

Qualité des enrobes dans la réhabilitation de route : Cas du tronçon grand Bassam-N'Zikro (Côte d'Ivoire)

[Quality of coatings in road rehabilitation : Case of the large section Bassam-N'Zikro (Ivory Coast)]

Goha René BIÉ¹, Abé Parfait SOMBO¹, Agré Séraphin DJOMO¹, Sournan ZIAO¹, and Zéli Bruno DIGBÉHI²

¹Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Environnement, Laboratoire des Sciences et Techniques de l'Environnement, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

²Université Félix Houphouët-Boigny, UFR Sciences de la Terre et des Ressources Minières, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study is about on the quality of bituminous coatings used for the rehabilitation of the Grand-Gassam-Nzikro road. Several tests in situ (temperature measurement and coring test) and laboratory tests (binder extraction, Marshall test and particle size analysis) were carried out in order to verify the conformity of the physical and mechanical characteristics of these mixes with those contained in the Notebook of Special Technical Clauses (CCTP). This study has shown that the application temperature of enrobes varies between 135.88° C and 146.2° C. The thicknesses of enrobe used are between 4.7 and 5.6 cm. He showed that the binder contents of different mixes are around 6%. The reliability of enrobe was confirmed thanks to the Marshall tests. Finally, this study has highlighted the two granular classes used for the manufacture of asphalt. The results obtained are satisfactory and conform to the specifications contained in the CCTP.

KEYWORDS: Particle size, Marshall, binder content, temperature, enrobe.

RÉSUMÉ: Cette étude porte sur la qualité des enrobés bitumineux utilisés pour la réhabilitation de la route Grand-bassam-Nzikro. Plusieurs essais in situ (prise de température et essai de carottage) et de laboratoire (extraction de liant, essai Marshall et analyse granulométrique) ont été réalisés afin de vérifier la conformité des caractéristiques physiques et mécaniques de ces enrobés avec celles contenues dans le Cahiers de Clauses Techniques Particulières (CCTP). Cette étude a montré que la température de mise en œuvre des enrobés varie entre 135,88°C à 146, 2°C mais aussi que les épaisseurs des enrobés utilisées sont comprises entre 4,7 et 5,6 cm. Elle a montré que les teneurs en liant des différents enrobés sont proches de 6 %. La fiabilité des enrobés a été confirmée grâce aux essais Marshall réalisés. Enfin, cette étude a mis en évidence les deux classes granulaires utilisées pour la fabrication des enrobés. De façon globale les résultats obtenus sont satisfaisants et respectent les spécifications contenues dans le Cahiers de Clauses Techniques Particulières.

MOTS-CLEFS: Granulométrie, Marshall, teneur en liant, température, enrobé.

1 INTRODUCTION

Les besoins d'améliorer la durée de vie des chaussées neuves ou la maintenance de chaussées anciennes sont un souci majeur des gestionnaires routiers [1]. En effet, vu les sollicitations des surcharges des poids lourds que subissent les routes en Côte d'Ivoire, leurs comportements sont significativement déréglés et l'on assiste de ce fait à leurs dégradations prématurées

[2]. Aujourd'hui, cette dégradation prématurée des routes ivoiriennes est plus accentuée par la nouvelle configuration des pneumatiques des poids lourds qui utilisent de plus en plus des pneus super larges avec des pressions de gonflage généralement très élevées en remplacement des roues jumelées. Sur la base de ces constatations, il est impératif d'adapter nos méthodologies de dimensionnement, de formulation et aussi de mise en œuvre de nos enrobés afin de pouvoir répondre de façon efficiente aux nouvelles configurations.

La route Grand Bassam-Aboisso représente l'un des principaux axes routiers de la Côte d'Ivoire. Elle assure les échanges économiques entre la Côte d'Ivoire, le Ghana, le Togo, le Bénin et le Nigéria.

