

# EFFETS DE L'INCORPORATION DU DECHET PLASTIQUES SUR L'IMPREGNATION A L'EMULSION DE BITUME DE L'HUILE LOURDE DE TSIMIRORO DE COUCHE DE BASE EN GRAVES NON TRAITES

EFFECTS OF THE INCORPORATION OF PLASTIC WASTE ON IMPREGNATION WITH BITUMEN EMULSION OF TSIMIRORO HEAVY OIL OF BASE LAYER IN UNTREATED GRAVES



| Ratsifaherandahy Flemond Dolin <sup>1\*</sup> | Mamiharijaona Ramarosan <sup>1</sup> | Rajaonah Rabevala <sup>1</sup> | Ramorason Jean De Dieu <sup>2</sup> | et | Randriamalala Tiana Richard <sup>3</sup> |

<sup>1</sup> Université d'Antsiranana | Ecole Supérieur Polytechnique | Laboratoire de Métallurgie et Chimie | B.P. O, 201, ANTSIRANANA | MADAGASCAR |

<sup>2</sup> Directeur de Recherches Associées Département Matériaux ET Génie Civil/ CNRIT Madagascar |

<sup>3</sup> Chef de Département de Recherche, Développement et Matériaux au LNTPB Madagascar |

| Received 08 March 2022 |

| Accepted 12 March 2022 |

| Published 15 March 2022 |

| ID Article | Ratsifaherandahy-Ref05-ajira080322 |

## RESUME

**Contexte :** Les améliorations apportées à la qualité des assises en graves non traités (GNT) tant en ce qui concerne les matériaux que leur mise en œuvre font que la pénétration du liant hydrocarboné est aussi fluide. La couche d'imprégnation est entravée par le caractère fermé de la couche de base (compacité élevée, et porosité faible). **Objective:** Etude de l'effet de l'incorporation des déchets plastiques sur les propriétés physiques et rhéologiques des bitumes. **Méthode :** La poudre de sachets plastiques fondus, refroidis et finement broyés et introduit dans le cut-back 0/1. L'imprégnation se transforme en un simple traitement de la couche de base. **Résultat :** L'imprégnation de la couche de base en graves non traités se fait aux Cut- back 0/1 au dosage moyen de 1,2 kg/m<sup>2</sup>. La mise en œuvre du Cut- back 0/1 se fait avec une température minimum de 125 °C. Le Cut- back 0/1 contient environ 40% de kérosène qui n'a pour rôle que de fluidifier le bitume de l'huile lourde de Tsimiroro, il s'évapore immédiatement après sa mise en œuvre. **Conclusion :** on a constaté que l'adhésivité, l'imperméabilité et la compacité sont élevées et la faible porosité est positivement améliorée avec l'accroissement de la teneur en sachet plastique.

**Mots-clés :** Poudre des sachets plastiques, bitume de l'huile lourde de Tsimiroro, Cut-back 0/1, Imprégnation, Graves non traités, Pénétrabilité, Adhésivité.

## ABSTRACT

**Context:** The improvements made to the quality of foundations in untreated gravel (GNT) both in terms of materials and their implementation mean that the penetration of the hydrocarbon binder is also fluid. The impregnation layer is hampered by the closed nature of the base layer (high compactness and low porosity). **Objective:** Study of the effect of the incorporation of plastic waste on the physical and rheological properties of bitumen. **Method:** The powder of plastic bags melted, cooled and finely ground and introduced into the cut-back 0/1. Impregnation turns into a simple basecoat treatment. **Result:** The impregnation of the base layer in untreated gravel is done with Cut-back 0/1 at an average dosage of 1.2 kg/m<sup>2</sup>. Cut-back 0/1 is implemented with a minimum temperature of 125°C. Cut-back 0/1 contains approximately 40% kerosene, the only role of which is to thin the Tsimiroro heavy oil bitumen, it evaporates immediately after its implementation. **Conclusion:** It was found that the adhesiveness, impermeability and compactness are high and the low porosity is positively improved with the increase of the plastic bag content.

**Keywords:** Powder from plastic bags, Tsimiroro heavy oil bitumen, Cut-back 0/1, Impregnation, Untreated gravel, Penetration, Adhesiveness.

