



HAL
open science

Contrôle des travaux de revêtement en béton bitumineux à module élevé : cas de l'Ouest Algérien

Karam Feth Allah Bendimerad, Abdeldjalil Zadjoui

► To cite this version:

Karam Feth Allah Bendimerad, Abdeldjalil Zadjoui. Contrôle des travaux de revêtement en béton bitumineux à module élevé : cas de l'Ouest Algérien. Rencontres Universitaires de Génie Civil, May 2015, Bayonne, France. hal-01167622

HAL Id: hal-01167622

<https://hal.science/hal-01167622>

Submitted on 24 Jun 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Contrôle des travaux de revêtement en béton bitumineux à module élevé: Cas de l'Ouest Algérien

BENDIMERAD Karam Feth Allah¹ et ZADJAOUI Abdeldjalil¹.

¹ Université de Tlemcen, Faculté de Technologie. Laboratoire RisAM. a.zadjaoui@gmail.com

RESUME: L'accroissement constant du trafic lourd est l'une des causes majeures de l'orniérage en Algérie. Les travaux antérieurs à l'échelle internationale ont montré sans doute que les enrobés à module élevé pouvaient constituer une solution au problème de l'orniérage des routes fortement chargées. Quoique cette technologie à connue une utilisation et des applications nombreuses à l'étranger, notamment en France, son utilisation en Algérie reste très timide dans le domaine de la géotechnique routière. Un projet pilote a donc vu le jour dont les objectifs étaient d'une part d'acquiescer le «know how» nécessaire à la formulation, la fabrication et la mise en œuvre de ces nouveaux mélanges, et d'autre part la recherche d'une solution au problème de l'orniérage de routes fortement chargées. Une importante étude de niveau 3 expérimentale au laboratoire a permis de mettre en place une formulation d'un béton bitumineux à module élevé défini comme un mélange de liant bitumineux, des agrégats et des additifs. L'additif utilisé est un Produit Routier (PR) industrie. Ce polymère plastomère à 95% (PLAST) est d'une granulométrie de 3 mm. Il est dénommé PRPLAST et offre au niveau de l'enrobé, un triple effet de renforcement. L'ensemble de ces trois effets permet à l'enrobé une amélioration importante des performances des chaussées (l'orniérage et le module d'élasticité) et de leur durée de service. Les caractéristiques principales du PRPLAST sont : la densité variant de 0,910 à 0,965 et le point de fusion de 110 à 130 °C. Les auteurs ont déduit aussi de cette étude que l'emploi de ces enrobés spéciaux dans la construction de structures neuves ou de renforcement de chaussées permet ainsi une économie liée aux réductions considérables des épaisseurs (de 8,0 cm à 6,0 cm après compactage), de la teneur en liant moyenne (de 6,5 % à 5,5%) et des performances mécaniques élevées, conformes aux spécifications normatives (NF P 98 141): couches de roulement et couches de liaison: Bétons Bitumineux à Module Elevé (BBME), ainsi de remédier aux problèmes de la durée de vie des revêtements sous fortes trafics. Pour atteindre cet objectif, les modifications se sont portées sur les squelettes granulaires (plus stables via l'utilisation de granulats et de sables concassés proviennent de la carrière d'El Mellah de l'Entreprise Nationales des Granulat (ENG), l'emploi de bitume 35/50 provient de la société nationale Naftal et qui répond bien aux caractéristiques de cette classe selon la norme T 65 001. Cette démarche vise essentiellement à préserver les ressources naturelles et diminuer les dépenses de construction et les travaux de maintenance des réseaux.