Le taux de fréquentation et la durée de service de cette route ont eu pour conséquence sa dégradation avancée avec par endroit difficilement praticable impactant de ce fait sur les durées de trajet, le confort et la sécurité des biens et des personnes. C'est aux vues de l'importance économique de cette route pour nos pays et vu sa dégradation avancée, que la Banque Mondiale, à travers le Programme Régional de Facilitation du Commerce et du Transport sur le Corridor Abidjan-Lagos (PFCTCAL) a décidé de financer le projet de réhabilitation de cette route subdivisée en deux lots notamment lot 1 (axe Grand Bassam-N'zikro) et le lot 2 (N'zikro-Aboisso). Cette étude a été réalisée sur l'axe Grand Bassam-N'zikro.

Pour se faire, les travaux de réhabilitations sont confiés au groupement d'entreprises chargé de la réalisation de la chaussée, de l'assainissement hydraulique et de l'exécution des travaux d'aménagement. Ce groupement a sollicité les services du Laboratoire d'Essais de Contrôle d'Analyse et d'Assistance Technique pour assurer le contrôle qualité des enrobés et du béton utilisé lors de la réhabilitation de cette route.

Ainsi pour vérifier la conformité de la qualité des enrobés utilisés pour la réalisation de ce tronçon Grand Bassam-N'zikro avec les formulations proposées par le Laboratoire d'Essais de Contrôle d'Analyse et d'Assistance Technique, que cette étude a été initiée. Elle vise à réaliser des essais in situ sur les enrobés utilisés, à réaliser des essais au laboratoire de LECAT sur ces enrobés, ainsi qu'à vérifier la conformité des résultats avec les formulations proposées par le LECAT.

2 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

Le tronçon Grand-Bassam-N'zikro concerné par cette étude de réhabilitation est localisé au Sud de la Côte d'Ivoire dans le bassin sédimentaire (Figure 1).

Au plan géologique, ce bassin très étroit couvre 2,5 % de la superficie du territoire ivoirien. Il est d'âge Crétacé-Quaternaire [3, 4] et est essentiellement composé de sable, d'argile, de grès et de conglomérat.

Au plan climatique, cette zone est caractérisée par un climat de type subéquatorial humide avec des températures peu élevées et relativement uniformes pendant toute l'année. La température moyenne annuelle est de 26,4°C avec une température minimale moyenne de 22,1°C. La région de Grand-Bassam possède une végétation de type forêt dense humide qui s'est dégradée par suite d'une activité humaine très intense. Autour des lagunes se rencontre un écosystème particulier de type mangrove.