## 1. INTRODUCTION

Les améliorations apportées à la qualité des assises en graves non traités (GNT) tant en ce qui concerne les matériaux que leur mise en œuvre font que la pénétration du liant hydrocarboné. Il est entravé par le caractère fermé de la couche de base (compacité élevée, et porosité faible). Dans ces conditions, l'imprégnation se transforme en un simple traitement de la couche de base. Elle peut même avoir les effets négatifs par suite de la formation de pellicules de liant excédentaire propice à l'apparition ultérieure du phénomène de glissement entre couches et par conséquent l'arrachement et le ressuage.

A Madagascar, l'imprégnation de la couche de base en graves non traités (GNT) se fait aux un Cut-Back 0/1 au dosage moyen de 1,3 kg/m<sup>2</sup>. Cette technique est assez onéreuse parce que, d'une part, le cut-back 0/1 contient environ 40% de kérosène dont le coût est le double de celui de bitume fluidifié et dont la seule utilité est de fluidifier le bitume pur. Par ailleurs, la mise en œuvre du Cut- back 0/1 avec la poudre de sachets plastique se font avec une température minimum de 125 °C. Idrissi Idrissi (2004) a démontré l'imprégnation des assises de chaussées en graves non traitées à l'émulsion de bitume [1]. Une autre étude a étudié l'utilisation de l'émulsion de bitume dans l'imprégnation [2]. Fimes (1993) a étudié de l'imprégnation des graves non traités et a montré qu'un bitume fluidifié peut être réalisée avec un ration de 0/1 (Cut- back 0/1) [3].

Le présent article consacre sur l'imprégnation des assises en graves non traités (GNT) par le Cut- back 0/1 pose actuellement des problèmes d'ordre technique, imperméabilité des couches des base, économique et environnemental. Aussi, il est jugé utile, aussi bien pour l'intérêt de l'économie national que pour le suivi du progrès enregistré au niveau des techniques des chaussés, d'introduire l'émulsion de bitume d'huile lourde de Tsimiroro pour l'imprégnation des assises en graves non traités (GNT) comme produit de substitution au Cut- back 0/1 avec poudre

des sachets plastiques. Cependant, la présente étude visait à identifier une solution appropriée pour recycler les sacs en plastique d'une part et en d'autre part améliorer les propriétés physiques et rhéologiques des bitumes.

## 2. MATERIELS ET METHODES

### 2.1. Matériaux utilisés

Le support à imprégner est constitué d'un grave non traitée à granulométrie continue de type :

GNA : grave non traitée à granulométrie 0/31,5 issue d'un concassé pur ou ayant un indice de concassage égal à 100% et une propreté non mesurable.

GNB : grave non traitée à granulométrie 0/31,5 ayant en indice de concassage égale ou supérieur à 35% et une propreté non mesurable.

GNC : grave non traitée à granulométrie 0/31,5 ou 0/40 ayant un indice de concassage supérieur à 30% et un indice de plasticité.

CND : grave non traitée à granulométrie 0/31,5 ou 0/40 non concassée (rarement utilisée en couche de base pour les routes revêtues) et un indice de plasticité.



Figure 1a : Déchets plastique



Figure 1a : Poudre plastique



Figure 1b : Bitume pur

### 2.2. Matériels utilisés

Les matériels utilisés sont ceux prescrits par la norme NF-EN 1426 comportant en substance en laboratoire:

- Un pénétromètre DOW, de portée 0 à 36 mm et ses accessoires ;
- Pénétration de l'aiguille sur l'échantillon ;
- Appareil de mesure de la viscosité du liant ;
- Une balance de portée 500 g sensible au centième de gramme et une balance de portée 4000 g sensible au dixième de gramme ;
- Une étuve de portée 250°C, un chronomètre, un réchaud à gaz et un bain thermostat de 80 litres réglé à 60°C ;



Figure 2: Appareils des mesures.

Les matériels des mises en œuvre utilisés sont :

- Usine d'émulsion de bitume ;
- Usine d'émulsion d'asphalte 6 t/h ;
- Mélangeur portable de laboratoire 50x20l, mélangeur alvéolé, pour la fabrication d'échantillons d'acariens ;
- Fondeur de bitume, malaxeur ;
- Citerne d'imprégnation.