ABSTRACT: The constant increase of the heavy traffic is one of the major causes of the rutting in Algeria. The previous to the scale international doubtless showed that the coated to high module could establish a solution to the problem of the rutting of the strongly loaded roads. Although this technology in known a use and numerous applications abroad, in particular in France, its use in Algeria remains very shy in the field of the road geotechnics. A pilot project was thus born the objectives of which were on one hand to acquire " know how " necessary for the formulation, the manufacturing and the implementation of these new mixtures, and on the other hand the search(research) for a solution to the problem of the rutting of strongly loaded(charged) roads. An important experimental level study 3 in the laboratory allowed to set up a formulation of a bituminous concrete to high module defined as a mixture of bituminous sociable disposition (binder), aggregates and additives. The used additive is a Road Product (PR) industry. This polymer plastomère in 95 % (PLAST) is of a 3 mm size grading. He is called (mentioned) PRPLAST and offers at the level of the coated, a triple effect of strengthening. All these three effects allows the coated an important improvement of the performances of roads (the rutting and the module of elasticity) and of their service life. The main characteristics of the PRPLAST are : the density varying from 0,910 to 0,965 and the melting point of 110 à 130 °C. The authors also deduced from this study that the employment of these special coated in the construction of new structures or strengthening of roads so allows an economy bound to the considerable reductions of the thicknesses (from 8,0 cms to 6,0 cms after compaction), of the content by linking average (from 6,5 % to 5,5 %) and high mechanical performances, corresponding to the specifications normative (NF P 98 141): layers of rotation and link layers: bituminous Concretes to Module Elevé (BBME), so to remedy the problems of the life expectancy of covers under strong traffics. To reach this goal, the modifications concerned to the granular skeletons (more stable via the use of aggregates and crushed sands result (come) from the career (quarry) of El Mellah of State-owned companies of the Aggregate (ENG), the employment (use) of asphalt 35/50 results (comes) from the national company Naftal and which answers well the characteristics of this class according to the NF standard T 65 001. This approach (initiative) aims essentially at protecting natural resources and at decreasing the spending (expenses) of construction and the maintenance works of networks.

MOTS CLES: Chaussée, Béton, Bitumineux, Module élève, Granulats, Aditifs.

KEY WORDS: Pavement, Concrete, Asphalt, High modulus, Aggregates, Additives.

1. Introduction

La décision de construire ou de rénover une route et/ou une autoroute est liée bien souvent à un ensemble de facteurs technico-économiques qui porteront, d'une part sur le coût de l'investissement, d'autre part sur son coût d'usage et d'entretien dans le temps. Aussi, le choix des matériaux de structure revêt une grande importance.

En Algérie et en faveur du développement durable, le choix à passer à l'utilisation des enrobés à hautes performances à savoir le Béton Bitumineux à Module Elevé (BBME).

L'adoption de ces enrobés au niveau des axes routiers les plus sollicités à montrer beaucoup d'avantage en surface (Une bonne résistance à l'orniérage) et en structure (De bonnes performances mécaniques en terme de rigidité (Module élevé) permettent de réduire sensiblement les épaisseurs, de l'ordre de 20 à 25 %, d'où un intérêt économique non négligeable, une augmentation de la durée de vie de la chaussée et un apport structurel important avec un changement des habitudes en matière de teneur en liant des couches).

Dans ce cadre, un contrôle des travaux de revêtement en béton bitumineux à module élevé a été effectué d'où une importante étude expérimentale de niveau 3 au laboratoire a permis de mettre en place une formulation d'un béton bitumineux à module élevé pour la couche de roulement considérée longtemps comme la couche « noble », défini comme un mélange de liant bitumineux, des agrégats et des additifs.

L'autorisation de mise en œuvre de ce genre de matériaux est la plupart du temps conditionnée par la réalisation d'essais au laboratoire et en place (en centrale), à chaud ou à froid et par le respect des seuils de performance conformément aux normes en vigueur.

Cette communication représente une synthèse dans ce sens pour un cas de d'une route nationale à l'ouest d'Algérie. Il s'agit donc d'une analyse de cette expérimentation.