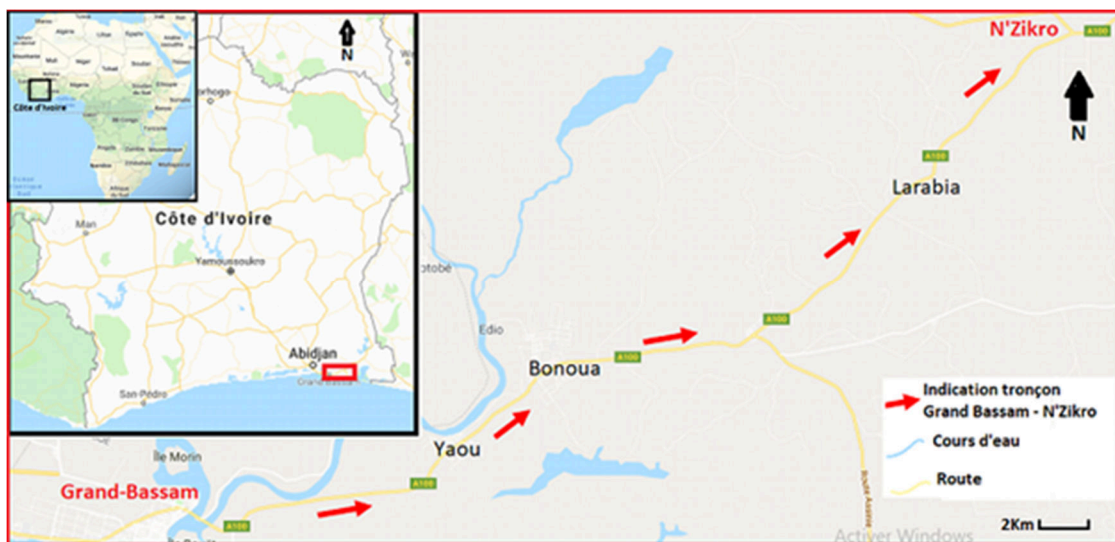


Fig. 1. Route Grand-Bassam-N'Zikro

3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

Effectuer un contrôle de la qualité, c'est surveiller l'atteinte des résultats spécifiques des travaux pour en déterminer la conformité par rapport aux exigences afin de définir les moyens à mettre en œuvre pour éliminer les non conformités. Cela se fait à l'aide d'un ensemble de matériels et méthodes appropriées.

3.1 MATÉRIEL

Le matériel utilisé au cours de cette étude se compose de matériel de terrain constitué de thermomètre électronique pour la prise de température des enrobés, d'une carotteuse électrique pour le prélèvement des échantillons d'enrobé déjà mise en œuvre sur le terrain afin de déterminer son épaisseur.

Le matériel de laboratoire se compose de matériel de l'essai Marshall permettant de déterminer le pourcentage de vide, la stabilité Marshall, le fluage et la compacité de l'enrobé, d'un appareil KUMAGAWA qui permet de séparer le bitume des granulats et d'une colonne de 12 tamis de maille décroissante pour l'analyse granulométrique des granulats utilisés pour la formulation des enrobés.

3.2 MÉTHODES

Plusieurs méthodes sont utilisées pour la réalisation de cette étude.

Pour la prise de température de l'enrobé se fait dans le camion juste avant de le renverser dans le finisseur à l'aide d'un thermomètre électronique afin d'approuver sa mise en œuvre.

L'essai de carottage permet de mesurer la hauteur de la carotte obtenue à l'aide d'une règle graduée pour la comparer à celle recommandée dans le Cahier des Clauses Techniques et Particulières. Dans cette étude, deux (2) à trois (3) échantillons de carottes sont prélevés à chaque point et l'épaisseur moyenne est déterminée afin de connaître l'épaisseur des enrobés de la chaussée à cet endroit.

Les Essais Marshall ont été fait sur dix (10) échantillons prélevés en des endroits différents afin déterminer le fluage, la stabilité et la compacité de Marshall. Pour chaque échantillon six (6) petites éprouvettes sont confectionnées dans des moules Marshall. Après refroidissement, chaque éprouvette confectionnée est placée dans une étuve jusqu'à atteindre 60°C puis placée sous une presse Marshall pour le poinçonnement.

Pour la détermination de la teneur en liant des enrobés, on procède à l'extraction des liants contenu dans un (1) kilogramme d'enrobés à chaud (120°C) à l'aide d'un solvant (toluène technique). Le poids du liant est calculé par la différence entre celui de l'échantillon et celui du granulats et de l'eau. La teneur en liant est donnée par la formule suivante :

$$\text{Teneur en liant} = \frac{\text{PL}}{\text{PES}} \times 100 \quad (1)$$

Avec : **PES** = Poids de l'enrobé sec et **PL** = Poids du liant

Après l'extraction de liant, le granulats obtenu est lavé sur 2 tamis de maille 0,063 mm et 0,4 mm. Le premier tamis permet d'éliminer la fraction argileuse et le second retient la fraction grossière. Les deux refus sont mis dans un cruissible puits séché à l'étuve à 105°C pendant 24 h. Après séchage, le refus séché est tamisé à sec sur une colonne de 20 tamis de taille comprise entre 63 mm et 0,063 mm. Les refus de chaque tamis sont pesés, les proportions granulaires sont déterminées afin de tracer pour chaque échantillon, une courbe granulométrique.

