

ORIGINAL ARTICLE



TRANSFORMATION DES DECHETS DE SACHETS PLASTIQUES EN LIANT INDUSTRIEL PAR UN NOUVEAU PROCEDE HUMIDE

PROCESSING OF PLASTIC BAG WASTE INTO INDUSTRIAL BINDER BY A NEW WET PROCESS

| Mamihariaona Ramaroson¹ | Zoravaka Patrick Andriambeloson¹ | et | Harijaona Barisoa Rafidison¹ |

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

| Received | 30 October 2017 | | Accepted | 08 November 2017 | | Published 15 November 2017 |

RESUME

Contexte : La prolifération des sachets plastiques d'emballage, rejetés sans discernement dans la nature par leurs utilisateurs, constitue une pollution visuelle et environnementale de plus en plus importante à Madagascar. On estime la quantité de sachets plastiques rejetés à quelques 2 kg par an et par habitant. **Objectif :** Valoriser ses déchets afin de pouvoir les transformer en liant remplaçant les ciments et les goudrons dans les constructions des routes et des bâtiments. **Méthode :** Utilisation d'un mélange composé de déchets de sachets plastiques et d'un autre déchet qui est une solution aqueuse riche en élément charbonneux que nous avons breveté et que nous le désignons dans ce travail par DREC; Dissolution des sachets plastiques par le DREC à une température plus basse que la température de fusion des sacs plastiques qui est de 140°C et qui ne produit pas de fumées toxiques ; Détermination du pourcentage massique du mélange donnant une seule phase en solution solide. **Résultats :** Pour un mélange constitué de 30% de sachet plastique et 70% de DREC, nous avons obtenu un mélange totalement miscible à la température de 110°C sans production de fumée. Avec 20 Kg de sachet plastique nous avons obtenu 60 kg de liant. **Conclusion :** Ce procédé est simple économique et écologique et permet de produire des pavés, des briques, des tuiles et divers constructions pour le développement durable de Madagascar.

Mots clés : Valorisation, déchets sachets plastique, voie humide, économique, écologique.

ABSTRACT

Context: The proliferation of plastic packaging bags, discarded indiscriminately in the wild by their users, constitutes a visual and environmental pollution more and more important in Madagascar. The quantity of plastic bags rejected is estimated at around 2 kg per year per inhabitant. **Objective:** To valorize its waste in order to be able to transform it by binding replacing cements and tars in the constructions of roads and buildings. **Method:** Use of a mixture composed of waste of plastic bags and another waste which is an aqueous solution rich in carbonaceous element which we patented and which we designate in this work by DREC; Dissolution of the plastic bags by the DREC at a temperature lower than the melting point of the plastic bags which is 140 ° C and which does not produce toxic fumes; Determination of the mass percentage of the mixture giving a single phase in solid solution. **Results:** For a mixture consisting of 30% plastic bag and 70% DREC, we obtained a completely miscible mixture at a temperature of 110 ° C without producing smoke. With 20 kg of plastic bag we obtained 60 kg of binder. **Conclusion:** This process is simple economic and ecological and can produce pavers, bricks, tiles and various constructions for the sustainable development of Madagascar.

Key words: Recovery, waste plastic bags, wet, economic, ecological.

1- INTRODUCTION

Depuis des années, des tonnes de déchets en plastique s'entassent aux quatre coins de la ville d'Antsiranana, voire dans toute la région de DIANA à Madagascar. On estime la quantité de sachets plastiques rejetés à quelques 2 kg par an et par habitant ; Ce qui est énorme quand on sait que les sachets plastiques en polyéthylène basse densité sont non biodégradables, et contribuent à la dégradation de l'environnement. De fait, la prolifération des sachets en plastique pose un véritable problème de salubrité et d'assainissement pour le monde entier.