Figure 3 : Matériels des mises en œuvre.

## 2.3. Méthode

**2.3.1. Elaboration du liant : poudre de sachets plastiques :** L'élaboration du nouveau liant bitumineux consiste à faire fondre, à environ 300 °C, les sachets plastiques dans un récipient métallique approprié. Le liquide obtenu est ensuite refroidi à l'air ambiant (température : 28-31°C, puis le solide décollant finement broyé en poudre passant le tamis 0,160 mm.

**2.3.2. Réalisation des mélanges :** Huit (08) différents mélanges bitumineux indexés M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7 et M8 ont été élaborés. Ils contiennent des pourcentages en masse de sachets plastiques bruts, respectifs de (2%, 6%, 10%, 12%, 14%, 18%, 22% et 24%), le bitume pur de l'huile lourde, le témoin à 0% étant indexé M0. L'opération de mélange, de sachets plastiques, bitume pur et de l'eau, est effectuée à chaud dans le four à environ 180°C.

## 3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

### 3.1. Spécifications des émulsions de bitume pour imprégnation

Selon leur stabilité, les émulsions routières sont utilisées au Maroc pour les usages sont les suivant :

**Tableau 1 :** Pour l'imprégnation, l'émulsion adoptée est définie dans le tableau ci-après

Caractéristiques Emulsion	Sur stabilisée SS 55
Teneur en eau en %	Inférieure à 47
Pseudo viscosité à 25° c	Supérieure à 15
Homogénéité	
% de particules supérieures a 0,63 mm	Inférieur à 0,1
% de particules comprises entre 0,63 et 0,16	Inférieur à 0,25
Stabilité au stockage % (1)	
Emulsion a stockage limite émulsion stockable	-
Indice de rupture	Inférieur à 5
Stabilité au ciment (en grs)	-
Charge des particules	Inférieure à 2
	Positive

(1) Il est admis qu'une émulsion stockée pendant un temps T, brassée puis laissée au repos pendant 24 heures, peut présenter une couche superficielle de solution aqueuse (essai de stabilité au stockage).

On distingue :

- Emulsion à stockage limité par le fait que le temps T précédemment défini est maximum de 5 jours.
- Emulsion stockable par le fait le temps T précédemment défini est au maximum de 3 mois.

Les spécifications françaises exigées pour les émulsions d'imprégnation sont indiquées dans le tableau ci-après :

**Tableau 2 :** Spécifications françaises exigées pour les émulsions d'imprégnation

Caractéristiques	Emulsion sur stabilisée	
	ECS 55	ECS 60
teneur en eau en %	44 à 46	39 à 41
pseudo viscosité angler à 25 °c	< 15	>2
pseudo viscosité STV a 25°c (diamètre de l'orifice d'écoulement 4mm)	-	< 18
homogénéité :		
- particules supérieures à 0,63 mm	< 0,1	< 0,1
- particules comprises entre 0,63mm et 0,16 mm	<0,25	< 0,25
stabilité au stockage par décantation (1)	< 5	< 5
adhésivité (2)		
émulsion a stockage limite (1)		
- 1 <sup>iere</sup> partie de l'essai	-	-
- 2 <sup>ieme</sup> partie de l'essai	-	-
émulsion stockable (1)	-	-
indice de rupture	-	-
stabilité au ciment <= 2	<= 2	<= 2
charge des particules positive	positive	positive

(1) : Il est admis qu'une émulsion stockée pendant un temps T à une température supérieure à 5 °C, brassée, peut présenter une couche superficielle de solution aqueuse ;  
Après brassage, cette couche doit disparaître et l'émulsion ne doit pas présenter d'amorce de rupture.

On distingue :

- Une émulsion à stockage limité par le fait que le temps T précédemment défini est maximum de 15 jours,
- Emulsion stockable par le fait le temps T précédemment défini est compris entre 15 jours et 3 mois.

(2) : Les caractéristiques d'adhésivité d'une émulsion doivent être spécifiées vis à vis d'une nature définie de granulats.