4 RÉSULTATS ET DISCUSSION

4.1 TEMPÉRATURE DES ENROBÉS DE PART ET D'AUTRE DE LA CHAUSSÉE

Les résultats des températures moyennes des enrobés tirés par jour entre les PK 20+900 et les PK 41+00 gauche et droite (Figure 2a et 2b) montrent qu'elles varient entre 135,83°C et 146,2°C. Ces températures sont effectivement comprises entre 125°C (Température minimale) et 160°C (température maximale) comme l'exige le Cahier de Clauses Techniques Particulières (CCTP).

Les températures obtenues montrent bien que les enrobés sont fabriqués, transportés et conservés dans de bonnes conditions ce qui a favorisé une bonne maniabilité et une bonne mise en œuvre sur le chantier.

En effet, selon l’auteur de la référence [5] dont les travaux ont portés sur le renforcement de la route Ouaga-Sakoinsé affirme qu’en temps très chaud la température de mise en œuvre des enrobés doit être comprise entre 130 et 140°C.

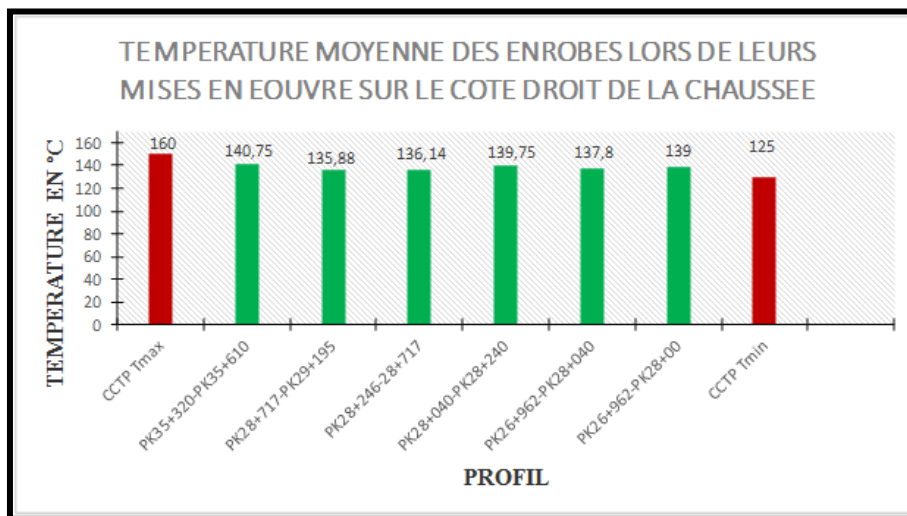


Fig. 2a. Histogramme des températures des enrobés pendant leur mise en œuvre côté gauche

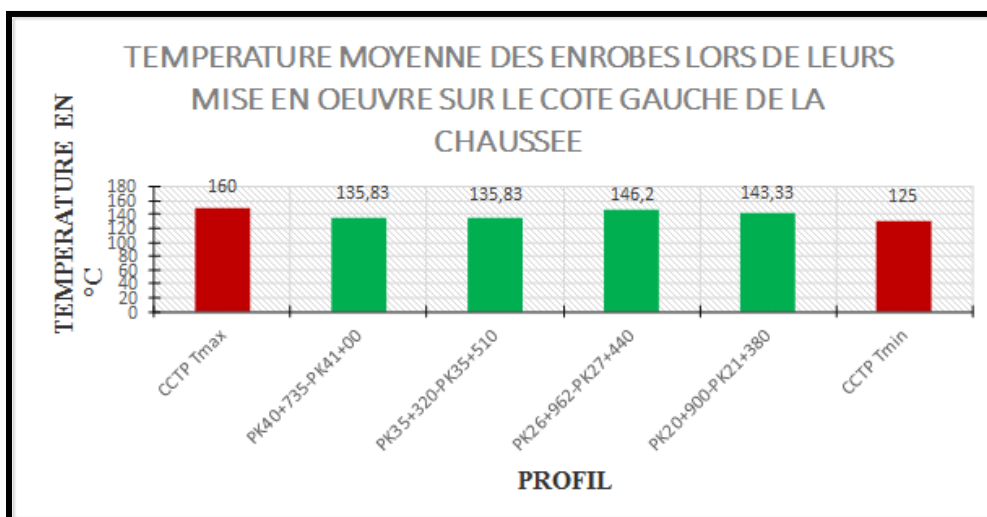


Fig. 2b. Histogramme des températures des enrobés pendant leur mise en œuvre côté gauche

