

---

# Contribution a l'amélioration du comportement de la couche de roulement par l'utilisation des polymères

Hocine HADIDANE<sup>1</sup>, Hocine OUCIEF<sup>2</sup>, Mouloud MERZOUZ<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Laboratoire MGE, Université Badji Mokhtar-Annaba, BP 12 Annaba 23000, Algérie

hocinehadidane@gmail.com

oucief@yahoo.fr

merzoud\_mouloud@yahoo.fr

---

*RÉSUMÉ.* Notre étude porte sur l'effet de l'addition des polymères dans un enrobé bitumineux. Les polymères sont incorporés directement dans le mélange granulaire comme ajout (additif) en proportion à la quantité d'agrégats.

*Pour effectuer notre étude, nous avons fait varier le type de granulats. Le comportement du mélange est évalué à l'aide des essais classiques (Marshall et Duriez).*

*Les résultats obtenus avec les enrobés testés ont montré un réel avantage par rapport à l'enrobé traditionnel, ces résultats peuvent contribuer à la réduction de l'épaisseur des couches lors de l'application des méthodes de dimensionnement des chaussées.*

*ABSTRACT.* Our study investigates the effects of addition of polymer in asphalt concrete mixtures. The polymer is inserted in the mixture as an aggregate portion.

*To realize our study, we employed two types of aggregates. The mixture performance is evaluated by classical tests (Marshall and Duriez).*

*The results obtained with the experimental mixture show advantages compared to the conventional mixture. This results can contribute to the improvement of the pavements dimensioning methods.*

*MOTS-CLÉS:* Matériau , route , chaussée , marshall , duriez .

*KEY WORDS:* Material , road , pavement ,marshall , duriez.

---

## 1. Introduction

Le bitume, lorsque son grade est bien choisi pour le produit bitumineux concerné (béton ou enduit) et dans une application donnée, répond dans une grande majorité de cas à l'objectif qui est de garantir des propriétés d'adhésion et des propriétés mécaniques satisfaisantes dans des conditions de trafic et de climat auxquelles on a affaire.

Cependant, les conditions de trafic devenues de plus en plus agressives, alliées à des impératifs d'économie qui exigent un investissement plus durable dans le temps et des couches de plus en plus minces, ont amené les bitumes purs à certaines limites d'emploi.

Les recherches d'amélioration des propriétés du béton bitumineux, soit par modification de la structure du liant soit par ajout d'additifs sont anciennes [ASS 99]. Ainsi par exemple, BENCOVITZ et BOE publiaient en 1938 dans la revue de l'ASTM, un article sur l'addition du soufre aux mélanges bitumineux.

Des additifs de différentes natures peuvent être utilisés afin de modifier les caractéristiques des mélanges bitumineux, enrobé ou enduit superficiel ; ils sont répartis dans les familles suivantes :

- Les polymères ajoutés en centrale,
- Les matières plastiques recyclées,
- Les granulats de caoutchouc,
- Les fibres de différents types, minérales, synthétiques ou métalliques,
- Les bitumes et asphaltes naturels,

## 2. Identification des matériaux

### 2.1 Bitume

Les essais d'identification des bitumes utilisés pour les différentes formulations sont :

#### 2.1.1 Essai de pénétrabilité à l'aiguille [NFM 12]

**Tableau 1.** Résultats de l'essai de pénétrabilité à l'aiguille.

Classe du bitume	Pénétrabilité à l'aiguille (1/10 mm)
35/50	41
70/100	83

#### 2.1.2 Essai du point de ramollissement [NFE 11]

**Tableau 2.** Résultats de l'essai du point de ramollissement bille et anneau.

Classe du bitume	Température de ramollissement (°C)
35/50	55
70/100	51

#### 2.1.3 Essai du point d'éclair et du point de flamme [FDC 06]

**Tableau 3.** Résultats de l'essai du point d'éclair et point de flamme.

Classe du bitume	Point d'éclair (°C)	Point de flamme (°C)
35/50	260	311
70/100	253	327

Conclusion: les résultats des essais de caractérisation des bitumes confirment bien les classes des bitumes utilisés .

