

# *Fabrication De Pavés Perméables A L'Eau A Base Des Déchets DePET*

RASOATAHINJANAHARY Harivola <sup>(1)</sup>, RANDRIAMAMONJY Fanilo Joseph <sup>(1)</sup>,  
RANDRIANJA Roger <sup>(2)</sup>, et RANARIVELO Michel Dieudonné <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, Mention Science et Ingénierie des Matériaux, BP 1500, Antananarivo 101, Madagascar.

<sup>(2)</sup> Institut d'Enseignement Supérieur de Soavinandriana-Itasy, Mention Eau et Environnement, Antananarivo 118, Madagascar.



**Résumé** – Nous avons utilisé des déchets de PET comme liant et des graviers de granite comme renfort dans la fabrication de pavés perméables à l'eau et à tout fluide de viscosité dynamique voisine de celle de l'eau.

Le matériau composite ainsi obtenu correspond à une « valorisation matière » des déchets de PET et est surtout une alternative à la lutte contre l'imperméabilisation des sols urbains. Il s'agit là d'un matériau de construction du Génie civil relativement récent.

Les pavés ainsi fabriqués sont dotés de forte porosité (23 à 37%) et de perméabilité élevée (1,3 à 3,6cm/s). Leur résistance à la compression satisfaisante fait de ceux-ci un matériau directement exploitable et utilisable pour le recouvrement des sols dont principalement les aménagements sans contraintes de trafic (cours intérieures, trottoirs, jardins, aires de jeux, etc.).

Le taux de liant, les classes granulaires des renforts, la porosité sont généralement les facteurs prépondérants qui influencent les comportements de pavé plastique perméable à l'eau.

Ce matériau est aussi intéressant non seulement sur le plan social et sociétal, mais également sur le plan environnemental, ce qui contribue naturellement au développement durable.

**Mots clés** – Pavés, PET, Perméables, Porosité, Perméabilité, Valorisation, Développement Durable

**Abstract** – We have used PET waste as a binder and granite gravel as reinforcement in the manufacture of pavers permeable to water and to any fluid with a dynamic viscosity close to that of water. The composite material thus obtained corresponds to a “material recovery” of PET waste and is above all an alternative to the fight against the waterproofing of urban soils. This is a relatively recent civil engineering construction material.

The pavers thus produced have high porosity (23 to 37%) and high permeability (1.3 to 3.6 cm/s). Their satisfactory compressive strength makes them a directly exploitable and usable material for covering floors, mainly facilities without traffic constraints (inner courtyards, sidewalks, gardens, playgrounds, etc.). The binder rate, the granular classes of the reinforcements, the porosity are generally the preponderant factors which influence the behavior of plastic pavers permeable to water.

This material is also interesting not only from a social and societal point of view, but also from an environmental point of view, which naturally contributes to sustainable development.

**Keywords** – Pavers, PET, Composite Material, Permeable, Porosity, Permeability, Recovery, Sustainable Development

## I. INTRODUCTION

Actuellement, on évoque souvent les faits suivants :

- le réchauffement climatique ;
- les inondations pluviales ;
- les perturbations du cycle de l'eau ;

- les solutions alternatives à la reverdurisation du milieu urbain ;
- la pollution incessamment croissante par les déchets plastiques.

D'une part, la lutte contre le réchauffement climatique exige la diminution des émissions de GES et l'abaissement de l'équivalent carbone (équivalent CO<sub>2</sub>). Cela implique de limiter autant que faire se peut la production de ciment dont le bilan carbone est le plus important.

D'autre part, le phénomène d'urbanisation toujours croissant s'accompagne très souvent de l'imperméabilisation des sols urbains (utilisation des matériaux étanches tels que le béton, qui constitue le premier matériau en construction dans le Génie civil). Or cette imperméabilisation provoque la perturbation du cycle naturel de l'eau en milieu urbain et inévitablement la

« déverdurisation » de l'environnement, impactant généralement sur la santé des résidents.

De plus, en empêchant ainsi le sol de « respirer » naturellement, les micro-organismes et les macro-organismes de l'écologie subissent aussi des dérangements.

Et ce qui est grave, c'est le phénomène d'inondations pluviales urbaines dues aux ruissellements des eaux sur les surfaces imperméabilisées que sont les chaussées, les parkings, les allées et trottoir, les terrasses et les toitures d'habitation. Conséquences : on constate que les systèmes d'assainissement urbain sont obsolètes et dépassés et n'arrivent plus à évacuer convenablement les eaux pluviales et les eaux résiduaires.

D'ailleurs, la croissance des déchets plastiques accentue ces phénomènes. Il est donc ainsi opportun de réduire les impacts négatifs de ces déchets.

Au vue des pollutions atmosphériques aux environs des artisans producteurs des pavés plastiques, nous avons estimé plus rationnel de limiter l'intervalle de température de mise en œuvre : au lieu d'utiliser les déchets plastiques tout genre confondu, donc de température de fusion et de température de dégradation très variées, nous avons opté pour un seul type de plastique limitant ainsi l'intervalle de température de mise en œuvre. Comme le PET fait partie des plastiques les plus utilisés, nous avons choisi de travailler avec des déchets de PET pratiquement les plus rencontrés, comme liant.

Bien entendu, les granulats de granite restent toujours indiqués comme pour les bétons classiques.

Tout cela nous a amenés à étudier la faisabilité de la fabrication de matériaux poreux, perméables à l'eau à base de liant plastique et de renfort en granulats de granite, utilisables à la confection d'ouvrages destinés aux réseaux d'assainissement urbain et surtout aux matériaux de recouvrement des sols. Le thème de notre article s'intitule ainsi « Fabrication des pavés perméables à l'eau à base de déchets de PET ».

## II. MATERIAUX

Les matériaux utilisés dans la fabrication des pavés plastiques perméables à l'eau sont :

- les déchets de PET, qui sont ramassés dans cet endroit indiqué sur la photo ci-dessous ;
- les gravillons de concassage provenant des roches granitiques de la carrière d'Ambatomaro.



