

# Valorisation à l'échelle pilote des déchets plastiques pour la fabrication de matériaux de construction

Rakotosaona Rijalalaina <sup>(1)</sup>, Ramaroson Jean de Dieu <sup>(2)</sup>, Mandimbisoa Maholy <sup>(1)</sup>, Andrianaivoravelona J. Oliva <sup>(1)</sup>,  
Andrianary Phillipe <sup>(1)</sup>, Randrianarivelo Frédéric <sup>(3)</sup> et Andrianaivo Lala <sup>(4)</sup>

<sup>(1)</sup> École Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, Département Génie chimique, BP 1500, Antananarivo 101

<sup>(2)</sup> Département Matériaux et Génie Civil, Centre National de Recherches Industrielle et Technologique, BP 6294  
Antananarivo 101, Madagascar

<sup>(3)</sup> École Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, Département Sciences et Ingénierie des Matériaux, BP 1500,  
Antananarivo 101, Madagascar

<sup>(4)</sup> École Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, Département Ingénierie Pétrolière, BP 1500, Antananarivo 101,  
Madagascar

## Résumé

Les matières plastiques ont désormais envahi notre quotidien. Elles sont le symbole de la société de consommation, car elles sont considérées comme un matériau non noble : les consommateurs l'assimilent à un produit jetable après usage. Elles représentent jusqu'à 30% de la masse totale des ordures ménagères, et, n'étant pas dégradables, elles forment un véritable danger pour l'environnement. Il y a donc lieu d'encourager leur recyclage. Malheureusement, la multiplicité des types de matières plastiques, l'incompatibilité de certains polymères entre eux et la difficulté de reconnaître et de séparer les différents polymères induisent de nombreux problèmes au niveau, notamment, du tri sélectif, en particulier pour les déchets plastiques de post-consommation.

Le renforcement du recyclage des plastiques pourrait contribuer à économiser des ressources rares, à créer des emplois et à réduire les impacts sur l'environnement. Pour notre bien-être et ceux des générations à venir, nous avons choisi de valoriser les déchets plastiques pour la fabrication des matériaux de construction tels que la tuile, la brique et le pavé autobloquant.

Nous avons entamé le travail par les études bibliographiques. On a ensuite interprété et mise en perspective les résultats obtenus antérieurement. Nous avons continué notre travail par l'étude, la conception et la réalisation des appareillages pour la fabrication des matériaux.

Nous avons ensuite effectué les essais de fabrication des matériaux qui nous a emmenés vers un résultat largement satisfaisant. Le matériau qu'on a obtenu a une résistance à la compression de 13,1MPa et une porosité égale à 0,164%, matière obtenue avec une proportion massique constitué de 25,4% de plastique, 54,9 de sable et de 15,4 de gravillon. Nous avons ensuite effectué l'analyse environnementale du projet dans laquelle on a montré les avantages qu'apporte le projet sur l'environnement.

**Mots clés** : recyclage, déchets plastiques, matériaux composites, malaxeur en bras Z, combustion à flamme inversée.

## ABSTRACT

Plastic explosives invaded our daily henceforth. They are the symbol of the cooperative supply store, because they are considered like a material non noble: the consumers assimilate it to a disposable product after use. They represent until 30% of the total mass of the garbage, and, not being degradable, they form a real danger for the environment. There are grounds therefore to encourage their retraining. Unfortunately, the multiplicity of the types of plastics, the incompatibility of some polymers between them and the difficulty to recognize and to separate the different polymers lead many problems to the level, notably, of the selective sort, in particular for the plastic garbage of post-consumption.

The backing of the retraining of plastics could contribute to save rare resources, to create some jobs and to reduce the impacts on the environment. For our well-being and those of the generations to come, we chose to valorize the plastic garbage for the manufacture of the construction supplies as the tile, the brick and the pavement.

We started work by the bibliographic studies. We are interpreted then and setting in perspective the gotten early results. We continued our work by the survey, the conception and the realization of the equipments for the manufacture of the materials.

We did the tests of manufacture of the materials that took us toward an extensively satisfactory result then. The material that one got has a resistance to the compression of 13,1MPa and a porosity equal to 0,164%, matter gotten with a mass proportion constituted of 25,4% of plastic, 54,9 of sand and 15,4 of gravel. We did the environmental analysis of the project in which one showed the advantages that the project brings on the environment then.

**Keywords:** retraining, plastic garbage, composite materials, mixer in arm Z, combustion to reverse flame, tile, brick, pavement.

## 1. INTRODUCTION

On constate que le volume des déchets solides produit par la population, ne cesse d'augmenter. Par conséquent les déchets solides envahissent considérablement l'environnement. Par leur nuisance, ils sont à l'origine de plusieurs problèmes que supporte notre environnement, actuellement.

La plupart des composants des déchets solides sont biodégradables donc facile à transformer, sauf que pour le cas des matières plastiques qui sont qualifiées de déchets non biodégradables, par le faite que leur durée de vie peut atteindre jusqu'à 500 ans environ. Elles sont des polluants directs, elles sont ni altérables, ni biodégradables. Elles polluent l'environnement et nuisent la santé de la population car elles sont à l'origine de la prolifération de plusieurs maladies comme : le paludisme (elles sont à l'origine des eaux stagnante qui engendre les moustiques) et la peste. Elles sont aussi à l'origine de polluants secondaires car sa combustion affecte la qualité de l'air en produisant des produits toxiques. Alors que la plupart des emballages sont constituées de matières plastiques et ce, dans tous les domaines (bâtiment, alimentaire électroménager, etc.).

Dans la plupart des grandes villes de Madagascar, les déchets solides sont mis en décharges qui ne subissent aucun contrôle. On constate qu'à la surface des décharges non contrôlées, les matières plastiques sont emportées par le vent, elles s'éparpillent autour de la zone de décharge et parfois, elles s'accrochent aux arbres, elles bouchent la dalle ou le canal d'évacuation des eaux usées. Elles enlaidissent le paysage c'est une pollution visuelle. Et comme ils ne sont pas biodégradables, elles restent telles qu'elles sont si elles ne sont pas traitées.