### 2.2 Matériaux granulaires

Pour effectuer cette étude deux types de granulats ont été utilisés, l'un en provenance de la carrière d'esebt (Guelma) et l'autre en provenance de la Carrière Ain touta (Batna).

#### 2.2.1 Analyse chimique [NFF 14]

**Tableau 3.** Résultats de l'analyse chimique des agrégats.

Échantillon	Essebt	Ain touta
Insolubles ( $\text{SiO}_2$ + Silicates)	4.37 %	70.12 %
Oxyde de fer et d'aluminium ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ + $\text{Al}_2\text{O}_3$ )	1.32 %	20.40 %
Gyps ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )	Traces	Traces
Chlorures (NaCl)	0.17 %	0.12 %
Carbonates ( $\text{CaCO}_3$ )	94.01 %	6.83 %
Anhydrite carbonique $\text{CO}_2$	4.136 %	3.00 %
Perte au feu PF	4.163 %	4.85 %
Eau de constitution	0.27 %	1.85 %

Commentaire : L'analyse chimique confirme la nature minéralogique des granulats utilisés.

#### 2.2.2 Essai Los Angeles : [NFE 10]

**Tableau4.** Résultats de l'essai Los Angeles.

Fraction	Essebt	Ain touta
3/8	20.08	17.96
8/15	15.11	19.33

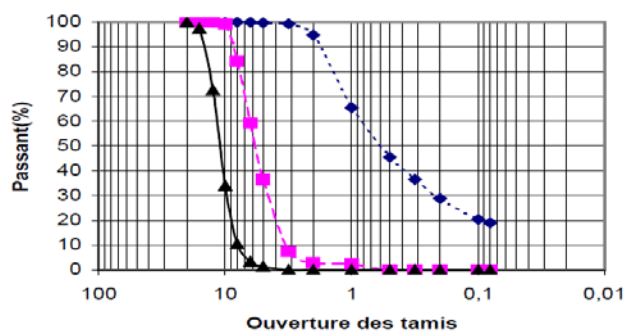
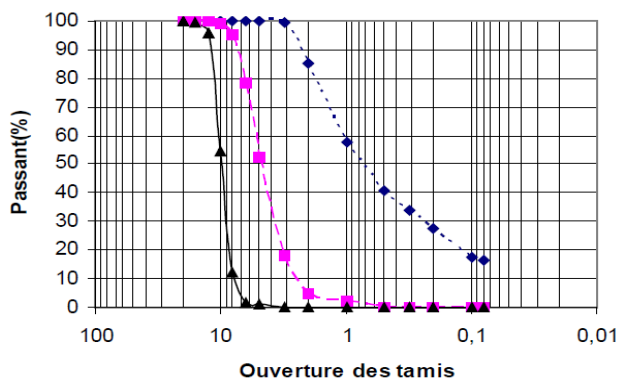
## 2.2.3 Essai Micro-Deval Humide [NFE 11]

**Tableau5.** Résultats de l'essai Micro-Deval Humide.

Fraction	Essebt	Ain touta
3/8	22.33	16.02
8/15	18.98	18.11

## 2.2.4 Analyse granulométrie [NFT 12]

L'Analyse granulométrique nous permet de déterminer les dimensions, ainsi que la distribution des différents grains. Et cela à l'aide d'une série de tamis utilisée pour chaque fraction granulaire.