Photos 1 : lieu de collecte des déchets de PET (Ambodivona)

## II-1 Déchets de PET

Nous l'avons signalé précédemment que les déchets de PET sont ramassés à partir de déchets mélangés. Et la collecte est assurée par des personnes sans domiciles fixes, et donc sans travail, que nous avons engagées lors de cette recherche.

Etant donné que les déchets sont constitués de matières plastiques de toute sorte, il faut procéder au tri pour séparer les déchets de PET, qui sont facilement reconnaissables grâce au code qui est inscrit au fond de ceux-ci.

Les déchets de PET sont généralement des bouteilles d'eau, des huiles et des boissons rafraichissantes. Toutefois, une vérification finale est effectuée pour toute bouteille ramassée car il faut travailler dans un intervalle de température bien définie et surtout d'éviter la pollution atmosphérique lors de la de la mise en œuvre.

Les bouteilles en PET ainsi collectés subissent ensuite des opérations de lavage, de séchage et de déchiquetage. Le lavage facilite l'enlèvement des étiquettes, des impuretés. Une fois séchés, les déchets sont coupés en petits morceaux à l'aide d'un ciseau pour faciliter leur fusion.



Photos 2: (a) : bouteilles propres collectées

(b) : bouteilles découpées en morceaux

Il est tout à fait normal de rappeler que la température de fusion ainsi que la masse volumique font partie des principales caractéristiques physiques des PET. En effet, ces propriétés permettent de définir l'intervalle de température de mise en œuvre et de prévoir la densité du produit final obtenu. Ceci est regroupé dans le tableau 1 ci-après.

Tableau 1 : caractéristiques physiques des PET

Caractéristiques physiques	
<b>Masse volumique</b>	1,30 g/cm <sup>3</sup>
<b>Température de fusion</b>	255°C

## II-2 Granulats

Deux classes de granulats ont été utilisées dans notre cas : ce sont de graviers 4/6 et 6/10. Ces choix ont été adoptés après plusieurs manipulations expérimentales. En effet, les graviers 4/6 et 6/10 s'avèrent les plus remarquables pour atteindre une perméabilité fiable et qui peut être améliorée à travers les modèles d'empilements.

Leurs caractéristiques physiques et mécaniques sont présentées dans le tableau 2. Et leurs caractéristiques géométriques sont illustrées par la figure 1.

Les caractéristiques physiques comportent la détermination de la masse volumique apparente, et celle du poids spécifique. Les caractéristiques géométriques concernent l'analyse granulométrique par tamisage et le coefficient d'aplatissement (CA). Les caractéristiques mécaniques évaluent la dureté des graviers par l'essai Los Angeles (LA) et la résistance à l'usure par l'essai Micro Deval à l'eau (MDE).

Toutes ces caractérisations ont été effectuées conformément à la norme relative à chaque essai sur les granulats.

Tableau 2 : caractéristiques physiques et mécaniques des graviers

Granulats	G <sub>1</sub> 4 /6	G <sub>2</sub> 6 /10
<b>Provenance</b>	Ambatomaro	Ambatomaro
<b>Nature</b>	Granite	Granite
<b>Densité apparente [g/ Cm<sup>3</sup>]</b>	1.35	1.44
<b>Poids spécifique [T/ m<sup>3</sup>]</b>	2.80	2.83
<b>Coeff d'Aplatissement A</b>	15	14
<b>LA</b>	33	34
<b>MDE</b>	17	17

Ci-après les courbes granulométriques des graviers 4/6 et 6/10.

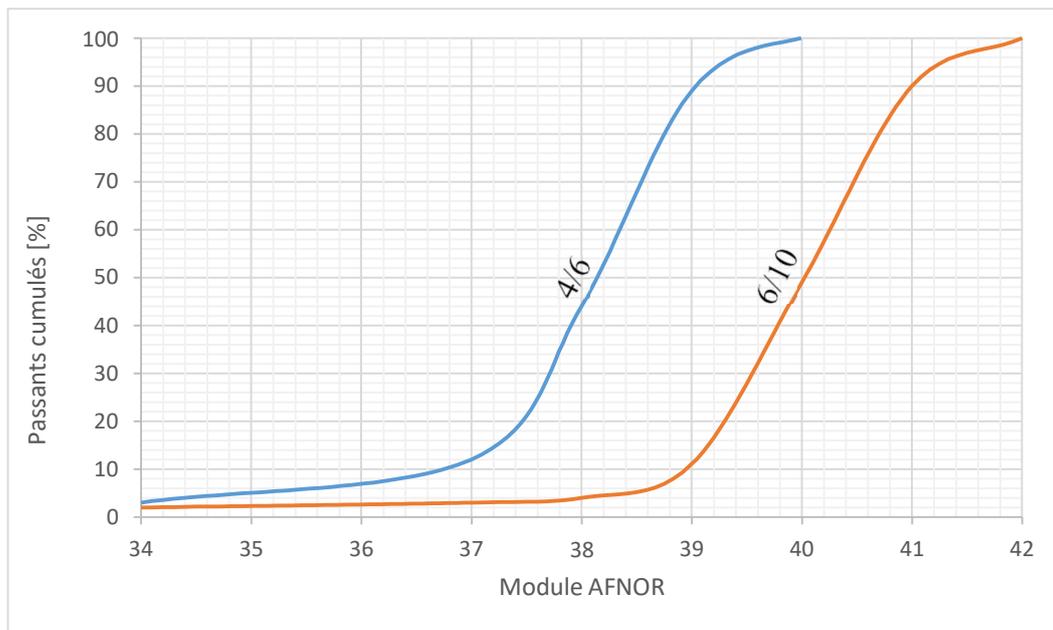


Figure 1 : courbes granulométriques des graviers de concassage

Les résultats nous donnent que les graviers employés ont de granulométrie continue, ayant une même allure propre pour chaque classe granulaire. Leurs formes sont valables pour la confection d'un ouvrage quelconque, car ils contiennent moins des éléments aplatis. D'ailleurs, ils sont dotés de bonnes propriétés mécaniques. On peut dire alors que la qualité des graviers est bonne pour la fabrication des matériaux composites perméables à l'eau.