Ce sont les raisons qui nous ont poussées à effectuer la valorisation à l'échelle pilote de ces déchets plastiques pour la fabrication de matériaux de construction tels que le pavé autoblocant, la brique et la tuile.

## 2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

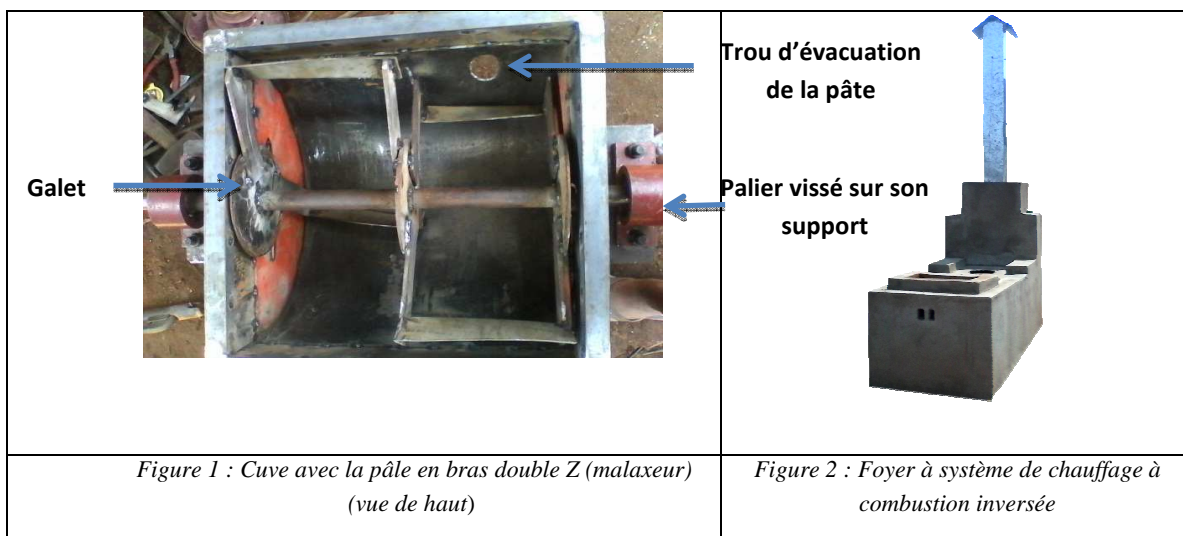
Différents documents scientifiques et technologiques, nationaux et internationaux ont été utilisés pour la réalisation de ce travail.

Compte tenu du caractère pluridisciplinaire de l'étude, la méthode a été celle de la compilation des différents documents sus-cités, ainsi que les travaux de recherche sur terrain et aux laboratoires pour la maîtrise du procédé de fabrication des matériaux.

Aussi, divers matériels et équipement ont été conçus et réalisés dans le cadre de ce travail. Ils sont nécessaires pour la réalisation des essais de fabrication des matériaux. Il s'agit :

- de la cuve de cuisson munie d'un malaxeur à pale Z (Mandimbisoa 2012 ; Barbain et Chevalier, 1997 ; Roustan, 2005) (Figure 1). Les caractéristiques techniques de cette cuve sont les suivantes :
  - les parois ont été réalisées avec du TPN 12 mm ;
  - elle est munie d'un malaxeur à pale Z;
  - elle est munie d'une manivelle ;
  - le volume total est de 78 litres dont la capacité est de 50 litres.

Elle est utilisée pour la préparation de la pâte composée de résine plastique et des granulats.



- un système de chauffage à combustion inversée (Le Net, 2008 ; Mandimbisoa 2012 ; Desplanches et Chevalier, 1999) (Figure 2). Ce système de chauffage nous permet non seulement d'obtenir la combustion complète du combustible mais aussi de réduire le coût de combustible utilisé (rendement élevé). Cela nous permet donc de faire des économies d'énergie tout en respectant l'environnement.

Grace au principe de combustion inversée, on utilise une énergie propre permettant de réduire le niveau d'émissions de CO<sub>2</sub> et des gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

- des moules métalliques pour pavé, brique et tuile ;
- une presse pour le compactage des matériaux (Haudin, 2005 ; Mandimbisoa, 2012 ; Berthelot, 2012) (Figure 3). Elle fonctionne avec une vis sans fin sur laquelle nous avons vissé un plateau sur son bout

inférieur. Une manivelle est placée sur son bout supérieur. Quand on la tourne, l'espace entre le plateau sur le bout de la vis et le plateau inférieur est progressivement réduite et la densité du matériau est de plus en plus grande, ainsi la pression effectuée sur le produit moulé augmente progressivement. Ceci nous fournisse la pression nécessaire à la compression de la pâte dans la moule.