Dans l'optique de résoudre en partie cette problématique de la gestion des déchets plastiques, les études entreprises par quelques chercheurs ont permis de démontrer qu'il était possible de le transformer, par fusion, avec adjonction de sable ou non, en divers produits d'excellente qualité, comme des panneaux de signalisation, des pavés de sol, des dalles de caniveaux et de latrines [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

D'autres chercheurs ont essayé de trouver des solvants chimiques pour dissoudre les sachets plastiques. Parmi eux nous citons Muhammad Z. H. [8].

Une chercheuse espagnole, a fait une découverte intéressante ; elle s'agit d'une chenille de cire (*Galleria mellonella*) qui est capable de manger du polyéthylène, un plastique très résistant à la biodégradation [9].

*Corresponding and Author Copyright © 2017: Mamihariaona Ramaroson. All Rights Reserved. All articles published in American Journal of Innovative Research and Applied Sciences are the property of Atlantic Center Research Sciences, and is protected by copyright laws CC-BY. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

Pour notre cas, nous avons découvert et mis au point un procédé unique de transformation des sachets en plastique que nous avons pris soin de protéger. Nous avons trouvé un système simple mais efficace, qui permet au plastique de remplacer le bois ou le ciment. Cette invention est différente des autres, car il ne s'agit pas d'une simple transformation du plastique en granulés, mais de techniques simples de production d'objets utilitaires à base de deux types de déchets. Un procédé économique et écologique qui ne produit pas de gaz toxique comme le gaz carbonique (CO₂).

2- MATERIELS ET METHODES

2.1 Matériels

Les matières premières utilisées dans notre procédé sont tous des récupérations. Il s'agit des déchets de sachets plastiques que nous avons ramassé un peu partout et le DREC (déchet riche en élément charbonneux) que nous avons breveté. Ce dernier joue le rôle de solvant des polyéthylènes. Les constituants sont pesés avec une balance de précision METTLER. Les températures sont mesurées avec un thermomètre numérique de marque Line Seiki couplé à un thermocouple de type J (figure 1). La dissolution se fait dans un bac en acier placé sur une plaque chauffante montée en série avec un compteur pour évaluer la consommation d'énergie (figure 2). Les caractéristiques mécaniques sont relevées à partir des essais effectués sur une machine de traction INSTRON 4302 reliée avec un ordinateur (figure 3).



Figure 1 : la figure montre l'appareil de mesure de la température.



Figure 2 : la figure montre le compteur et plaque chauffante.



Figure 3 : la figure montre la machine de traction INSTRON 4302

2.2 Méthode

Le principe utilisé est la détermination de la température de dissolution des sachets plastiques en polyéthylène dans le solvant dénommé DREC que nous avons protégé (une température de chauffage qui ne produit pas un dégagement de vapeur toxique de CO₂). Ensuite, la détermination des quantités de DREC et de sachets plastiques pour avoir une solution solide homogène qui va nous servir de liant pour des pavés. Et enfin la détermination des caractéristiques mécaniques des produits utilisant ce liant.

Pour déterminer la température de dissolution des sachets plastiques dans le DREC, nous avons rempli à moitié un petit récipient en acier du solvant, le tout est placé sur la plaque chauffante. Nous avons immergé un sachet dans le récipient tout en augmentant la puissance de la plaque chauffante. Un agitateur nous permet d'homogénéiser la température du solvant dans le récipient. Dès que le DREC commence à dissoudre le sachet plastique on relève la température du mélange jusqu'à la dissolution complète. La figure 4 nous présente le dispositif pour cette expérience.

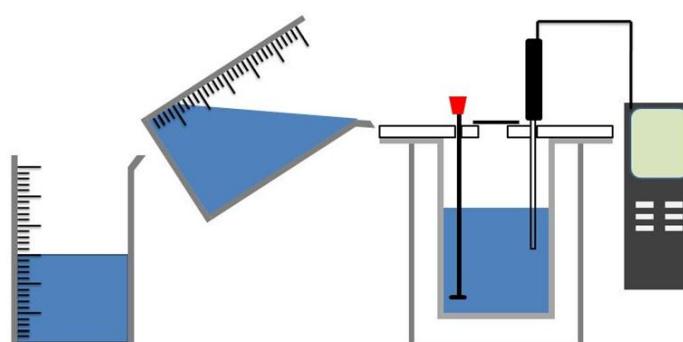


Figure 4 : la figure montre le dispositif pour la détermination de la température de dissolution.