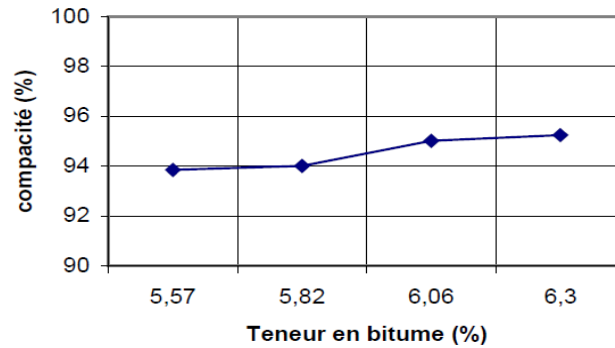
**Figure 1.** Courbe granulométrique pour les agrégats d'Essebt.**Figure 2.** Courbe granulométrique pour les agrégats d'Ain touta.**2.3 Formulation des bétons bitumineux**

## 2.3.1 Agrégat d'Essebt

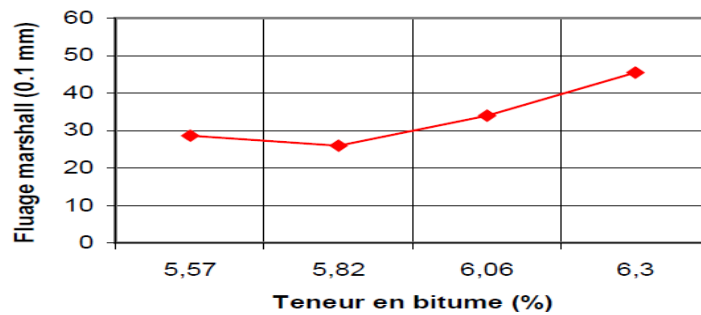
Formule retenue

- Sable 0/3: 35%
- Gravillon 3/8: 29%
- Gravier 8/15: 36%

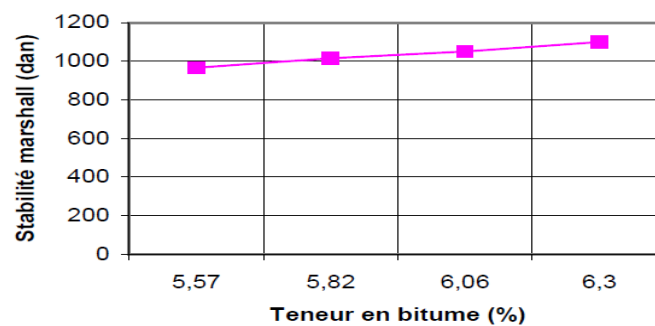
Pour déterminer la teneur optimale en liant, on effectue des essais Marshall pour des enrobés non modifiés confectionnés avec les différents teneurs en bitume, les résultats sont représentés dans les figures 3, 4,5.



**Figure 3.** Variation de la compacité Marshall en fonction de la teneur en bitume.



**Figure 4.** Variation du fluage Marshall en fonction de la teneur en bitume.



**Figure 5.** Variation de la stabilité Marshall en fonction de la teneur en bitume.

La stabilité Marshall est maximale pour une teneur en bitume de 6.30 %

- Le fluage Marshall est minimal pour une teneur en bitume de 5.82 %

- la compacité est maximale pour une teneur en bitume de 6.30%

On prendra une teneur optimale en bitume de 6.14 % pour laquelle les caractéristiques correspondent à :

Compacité Marshall : 95.086 %

Fluage Marshall : 37.83 (1/10 mm)