2. Chronologie des bétons bitumineux a module élevé

Pour mieux comprendre la raison pour laquelle les bétons bitumineux à module élevé sont apparus sur le territoire national, il convient de s'intéresser tout d'abord à la problématique des Graves Bitumes (GB). Les premiers graves bitumes sont apparus au milieu des années 1960 pour répondre à un accroissement du trafic poids lourd. Elles étaient fabriquées par mélange à chaud à faible teneur en bitume (de 3 à 3,5% pour les couches de base et seulement de 1,5 à 2,2% en couche de fondation). Les bitumes étaient assez durs pour l'époque avec des grades 40/50 ou 60/70 et les compositions granulométriques faisaient appel à 2 ou 3 coupures (0/4, 4/10 et 10/20). Concernant les teneurs en fines, celles-ci étaient faibles et généralement comprises entre 3 et 7%.

A partir de la fin des années 1970, pour limiter le phénomène de désenrobage des GB, les teneurs en bitume ont été augmentées pour atteindre des valeurs de 4,5 à 5% pour les GB les plus performantes. Malgré ces modifications, le problème des graves bitumes réside dans l'importance des épaisseurs à mettre en œuvre pour obtenir des performances mécaniques de plus en plus grandissantes. Ainsi, ces considérations économiques mêlées à un souci de préservation des ressources naturelles ont conduit à la mise au point d'une nouvelle technique pour l'assise des chaussées, les BBME ceux-ci permettent de réduire les épaisseurs de matériaux avec des performances mécaniques élevées, s'inscrivant dans une politique de développement durable bien avant le grenelle de l'environnement.

Pour atteindre cet objectif, les modifications se sont portées sur les squelettes granulaires (plus stables via l'utilisation de granulats et de sables concassés), l'emploi de bitume plus dur et sur les teneurs en liant plus élevées que pour les GB.

L'enchaînement des dates suivantes donne une idée sur l'évolution des techniques d'enrobés et l'apparition des bétons bitumineux a module élevé [YOU 10]:

-1912 : Première application significative des enrobés.

-1924 : Utilisation des bitumes de raffinage.

-A partir de 1945 : l'utilisation des enrobés a connu un essor considérable avec la mécanisation de la mise en œuvre et l'évolution de l'agressivité du trafic.

-Années 1960 : Les techniques d'enrobés ont commencé à être codifiées (Directives).

-1968 : Apparition du grave bitume.

-1975 : Les bitumes modifiés feront leur entrée, ces bitumes seront normalisés en 2003.

-1982 : Utilisation du bitume dur 10/20 en Europe pour enrober en couche de base qui sera généralisé en 1988, les bitumes durs seront normalisés en 2003.

-1990 : Les enrobés feront l'objet de normalisation en France.

-1991 : Edition de la norme française sur l'Enrobé a Module Elevé (EME).

-1993 : Edition de la norme française sur le BBME.

-2007 : Apparition des normes européennes pour les enrobés.

3. Aperçu sur les bétons bitumineux

Un enrobé bitumineux est défini comme un mélange de liant bitumineux (5 à 7 % en masse), d'agrégats et de fines (passant à 80 µm). Ces enrobés font appel à des propriétés bien spécifiques en particulier, un pouvoir d'adhésion aux granulats et une consistance variable avec la température. On distingue trois types d'enrobés: béton bitumineux très mince, béton bitumineux mince et l'enrobé à module élevé.

L'enrobé bitumineux choisi doit être assez souple à faible température de service pour empêcher la fissuration et être suffisamment rigide à haute température de service pour prévenir l'orniérage [MOU 08]. Les problèmes d'orniérage des couches de surface sont le résultat de l'accumulation de déformations permanentes sous l'effet des températures élevées [LOI 00].

Plusieurs études ont montrées que la cause principale de ces dégradations était la faible stabilité de la couche de roulement [HAD 07]. Pendant les périodes chaudes, l'orniérage est d'autant plus important que la circulation est canalisée à faible vitesse dans les zones d'accélération ou de décélération. Le type d'orniérage le plus rencontré sur les chaussées souples est issu du fluage de l'enrobé bitumineux [POR & PAQ 01] et [SAO 10].

