des vides dans la matrice par ces déchets plastiques. Mais plus la teneur en plastique dépasse l'optimum qui est de 35% dans le cas de cette étude, il y'a apparition des phénomènes de retrait et des fissurations qui se développent dans les éprouvettes lorsque qu'il y'a refroidissement. Ce phénomène a été expliqué dans les travaux de Brahiman (2019) que lorsque la teneur en plastique atteint un seuil, la résistance en compression chute. Au-delà de ce

taux, le matériau contient de plus en plus du plastique, le rendant moins résistant car le plastique à une résistance en compression faible. Ces résultats s'approchent aux résultats des travaux de Nivetha et al (2016) et Fonderie (2011) qui ont travaillé respectivement sur le mélange des cendres volcaniques et des stériles des roches et les sables des rivières avec les déchets plastiques comme liant afin de fabriquer des blocks des pavés. Leurs résultats ont montré qu'avec 30% de la teneur en plastique, l'optimum est atteint.

En ce qui concerne la résistance a la traction (R_t), certains auteurs comme Guendouz et al (2016) ; Ganiron (2014) ; Praveen et al (2013) ; Ghernouti et Rabehi (2011) qui ont utilisé les déchets plastiques comme agrégats grossiers dans des matrices cimentaires ont obtenus également des résultats où la résistance augmente jusqu'à la proportion idéale avant de chuter. Cela est dû au fait que l'augmentation du plastique dans le mélange réduit l'adhérence du plastique avec la pâte cimentaire induisant ainsi la baisse de la résistance.

Conclusion

Ce travail s'inscrit dans le cadres de recyclage des déchets plastiques de base densité qui est de nos jours une question préoccupante pour tous. L'objectif était, d'une part, de proposer une méthode de recyclage des déchets plastiques en les utilisant comme liant dans une matrice sableuse et d'autre part, de fabriquer des pavés et évaluer leurs caractéristiques physiques et mécaniques. Au total 54 éprouvettes (pavés) ont été fabriquées et les résultats des essais réalisés sur ces éprouvettes ont permis de tirer les conclusions suivantes:

- La formulation des bétons plastiques présente une bonne maniabilité ;
- La taux d'absorbition d'eau décroît de 4,99 à 1,21% lorsque la teneur en plastique passe de 25 à 50%. Ces résultats sont satisfaisants car un matériau de construction est bon lorsque le taux d'absorption d'eau $\leq 6\%$ en masse ;
- Apparition des retraits lorsque la teneur en plastique dépasse 35% ;
- Les résultats de la résistance à la compression montrent une augmentation progressive de 5,15 à 30,61 MPa lorsque la teneur en plastique varie de 10% à 35%. Elle chute progressivement jusqu'à atteindre 11.49 MPa quand la teneur en plastique dépasse 35% ;

Tout comme la R_c , on assiste à une augmentation de la R_t qui passe de 0,9 à 2,43 MPa lorsque la teneur en plastique est de 10% à 35% avant d'assister à une chute progressive de la R_t jusqu'à 1,28 MPa lorsque la teneur en plastique atteint 50%.

Nous pouvons retenir de cette recherche que la teneur optimale en plastique pour l'obtention des meilleurs caractéristiques est de 35%. Au dela

de cette valeur, on assiste a une perte de de caractéristiques physico-mécaniques.

References:

1. Brahiman, T. (2019). Elaboration et caractérisation d'une structure composite (sable et déchets plastiques recyclés) : Amélioration de la résistance par des charges en argiles. Matériaux. Université Bourgogne Franche-Comté; Université Félix Houphouët-Boigny (Abidjan, Côte d'Ivoire), Thèse de Doctorat.
2. Cascade, F. (2011). Projet Stratégie de Réduction des Déchets de Ouagadougou Création d'Emplois et de Revenus par des actions de collecte, de tri et de valorisation (PSRDO- CER), CEFREPADE et 2Ie. Séminaire CIFAL, du 21 au 25 février. (Ebook PDF).
3. Doublie, G (2019). Fiche valorisation des sachets plastiques. 3p.
4. Fanny, T. (2009). Mise en place d'une unité de transformation de sacs plastiques en pavés. Rapport de stage à l'Association pour un Avenir Ensoleillé (PAE) TOGO, Université Pierre Mendès-France.
5. Ganesh, T., Satish, P., Pramod, P., Kumavat, H. (2014). Recycled Plastic used in Concrete Paver Block. International Journal of Research in Engineering and Technology, 3(09).
6. Ganiron, T. U. (2014). Effect of Thermoplastic as Fine Aggregate to Concrete Mixture. International Journal of Advanced Science and Technology Vol.62, pp.31-42.
7. Ghernouti, Y., Rabehi, B. (2011). Béton à base des granulats de déchets des sacs en plastique renforcé de fibres métalliques. INVACO2 : Séminaire international, innovation et valorisation en génie civil et matériaux de construction. 7 p.
8. Guendouz, M., Debieb, F., Boukendakdji, O., Kadri, E. H., Bentchikou, M., Soualhi, H. (2016). Use of plastic waste in sand concrete. J. Mater. Environ. Sci. 7. pp.382- 389.
9. Ledru, Y. (2009) . Etude de la porosité dans les matériaux composites stratifiés Aéronautiques. Thèse de l'université de Toulouse. 242 p.
10. Mariam, B. (2011). Mémoire pour l'obtention du Master spécialisé en énergie renouvelable.
11. NBN B 15-215 (1989) standards.
12. NF P18-406 standards.
13. Nivetha, C., Rubiya, M., Shobana, S., Vijayanthi, R. G., Viswanathan, M. E., & Vasanthi, M. E. (2016). Production of plastic paver block from the solid waste (quarry dust, flyash & pet). ARPJN Journal of Engineering and Applied Sciences. Vol. 11, no. 2, January.

14. Poonam, S., Ramesh, K. B. (2016). Cement Concrete Paver Blocks for Rural Roads. *International Journal of Current Engineering and Scientific Research*, 3(1), 114-121.
15. Praveen, M., Shibi, V., Thomas, P., Eldho, V. (2013). Recycled Plastics as Coarse Aggregate for Structural Concrete. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology* Vol. 2, Issue 3, pp.684-690.
16. Shanmugavalli, B., Gowtham, K., Nalwin, J., Moorthy, B. (2017). Reuse of Plastic Waste in Paver Blocks. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*. ISSN: 2278-0181 Vol. 6 Issue 02, February-2017.
17. Tobo, H. R (2019). Etude comparative entre le beton hydraulique standard et le beton hydraulique renforce par des fibres naturelles : cas des fibres de coton.