Les spécifications espagnoles exigées pour les émulsions d'imprégnation sont indiquées dans le tableau ci-après :

**Tableau 3** : Spécifications espagnoles exigées pour les émulsions d'imprégnation.

Caractéristiques	ECL -1	
	Min.	Max.
<b>Viscosité (Saybolt Universel) à 25° C</b>		
<b>Furol. à 25° C</b>	-	100
<b>Furol. à 50° C</b>		
<b>Charge des particules</b>	positive	positive
<b>Teneur en eau %</b>	-	45
<b>Teneur en bitume %</b>	55	-
<b>Fluidifiant par distillation %</b>	-	10
<b>Décantation (à 7 jours) %</b>	-	5
<b>Tamissage (retenu au tamis 0,080) %</b>	-	0,10
<b>Stabilité au ciment %</b>	-	-
<b>Essais sur le résidu de distillation</b>		
<b>Pénétration (25°C ; 100g ; 5s) 0,1mm</b>	130	200
<b>Ductilité (25° C ; 5cm / min) cm</b>	60	100
<b>Solubilité</b>	40	-

ECL : Emulsion sur stabilisée liquide.

Par ailleurs, les émulsions destinées à l'imprégnation des graves non traités (GNT) de type ECI doit contenir une teneur en bitume supérieure à 40% et un pourcentage de bitume fluidifié qui varie entre 10 à 20 %.

**3.2. Spécifications des émulsions de bitume pour imprégnation utilisée** : Les spécifications des émulsions d'imprégnation utilisées sont indiquées dans le tableau ci-après :

**Tableau 4** : Détection de la couche perméable et de la couche visqueuse de bitume de l'huile lourde de Tsimiroro au PK 14+00 au PK14+800.

Nom du projet	Travaux de revêtement de chaussée	Date de construction	2021.10.20		
<b>Utilisation</b>	Couche de fermeture	Date de détection	2021-10-20		
<b>Nom de l'échantillon</b>	Emulsion de bitume (PC-2)	Pieu de construction	PK 14+000, PK14+800 (Toute image)		
<b>pulvérisation de la température</b>	61°C	Design	1,0~2,0 L/m <sup>2</sup>		
<b>L'inspection de l'aspect</b>	Il n'y a pas d'impuretés				
<b>Détection de teneur en asphalte</b>	Emulsion de bitume de qualité (g)	Qualité des résidus d'évaporation (g)	Teneur en asphalte %	Moyenne %	
	504,8	281,2	55,7	55,7	
	507,6	284,3	56,0		
	503,4	279,4	55,5		
<b>Détection d'asphalte</b>	N°	Disque de qualité (kg)	Assiette + Masse totale d'émulsion (kg)	La zone de disque (m <sup>2</sup> )	Arroseur d'asphalte (kg/m <sup>2</sup> )
	1	0,632	0,808	0,1426	1,2
	2	0,635	0,798	0,1426	1,1
	3	0,635	0,817	0,1426	1,3
<b>La profondeur de pénétration (mm)</b>	10,5		Valeur de conception (mm)		≥10

**3.3. Optimisation du mélange de bitume de l'huile lourde de Tsimiroro avec poudre sachets plastique** :

L'opération de mélange, de sachets plastiques, bitume pur de l'huile lourde et de l'eau, est effectuée à chaud dans le four à environ 180°C. Pour chaque taux d'ajout de poudre de sachets plastiques (2%, 6%, 10%, 12%,14%, 18%,