Le choix de la classe de bitume tient compte des paramètres suivants: les sollicitations appliquées à la chaussée (trafic et climat), la susceptibilité du bitume à la température qui est fonction de son mode de fabrication et de l'augmentation de la température de ramollissement du bitume bille et anneau (ΔT_{BA}) due au vieillissement lors de la fabrication de l'enrobé en centrale [SAO 10].

4. Etude de formulation

L'étude de la formulation des enrobés bitumineux consiste à chercher la teneur optimale en liant pour assurer un certain seuil de stabilité, de compacité, de résistance à l'eau (dés enrobage) et au fluage. Le taux d'aditif est déterminé de manière à obtenir un enrobé ayant des caractéristiques comparables à celles exigées pour un enrobé neuf.

4.1. Provenance des matériaux

4.1.1. Les Granulats

Les granulats utilisés dans le cadre de la présente étude sont les fractions couramment utilisées en Algérie pour la fabrication des bétons bitumineux destinés aux couches de roulement. Les trois fractions utilisées sont 0/4, 4/8 et 8/16 extraites de la carrière d'El Malah de l'Entreprise Nationale des Granulats (ENG) wilaya d'Ain Témouchent. Leurs caractéristiques (masse volumique réelle qui est le rapport entre la masse de l'échantillon séché en étuve et le volume qu'il occupe dans l'eau, résistance a la fragmentation (essai Los Angeles (LA)) et résistance a l'usure (essai Micro Deval (MDE)) sont regroupées dans le tableau 1.

Tableau 1. Caractéristiques intrinsèques des granulats.

Essais	Référence		0/4	4/8	8/16
La masse volumique réelle [t/m ³]	NF EN 1097-6	NA 255	2,81	2,84	2,83
LA [%]	NF EN 1097-2	NA 458	-	22,52	20,20
MDE [%]	NF EN 1097-1	NA 457	-	9,60	11,14
NF EN : Norme européenne norme française. NA : Norme Algérienne.					

4.1.2. Le bitume

Le bitume utilisé est de type 35/50 provenant de la société nationale Naftal, Les caractéristiques du bitume tel que la pénétrabilité à 25°C, température bille et anneau ainsi la masse volumique déterminent selon la méthode du pycnomètre à bouchon capillaire, sont résumées dans le tableau 2.

Le bitume analysé répond bien aux caractéristiques de la classe 35/50 selon la NF EN 12591 d'indice T 65-001.

Tableau 2. Caractéristiques du bitume.

Type d'essais	Résultats	Moyenne	Spécifications
Pénétrabilité à 25 °C (1/10 mm)	38-42	40	35-50
Température bille et anneau « ΔT_{BA} » (°C)	51-53	52	50-58
La masse volumique (g/cm ³)	1,01	1,01	1,0-1,05

4.1.3. Identification de l'additif

L'additif utilisé est un produit de PR industrie, qui recycle des produits plastiques (films plastiques, profilés de fenêtre, polyéthylène haute densité (emballages de produits ménagers), matériaux chimiques contenant du carbone et de l'hydrogène, etc, ce polymère (plastomère à 95%) est d'une granulométrie de 4 mm, il est dénommé PRPLAST et offre, au niveau de l'enrobé, un triple effet de renforcement, un effet de liant offrant notamment un abaissement de la pénétrabilité, une augmentation de la température bille et anneau, un abaissement de la susceptibilité thermique, un effet d'armature initié par des fibres plastiques présentes en créant des ponts à l'intérieur du squelette granulométrique, un effet bloquant dû aux particules ramollies lors de la mise en œuvre et qui seront ainsi thermoformées lors du compactage en remplissant les vides du squelette granulométrique, l'ensemble de ces trois effets permet à l'enrobé ainsi amélioré d'obtenir une amélioration importante des performances des chaussées et de leur durée de service.