Nous avons considéré cette valeur comme la température de dissolution du sachet plastique dans le DREC.

Pour déterminer la composition massique du mélange qui produit une phase en solution solide de sachet plastique dans le DREC, nous avons pesé une quantité bien définie du solvant que nous plaçons sur la plaque chauffante portée à la température trouvée précédemment. Ensuite nous avons préparé des lots de sachet plastique de poids connus que nous plongeons successivement dans le solvant jusqu'à avoir la quantité suffisante pour former une pâte homogène de notre produit.

Les caractéristiques mécaniques de notre nouveau matériau sont relevées à partir des essais de traction sur des éprouvettes normalisées (figure 5 et 6).



Figure 5 : la figure montre l'éprouvette de traction prélevée à partir d'une plaque.

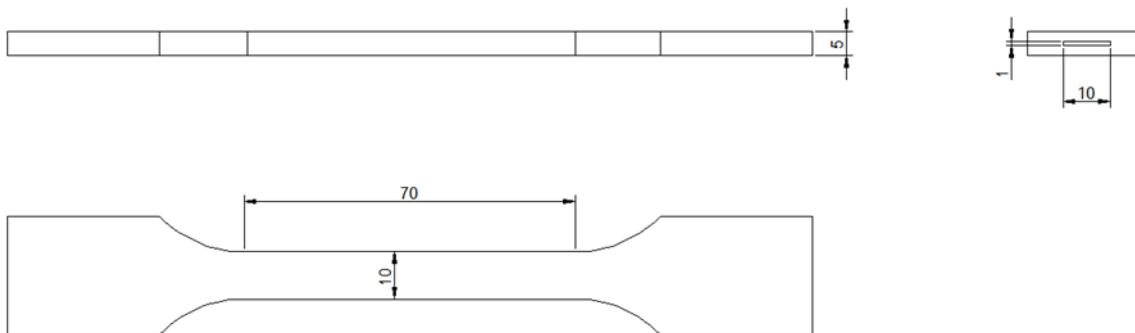


Figure 6 : la figure montre la dimension normalisée des éprouvettes de traction.

Nous avons aussi étudié le comportement mécanique de notre nouveau matériau en fonction de la quantité de sachet plastique dans le mélange.

Des essais d'agglomération du liant avec du sable pour fabriquer des pavés ont été aussi réalisés pour pouvoir comparer les résultats avec les autres procédés qui utilisent la fusion des sachets plastiques. Nous avons aussi réalisé des tests de perméabilité à l'eau.

3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 Température de dissolution

La température de dissolution des sachets plastiques par le DREC mesuré est de 110°C. Cette température est stable et ne produit pas de fumée toxique en comparaison au procédé utilisant la fusion des sachets dont l'état pâteux est obtenu à 160°C [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7].

3.2 Composition massique du mélange

La composition chimique idéale qui fournit un mélange homogène de solution solide de sachet plastique dans le DREC est de 70% de DREC et 30% de sachets plastiques. Toute fois la variation de la composition massique influe les

caractéristiques mécaniques (voir les résultats ci-dessous). La figure 7 nous présente le nouveau liant solidifié et élaboré par notre nouvel procédé.



Figure 7 : la figure montre l'état solidifié du liant composé de 70% DREC et 30% Sachet plastique.

3.3 Caractéristiques mécaniques

Les essais de traction faits sur la machine de traction INSTRON 4302 nous révèlent les résultats suivant : Tout d'abord nous avons remarqué que la contrainte appliquée est bien repartie sur toute la section de l'éprouvette (figure 7).



Figure 7 : la figure montre l'éprouvette en traction.

Le comportement du matériau dépend de la quantité de sachet plastique dissout dans le mélange (figure 8).

