

---

# Influence du Climat Sur La Résistance des Enrobés Recyclés

**Bordjiba Abdelhak<sup>1</sup>, Guenfoud Hamza<sup>2</sup>, Guenfoud Mohamed<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>A. Bordjiba. Département d'architecture, Badji Mokhtar Université, Annaba, Algérie  
(E.mail : [bordjibaabdelhak@gmail.com](mailto:bordjibaabdelhak@gmail.com))

<sup>2</sup>H. Guenfoud. M<sup>d</sup>. Guenfoud, Département de Génie Civil, 8 mai 1945 Université, Guelma, Algérie

---

**RÉSUMÉ.** Cette étude cherche à formuler un enrobé recyclé, à base d'agrégat d'enrobé et poudrette des caoutchoucs, résiste au changement climatique dans la région nord algérienne. Une campagne des essais a été effectuée sur des mélanges conservés dans des températures reflétant le maximal et le minimal enregistré par les services météo, ils ont été conservés pour une durée de vingt jours. Le contrôle de l'orniérage a été effectué afin de limiter le dosage en agrégat d'enrobé ainsi que la poudrette des caoutchoucs. Aussi le contrôle de la pénétrabilité du liant modifié (liant neuf + liant vieil d'agrégat d'enrobé + liant de la poudrette des caoutchoucs transformé avec chaleur) peut nous donner une information sur l'adhérence dans une température + 50° et -2.5°.

**ABSTRACT.** This study seeks to formulate a recycled asphalt mix based on aggregate of asphalt and rubber crumbs, resists climate change in the northern Algerian region. A companion of the tests was carried out on mixtures conserved in temperatures reflecting the maximum and the minimum recorded by the weather services; they were conserved for duration of twenty days. The control of the rutting was carried out in order to limit the dosage in aggregate of asphalt as well as the rubber crumb. Also the control of the penetrability of the modified binder (new binder + old binder of aggregate of asphalt + binder of the crumb of the rubbers transformed with heat) can give us information on the adhesion in a temperature + 50 ° and -2.5.

**MOTS-CLÉS:** climat, orniérage, résistance, pénétrabilité, liant.

**KEY WORDS:** Climate, rutting, resistance, penetrability, binder.

---

## 1. Introduction

Les structures de chaussées routières sont soumises, en service, à des sollicitations très complexes. La circulation automobile et le climat ont une influence importante sur le comportement des matériaux de chaussées [ANO 2008]. Dans les pays méditerranéens, les chaussées subissent de grandes amplitudes thermiques et sont donc soumises au phénomène de dégradation, ce phénomène s'aggrave par l'intensification des charges supportées par les structures de chaussées [SEB 2007]. Le phénomène de dégradation causé par le changement climatique n'est pour l'instant pas pris en compte. Ce fait pourra dans un futur proche, impliquer des conséquences marquées sur la durée de vie des Chaussées [AIT 94]. Depuis sa construction, les couches de roulement ont été renouvelées plusieurs fois, par remplacement ou par recouvrement. Des désordres apparaissent à la sortie des hivers sur les couches de roulement de certaines voies à fort trafic. Ces dégradations prennent la forme de nids de poule ou faïençage de la couche de roulement ou elles prennent la forme d'orniérage dans la période estivale (Mauduit et al. 2007). Leurs conséquences sont désastreuses pour l'utilisateur, lorsque l'importance des dégradations conduit les gestionnaires à fermer les voies de circulation affectées [BAA 2005]. Dans le but de préserver les réserves naturelles et protéger l'environnement l'utilisation des agrégats d'enrobés ainsi que la poudrette des caoutchoucs dans la fabrication des enrobés a connu une évolution très importante dans ces dernières années. Cette étude cherche à vérifier le comportement des enrobés recyclés vis-à-vis l'environnement. On se base sur l'hypothèse qui dit si la température est basse le mélange bitumineux est rigide et fragile tandis qu'à haute température la rigidité du mélange chute et sa ductilité augmente. Pour cette raison que nous avons programmé cette campagne

d'essais d'orniérage. Pour valoriser la fabrication des enrobés recyclés nous avons contrôlé l'orniérage pour des échantillons conservés dans des températures reflétant le climat de la région de l'étude, une température qui dépasse les 50° dans la période estivale et -2,5° dans l'hiver car le découpage géographique de l'Algérie donne trois zones climatiques I, II et III, leurs caractéristiques sont illustrées dans le tableau (1) [BOR 17].