Les caractéristiques principales du PRPLAST sont : la densité variant de 0,910 à 0,965 et le point de fusion allant de 110 à 130 °C selon le fournisseur PR industrie.

5. Formulation des mélanges bitumineux

L'étude de formulation a été menée selon la démarche suivante : choix de la formule granulaire, détermination des teneurs en bitume et composition des mélanges.

5.1. Choix de la formulation granulaire et teneur en bitume

La courbe granulométrique du mélange est donnée dans la figure 1, elle s'inscrit parfaitement dans le fuseau spécifique au béton bitumineux semi grenu 0/14 selon les recommandations algériennes de février 2004.

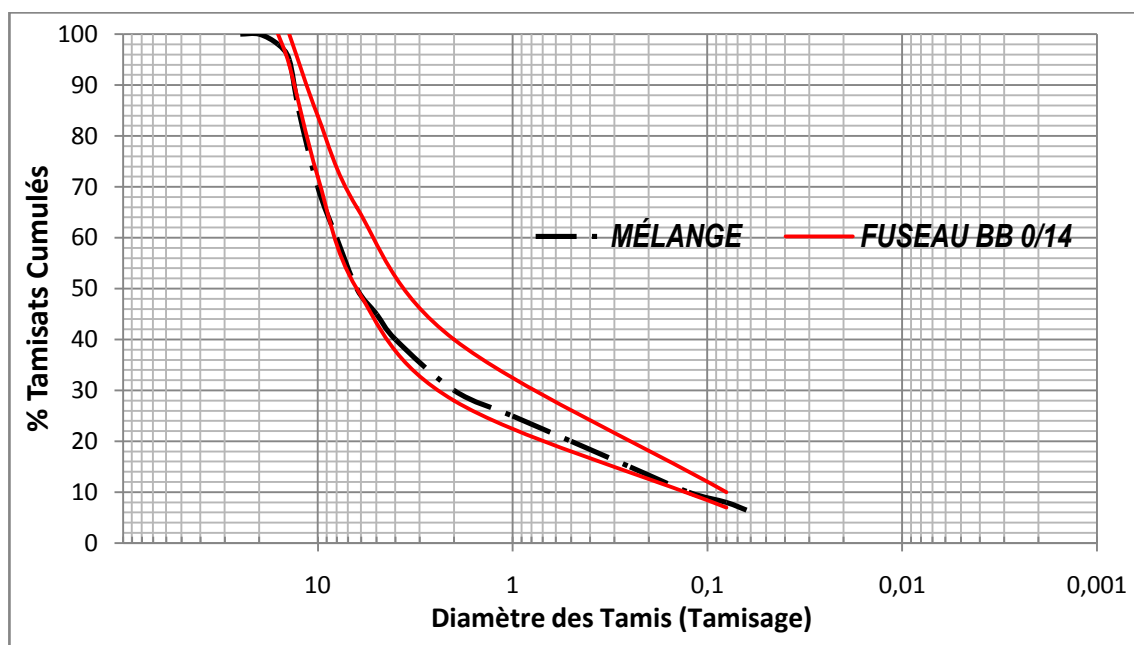


Figure 1. Courbe granulométrique du mélange granulaire.

Trois formulations ont été retenues dans cette étude ; 1) formulation A avec 6,5 % de bitume ; 2) formulation B avec 5,7 % de bitume et 0,25 % d'additif et 3) formulation C avec 5,5 % de bitume et 0,5 % d'additif).

La fabrication de l'enrobé bitumineux au niveau du laboratoire a été réalisée conformément à la norme française NF P 98-250-1.

Tableau 3. Teneurs en bitume et d'additif retenues.