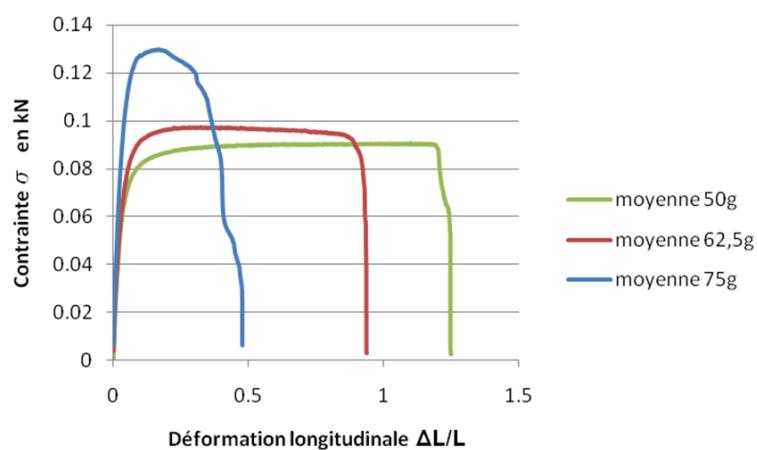


Figure 8 : La figure montre la courbe de traction en fonction du dosage en sachet plastique.

Ces courbes nous montrent que plus la quantité de sachet plastique augmente, la résistance à la traction R_m augmente aussi dans le même sens et la zone de déformation plastique diminue. En générale notre nouveau matériau est tenace c.-à-d. sa capacité à emmagasiner de l'énergie avant rupture est grande en comparaison avec les produits obtenus par fusion qui présente une certaine fragilité.

Nous remarquons aussi que l'ajout progressif de sachet plastique dans le mélange augmente sa limite élastique (tableau 1) et sa résistance à la traction (tableau 2).

Tableau 1 : le tableau présente la comparaison de la limite d'élasticité.

Quantité sac plastique [g]	50	62,5	75
Partie linéaire de la zone élastique [N]	60	70	100
Limite d'élasticité [N/mm ²]	1.2	1.4	2.0

Tableau 2 : le tableau montre la comparaison de la résistance à la rupture.

Quantité sac plastique [g]	50	62,5	75
Charge maximale [N]	90	97	129
Résistance à la rupture [N/mm ²]	1.80	1.94	2.58

Tableau 3 : le tableau montre la comparaison du coefficient d'allongement.

Quantité sac plastique [g]	50	62,5	75
Allongement maximal [mm]	87.53	65.69	33.46
Coefficient d'allongement en %	125.04	93.85	47.80

Plus la quantité de sachets plastiques augmente dans le mélange, plus le coefficient d'allongement diminue progressivement. Cela a un impact majeur sur la ténacité du matériau.

Le module d'Young de notre nouveau matériau augmente avec l'ajout de sachet plastique dans le mélange (tableau 4). Les valeurs mesurées sont faibles par rapport au module d'Young d'un polyéthylène pur qui est de 0.2 à 0.7 GPa [10]. Notre matériau est donc plus souple qu'un polyéthylène.

Tableau 4 : le tableau montre la comparaison du module d'Young.

Quantité sac plastique [g]	50	62,5	75
Charge [N]	41.68	40.22	42.31
Déformation [mm]	1.28	1.04	0.67
Module d'Young [GPa]	0.046	0.054	0.088

3.4 Etude du mélange liant-sable

Afin de pouvoir comparer les résultats de notre nouvel procédé avec les procédés utilisant la fusion des sachets plastiques pour fabriquer des pavés, nous sommes obligés de confectionner des éprouvettes d'essais pour différente composition liant/sable. Nous avons fixé la quantité de liant à 50g et avons varié la quantité de sable, dont la masse est supérieure à celle du liant (tableau 5).

Tableau 5 : le tableau présente la masse du sable et la proportionnalité.