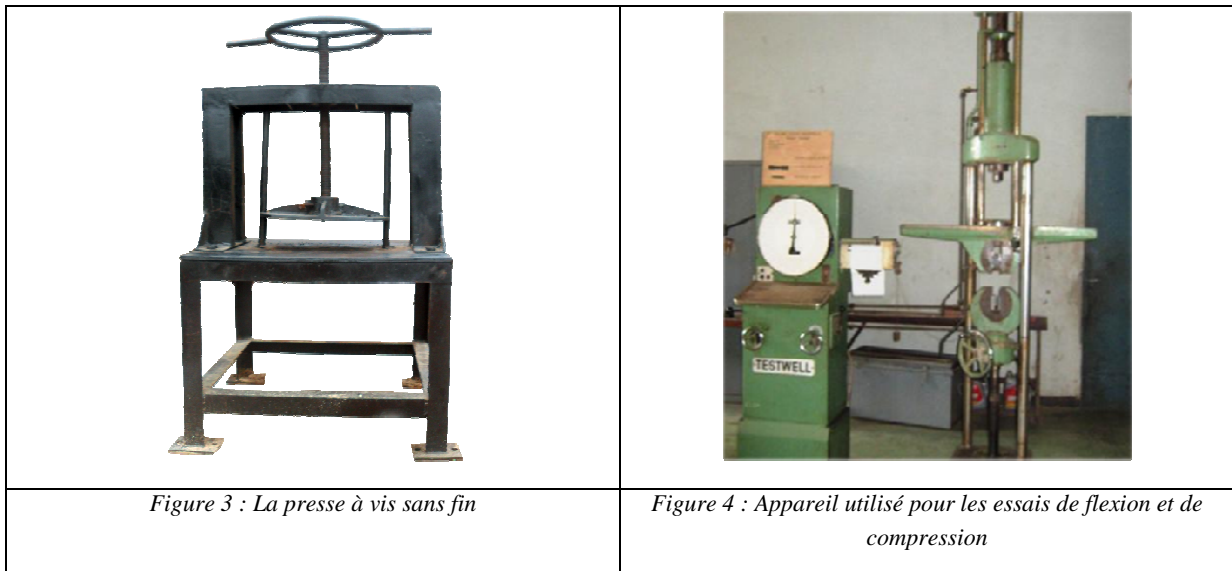
Un système de guidage oriente le mouvement du plateau supérieur pour qu'on obtienne une pression uniforme sur la moule.

On tourne la manivelle jusqu'à ce que le couvercle de la moule soit placé parfaitement à l'horizontale sur le boîtier et que la butée de la moule limite la course de la vis sans fin.

Une balance a été utilisée pour le dosage des matières premières.

Un thermomètre de type TAK avec un thermocouple de type K, utilisé pour le prélèvement de la température.

La presse hydraulique multifonctionnelle (Figure 4) du Bloc technique de l'École Supérieure Polytechnique d'Antananarivo (ESPA) sise à Ankatso, a été utilisée pour la détermination de la résistance mécanique des matériaux.



Les matières premières utilisées pour la réalisation des essais à l'échelle pilote sont :

- les déchets plastiques constitués de : PEBD, PEHD, PP, PET ;
- le sable : sable moyen de dimension 0,2 à 2 mm pour la fabrication de tuile ; sable moyen et grossier de dimension 0,2 à 5 mm pour la brique et le pavé ;
- les gravillons : de dimension 2/6 pour la tuile et 4/14 pour la brique et le pavé ;

La méthodologie consiste à effectuer divers essais pour chaque type de matériaux afin de déterminer les paramètres optimaux de fabrication.

Le schéma du procédé de fabrication est consigné dans la Figure 5.

## 2.1. Tri des déchets :

Le triage des déchets affecte la qualité du matériau obtenu. Le processus de tri permet tout d'abord de classer les plastiques suivant leur nature chimique et leur origine ;

En fait, les thermoplastiques sont difficilement compatibles entre eux d'un point de vue structure c'est-à-dire deux ou plusieurs plastiques de nature différent ne forme pas toujours une solution solide homogène. Il ne sera donc pas possible de mélanger deux plastiques de nature différents (OFEV, 2001)

Les plastiques sont ainsi classés selon leur nature chimique et leur origine.