### III. METHODES EXPERIMENTALES

Le processus de fabrication de matériaux composites perméables à l'eau se résume par la figure ci-après :

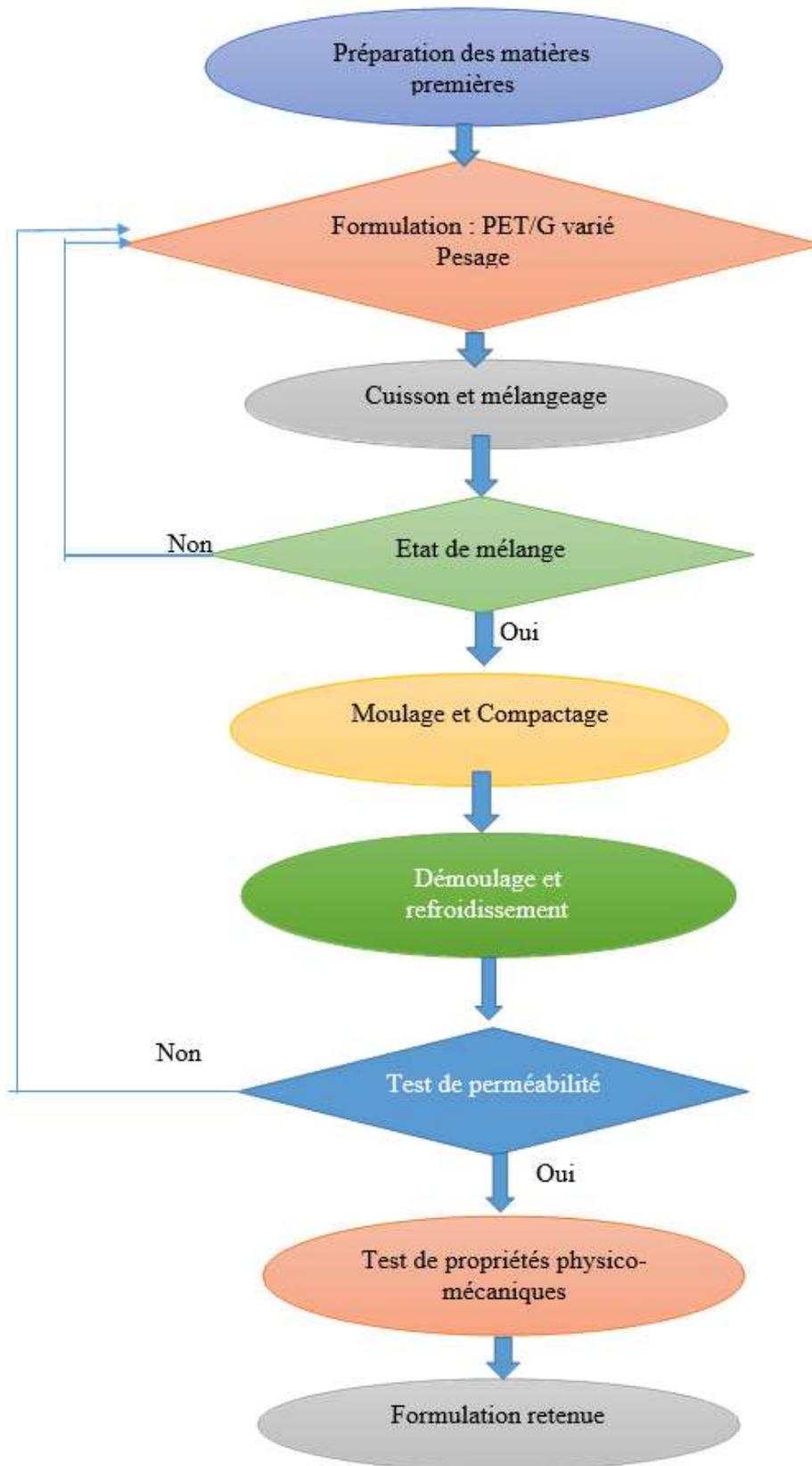


Figure 2 : Procédure expérimentale

### III-1 Préparation des matières premières

La préparation des matières premières consiste à procéder aux traitements particuliers de déchets utilisés en tant que matrice, y compris le mode de collecte ainsi que le tri et aux divers tests d'identification des granulats considérés comme des squelettes granulaires ou renforts pour la fabrication des matériaux composites. Les détails de ceci sont déjà relatés précédemment.

### III-2 Formulation

Comme pour toute formulation, il faut déterminer le rapport massique PET/Gravier pour obtenir la perméabilité visée avec des propriétés mécaniques satisfaisantes. Pour cela, on fait varier le rapport PET/Gravier pour chacune des classes granulaires.

Après de nombreuses manipulations et de nombreux essais, nous avons retenu dans le tableau ci-après les formulations que nous jugeons pertinentes et très intéressantes :

Tableau 3 : formulations étudiées en pourcentage massique

Formulations (F)	PET	Graviers
F1	10	90
F2	8	92
F3	7	93
F4	6	94
F5	5	95
F6	4	96
F7	3	97

Les masses respectives des constituants (PET, Gravier) sont donc pesées à l'aide d'une balance de précision.

### III-3 Cuisson et mélangeage

Une fois le dosage fait, on passe directement au chauffage. Le mode de cuisson se fait comme suit :

- la marmite où on a mis tous les constituants doit être préalablement chauffée pendant quelques minutes,
- les gravillons sont aussi chauffés quelques minutes pour accélérer la fusion du PET,
- lorsque les gravillons sont pratiquement chauds, on étale dans la marmite chauffée une première couche de gravillon chaud, puis une couche de PET et ainsi de suite des couches alternées de ces deux constituants. Après cela, on le met sur le feu pour que le PET se fonde pour servir de liant,
- après constatation visuelle de la fusion partielle ou bien totale de PET, on commence à le mélanger rapidement avec une spatule à longue tige et on arrête lorsqu'on obtient un mélange tout à fait homogène.