Quantité sable[g]	75	116	200	450
Proportion [Agglomérat%- Liant%]	60-40	70-30	80-20	90-10

Nous avons confectionné des éprouvettes pour les essais de compression dont les dimensions sont spécifiés par la norme NFP 18-406. Pour les éprouvettes cylindriques, la hauteur doit être deux fois plus grande que le diamètre. La figure 9 présente une éprouvette de notre nouveau matériau dont le diamètre est de 35 mm et la hauteur 70 mm. Les essais sont réalisés sur une machine universelle TESTWELL (figure 10).



Figure 9 : la figure montre l'éprouvette de compression.



Figure 10 : la figure montre la machine TESTWELL.

Pour chaque quantité de sable mélangée avec 50 g de liant nous avons déterminé les masses volumiques correspondantes. Le tableau 6 donne ces valeurs.

Tableau 6 : le tableau montre la masse volumique de chaque mélange.

Quantité sable[g]	75	116	200	450
Proportion [Agglomérat%- Liant%]	60-40	70-30	80-20	90-10
Masse de l'éprouvette. $10^{-3}[\text{kg}]$	110.45	127.20	135.10	138.32
Masse volumique [kg/m^3]	1641	1890	2007	2054

Les résultats des essais de compression sont indiqués sur le tableau 7 suivante.

Tableau 7 : le tableau montre les résultats des essais de compression.

Quantité sable [g]	75	116	200	450
Proportion [Agglomérat%- Liant %]	60-40	70-30	80-20	90-10
Charge à la rupture [kN]	22.60	22.73	17.27	3.76
Résistance à la rupture [MPa]	23.50	23.60	17.96	3.91

Nous remarquons que les valeurs de la résistance mécanique en compression diminuent avec la quantité de sable. Le mélange composé de 70% de sable et 30% de liant présente le maximum de résistance à la compression.

Les résultats des essais sur des pavés composés de sable et de liants obtenus par fusion à Ouagadougou ont de très faible résistance mécanique pour les mêmes pourcentages de sable et de liant par rapport à nos produits. En effet, pour un ratio sable/plastique de 70/30, la résistance à la compression de leur pavé est de 2.41 MPa alors qu'avec notre procédé la résistance à la compression est de 23.60 MPa [10].

Des essais de perméabilité à l'eau ont été aussi réalisés sur notre produit. Pour cela nous avons pesé les échantillons avant et après immersion totale dans l'eau pendant une durée de 24h, 48h et 72h. Les résultats sont présentés dans les tableaux 8 et 9.

Tableau 8 : Le tableau montre les résultats des essais de perméabilité.

Proportion [Agglomérat%- Liant%]	60-40	70-30	80-20	90-10
Masse initiale [g]	112,88	126,9	109,95	155,37
Masse après 24h [g]	113	127,22	110,34	157,62
Masse après 48h [g]	113,12	127,36	110,61	158,86
Masse après 72h [g]	113,19	127,42	110,76	158,88

Tableau 9 : Le tableau montre les résultats des essais de perméabilité en pourcentage.

Proportion [Agglomérat%- Liant %]	60-40	70-30	80-20	90-10
Eau pénétré après 24h en %	0,11	0,25	0,35	1,45
Eau pénétré après 48h en %	0,21	0,36	0,60	2,25
Eau pénétré après 72h en %	0,27	0,41	0,74	2,26

Nous remarquons que la perméabilité de notre produit est très faible par rapport à celle des pavés réalisés à Ouagadougou dont la valeur est de 1% [5].

Enfin nous avons aussi comparé les prix du mètre carré des pavés fabriqués à Madagascar utilisant différent type de liant aggloméré avec du sable. Les résultats sont dans le tableau 10.

Tableau 10 : Le tableau montre la comparaison du prix du mètre carré d'un pavé de 4cm d'épaisseur.