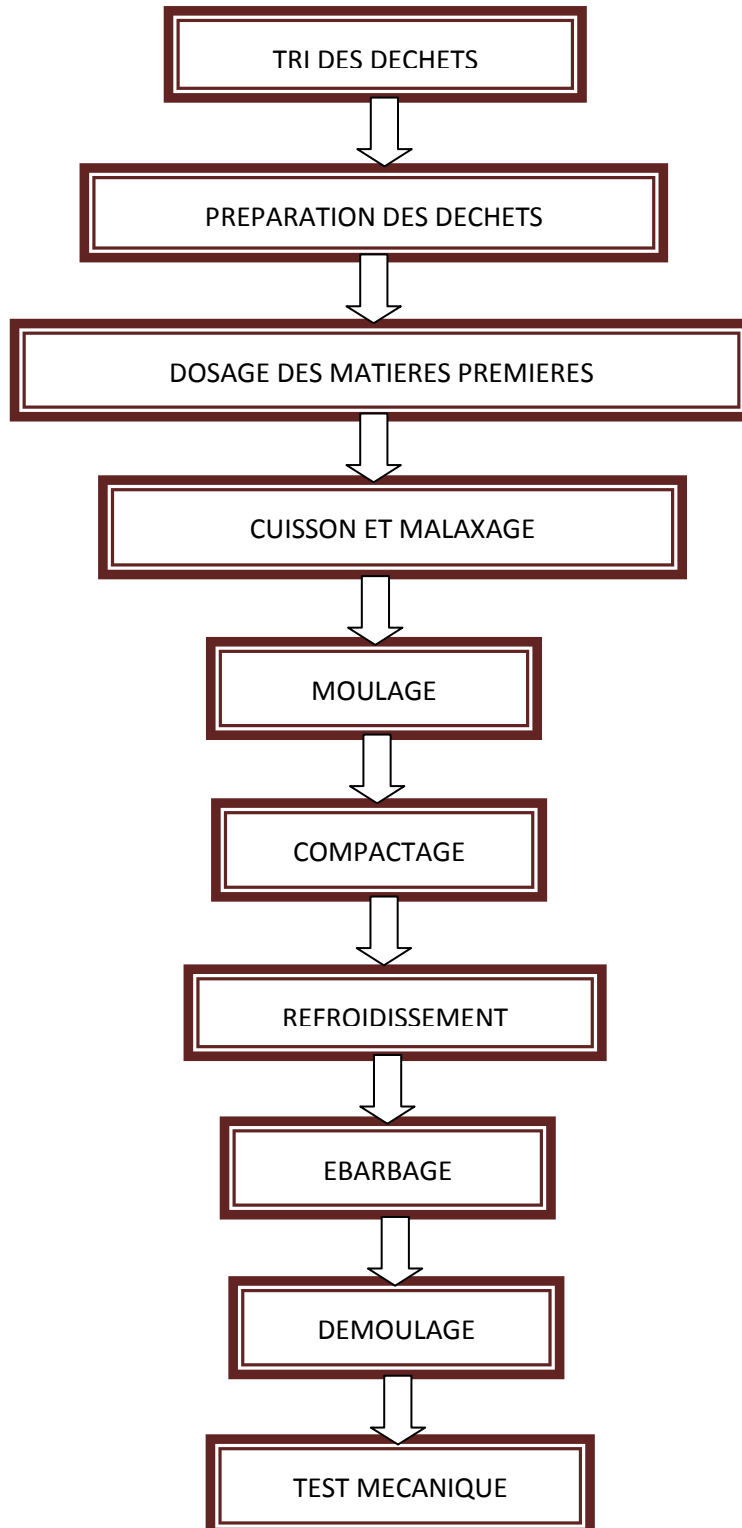


Figure 5 : Processus de fabrication des matériaux de construction

## 2.2. Préparation des déchets

Pour avoir un meilleur résultat, il est très important de :

- Vider les différents emballages plastiques de leur contenu et d'enlever les étiquettes;
- Déchiqueter et compacter les déchets plastiques (Figure 6);
- Stocker dans un endroit propre et sec à l'abri de l'humidité.



*Figure 6 : Compactage des déchets plastiques*

Certains déchets plastiques provenant des bennes à ordures nécessitent un lavage à l'eau. Ceux-ci doivent être d'abord séchés avant le pesage. Cette opération se fait souvent parallèlement au tri.

## 2.3. Préparation des granulats

Le sable est utilisé comme charge dans notre matériau. Son incorporation dans le thermoplastique fondu améliore les propriétés diélectriques, la résistance à la chaleur, la dureté, la résistance à la compression et à l'humidité des objets moulés. Le sable joue aussi le rôle de plastifiant afin d'améliorer la fluidité à chaud du mélange.

Dans nos expérimentations, nous avons utilisé :

- du sable ayant une granulométrie comprise entre 0.08mm et 2mm pour les tuiles;
- du sable ayant une granulométrie comprise entre 0.08mm et 5mm pour les briques et les pavés.

Nous avons utilisé principalement du sable de rivière provenant d'Ikopa.

Les gravillons constituent les squelettes de notre matériau (Figure 7). Nous avons utilisé principalement des gravillons ayant une granulométrie de 2/6 pour la brique; 4/14 pour le pavé.



*Figure 7 : Gravillons*

#### 2.4. Dosage des matières premières

Il consiste à peser les différentes matières premières utilisées pour la fabrication du matériau.

#### 2.5. Cuisson et malaxage (Mandimbisoa 2012 ; Roustan, 2005)

Après les procédures de triage, de nettoyage et de pesage, les déchets sont chauffés et mélangés dans le malaxeur. Il est utile de chauffer le malaxeur avant l'introduction des déchets plastiques. Cette introduction de déchets se fait d'abord en ouvrant la cuve.

Les paramètres majeurs de la transformation sont la température et le temps. Le plus important est la régulation de la température pour éviter la carbonisation du mélange.

On procède ensuite à la cuisson en augmentant progressivement la température jusqu'à 260°C, et en tournant la manivelle d'environ 10 tours/minute (Figure 8).

Au fur et à mesure, on insert les plastiques dans le malaxeur.

Cette opération fournit une pâte fondante et homogène sans bulles. Elle dure 100 minutes environ. La température conditionne principalement la viscosité, les dilatations et retraits, les contraintes résiduelles, la cristallinité. Elle est limitée en fonction de la thermodégradation du polymère. La dégradation des matériaux de renfort ou d'apport, peut imposer des contraintes supplémentaires. La température de transformation a également des conséquences sur la consommation d'énergie, le refroidissement et le coût final. La température varie de 150 à 260°C.

Après les plastiques, on y verse le sable jusqu'à ce que ça soit de nouveau homogène. Après, on y ajoute progressivement les gravillons au mélange.



Figure 8 : Traitement mécanique et thermique des déchets plastiques

#### 2.6. Moulage (Mandimbisoa, 2012 ; Desplanches et Chevalier, 1999)

Lorsque la pâte devient homogène, on passe tout de suite au coulage. Par simple raclage de la paroi de la cuve du malaxeur, la pâte sera versée dans la moule à travers un trou d'évacuation. Au contact des parois froides, la pâte prend la forme du moule et se solidifie. Cette opération doit se faire le plus rapide possible pour que la pâte ne se solidifie pas trop avant le compactage. Il est parfois nécessaire de repartir la pâte versée dans la moule par une truelle (Figure 9).



*Figure 9 : Moulage du pavé*

**Remarque :** La moule nécessite une certaine préparation préalable. Il faut tout d'abord huiler la surface interne de la moule pour faciliter le démoulage. Cette opération se fait à l'aide d'un pinceau et d'un peu d'huile de vidange.

### **2.7. Compactage (Haudin, 2005)**

Après moulage, on presse la pâte sur la presse à vis sans fin afin d'éliminer les vides et les pores qui pourraient emmagasiner de l'eau (Figure 10).



*Figure 10 : Pressage du pavé*

### **2.8. Refroidissement, ébarbage et démoulage (Mandimbisoa, 2012)**

Après l'opération de compactage, on retire d'abord la base et le couvercle du moule. Ensuite, on ébarbe le matériau à l'aide d'une scie à métaux (Figure 11). Pour mieux faciliter le démoulage (Figure 12), le pavé et le boîtier du moule doivent être trempés dans du bac d'eau froide pendant deux minutes.





*Figure 11 : Ebarbage*



*Figure 12 : Démoulage*



### **3. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS**

#### **3.1. Durée du refroidissement**

La durée de refroidissement est le temps que met le mélange pour arriver à la forme définitive. Elle a été déterminée en chronométrant pour chaque formulation le temps entre le coulage jusqu'au refroidissement total du produit démoulé.