Stabilité Marshall : 1066.67

### 2..3.2 Agrégat d'Ain touta

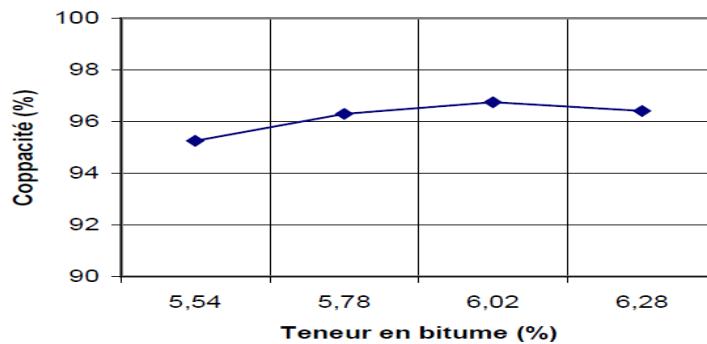
Formule retenue

Sable 0/3: 39%

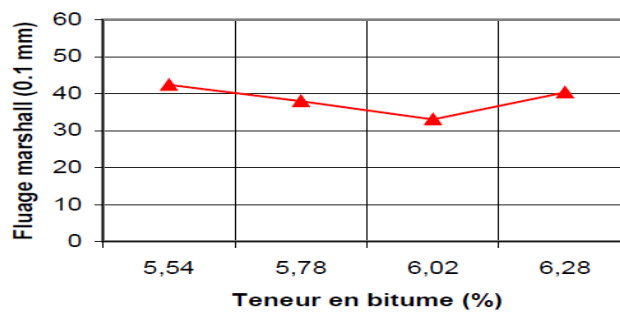
Gravillon 3/8: 21%

Gravier 8/15: 40%

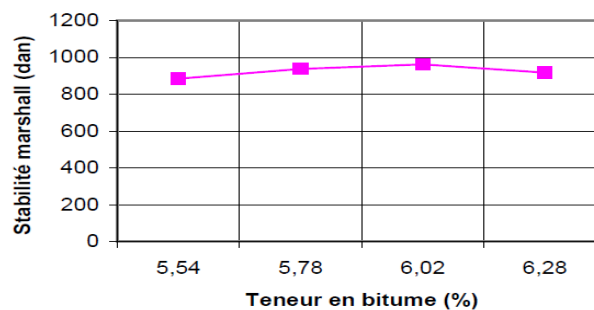
De même, on détermine la teneur optimale en liant en effectuant des essais Marshall pour des enrobés confectionnés avec différentes teneur en bitume, les résultats sont représentés dans les figures 6, 7, 8.



**Figure 6.** Variation de la compacité Marshall en fonction de la teneur en bitume.



**Figure 7.** Variation du fluage Marshall en fonction de la teneur en bitume.



**Figure 8.** Variation de la stabilité Marshall en fonction de la teneur en bitume.

La compacité Marshall est maximale pour une teneur en bitume de 6.02 %

- Le fluage Marshall est maximal pour une teneur en bitume de 6.02 %

- La stabilité Marshall est maximale pour une teneur en bitume de 6.02 %

On prendra une teneur optimale en bitume de 6.02 % pour laquelle le béton bitumineux a les caractéristiques suivantes :

Compacité Marshall : 96.76 %

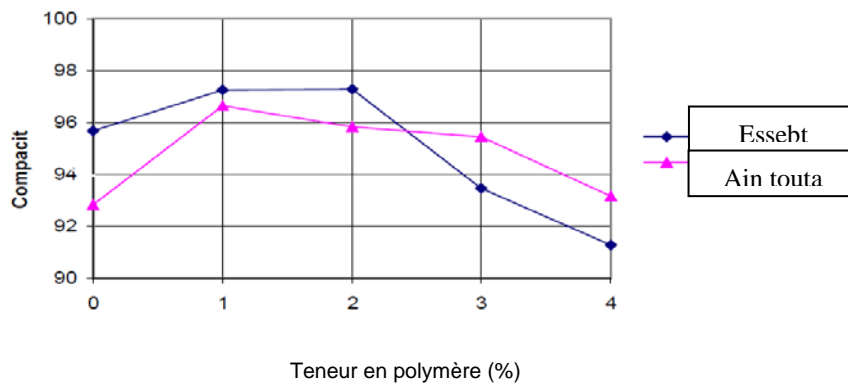
Fluage Marshall : 33 (1/10 mm)