Production	Antsiranana (ciment)	Tananarive (bouteille)	Pavé taillé (moellon)	Tananarive (ciment)	Notre produit
Prix m ² en [Ar]	25000	20000	13200	28000	6300

Pour la même épaisseur de 4 cm, le prix du pavé local utilisant le ciment comme liant que nous avons recueillis auprès des vendeurs s'élève à 25000 Ar le mètre carré. Ce prix est dû au prix du ciment qui est très cher. Et pour le fabricant de pavé à partir des bouteilles plastiques recyclées à Antananarivo, leur prix est de 20000 Ar le mètre carré. Alors que pour notre produit le prix du mètre carré est de 6300 Ar.

En outre, avec 20 kg de sachet plastique on obtient 5 kg de liant par le procédé qui fait fondre les sachets plastiques. Alors qu'avec notre nouvel procédé 20 kg de sachet plastique nous fournissent 60 kg de liant. En effet le DREC, qui est un déchet riche en élément charbonneux que nous avons breveté, augmente ce poids.

3.5 Limitations rencontrées

Concernant la température, si la température de dissolution est inférieure à 110°C, les sachets plastiques ne sont pas solubles. Si la température est supérieure à 120°C, il y a production de fumées que nous essayons d'écartier dans notre procédé. La température de dissolution acceptable est T_a avec 110°C ≤ T_a ≤ 120°C.

Dans le domaine de température cité ci-dessus, les ratios massiques DREC/Sachet entre 60/40 et 70/30 nous fournissent des comportements mécaniques intéressants pour les utilisations en Travaux Publics et Génie Civile. En dehors de ces valeurs la production du matériau n'est pas rentable car le mélange est hétérogène. Un mélange situé dans cette fourchette respecte les spécifications requises par les Normes. Un essai de mise en température d'une plaque de 5 mm d'épaisseur (figure 5) de ce nouveau matériau dans un four porté à 80°C pendant deux semaines ne présente pas un phénomène de ramollissement. On arrive facilement à prendre la plaque dans la main sans se faire brûler.

La technologie de notre nouvel procédé est facile à mettre en œuvre, mais réclame, toutefois, une excellente pratique issue de l'expérience, pour avoir une constance dans la qualité.

Sur le plan économique, sa production est rentable dans les pays où le coût du ciment est élevé.

Ce qui nous reste à faire pour compléter la caractérisation complète de ce nouveau matériau sont : la caractérisation structurale (Diffraction des rayons X) qui nous permet d'identifier et de quantifier des phases constitutantes ; l'analyse chimique (ICP-OES) ; la caractérisation par spectrométrie RAMAN et l'analyse thermique (DSC, ATD et ATG).

4. CONCLUSIONS

D'après cette étude, nous pouvons conclure qu'il est possible de valoriser les déchets de sachets plastiques qui contribuent à la dégradation de l'environnement. La transformation des déchets de sachets plastiques en liant par dissolution à basse température avec un autre déchet riche en élément charbonneux (DREC) est simple, écologique et économique par rapport au procédé qui fait fondre les sachets. Ce nouveau procédé ne dégage pas de gaz toxique comme le CO₂ qui provoque le réchauffement climatique de notre planète terrestre. La température idéale pour la dissolution des sachets plastiques dans le DREC est de 110°C. Le nouveau matériau de liant que nous avons mis au point n'est pas du Polyéthylène pur. Il s'agit d'une solution solide de polyéthylène dans le DREC dont la masse volumique moyenne est de 0.95 Mg/m³, tenace, souple, imperméable à l'eau et à la chaleur. Les mélanges dont les ratios massiques DREC/Sachets plastiques comprises entre 60/40 et 70/30 présentent les meilleures caractéristiques mécaniques pour des utilisations ultérieures.

Son utilisation pour fabriquer des pavés avec du sable pour couvrir les sols pendant la saison de pluie est rentable. Le coût du mètre carré est à la portée du pouvoir d'achat de tous les citoyens malgaches.

Actuellement nous sommes en train d'étudier le comportement de ce nouveau matériau au choc dans le but de l'utiliser comme pare-balle.