La variation de la température des tuiles au cours des essais de production est donnée par le graphe de la Figure 13.

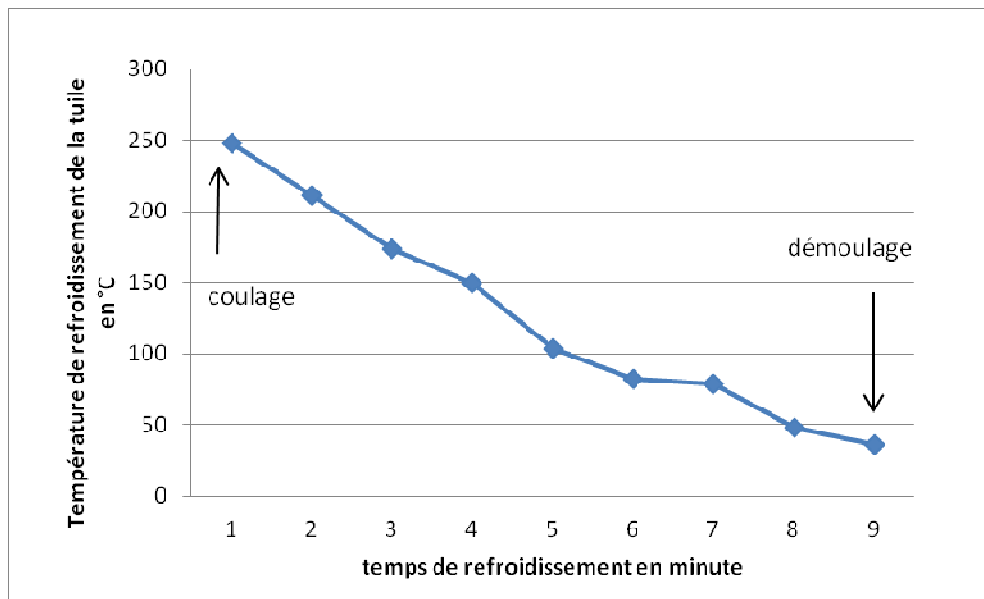


Figure 13 : Variation de la température pendant le refroidissement de la tuile

La température ambiante est atteinte après 9 à 10 minutes pour les tuiles.

Concernant les briques et les pavés, la variation de la température au cours du refroidissement est donnée par le graphe de la Figure 14.

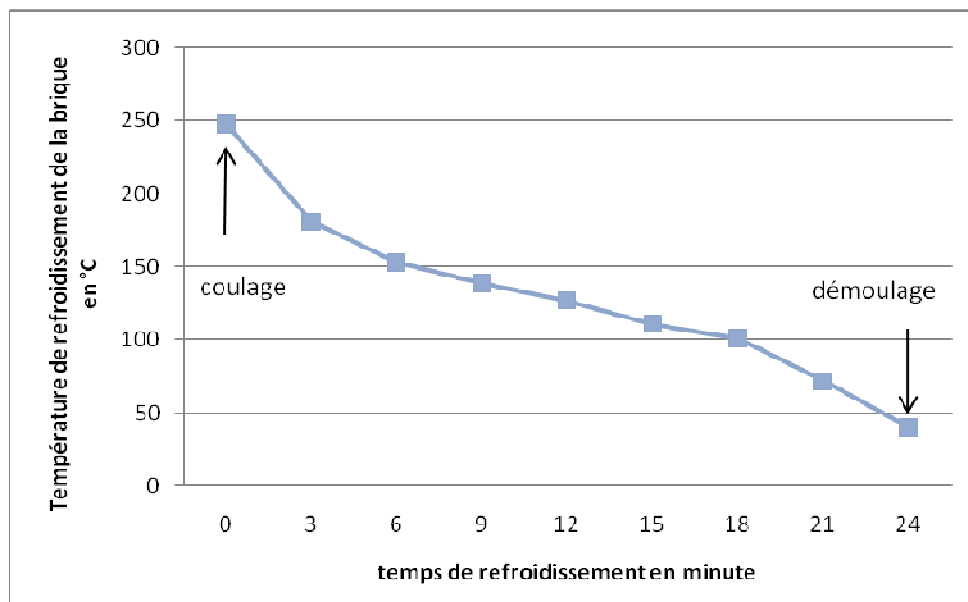


Figure 14 : Variation de la température pour le refroidissement de la brique

Le graphique montre que la température ambiante est atteinte au bout de 24 minutes.

Après refroidissement, le démoulage se fait facilement en retirant la moule. On l'ébarbe à l'aide d'une scie à métaux. Il est nécessaire de refroidir encore une fois le produit. Pour donner plus d'esthétique au produit. On peut aussi le peindre pour améliorer les caractéristiques des surfaces externes.

### 3.2. Diagramme de conduite de la cuisson

Le diagramme de conduite de la cuisson est donné par la figure 15:

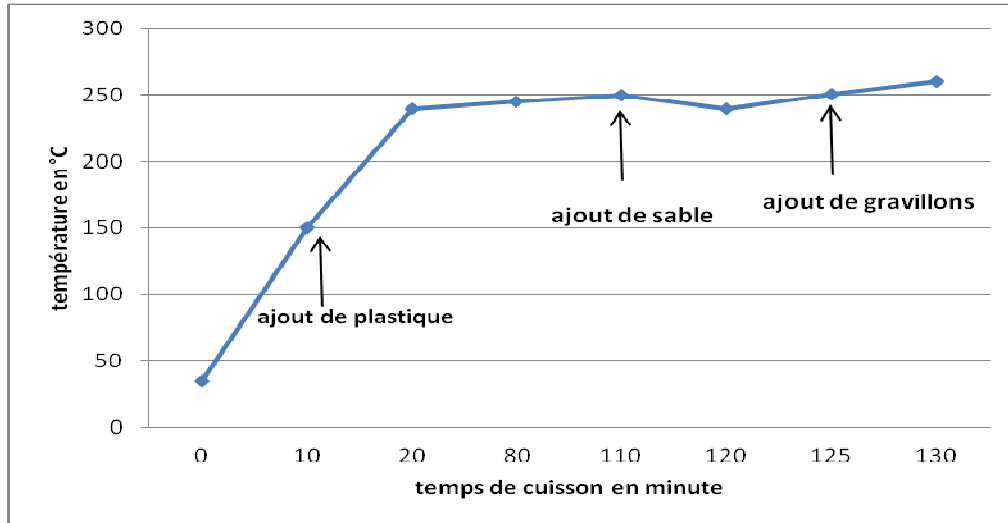


Figure 15 : Diagramme de conduite de la cuisson à l'échelle pilote

On commence la cuisson par la fusion des déchets plastiques dont la température varie entre la température ambiante et 250 °C. Lorsque cette température est atteinte, on y ajoute le sable. Après homogénéisation du mélange, on y introduit ensuite les gravillons, si c'est nécessaire.

### 3.3. Comportement des mélanges

Nous avons étudié le comportement des mélanges selon leur composition au cours des essais de fabrication des matériaux dont les résultats sont reportés dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Comportement des mélanges selon leur composition

	Plastique (%)	Sable (%)	Gravillon (%)	Comportement
Essai n°1	20,5	69,2	10,3	Très mauvais
Essai n°2	23,2	66,9	9,9	Mauvais
Essai n°3	26,4	58,5	15,1	Bon
Essai n°4	27,4	54,9	17,7	Excellent
Essai n°5	25,4	59,2	15,4	Excellent
Essai n°6	28,2	57,0	14,8	Excellent
Essai n°7	27,5	58,0	14,5	Excellent
Essai n°8	25,5	62,1	12,4	Bon
Essai n°9	29,7	55,8	14,5	Bon

Essai n°10	37,9	47,0	15,1	Bon
------------	------	------	------	-----

Le comportement des mélanges des essais N° 4 à 7 est excellent, celui des essais N° 3, N°8 à 10 est bon et ceux des essais N° 2 et N°1 sont respectivement mauvais et très mauvais.

### 3.4 Résistance à la compression

Pour le test de la résistance à la compression, on a préparé des éprouvettes parallélépipédiques de dimension de 50 mm x 50 mm x20 mm à partir des échantillons de pavé réalisés (nous avons coupé les briques à l'aide d'une scie diamantée). Les éprouvettes subissent les essais à l'écrasement sur la presse hydraulique. Le principe consiste à positionner les éprouvettes entre les plateaux d'une presse, puis soumettre progressivement à une charge jusqu'à la rupture par compression (écrasement sous charge axiale).

#### 3.4.1. Mélange plastique/sable

La Figure 16 résume le résultat du test de la résistance à la compression du mélange plastique/sable, c'est-à-dire résistance à la compression des tuiles :

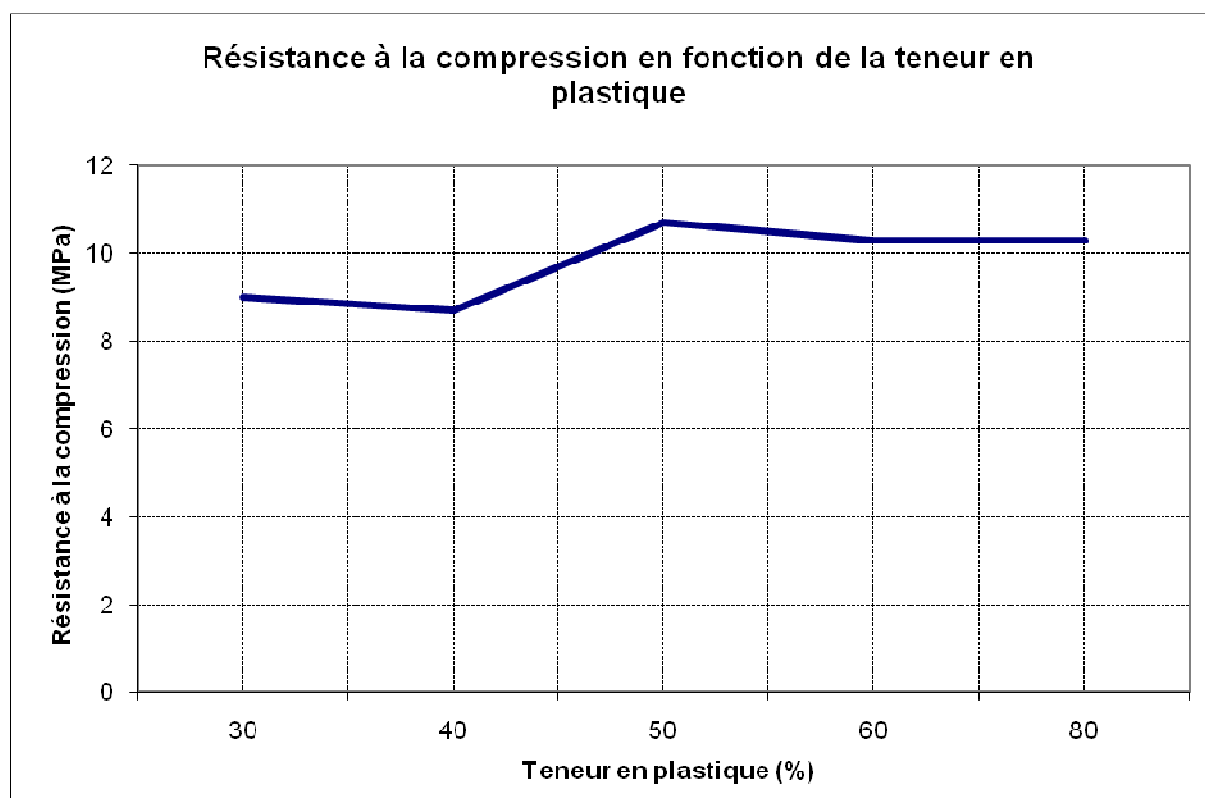


Figure 16 : Variation de la résistance à la compression du mélange plastique/sable en fonction de la teneur en plastique

Le graphique ci-dessus montre que la résistance mécanique maximale est obtenue avec le mélange 50% de plastique + 50% de sable. Elle est de 10,7 MPa (mégapascal = MPa =  $10^6$  Pa).