### III-4 Etat de mélange

Il faut apprécier visuellement l'état global du mélange (maniabilité de mélange) en insistant sur la consistance du mélange et surtout sur l'adhésion effective du liant sur les gravillons et voir si les gravillons sont tous enrobés (cela devrait être constaté durant le mélangeage effectué avec une grande spatule à longue tige).

Pour déterminer la maniabilité c'est-à-dire l'état global du mélange, on fait des prélèvements adéquats avec la grande spatule.

Quand toutes les surfaces de graviers sont bien recouvertes de liant, on passe à l'étape suivante. Dans le cas contraire, la

formulation est rejetée et on envisage une nouvelle formulation.

### III-5 Moulage et compactage

Pour bien mener le moulage, il faut éviter un éventuel refroidissement partiel du mélange.

La pâte est versée dans des moules de formes souhaitées. Après le coulage, on passe au compactage en martelant le mélange dans les moules même (usage de marteau) pour assurer la cohésion entre la matrice et le renfort et surtout pour consolider l'ensemble.

Une presse faciliterait un compactage mécanique.

Le démoulage est assuré en enduisant préalablement les moules d'huiles végétales usagées.

### III-6 Démoulage et refroidissement

Il se fait avec un marteau quand on constate que le produit est suffisamment durci.

Les produits démoulés sont ensuite laissés à l'air libre pendant 3 heures pour qu'ils se refroidissent totalement. Un autre mode de refroidissement envisagé est le trempage des produits obtenus dans l'eau. Ceci a pour but d'accélérer le refroidissement.



Photo 3 : Démoulage de quelques échantillons

### III-7 Test de perméabilité

Le test de perméabilité permet de déterminer la vitesse à laquelle l'eau peut s'écouler à travers l'échantillon en matériaux composites.



Photo 4: essai de perméabilité

La perméabilité est déterminée à l'aide d'un perméamètre que nous avons conçu nous-même en s'inspirant sur le principe du perméamètre à charge constante pour la mesure de la perméabilité des sols.

La méthode du perméamètre à charge constante découle directement de l'application de la loi de Darcy en adoptant le montage ci-après :

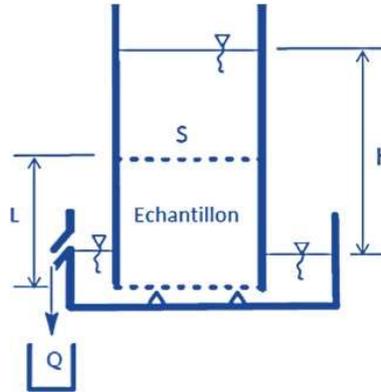


Figure 3 : principe de perméamètre à charge constante La perméabilité K se calcule par la relation suivante :

$$k = \frac{Q \cdot L}{S \cdot h} \text{ [cm/s]} \quad (1)$$

Avec :

- Q : débit [cm<sup>3</sup>/s] ;
- L : épaisseur de l'éprouvette [cm] ;
- S : section de l'éprouvette [cm<sup>2</sup>] ;
- h : charge [cm].

### III-8 Mesure de la porosité

La mesure de la porosité se fait comme suit :

- déterminer le volume des vides des éprouvettes en pesant celles-ci avant et après un temps prolongé dans l'eau. La différence de volume correspond au volume des vides ;
- déterminer le volume total des éprouvettes en mesurant le volume d'eau déplacée lors de leur immersion ;
- calculer la porosité à l'aide de la formule suivante :

$$P = \frac{V_v}{V_t} * 100 \text{ [%]} \quad (2)$$

### III-9 Test de propriétés physico-mécaniques

La masse volumique apparente des produits obtenus sont les propriétés physiques que nous avons déterminées.

Les résistances mécaniques concernent uniquement la résistance à la compression. Dans notre cas, la machine Testwell permet de déterminer ces propriétés mécaniques. Les éprouvettes cylindriques de dimension 10 cm x 16 cm à tester subissent alors une force croissante jusqu'à leur écrasement.

La résistance à la compression s'exprime comme suit :

$$R_c = \frac{F}{S} \quad (3)$$

Avec : F = force appliquée en daNS = Section en mm<sup>2</sup>

$R_c$ = résistance à la compression en MPa

La photo ci-après illustre une éprouvette écrasée sur une machine testwell :



Photo 5 : Epreuve écrasée

#### IV. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

##### IV-1 CONDUITE DE CUISSON

Nous donnons ci-après un diagramme relatif à la cuisson :