Formule	A	B	C
Teneur en additif	-	0,25 %	0,5 %
Teneur en liant	6,50 %	5,70 %	5,50 %

6. Essais de performance mécanique

Les matériaux utilisés doivent être soumis à des essais mécaniques pour étudier leur comportement sous différentes sollicitations, il s'agit des essais Marshall, essai Duriez, essai à la Presse à Cisaillement Giratoire (PCG), module de rigidité ainsi l'essai d'orniérage.

6.1. Essai Marshall

Son but est de déterminer, pour une température et une énergie de compactage donnée, la stabilité (S) qui la résistance maximale à la déformation d'une éprouvette moulée d'enrobé, le fluage (f) défini comme étant la déformation de l'éprouvette sous la charge maximale ainsi le quotient Marshall qui est le rapport S/F, d'un mélange hydrocarboné à chaud.

Tableau 4. Résultats des essais Marshall.

Formule granulaire	A	B	C	Seuils normatifs NF EN 13108-1
Stabilité [kN]	12,40	11,55	15,05	> 10,5
Fluage [mm]	3,35	2,50	2,30	< 4
Quotient Marshall [kN/mm]	3,70	4,62	6,55	-

Une diminution progressive du fluage ainsi une amélioration de la stabilité a été constatée en fonction du pourcentage d'additif. Ces constats peuvent être justifiés par la diminution de pourcentage des vides suite à l'existence de ce dernier (additif).

6.2. Essai Duriez

Le but de l'essai est de déterminer pour une température et un compactage donné d'une série d'éprouvette d'un mélange hydrocarboné à chaud la résistance a la compression a sec (R) et après immersion (r).

Tableau 5. Résultats des essais Duriez.

Formule granulaire	A	B	C	Seuils normatifs NF EN 13108-1
R à sec à 18°C [MPa]	12,22	13,17	17,12	> 7
r à 18°C [MPa]	10,10	10,85	14,65	-
Rapport (r / R)	0,826	0,824	0,856	> 0,80

En constate que le rapport (r / R) évolue avec l'augmentation du pourcentage d'additif, ceci est dû aux caractéristique de résistants et de flexibilités des PRPLAST ce qui signifier une très bonne aptitude de l'enrobé à résister au désenrobage sous l'action de l'eau.

6.3. Essai PCG

L'essai a pour but d'étudier le comportement d'un mélange hydrocarboné préparé en laboratoire dans un moule cylindrique soumis sur son sommet à une force verticale en même temps est incliné d'un angle faible et soumis à un mouvement circulaire. Ces différentes actions exercent un compactage par pétrissage.

Tableau 6. Résultats des essais PCG.

Formule granulaire	A	B	C	Seuils normatifs NF EN 13108-1
Nombre de giration	80 girations			
% de vides moyens	-	8,30	5,10	Valeur _{min} : 4,0 % et Valeur _{max} : 9,0 %

On observe une diminution du pourcentage de vides en fonction du pourcentage d'additif qui résulte de l'optimisation de la composition granulaire et la réduction du pourcentage de bitume.

La figure ci-dessous présente les résultats d'essai PCG effectué au laboratoire PR industrie.