Stabilité Marshall : 962.73 kg

### 3. Comportement mécaniques des formulations

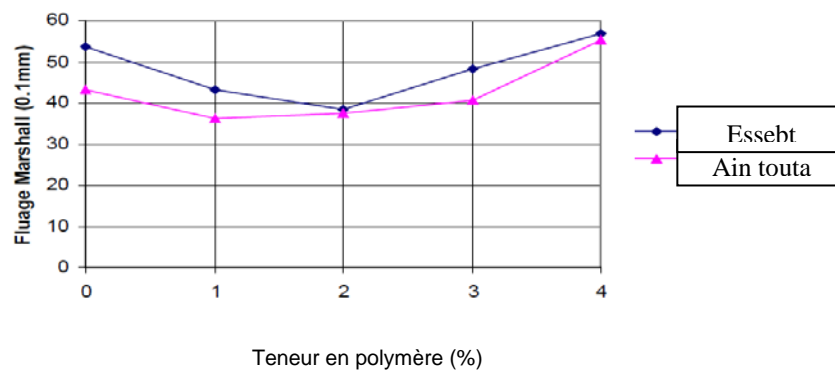
#### 3.1 Résultats de l'essai Marshall [NFE 12]

L'étude MARSHALL nous donne l'évolution de la stabilité, du Fluage et de la Compacité en fonction de la teneur en polymère. Voir courbes 9, 10, 11.



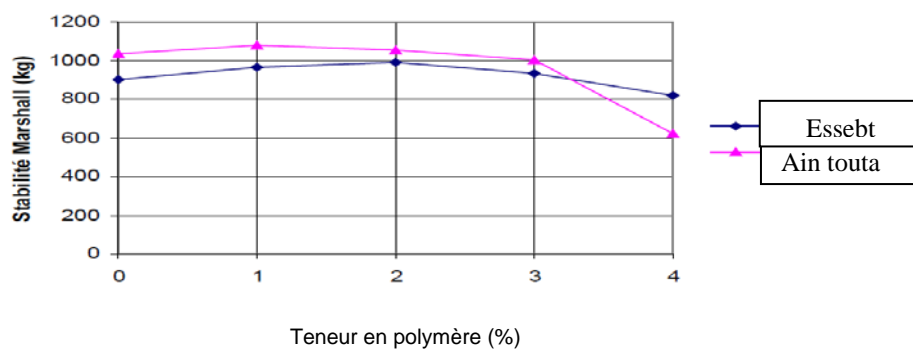
**Figure 9.** Influence du polymère sur la Compacité.

La compacité des enrobés bitumineux confectionnés avec des granulats basaltiques et calcaires à base du bitume 35/50 atteint un optimum pour une teneur entre 1 % et 2 % en polymère, et puis commence à chuter rapidement dès qu'on dépasse cette teneur.



**Figure 10.** Influence du polymère sur le fluage Marshall.

Le Fluage MARSHALL présente un minimum à une teneur en polymère de 2 %, mais pour les grandes teneurs en polymère, le fluage augmente et dépasse même celui du béton bitumineux de référence.



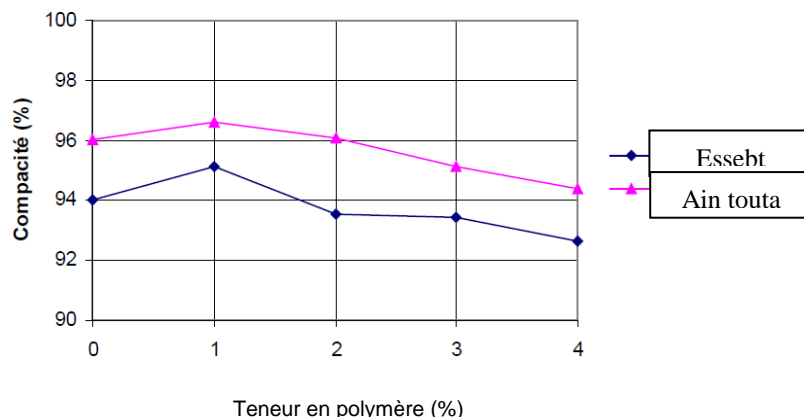
**Figure 11.** Influence du polymère sur la stabilité Marshall.