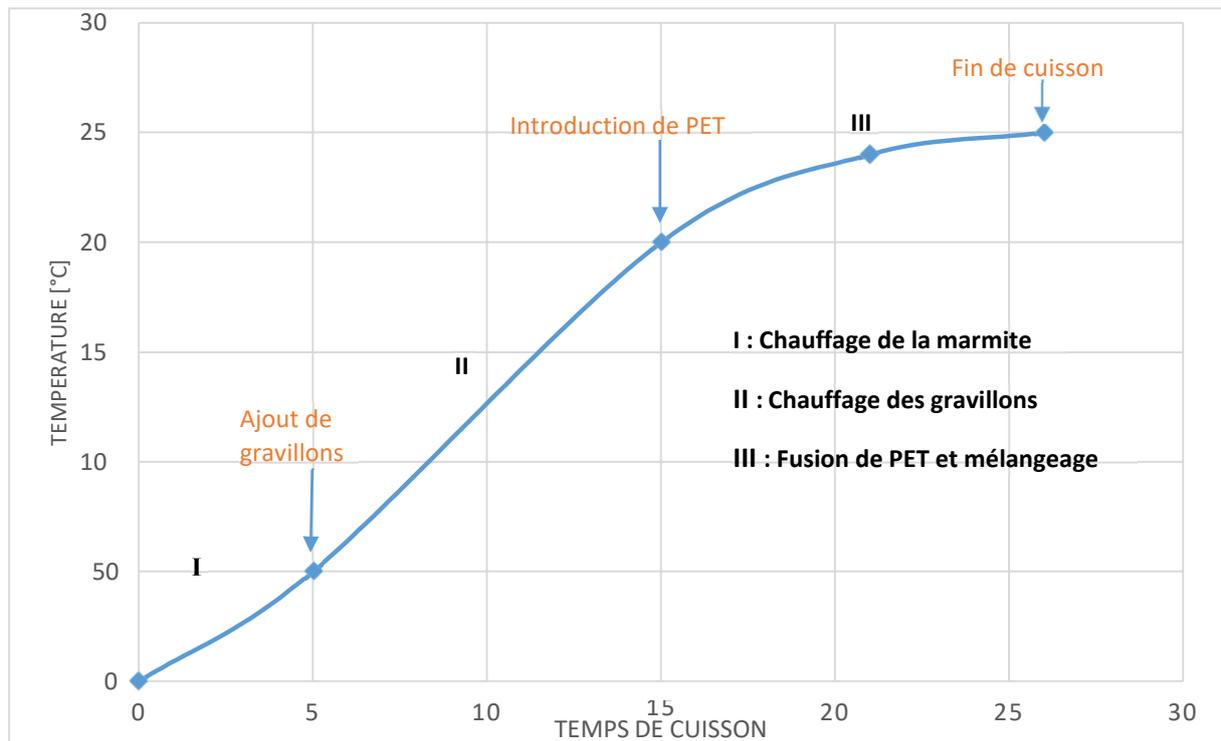


Figure 5 : conduite de cuisson

Les phases I (chauffage de la marmite à 50°C) et II (chauffage des gravillons à 140°C) sont vraiment indispensables pour la

bonne fusion de PET. A 150°C, on étale une couche alternée de PET et de gravier chaud.

La phase III correspond à la fusion de PET. Quelques minutes après la cuisson de mélange, le PET commence petit à petit à fondre. Lorsque celui-ci est en fusion totalement, sa couleur de celui-ci devient marron. Et on continue encore la cuisson jusqu'à ce que la couleur de PET se transforme en marron foncé, et finalement en noir. Dès qu'on observe cette dernière couleur, on arrête la cuisson.

Pendant tous ces temps, il ne faut pas oublier de bien mélanger les gravillons et le PET afin d'obtenir au final un mélange bien homogène.

#### IV-2 Etat de mélange : consistance

La consistance des mélanges est obtenue en pratiquant plusieurs fois des expérimentations, car il n'existe aucune méthode de détermination de celle-ci. Elle est donc évaluée par nous-même en observant l'état de chacun des mélanges.

Les résultats y afférents sont consignés dans le tableau ci-après :

Tableau 4 : consistance des mélanges G<sub>1</sub> 4 /6

Formulations (F)	PET [% massique]	Graviers [% massique]	Consistance
F1	10	90	Ferme
F2	8	92	Ferme
F3	7	93	Ferme
F4	6	94	Très ferme
F5	5	95	Très ferme
F6	4	96	Très ferme
F7	3	97	sec

Tableau 5 : consistance des mélanges G<sub>1</sub> 6 /10

Formulations (F)	PET [% massique]	Graviers [% massique]	Consistance
F1	10	90	Ferme
F2	8	92	Ferme
F3	7	93	Ferme
F4	6	94	Ferme
F5	5	95	Très Ferme
F6	4	96	Très ferme
F7	3	97	sec

Lorsque la quantité de PET est très faible ( $PET \leq 3\%$ ), la consistance obtenue est sec. Cela indique une insuffisance de liant qui assurerait la cohésion de celui-ci avec les gravillons, donc une séparation de liant et des gravillons. Cette formulation est donc rejetée, et n'est plus représentée dans tout ce qui suit.

En général, les consistances obtenues tournent autour de très ferme à ferme. Ceux-ci sont valables pour la fabrication des

pavés plastiques perméables.

### IV-3 Résultats sur la porosité

On donne dans les tableaux ci-après les résultats relatifs à la porosité de chaque classe granulaire :

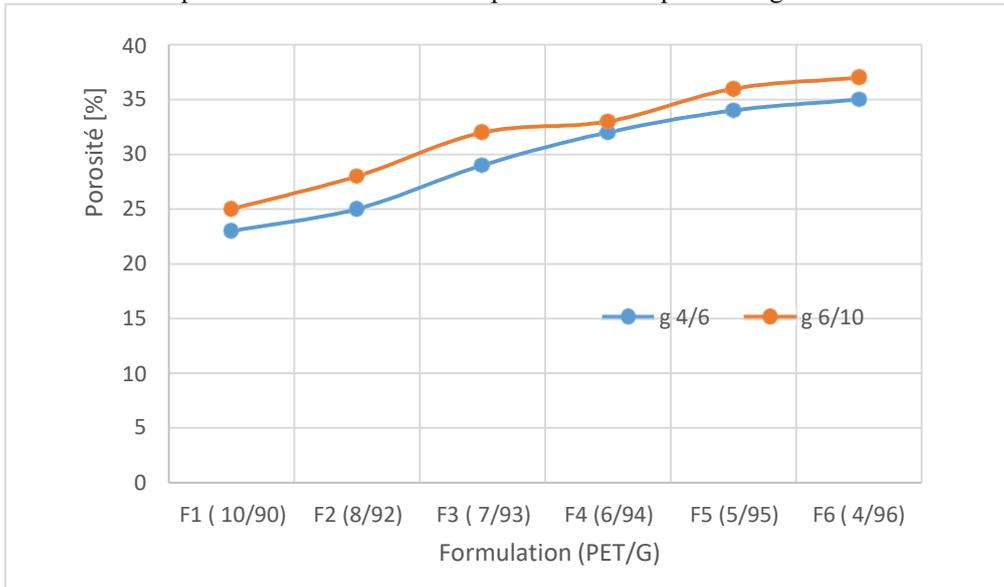


Figure 6 : porosité des pavés plastiques perméables à l'eau

D'après ces résultats, la porosité des pavés plastiques perméables à l'eau varie entre 23 à 37%. On obtient des porosités ouvertes permettant l'eau d'y circuler.