4.2 ÉPAISSEURS MOYENNES DES ENROBÉS

L’étude des épaisseurs des carottes des enrobés entre les PK 21+160 et PK 40+940 montre qu’elles varient entre 4,6 cm et 5,6 cm. Le tableau 1 présente les résultats des épaisseurs moyennes des différents profils. Le tableau indique que sur la chaussée Grand-Bassam, les épaisseurs des enrobés aux PK 27+040, PK35+360 et PK35+440 sont légèrement inférieures à 5 cm qui représente l’épaisseur minimale recommandée par le CCTP. Pour les autres points de prélèvement, les épaisseurs sont soit égales à 5 cm ou supérieure à cette valeur.

Tableau 1. Épaisseurs moyennes des enrobés aux différents profils

PROFIL	EPAISSEUR MOYENNE DE L'ENROBE (en cm)
PK40+940	5,1
PK35+440	4,6
PK35+360	4,7
PK29+160	5
PK28+400	5,6
PK28+120	5,5
PK27+560	5
PK27+120	5
PK27+040	4,75
PK21+160	5,5

Les épaisseurs moyennes des enrobés mises en œuvre diffèrent de quelques millimètres d'un Point Kilométrique (PK) à un autre. Cette variation est due à la sortie de l'enrobé de la table du finisseur et des conditions de compactage. Ces différents résultats sont également obtenus lors de la campagne de carottage réalisée sur la chaussée Ouaga-Sakoinsé, par l'auteur de la référence [5]. Il a trouvé des épaisseurs moyennes d'enrobé bitumineux autour de 5 cm. Ces mêmes épaisseurs moyennes ont été trouvées par l'auteur de la référence [6], au Sénégal et par l'auteur de la référence [7], en France.

4.3 FLUAGE, STABILITÉ ET COMPACTITÉ DE MARSHALL

4.3.1 FLUAGE MARSHALL

Les fluages des enrobés prélevés sur dix (10) sites différents varient de 3,87 mm à 6 mm (figure 3). Seuls deux profils (PK40+940G et PK27+040D) ont des fluages inférieurs ou égaux à 4 mm conformément aux recommandations du CCTP. Quant aux autres profils, les fluages sont supérieurs à 4 mm donc non conforme aux spécifications du CCTP.