#### 3.4.2. Mélange plastique/sable/gravillon

Le résultat du test de la résistance à la compression des éprouvettes constituées de plastiques/sable/gravillon confectionnées au cours des essais est résumé par la Figure 17.

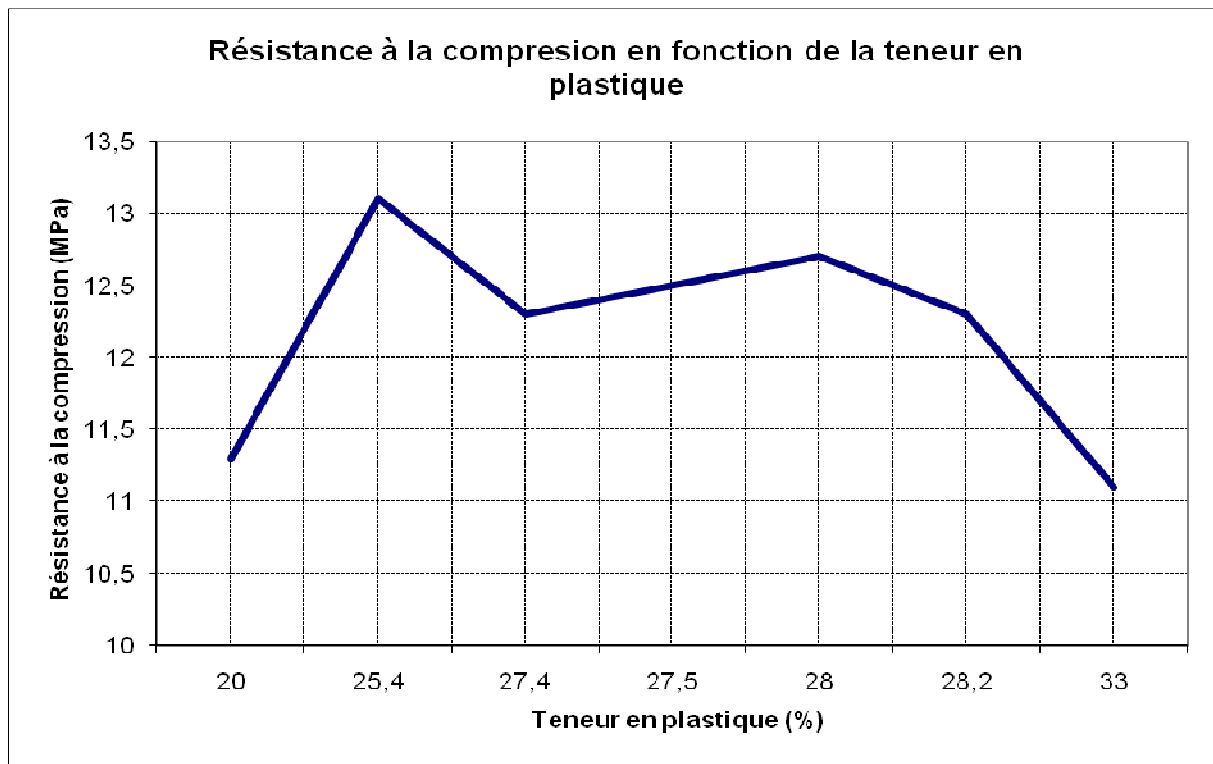


Figure 17 : Variation de la résistance à la compression des éprouvettes en fonction de la teneur en plastique

La figure montre que la résistance à la compression maximale obtenue est de 13,1 MPa. Elle est obtenue avec le mélange constitué de 25,4% de déchet plastique, 59,2% de sable et 15,4% de gravillon.

Pour l'éprouvette à 20% de déchets plastiques, la résistance à la compression est 11,3 MPa, elle est faible car la quantité de plastique contenue dans le mélange est insuffisante. Elle n'arrive pas à lier tous les grains de sable du mélange.

Par contre, si la quantité de plastique du mélange dépasse 25,4%, il y a trop de plastique dans le mélange ce qui affecte la qualité technique du matériau (la résistance mécanique des plastiques est inférieure à celle du sable).

Il existe alors une composition bien définie du mélange pour que la résistance à la compression du produit final soit optimale.

### 3.4. Porosité

La porosité est le rapport du volume des vides et du volume total du matériau; c'est-à-dire le volume occupé par l'air, l'eau ou les deux fluides simultanément ; au volume total de l'éprouvette.

La porosité des produits obtenus avec les essais N° 4 à 7 est donnée dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Porosités des produits obtenus

Teneur en plastique (%)	27,4	25,4	28,2	27,5
Porosité (%)	0,163	0,164	0,141	0,161

Grace à la très bonne adhérence entre les charges et les matrices de nos produits (excellente tenue des mélanges), le test de porosité a donné des résultats très satisfaisants. Elle varie de 0,14 à 0,16%. Le rôle des liants est de faire en sorte que le matériau n'absorbe pas l'eau. De plus, le compactage à l'aide de la presse élimine les vides et les pores qui pourraient emmagasiner l'eau. Et on peut dire que la pression que nous avons soumise au moule est suffisante.

L'ajout de sable a aussi un impact positif au matériau car les fines particules remplissent les vides interstitiels entre les gravillons et diminuent la porosité du produit final.