On constate aussi que la porosité augmente lorsque la quantité de liant diminue. Cela s'explique par le fait qu'en diminuant progressivement le taux de liant, l'épaisseur de la couche enrobant les graviers devient très mince, les vides intergranulaires sont alors beaucoup plus nombreux, favorisant l'augmentation de la porosité.

On remarque également que la porosité augmente avec la taille des graviers. Ceci est liée à l'existence des vides trop importants au sein des graviers de diamètre un peu plus gros.

### IV-4 Résultats sur la perméabilité

La perméabilité correspond à la vitesse d'écoulement de l'eau à travers le matériau, exprimée en cm/s. la figure ci-après illustre ces résultats :

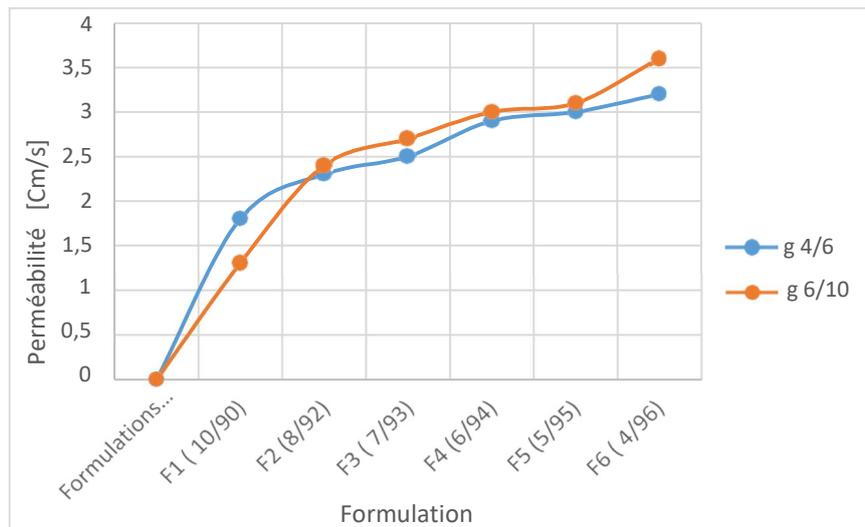


Figure 7 : perméabilité des pavés plastiques perméables à l'eau

La perméabilité des pavés plastiques perméables à l'eau évolue de manière croissante lorsque la quantité de plastique diminue. Elle varie de 1,3 à 3,6 cm/s. La perméabilité élevée s'explique par le fait que les pores intergranulaires sont importants favorisant ainsi l'écoulement rapide de l'eau, car le taux de plastique est faible, donc juste suffisant pour assurer la cohésion de celui-ci et les graviers.

La faiblesse de la perméabilité est liée à la réduction du taux de vide, qui est causée par l'excès du taux de plastique, venant combler en partie les pores. Ce qui induit naturellement à la diminution de la perméabilité.

On remarque aussi que la perméabilité est généralement élevée en augmentant la taille des granulats. Cela est bien évident qu'en utilisant de graviers 4/6, la taille des pores intergranulaires est relativement petite comparée à celle de graviers 6/10, qui est d'autant plus grosse.

Mais dans les cas de la formulation F1 et F2, la perméabilité des pavés plastiques en utilisant des graviers 4/6 est supérieure à celle des pavés plastiques en utilisant des graviers 6/10. Cela marque l'existence des pores isolés qui ne connectent pas entre eux et à l'extérieur, car même la porosité des graviers 6/10 est élevée par rapport à celle des graviers 4/6, il existe au sein des matériaux de vide isolé.

Donc, la perméabilité des pavés plastiques perméables à l'eau dépend très fortement de la quantité de plastique utilisée et aussi de la classe granulaire. La figure ci-après illustre l'évolution de la perméabilité en fonction de la classe granulaire :

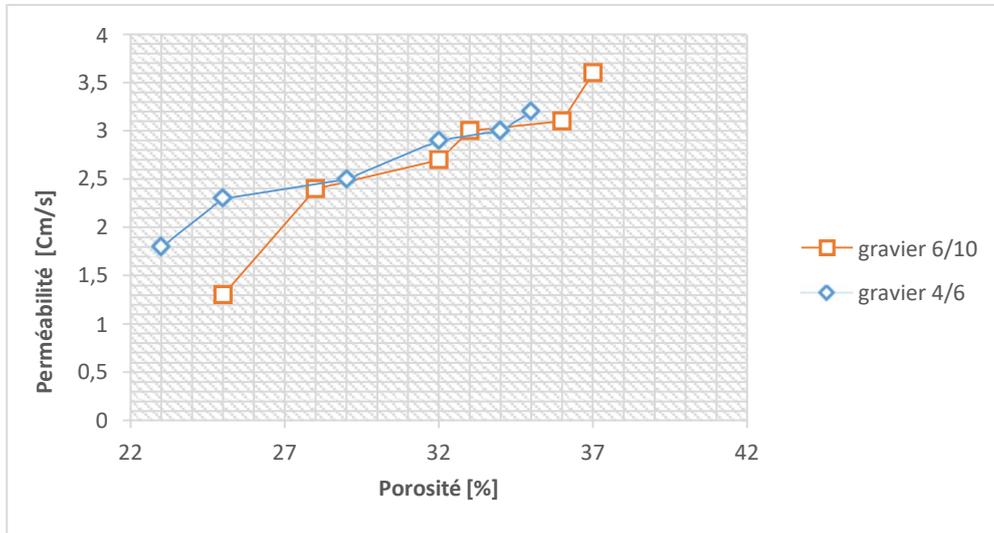


Figure 8 : évolution de la perméabilité en fonction de la porosité

#### IV-5 Résultats sur la masse volumique apparente

Les masses volumiques des différentes formulations sont représentées par la figure suivante :