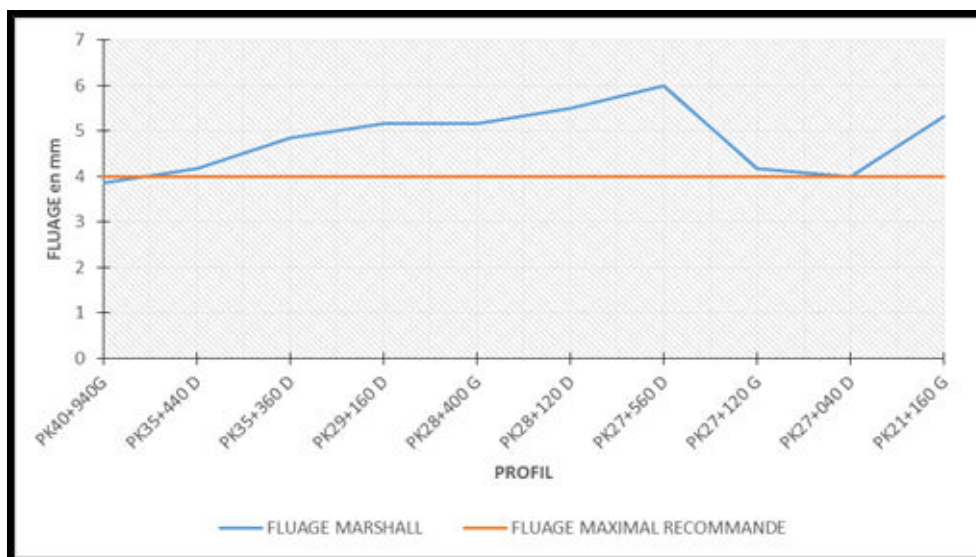


Fig. 3. Fluage Marshall des enrobés sur différents profils

4.3.2 STABILITÉ MARSHALL

L'étude de la stabilité Marshall entre les PK21+160G et PK40+940G montre qu'elle varie de 437 KN à 1247.9 KN. Aux PK21+160G, PK28+120D et PK29+160D, la stabilité Marshall est inférieure à celle recommandée par le CCTP qui est de 1000 KN. Aux autres PK, la stabilité Marshall est supérieure ou égale à 1000KN avec une stabilité maximale au PK 28+400G de 1247.9KN (Figure 4). En général plus la stabilité Marshall est élevée, plus le fluage induit une forte résistance mécanique de

l'enrobé. Dans le cas contraire l'enrobé aura une faible résistance mécanique. Dans cette étude la stabilité et le fluage Marshall ne respectent pas cette condition. Ils évoluent en dent de scie. Cette variation non uniforme est due au fait que ces enrobés ne proviennent pas d'un même mélange et d'un même fournisseur. Ces variations notables constatés entre le fluage et la stabilité Marshall d'un Point Kilométrique à un autre ne permet pas de conclure quant à leur bonne performance mécanique.

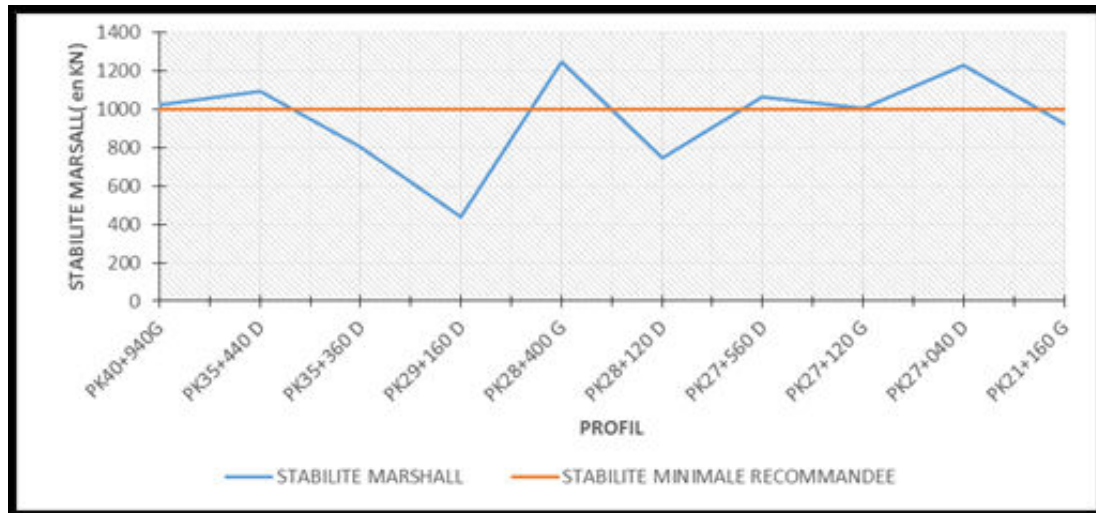


Fig. 4. Stabilité Marshall des enrobés entre les PK 21+160G et PK 40+940G

4.3.3 COMPACTÉ MARSHALL

L'étude de la compacité Marshall sur le même tronçon montre qu'elle varie entre 89% et 99% (figure 5). Six (6) profils ont une compacité Marshall qui respectent les recommandations du CCTP car comprise entre 94% et 97%. Pour les autres profils, la compacité Marshall est soit supérieure à la valeur maximale prescrite par le CCCTP (PK21+160G et PK 35+360D) soit inférieure à la valeur minimale du CCTP (PK25+400G et PK29+160D).