**Tableau 1.** Les zones climatiques dans l'Algérie [BOR 17]

caractéristiques Zones	Température maximale	Température minimale	Hauteur de précipitation annuelle
<b>I</b>	$\leq 45^{\circ}\text{C}$	$-2,5^{\circ}\text{C}$	$H < 500\text{mm}$
<b>II</b>	$45^{\circ}\text{C} < T_{\text{max}} \leq 50^{\circ}\text{C}$	$< -2,5^{\circ}\text{C}$	$H < 600\text{mm}$
<b>III</b>	$> 50^{\circ}\text{C}$	$\geq -5^{\circ}\text{C}$	$H < 100\text{mm}$

## 2. Compagnement des essais

Tous les mélanges ont été l'objet des essais d'orniérage. La température de fabrication a été fixée à 140° pour tous les mélanges (avec agrégats d'enrobé ou poudrette des caoutchoucs) afin d'assurer une bonne remobilisation des liants vieilles ainsi que la transformation de la poudrette des caoutchoucs en un liant. Le temps du malaxage aussi a été fixé à 5 min, le temps nécessaire pour que le mélange prend la forme d'homogénéité et le liant modifié prend les caractéristiques d'un liant neuf [6].

### a. Le béton bitumineux semi grenus (BBSG)

L'enrobé le plus rencontré dans la chaussée algérienne est de type béton bitumineux semi grenus (BBSG), il est de granulométrie 0/14, il est utilisé comme couches de roulement et de liaisons de Chaussées, cet enrobé devra être conforme à la norme NF P 98-130. L'épaisseur moyenne d'application du BBSG 0/14 est de 6 à 8 cm. La classe de bitume pur conseillée pour le BBSG utilisé est 35/50 pour un niveau de sollicitation fort et une altitude inférieure à 500 m. la zone relative par cette étude est la région Est de l'Algérie donc la classe 35/50 est la plus accordée.

### b. La Poudrette des Caoutchouc

La poudrette des caoutchoucs utilisée est celle en provenance de la société SAEL d'Oued Smar à Alger, qui est spécialisée dans la transformation du caoutchouc par la dévulcanisation de cette dernière. La granularité de la poudrette des caoutchoucs est assez fine car elle a un diamètre compris entre 0.1 à 1 mm, sa température de fusion est de 120 à 200°C et sa densité de 0.8. Les résultats d'essai granulométrique et d'identification physique de la poudrette des caoutchoucs sont présentés dans le tableau. (2) et la figure (1).

**Tableau 2.** Caractéristiques réglementaires de la Poudrette des Caoutchoucs

Densité (g/cm <sup>3</sup> )	Température de fusion	Diamètre max
0.91 – 0.96	120-150	1 mm

### c. Agrégat d'enrobé (fraisât)

Les agrégats d'enrobés ont été sélectionnés par l'élimination des éléments supérieurs à 14 mm.

### d. formulation d'un enrobé sein

L'enrobé à formuler est un BBSG, sa composition granulométrique est des fractions 0/3, 3/8 et 8/15. Le choix de la formule passe par la détermination du mélange qui a la meilleure aptitude

au compactage et qui pourrait donner une meilleure stabilité au mélange hydrocarboné. Les résultats ont donné les pourcentages enregistrés dans le tableau (3).

**Tableau 3.** Dosage de la formulation de référence d'enrobé sein

Fraction 8/14	Fraction 3/8	Fraction 0/3	% liant neuf
25	30	45	5

### 2.1. Protocol d'essais

Les échantillons ont été conservés dans des températures extrêmes (-2.5 ° et 50 °) pendant 20 jours, la période la plus longue enregistrée par les services météo de la région II. Les échantillons des essais ont été l'objet de trois procédés, dans le premier procédé le mélange contient que les agrégats d'enrobé avec les pourcentages (0%, 15%, 45% et 75%), dans le deuxième procédé la poudre de caoutchouc a été ajoutée au mélange avec un pourcentage de 3% et dans le dernier procédé la poudre prend le pourcentage de 6%.