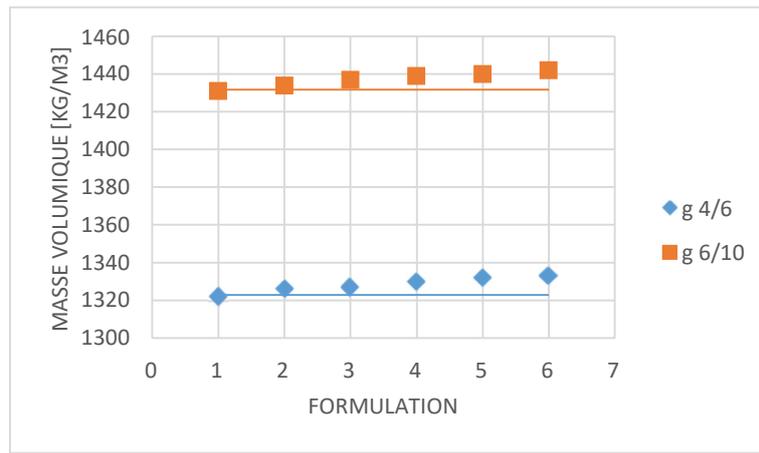


Figure 9 : masse volumique des pavés perméables à l'eau

Les masses volumiques des pavés plastiques perméables à l'eau se situent entre 1322 et 1442Kg/m³. Les pavés plastiques perméables à l'eau sont légers du fait de l'existence de la porosité élevée et la densité des plastiques qui est relativement faible. La quantité de liant est d'ailleurs faible comparée aux pavés plastiques classiques. Cette légèreté est très marquée en augmentant la taille des granulats.

#### IV-6 Résultats sur la résistance à la compression

Les résultats de la résistance à la compression sont illustrés par le diagramme suivant :

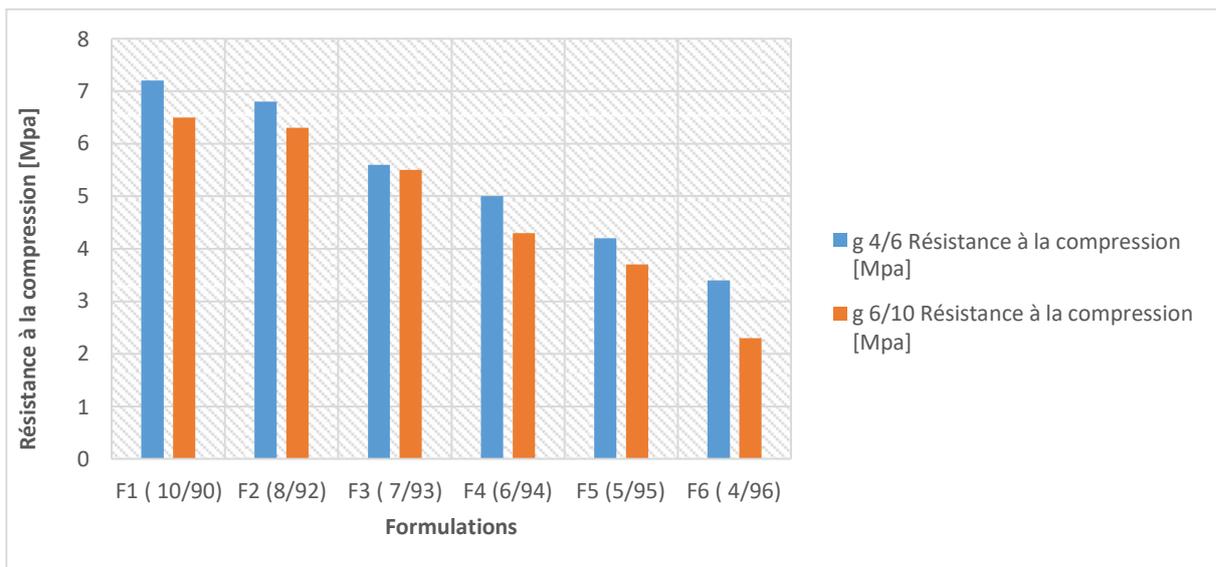


Figure 10 : Résistance à la compression

Cette figure montre que les résistances à la compression des pavés plastiques perméables à l'eau varient en fonction de la quantité des plastiques. Elles sont de l'ordre de 2,3 à 7,2 MPa. Lorsque le taux de plastique est élevé (F1), le liant couvre parfaitement toutes les surfaces des granulats, et il arrive qu'une part de ce liant remplit les interstices entre granulats, la cohésion plastique-granulat devient alors très forte, minimisant ainsi les espaces vides et engendrant par la suite l'augmentation de la résistance à la compression.

Par contre, lorsque la quantité de liant est faible (F6), l'épaisseur de la surface recouverte des plastiques est mince. Le taux de vide se trouve augmenter. La cohésion plastique-granulat est donc facilement rompue, et la résistance à la compression diminue.

On constate aussi qu'en augmentant la taille des granulats, les vides deviennent importants et par conséquent, la diminution de la résistance à la compression est inévitable.