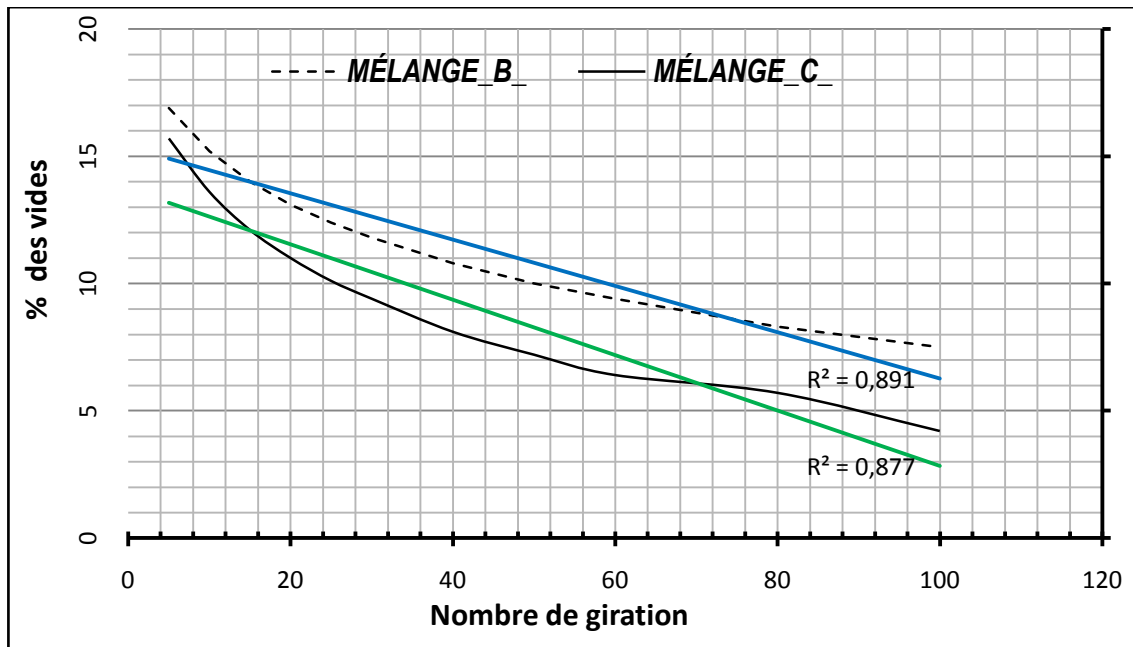


Figure 2. Résultats d'essai PCG.

6.1. Module de rigidité

Le module (rapport de la contrainte à la déformation) (E_{cd}) est calculé pour chaque essai élémentaire de traction uni-axial (sur éprouvette cylindrique ou parallélépipédique), la charge est appliquée dans un domaine de petites déformations, en contrôlant le temps ou la fréquence, la température, la loi de chargement.

Tableau 7. Résultats des essais de traction indirecte.

Formule granulaire	A	B	C	Seuils normatifs NF EN 13108-1
E_{cd} Moyen	-	13050	10981	> 11000

La formule (B) présente les meilleures performances en termes de rigidité du mélange.

6.2. Essai d'orniérage

Le comportement en déformation des matériaux bitumineux est évalué par la profondeur de l'ornière qui se forme suite à des passages répétés d'une charge roulante à température constante.

Tableau 8. Résultats des essais d'orniérage.

Formule granulaire	A	B	C	Seuils normatifs NF EN 13108-1
Nombre de cycles,	30000			
Nombre de jours avant l'essai	3 jours			
% de profondeur d'ornière	4,22	3,85	3,37	< 5

En remarque que la profondeur de la déformation produite dans le passage de roue notée en fonction du nombre de cycles pour la formule (C) présente les meilleures performances, résultante de l'utilisation d'aditif d'une part et de la faible teneur en bitume d'autre part.

La figure ci-dessous présente les résultats d'essai d'orniérage effectué au laboratoire PR industrie.