ACRONYMES

- DREC** : Déchet Riche en Éléments Charbonneux
NFP : Norme Française Pour les Bâtiments
ICP : Inductively Coupled Plasma
OES : Optical Emission Spectrometry
DSC : Differential Scanning Calorimetry
DTA : Differential Thermal Analysis
TGA : Thermo Gravimetric Analysis

5. REFERENCES

- 1- Gilles D., Ousmane S. Valorisation des déchets de sachets plastiques Utilisation comme liant dans la fabrication de matériaux composites : Application dans les villes subsahariennes. Conférence internationale sur la Valorisation des Déchets et la Biomasse Résiduelle dans les Pays en Développement, 9-11 juillet 2009-Ouagadougou, Burkina Faso. Disponible : http://www.ids21.org/resources/fichiers/ids21/Communication_Wasteng09_Doublier-Sorgho_V3.pdf
- 2- Alain G. Le recyclage des plastiques. Dossier sur l'environnement « mens sana in terra sana ». MENS 20, 1er trimestre 2001. [http://www.biemens.eu/dossiers/FR20-Lerecyclagedesplastiques.pdf](http://www.biomens.eu/dossiers/FR20-Lerecyclagedesplastiques.pdf)
- 3- Mathieu B. Recyclage des déchets plastiques dans la gestion des déchets en Afrique et dans les Caraïbes. Plateforme ressource, 2015. Disponible : <http://www.plateforme-re-sources.org/wp-content/uploads/2015/05/FS-Recyclage.pdf>
- 4- Jacques P. La technique "Pavé Plastiques-Sable" doit être condamné. Migrations et Développement. Disponible <http://www.migdev.org/wp-content/uploads/2014/10/La-technique-PAVES-PLASTIQUES-SABLE-est-%C3%A0-condamner.pdf>
- 5- Cascade F., CEFREPAD et 2iE, Expérience de l'unité de fabrication de pavés plastiques par Cascade Fonderie à travers le PSRDO/CER. Séminaire CIFAL, du 21 au 25 février 2011. Disponible : <http://www.cifal-ouaga.org/cd/P-dechets/pav%C3%A9s-ok.pdf>
- 6- Mariam B., Contribution à la mise en valeur des ordures ménagères par la production et la vente des pavés. Mémoire pour l'obtention du Master spécialisé en Energie Renouvelable. 23 septembre 2011, Mali. Disponible : https://www.documentation.2ie.edu.org/cdi2ie/opac_css/doc_num.php?explnum_id=418
- 7- Rakotosaona R. et al. Valorisation à l'échelle pilote des déchets plastiques pour la fabrication de matériaux de construction. Mada-Hary vol. 2, 2014. Disponible : http://madarevues.recherches.gov.mg/IMG/pdf/hary2_6_.pdf
- 8- Muhammad Z. H. Dissolution of polyethylene terephthalate by using solvents. A thesis submitted in the fulfillment of the requirement for the award of degree of Bachelor of Engineering (Chemical), Faculty of Chemical Engineering Universiti Teknologi Malaysia, January 2013. Available: http://facet.freehive.io/dissolution_of_polyethylene_terephthalate_pet_by_using.pdf
- 9- Jacqueline C. Découverte d'une chenille qui mange du plastique. Current Biology. 25 avril 2017. Disponible : <https://actualite.housseeniawriting.com/science/2017/04/25/découverte-d'une-chenille-qui-mange-du-plastique/21628/>
- 10- Ashby M.F., Jones D.R.H. Matériaux 1. Propriétés et application, Dunod p. 48, 70, Edition 1991. Disponible : <https://www.dunod.com/sciences.../materiaux-t1-proprietes-applications-et-conception>

Citer cet article: Mamiarivo Ramaroson Zoravaka Patrick Andriambeloson, et Harijona Barisoa Rafidison. TRANSFORMATION DES DECHETS DE SACHETS PLASTIQUES EN LIANT INDUSTRIEL PAR UN NOUVEAU PROCEDE HUMIDE. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences.* 2017; 5(5): 377-384.

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/>