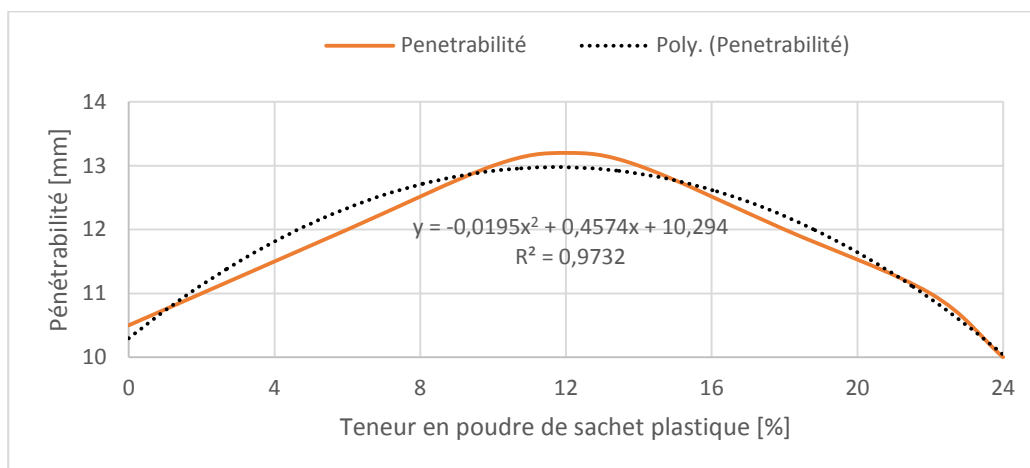


22% et 24%), Huit (08) mélanges ont été étudiés au laboratoire avec des teneurs en bitume de l'huile lourde différentes afin de choisir la formulation qui donne les meilleures performances.

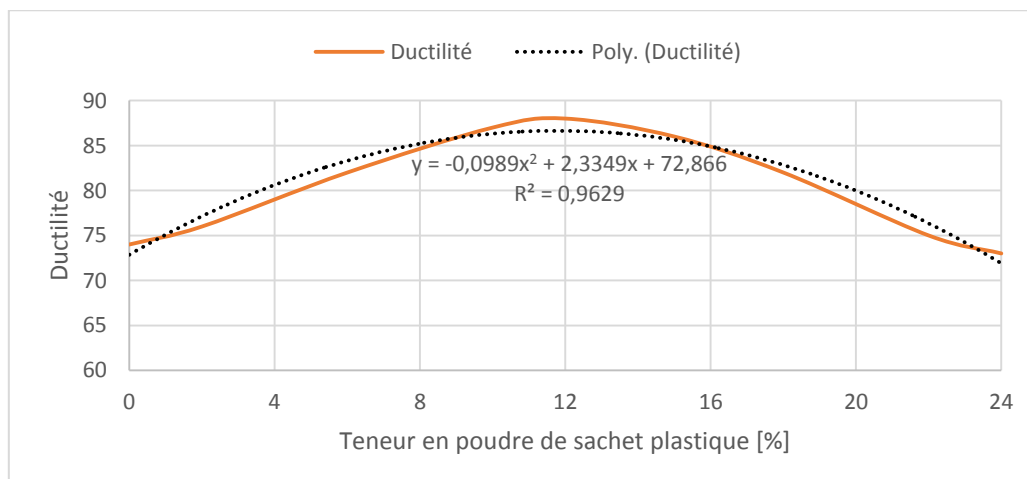
**Tableau 5 :** Détection de la couche perméable et de la couche visqueuse avec % de poudre de sachets plastique.

Nom du projet	Travaux de revêtement de chaussée	Date de construction	2021-10-22		
Utilisation	Couche de fermeture	Date de détection	2021-10-20		
Nom de l'échantillon	Emulsion de bitume (PC-2)	Pieu de construction	PK 14+000, PK14+800 (Toute image)		
pulvérisation de la température	61°C	Design	1,0~2,0 L/m2		
L'inspection de l'aspect	Il n'y a pas d'impuretés				
Détection de teneur en asphalte	Emulsion de bitume de qualité (g)	Qualité des résidus d'évaporation (g)	Teneur en asphalte %	Moyenne %	
	515,0	259,6	50,4	50,3	
	508,5	254,3	50,0		
	506,4	255,7	50,5		
Détection d'asphalte	N°	Disque de qualité (kg)	Assiette + Masse totale d'émulsion (kg)	La zone de disque (m2)	Arroseur d'asphalte (kg/m2)
	1	0,632	0,808	0,1426	1,2
	2	0,635	0,798	0,1426	1,1
	3	0,635	0,817	0,1426	1,3
La profondeur de pénétration (mm)	11,5		Valeur de conception (mm)	≥10	

### 3.4. Dosage optimum des poudres plastiques dans d'imprégnation



**Figure 4 :** Evolution de la pénétration l'émulsion de l'huile lourde de Tsimiroro avec % de poudre de sachets plastique.