La stabilité MARSHALL présente aussi un optimum à 2% de teneur en polymère pour les enrobés bitumineux avec des agrégats d'Essebt, et 1% de teneur en polymère pour les bétons bitumineux avec des agrégats de la carrière Ain touta.

Les figures (9, 10 et 11) nous montrent que L'ajout du polymère dans la formulation du mélange bitumineux donne des résultats intéressants dans l'évolution des performances mécaniques testées à l'aide de l'essai MARSHALL à savoir la compacité, le fluage et la stabilité.

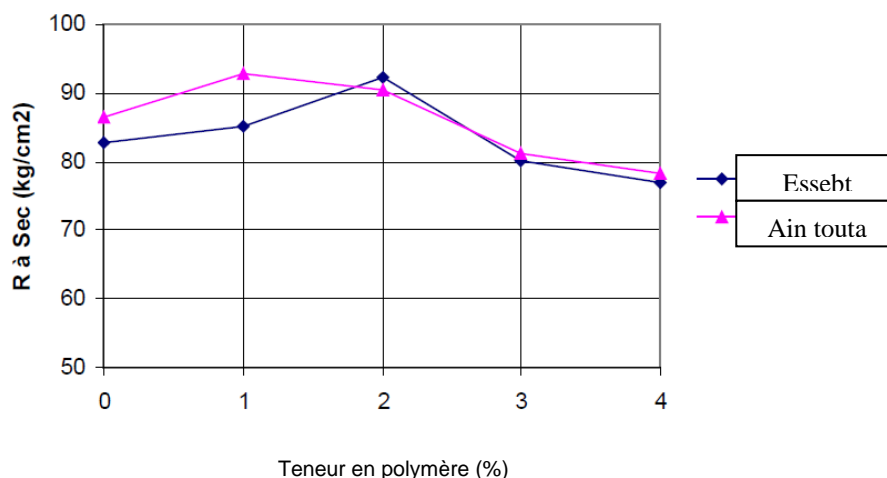
### 3.2 Résultats de l'essai Duriez[NFJ 02]

L'étude DURIEZ nous donne l'évolution de la résistance à la compression simple avec et sans immersion, ainsi que la compacité en fonction de la teneur en polymère. Les résultats sont représentés dans les figures 12, 13, et 14.



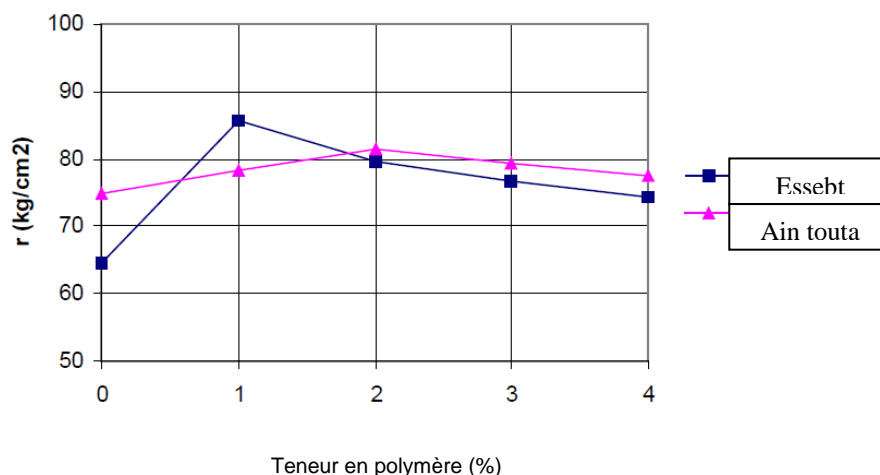
**Figure 12.** Influence du polymère sur la Compacité.

La figure 12 montre que la compacité des différents bétons bitumineux testés avec l'essai Duriez (qui a un mode de compactage différent de celui de l'essai Marshall) est améliorée pour une teneur en polymère de 1%, mais les compacités enregistrées chutent pour les autres teneurs (2, 3 et 4 %).