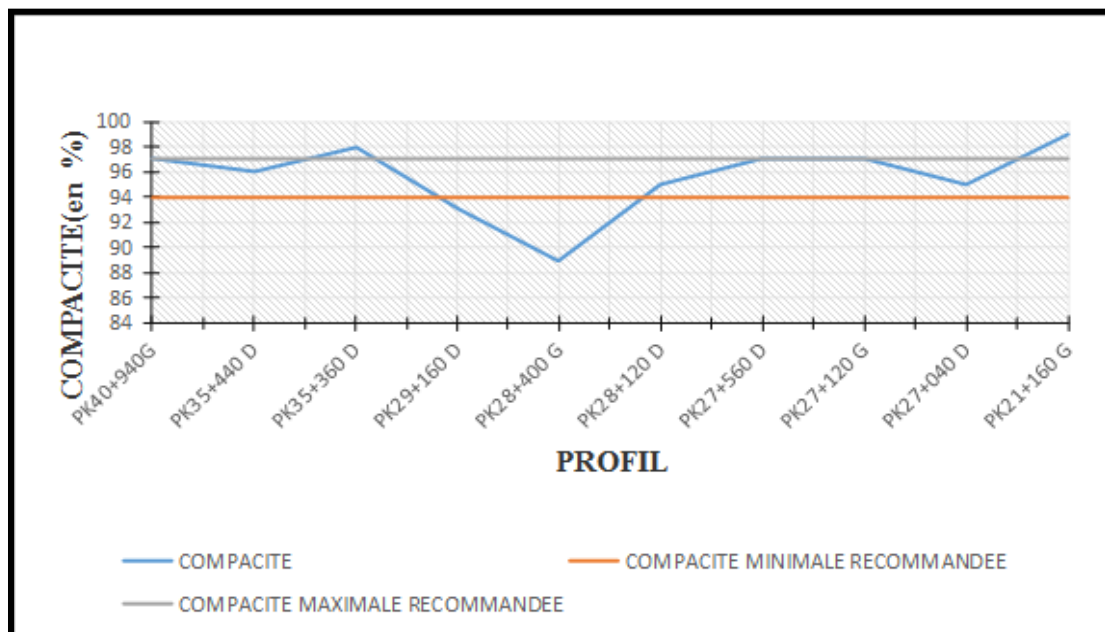


Fig. 5. Représentation de la compacité Marshall des enrobés sur différents profils

Des variations assez importantes sont observées au niveau de la compacité Marshall. Ces variations sont dues à l'abondance ou à la faiblesse des taux de filler (fine) dans les enrobés. Plus le taux de filler est élevé plus la compacité est grande et moins il y'a des vides.

4.4 TENEUR EN LIANT SUITE À L'EXTRACTION DU LIANT

L'ensemble des résultats d'extraction des liants (teneur en liant) est consigné dans le tableau 2 ci-dessous. Ce résultat montre que la teneur en liant des enrobés sur le tronçon étudié varie de 5,51% à 6,48 %. Toutes ces teneurs sont voisines de 6% de part et d'autre de la chaussée donc conforme aux recommandations du CCTP qui stipule que la teneur en liant des enrobés doit être comprise entre 5,5% et 6,5%.

Tableau 2. Résultats d'extraction du liant effectuée sur les échantillons d'enrobés

Sites	PK	Teneur en Liant (T. L) en %	Recommandations	Conformité
1	PK40+940G	6,3	5,5% ≤ T. L ≤ 6.5%	Conforme
2	PK35+440D	5,52	5,5% ≤ T. L ≤ 6.5%	Conforme
3	PK35+360D	6,26	5,5% ≤ T. L ≤ 6.5%	Conforme
4	PK29+160D	5,97	5,5% ≤ T. L ≤ 6.5%	Conforme
5	PK28+400G	6,48	5,5% ≤ T. L ≤ 6.5%	Conforme
6	PK28+120D	5,51	5,5% ≤ T. L ≤ 6.5%	Conforme
7	PK27+560D	6,15	5,5% ≤ T. L ≤ 6.5%	Conforme
8	PK27+120G	5,69	5,5% ≤ T. L ≤ 6.5%	Conforme
9	PK27+040D	5,76	5,5% ≤ T. L ≤ 6.5%	Conforme
10	PK21+160G	5,8	5,5% ≤ T. L ≤ 6.5%	Conforme