**Figure 5 :** Evolution de la Ductilité l'émulsion de l'huile lourde de Tsimiroro avec % de poudre de sachets plastique.

### 3.5. Mise en œuvre couche d'imprégnation de la GNT en émulsion de bitume



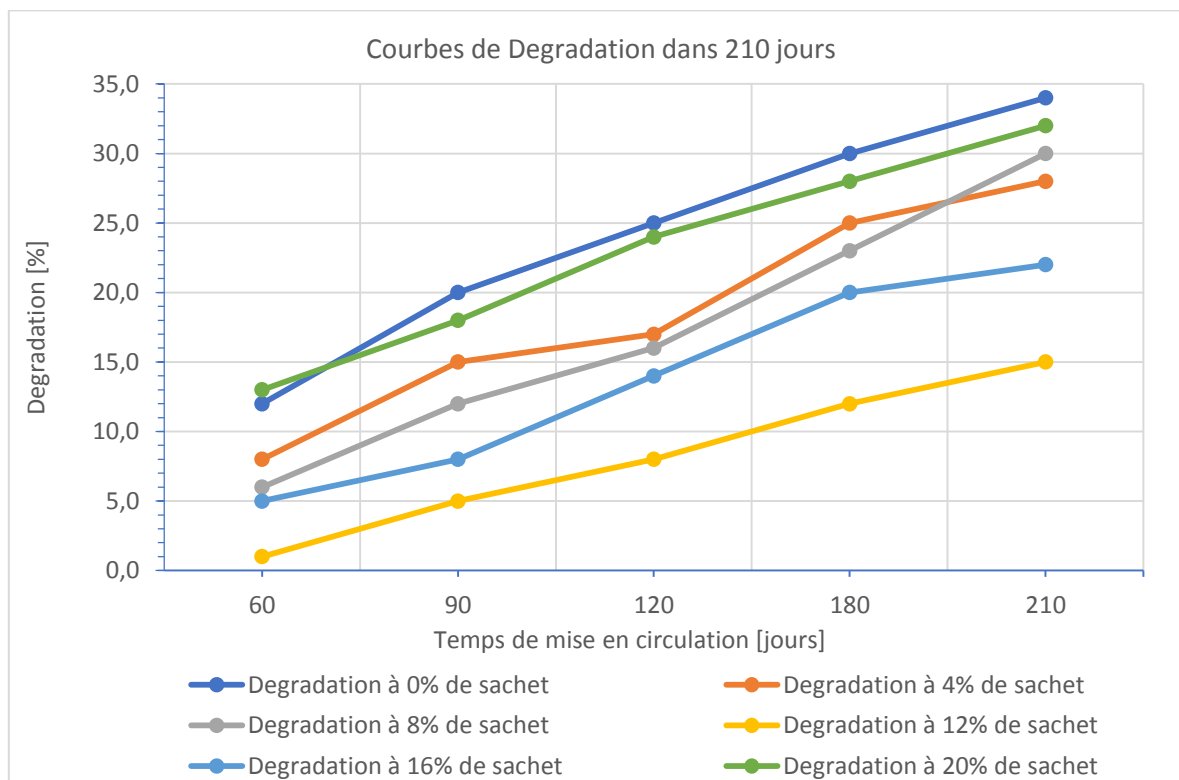
**Figure 6 :** Mise en œuvre couche d'imprégnation de la graves non traités (GNT) en émulsion de bitume de l'huile lourde de Tsimiroro au PK 13+700.

### 3.6. Couche d'imprégnation après la mise à la circulation



**Figure 7 :** Mise en circulation de la couche d'imprégnation de la graves non traités (GNT) en émulsion de bitume de l'huile lourde de Tsimiroro au PK 13+700.

### 3.7. Courbes de dégradations de la couche d'imprégnation après la mise à la circulation



**Figure 8 :** Evolution de dégradation sur la couche d'imprégnation de la graves non traités (GNT) en émulsion de bitume de l'huile lourde de Tsimiroro.