**Figure 13.** Influence du polymère sur la résistance à sec

La résistance à la compression simple à sec R croît avec l'augmentation de la teneur en polymère jusqu'à une teneur de 2 % en polymère pour les agrégats d'Essebte et 1% pour les agrégats de la carrière d'Ain touta; après cette teneur, la résistance décroît et les résistances mécaniques à 3 et 4 % sont inférieures à celles avec 0 % de polymère, ce qui traduit le rôle inverse qu'a joué le polymère lorsqu'il est incorporé avec excès.



**Figure 14.** *Influence du polymère résistance après immersion.*

La résistance à la compression simple après 7 jours d'immersion dans l'eau à 18°C présente une meilleure performance à 1 % de teneur en polymère pour les agrégats d'Esseb et 2% pour les agrégats d'Ain touta,

Pour les teneurs supérieures, la résistance commence à décroître tout en restant supérieure à celle du béton bitumineux de référence.

Cette amélioration peut être expliquée par le rôle du polymère limitant l'effet de l'eau dans le désenrobage entre les grains et le liant.

#### 4. Conclusion

L'amélioration d'un enrobé bitumineux par rapport aux caractéristiques offertes par un enrobé ordinaire permet d'accroître à la fois le niveau et la durabilité des performances du mélange. Le jugement sur l'intérêt de l'amélioration apportée devrait être formulé sur la base d'une analyse technico-économique. Cette analyse suppose elle même que l'on dispose de données suffisantes sur le comportement dans le temps des matériaux de chaussées.

Si, la modification du béton bitumineux par l'ajout d'additifs bien choisis permet le plus souvent d'améliorer les caractéristiques et les propriétés des mélanges, et si l'amélioration croit en général avec le degré de modification, l'excès peut parfois ou souvent conduire à l'inverse c'est à dire en donnant un béton bitumineux de mauvais comportements.

Les résultats affirment que le polymère joue un rôle de fillers dans le squelette granulaire en s'infiltrant dans les vides entre les granulats ; elle contribue donc à une amélioration de la compacité.

#### 5. Bibliographie

- [ASS 99] ASSOCIATION MONDIALE DE LA ROUTE (AIPCR) & COMITE TECHNIQUE DES ROUTES(C8) , Emploi des liants modifiés, des bitumes spéciaux et des bitumes avec additifs en techniques routières ,Guide technique, Septembre 1999.
- [NFT 12] NF EN 933-1., Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats, Partie 1, détermination de la granularité, Analyse granulométrique par tamisage, Mai 2012.
- [NFE 10] NF EN1097-2 §5., Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats, Partie 2, Méthodes pour la détermination de la résistance à la fragmentation ,Los Angeles, 2010.
- [NFE 11] 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.
- [NFF 14] NF EN 1744-1+A1., Essais visant à déterminer les propriétés chimiques des granulats, Partie 1, analyse chimique, Essais visant à déterminer les propriétés chimiques des granulats, Partie 1, analyse chimique, Février 2014.
- [NFJ 14] NF EN 1097-6., Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats, Partie 6, détermination de la masse volumique réelle et du coefficient d'absorption d'eau, Janvier 2014.
- [LES] LESSAGE J., « Recherche par ordinateur de formules granulométriques d'enrobés bitumineux», Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées, n°87, Janvier- Février 1977.
- [NFE 12] NF EN 12697-34 Mélanges bitumineux - Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud - Partie 34 : essai Marshall ,Août 2012.
- [NFJ 02] NF P98-251-1, Essais relatifs aux chaussées, Essais statiques sur mélanges hydrocarbonés, Partie 1, essai DURIEZ sur mélanges hydrocarbonés à chaud, Septembre 2002.
- [FDC 06] FD CEN/TR 15138 Produits pétroliers et autres liquides, Guide pour la détermination du point d'éclair, Février 2006.
- [NFE 11] NF EN 1238, Adhésifs , Détermination du point de ramollissement des adhésifs thermoplastiques (méthode bille et anneau) ,Juin 2011.