### 3. Résultats des essais et discussions

Dans l'analyse des résultats on considère l'orniérage maximal accepté égale 7.5% suivant la norme EN 126976-22. D'après les résultats de la figure (2) on remarque que dans une température atteinte les 50° jusqu'à 20 jours, les caractéristiques mécaniques des enrobés recyclés ont connu des changements vis-à-vis la résistance à l'orniérage. Pour l'enrobé sein le développement de l'orniérage est très faible et acceptable pour les quatre formulations (0%, 15%, 45% et 75%) d'agrégat d'enrobé, un ajout de 3% de la poudre l'orniérage commence à se développer et passe de la valeur de 5.4 à 5.6 pour le mélange avec 0% d'agrégat d'enrobé, ce qui traduit que le liant modifié dans le corps d'enrobé a commencé de changer ses caractéristiques malgré que la pénétrabilité a gardé cette valeur dans les conditions normales égale 42. Pour le mélange qui contient 15% d'agrégat d'enrobé a donné une résistance satisfaisante à l'orniérage ( $Orn \leq 7.5$ ) malgré l'évolution de ce dernier à la présence de 3% de la poudre de caoutchouc et cela explique l'excès du pourcentage du liant modifié dans le corps d'enrobé recyclé qui provoque le changement rhéologique du mélange et l'orniérage commence à prendre des valeurs élevées qui dépassent 7.5 pour un pourcentage supérieur à 70% d'agrégat d'enrobé. Pour les mélanges qui contiennent 6% de la poudre de caoutchouc, l'orniérage a enregistré une augmentation importante car au-delà de 20% d'agrégats d'enrobé les résultats ont enregistré un orniérage non acceptable et cela traduit l'importance du liant modifié dans le corps d'enrobé et à la présence de la température élevée la ductilité d'enrobé recyclé commence à s'élever, ou les valeurs inscrites ont dépassé la norme et la pénétrabilité atteinte des valeurs très élevées comme montré dans le tableau (3). Et à partir de la figure (2), on peut limiter les pourcentages des agrégats d'enrobé donnant un enrobé recyclé de qualité acceptable par la norme, pour un mélange qui contient 3% de la poudre de caoutchouc on peut ajouter jusqu'à 65% d'agrégat d'enrobé par contre pour un mélange où la poudre de caoutchouc prend le pourcentage de 6%, les agrégats d'enrobé ajoutés doivent être inférieurs à 20% pour avoir un enrobé recyclé résistant à l'orniérage. Pour le mélange sans poudre de caoutchouc la résistance à l'orniérage est très satisfaisante pour tous les ajouts en agrégats d'enrobé égale à (0%, 15%, 45% et 75%). Pour une température très basse  $\leq 2.5^\circ$  les résultats sont présentés sur la figure (3). L'enrobé recyclé à 6% de la poudre de caoutchouc n'a pas résisté et se casse à la rotation 7500 aussi pour la formule avec 3% de la poudre de caoutchouc résiste jusqu'à 15% d'agrégat d'enrobé ou au-delà de ce pourcentage l'enrobé recyclé ne résiste pas et l'échantillon se casse lors de l'essai. Par contre les formulations sans poudre de caoutchouc ont résisté jusqu'à une valeur de 45% d'agrégats d'enrobé, et tout cela illustre la rigidification du liant modifié

qui devient non compatible avec ce climat pour des dose élevé en poudrette des caoutchoucs ou agrégats d'enrobé. Et à partir de ces résultats, on peut conclure que la poudrette des caoutchoucs est un ajout qui peut diminuer la résistance d'enrobé recyclé et limite le taux des agrégats d'enrobés dans le mélange à la présence du climat extrême comme mentionné dans les essais précédents et on peut se limité à un pourcentage 15% d'agrégat d'enrobé à la présence de 3% de poudrette des caoutchoucs par contre on peut atteindre le pourcentage de 45 % d'agrégat d'enrobé sans l'ajout de la poudrette des caoutchoucs.