La résistance à la compression dépend beaucoup de la quantité de liant et de la porosité au sein du matériau. La figure ci-après met en exergue cette variation de la résistance à la compression en fonction de la porosité :

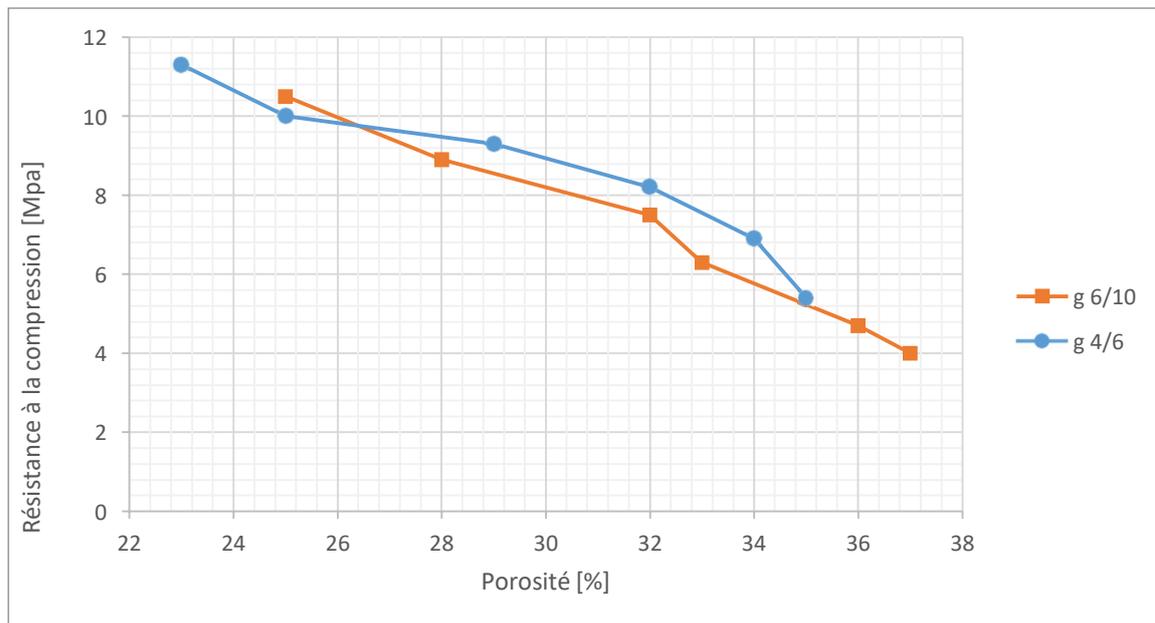


Figure 11: variation de la résistance à la compression en fonction de la porosité

### V. AVANTAGES DES PAVES PLASTIQUES PERMEABLES A L'EAU

Les pavés plastiques perméables à l'eau nous procurent de nombreux avantages :

- Réduction de la quantité des déchets éparpillés, vu la pollution engendrée par les déchets plastiques,
- Création d'emploi pour la collecte, le tri et la transformation des déchets en matériaux directement utilisables,
- Respiration du sol,
- Restauration de la nappe phréatique,
- Contribution à la diminution des eaux de ruissellement,
- Contribution à la lutte contre l'imperméabilisation des sols, etc.

### VI. CONCLUSION

Il a été prouvé que le plastique, notamment le PET, est aussi un liant efficace pour la fabrication des pavés perméables à l'eau. Ce matériau qui est tout à fait nouveau apporte de nombreux avantages sur l'environnement et sur la vie sociale.

A l'issue de cette recherche, nous pouvons retenir les points essentiels ci-après :

- Les graviers de granite utilisés sont de classes 4/6 et 6/10, présentant une granulométrie continue,
- Le taux de liant plastique varie de 4 à 10% en composition massique,
- Le mode de cuisson de mélange s'effectue en alternant une couche de plastique (PET) et une couche de graviers chauds dans une marmite qui est préalablement chauffée. Le plus important est de bien observer l'avancé de la fusion de PET et sa couleur, jusqu'à ce qu'elle devienne noir. Tout cela est accompagné d'un malaxage vigoureux afin d'obtenir un mélange

homogène,

- La consistance du mélange varie de très ferme à ferme. Le mieux est de rester dans la consistance ferme,
- Le matériau ainsi conçu est léger, ayant une porosité ouverte allant de 23 à 37%, permettant l'eau d'y circuler. La porosité élevée est obtenue en utilisant de taux de plastique faible (4-5%),
- La perméabilité des pavés plastiques est de l'ordre de 1,3 à 3,6cm/s. La perméabilité élevée est possible en travaillant dans un taux de liant faible,
- La résistance à la compression de ce pavé plastique perméable à l'eau, qui est matériau relativement nouveau se situe entre 2,3 à 7,2 MPa.

Bref, la fabrication de ce pavé plastique perméable à l'eau a fait « d'une pierre deux coups » !

### REFERENCES

- [1] : J.P. QUENTIN, Techniques de l'Ingénieur, Polyéthylène téréphtalate, 2004.
- [2] : NF EN 1097-6 « Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats - Partie 6 : détermination de la masse volumique réelle », 2014.
- [3] : NF EN 933-1 « Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats, détermination de la granularité, Analyse granulométrique par tamisage », AFNOR, 2012.
- [4] NF EN 1097-1 « Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats, Partie 1 : détermination de la résistance à l'usure (micro-Deval) », 2011.
- [5] NF EN 1097-2 « Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques de granulats, Partie 2 : méthodes pour la détermination de la résistance à la fragmentation », 2010.
- [6] : P. VANDEN EYNDE, Mémoire, Tome XVIII, fascicule 5 : Caractéristiques géologiques et mécaniques des granulats, Académie royale des Sciences d'Outre-Mer, 1983.
- [7] : Mathieu BRUNEAU, Recyclage des déchets plastiques dans la gestion des déchets en Afrique, 2015.
- [8] : Gautron « Valorisation et recyclage des déchets », Technique de l'ingénieur, 1994.
- [9] : Roselyne Messal, La valorisation des déchets plastiques en Europe et en France, 2013.
- [10] : Whiting, Permeability of selected concretes, Permeability of concrete, ACI SP-108, 1988.
- [11] : JmVallee « Etude de la porosité et de la perméabilité », 2005.
- [12] : Centre de recherches routières, Dossier 5 « Revêtements drainants en pavés de béton », Annexe au Bulletin CRR n° 77, 2008.
- [13] : Harivola RASOATAHINJANAHARY, Contribution à l'optimisation de la production de matériaux de construction à base de plastique recyclé-sable, 2014.