Tout d'abord, les essais mécaniques classiques de caractérisation (Ductilité, Pénétration) des imprégnations de bitume de l'huile Lourde de Tsimiroro ont montré que l'ajout des poudres de déchets plastique modifiait les niveaux de performances. En se référant au figure 4 et figure 5, on peut constater que l'imprégnation avec 12% de poudres de déchets plastique améliorent la Ductilité et la Pénétration. Le couche de base avec imprégnation sans poudres de déchets plastique est plus dégradée, les dégradations atteint jusqu'à 34% à 210 jours de mise à la circulation. Par contre l'imprégnation avec 12% de poudres de déchets plastique induit une faible dégradation de la couche de base. La couche de base non traitée avec la poudre de déchets plastique présente des microfissures et déformations. La

durée de vie de notre couche d'imprégnations est 180 Jours préconisé par le fabriquant, par contre à l'incorporation de poudre de déchets plastiques-atteint 240 jours après la mise en œuvre.

#### 4. CONCLUSIONS

Le but de cette recherche visait à identifier une solution appropriée pour recycler les sacs en plastique afin d'améliorer les propriétés physiques et rhéologiques des bitumes. Les résultats obtenus montrent que l'incorporation de poudre de déchets plastique améliore les performances mécaniques (ductilité, pénétrabilité ....) de bitume. C'est un produit plus soucieux de l'environnement et de la santé des ouvriers.

L'utilisation de poudre des déchets sachets plastiques dans l'émulsion de bitume de l'huile lourde de Tsimiroro permet d'avoir beaucoup d'avantage :

- Imperméabiliser les couches de Base ;
- Diminuer la dégradation de la couche de base avant de la mise en œuvre de couche de revêtement ;
- Augmenter la durée de vie d'utilisation avant la mise œuvre de la couche d'accrochage jusqu'à 240 Jours;
- Résistantes à la température, trafics et durables ;
- Réduction de la consommation en bitume.

**Remerciements :** Les auteurs tiennent à remercier Laboratoire Nationale et des Travaux Publics Madagascar (LNTPB) et CHINA ROAD AND BRIDGE CORPORATION (CRBC) à Madagascar pour la mise à disposition à la réalisation de ce travail.

#### 5. REFERENCES

- [1] - Idrissi Janati. L'imprégnation des assises de chaussées en graves non traitées à l'émulsion de bitume. *Revue Marocaine du Génie Civil*, n° 105 – 1er trimestre 2004.
- [2] - Circulaire de la DRCR du 21 janvier 2003, sur l'utilisation de l'émulsion de bitume pour l'imprégnation.
- [3] - Fimes y pavimentos. Carlos KRAEMER et Miguel Angel DEL VAL, 1993 Université Polytechnique de Madrid (Espagne).
- [4] - Imprégnation des graves non traités se fait par un bitume fluidifié 0/1 (cut- back 0/1) dont les Cahier des prescriptions communes applicables aux travaux routiers courants, DRCR.
- [5] - spécifications sont arrêtées par le cahier n°5, fascicule n°5 du cahier des prescriptions communes applicables aux travaux routiers courants édités par la Direction des Routes et de la Circulation Routière (DRCR) en 1983.
- [6] - Les émulsions de bitume, généralités applications, publié par la SFERB en 1988 (France).
- [7] - Le laboratoire dans le génie civil, LPEE n° 6 janvier 1985, M. Desambucy.
- [8] - Revue Générale des Routes et Aéroports, n°754, septembre 1997.
- [9] - Revue Marocaine du Génie Civil, n° 105 – 1er trimestre 2004, Mr Janati Idrissi.



Cite this article: **Ratsifaherandahy Flemond Dolin, Mamiharijaona Ramarason, Rajaonah Rabevala, Ramorason Jean De Dieu et Randriamalala Tiana Richard.** EFFETS DE L'INCORPORATION DU DECHET PLASTIQUES SUR L'IMPREGNATION A L'EMULSION DE BITUME DE L'HUILE LOURDE DE TSMIRORO DE COUCHE DE BASE EN GRAVES NON TRAITÉES. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2022; 14(3):117-123.

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/>