#### 4. ANALYSE ENVIRONNEMENTALE

Actuellement, le volume de déchets que produit chaque ménage ne cesse d'augmenter. Ils envahissent considérablement l'environnement et constituent un fardeau pour la société. Comme la plupart des déchets sont dégradables, le cas des matières plastiques ne le sont pas et sont à l'origine de la pollution dans le pays qui se présente sous forme de :

- pollution directe, car les matières plastiques, lorsqu'elles sont dans les décharges non contrôlés, sont emportées par le vent et s'accrochent aux plantes, bouchent les dalles ou les canaux et enlaidissent le paysage ;
- pollution indirecte, car la combustion de ces déchets plastiques entraîne la pollution de l'air en émettant des produits toxiques ; et si ces matières plastiques sont enfouies avec les déchets biodégradables dans le sol, elles sont imperméables et empêchent les gaz inflammables de s'échapper ce qui augmente le risque d'incendie ou d'explosion.

Aussi, la valorisation des déchets plastiques pour la fabrication des matériaux locaux de construction à savoir les tuiles, les briques et les pavés autoblocants c'est-à-dire le recyclage matière est donc sans conteste la solution la plus efficace en termes de plus value environnementale.

Le recyclage matière d'un kg d'emballages plastiques mélangés réduit la production de gaz à effet de serre de 0,95 kg CO<sub>2</sub> eq. (Gautron 1994 ; Claude, 2004)

Elle permet aussi d'économiser de la matière (e.g. pétrole).

#### 5. CONCLUSION

Les études réalisées dans le cadre de ce travail nous ont permis de démontrer qu'il est possible de valoriser les déchets plastiques pour la fabrication des matériaux locaux de construction tels que la tuile, la brique et la pavé autoblocant.

En effet, après une étude bibliographique sur les plastiques, l'étude, la conception des matériels pour la fabrication des matériaux, nous avons effectué des essais de production des matériaux à l'échelle pilote. Les essais

nous ont permis de déterminer les meilleures conditions d'obtention des matériaux à base de déchets plastiques, de sable et de gravillon. À savoir :

- la température de refroidissement de la tuile est de 9 minutes tandis que celle de la brique ou le pavé est de 24 minutes ;
- la composition du mélange pour la fabrication de la tuile est 50% de sable + 50% de plastique ;
- la composition du mélange pour la production de brique ou pavé est de 25,4% de déchets plastiques + 59,2% de sable + 15,4% de gravillon.

Les essais ont donné des résultats satisfaisants du point de vue résistance mécanique et au niveau de la porosité.

Le meilleur résultat des essais a donné :

- une résistance à la compression de 10,7 MPa pour la tuile ;
- une résistance à la compression de 13,1 MPa pour le pavé et la brique ;
- une porosité de 0,14%.

Les matériaux ainsi obtenus peuvent concurrencer sur le plan technique et financier les matériaux classiques que l'on peut rencontrer actuellement sur le marché tels que la tuile en terre cuite, la brique en terre cuite ou stabilisée et les pavés autoblocants en béton.

Sur le plan environnemental, la valorisation des déchets plastiques pour la fabrication de matériaux de construction, nous permet aussi de réduire l'émission de gaz à effet de serre. Elle permet aussi d'économiser de la matière telle que le pétrole.

## 6. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Barbain F. et Chevalier A., (1997) « *Mise en œuvre des composites-méthodes et matériels* », Technique de l'ingénieur, A 3720.

Berthelot J.M., (2012) « *Comportement mécanique et analyse des structures, Matériaux composites* », Lavoisier 5<sup>e</sup> Édition, Paris,

Cap sciences (2006): Dossier enseignant : *Les transformations des plastiques, « voyage en industrie »*.

Chafi N., (2005). « *Matrice cimentaire renforcée de fibres, valorisation des sous-produits (polystyrène, copeaux d'acier et copeaux de bois)* », Thèse de magister, filière Génie civil.

Claude D., (2004) « *Matières plastiques et environnement, Recyclage-valorisation-Biodégradabilité-Ecoconception, l'usine nouvelle* », DUNOD, 2<sup>e</sup> édition, 310p

Damien A., (2009) « *Guide du traitement des déchets* », Paris, DUNOD *L'usine nouvelle*, 5<sup>ème</sup> édition. 1 Vol (VIII – 439p)

Desplanches H. et Chevalier J.L., (1999) « *Mélange des milieux pâteux de rhéologie complexe-Pratique – Environnement du mélangeur* », Technique de l'ingénieur, J 3861.

Desplanches H. et Chevalier J.L., (1999) « *Mélange des milieux pâteux de rhéologie complexe-Théorie* », Technique de l'ingénieur, J 3860.

- Durao L.M.P. (2005), « *Machining of Hybrid Composites* », Mémoire d'ingénieur en Ingénierie mécanique, Université de Porto.
- Potugal Haudin J.M., (2005). « *Solidification et mise en forme des polymères* », CEMEF.
- Gautron. P., (1994) « *Valorisation et recyclage des déchets* », Technique de l'ingénieur AM3830,
- Le Net E., (2008) « *Référentiel combustible bois énergie : les connexes des industries du bois-définition et exigences* », Etude réalisée pour le compte de l'ADEME par FCBA, Paris,
- Mandimbisoa M-, (2012) « *Installation d'une unité pilote de valorisation des déchets plastiques en matériaux de construction : tuile et brique* », Mémoire d'Ingénieur. Département Génie chimique, ESPA, Université d'Antananarivo. Madagascar.
- Michel B., (2010) « *Transformation des matières plastiques* », Aide-mémoire, DUNOD, L'usine nouvelle, Paris.
- OFEV, (2001). « *Recyclage des matières plastiques en Suisse*, » Exposé de la position de l'OFEFP,
- Pichon J.F. et Guichou C., (2014) « *Injection des matières plastiques, Fiches matières-Installation de production-Défauts d'injection - Contrôle qualité*», DUNOD, Aide-mémoire, 3<sup>e</sup> édition.
- Quentin J.-P. (2004), « *Polyéthylènetéréphtalate (PET): aspects économiques* », Techniques de l'ingénieur.
- Roustan M., (2005), « *Agitation. Caractéristiques des mobiles d'agitation* », Technique de l'ingénieur, J 3802.