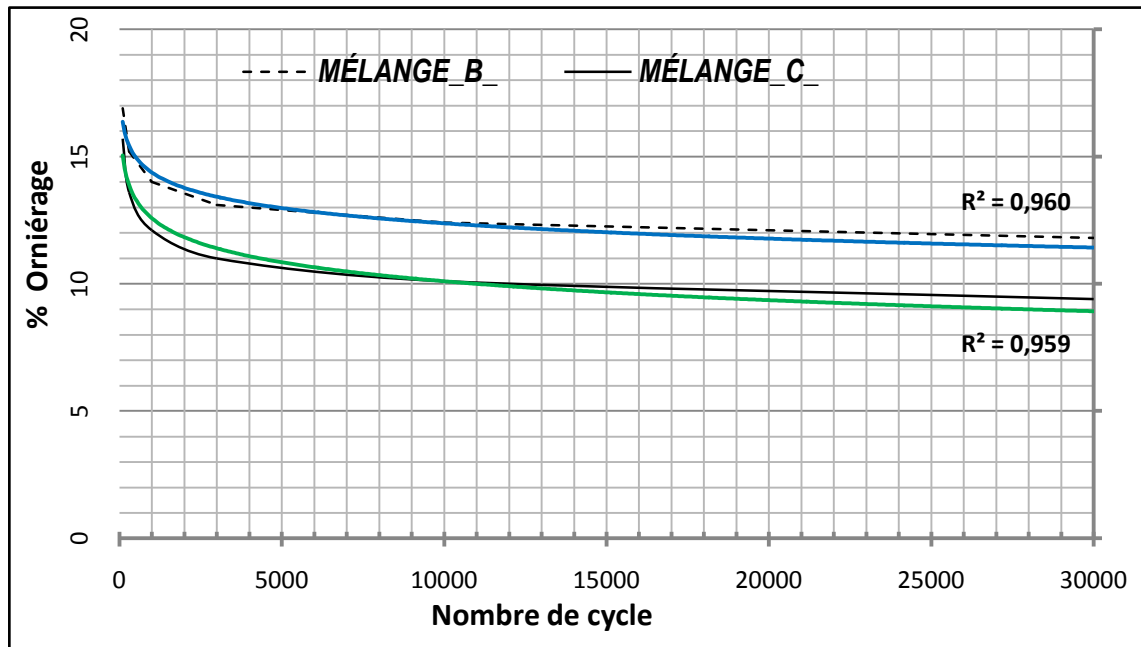


Figure 2. Résultats d'essai d'orniérage.

7. Conclusion

L'utilisation des béton bitumineux à module élevé permet un gain considérable en épaisseur de couche par rapport aux solutions classiques de part leurs propriétés mécaniques qui leur offrent de très bonne performances en terme de rigidité (module de rigidité élevé), un pourcentage des vide acer réduit et un comportement remarquable vis-à-vis la fatigue. Cela a pour conséquence peut apporte une économie de ressources naturelles non renouvelables (granulats et liants) due à l'augmentation de la duré de vie de la chaussée ainsi une réduction de l'épaisseur de cette dernière, ce qui permet de classer cette techniques d'utilisant ces enrobés parmi celles qui rentre dans le cadre du développement durable.

8. Références Bibliographiques

- [BER 05] BERTHE J., Caractérisation des déformations d'orniérage des chausse bitumineux, Thèse de doctorat, Ecole doctoral des sciences pour l'ingénieur de Lyon, 2005.
- [CES 07] CESAR B., Influence de la température de compactage des plaques d'enrobés sur la résistance d'orniérage, Thèse de doctorat, Université de Québec, 2007.
- [HAD 07] HADDADI S., Influence de la poudrette de caoutchouc sur le comportement au fluage des enrobés bitumineux, Thèse de doctorat, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger, 2007.
- [LOI 00] LOIZOS A., « Enrobés modifiés anti-orniérants expérience crétoise », Routes et Aéroports, N°782, 2000, p.41-44.
- [MOU 08] MOUILLET V., « Infrared microscopy investigation of oxidations and phase evolution in bitumen modified with polymers », Fuel, N°87, 2008, p. 1270–1280.
- [POR 01] PROTEAU M., PAQUIN Y., « Contribution de différents bitumes purs et bitumes modifiés par ajout de polymères à la résistance à l'orniérage », Routes et Aéroports, N°793, 2001, p. 34-39.
- [SAO 10] SAOULA S., Approche Modéliste et Valorisation des Enrobés Modifiés par Ajout de Polymères - Impact sur l'Environnement, Thèse de doctorat, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Alger, 2010.
- [YOU 10] YOUSSEFI T., EL OUTMANI K., «Technique innovantes et développement durable », Congrès national de la route, 2010.