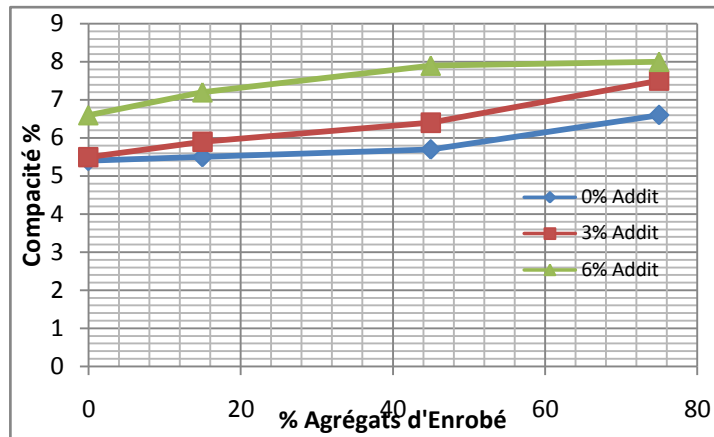


Fig 2. Comportement des enrobés recyclé à l'orniérage dans un climat chaud (+50°).

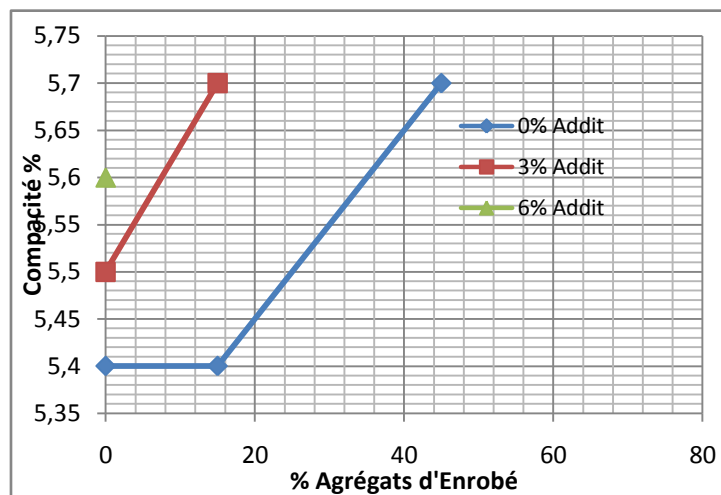


Fig.3 : Comportement des enrobés recyclé à l'orniérage dans un climat froid (-2.5°).

#### 4. Conclusion

- 1- À basse température le bitume possède un comportement fragile.
- 2- On peut éviter la fissuration à basse température si l'on utilise un bitume de grade élevé, c'est-à-dire un bitume moins "dur", et donc moins "cassant" à basse température.
- 3- À température élevée le bitume ne résiste pas bien à l'orniérage (déformations permanentes de la chaussée).
- 4- Le bitume idéal doit donc être à la fois le moins susceptible possible aux phénomènes de fissuration thermique (à basse température) et d'orniérage (à température élevée).

## 5. Bibliographie

---

[AIT 94] AIT-KADIA, BRAHIMIB, ET KAUB S«Rheological Properties of Polymer Modified Asphalt» Proceedings ANTEC 94, San Francisco, (1994).

[ANO 2008] Anouar Abdelaziz ZEMMIRI «Comparaison des formulations d'enrobés à chaud pour couches de roulement des chaussées très circulées utilisées en France et en Algérie du point de vue sécurité (glissance) et orniérage» Certificat d'études supérieures - ENTPE de Lyon 2008, 112 p.

[BAA 2005] BAAJ H., Di BENEDETTO H. et CHAVEROT P..– Effect of binder characteristics on fatigue of asphalt pavement using an intrinsic damage approach, Journal, Road Materials and Pavement, 28, 147-174 (2005).

[BOR 17] BORDJIBA A., Valorisation des enrobés recyclés en Algérie, Thèse de doctorat, Université d'ANNABA.

[SEB 2007] Régis SEBBEN PARANHOS « Approche Multi-Echelles Des Emission D'un Procédé D'élaboration Des Enrobés A Chaud» thèse du doctorat de l'université de ROUEN, février 2007.