L'auteur de la référence [1] en travaillant sur la durabilité des enrobés en Suisse a montré que les teneurs acceptables pour une meilleure durabilité des enrobés étaient comprises entre 4,44 % et 6,07 %. Au plan technique ces résultats sont très bons car ils respectent pour la plupart les spécifications recommandées. Cependant nous n'avons pas pu établir un lien entre ces différents paramètres contrairement à l'auteur de la référence [6], qui a montré que la compacité, le fluage et la stabilité Marshall augmentent avec la teneur en liant. Ceci s'expliquerait en grande partie par le fait que la centrale d'enrobé ne soit pas sur le site du chantier. Aussi, d'autres facteurs tels que la production d'enrobé par différents prestataires peuvent être la cause de ce déséquilibre.

4.5 GRANULOMÉTRIE DES ENROBÉS PRÉLEVÉS SUR LA CHAUSSÉE

L'analyse granulométrique des granulats des enrobés bitumineux montre que ces granulats ne renferment pas des grains de taille supérieurs à 12,5 mm. Ce résultat donc l'absence de granulats très grossiers dans les enrobés analysés. La proportion des granulats grossiers de taille comprise entre 12,5mm et 6,3mm varie de 21% à 38%. La proportion des granulats moyens de taille comprise entre 6,3 mm et 0,315mm varie de 47% à 64%. La proportion des granulats fins de taille comprise entre 0,315mm et 0,08mm varie de 8% à 11%. La proportion des granulats très fins (fillers) de taille inférieure à 0,08mm varie de 8% à 4% (Tableau 3).

Tableau 3. Résultats des analyses granulométriques des granulats après extraction du liant

Mailles des tamis en mm	PK21+160	PK27+120	PK35+360	PK40+940	PK27+040	PK27+560	PK28+120	PK28+400	PK29+160	PK35+440
	G	G	G	G	D	D	D	D	D	D
	Passant	Passant	passant	Passant	Passant	Passant	Passant	Passant	Passant	Passant
63	100,0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
40	100,0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
31,5	100,0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
20	100,0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
16	100,0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
14	100,0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
12,5	100,0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
10	92,9	91,2	94,3	92,9	92,4	95	92,4	92,6	93,9	96,2
8	78,7	76	81	78,4	80,2	83,2	80,2	76,9	80	83,7
6,3	65,0	62,1	63,7	67,5	66,6	70,7	66,5	61,7	64,9	59,3
4	49,5	47,4	44	56,4	51,8	53,4	51,8	46,6	47,8	51,2
2	38,8	34,7	32,1	44,7	35,3	38,9	39,3	33,1	36,1	39,1
1	27,3	25,9	21,3	32	27,9	28,1	27,9	23,3	25,4	27,7
0,63	22,1	21,2	16,2	25,7	21,7	22,7	21,7	18,9	20,4	22,5
0,5	20,1	19,1	14,2	22,8	19	20,3	19	17	18,2	20,3
0,315	15,9	15,1	10,4	17,6	13,9	15,7	13,9	13,2	13,9	16,4
0,25	14,5	13,9	9,2	15,9	12,3	14,2	12,3	12	12,4	15,2
0,125	9,7	9,4	5,5	10,1	6,5	9	6,5	7,5	7,2	10,3
0,08	7,1	7,3	3,9	6,9	6,2	6,5	6,2	5,6	5	8,1
0,063	6,6	7	3,7	6,3	5,9	6,1	5,9	5,2	4,5	7,2

On note que les granulats utilisés pour la confection des enrobés du tronçon étudié sont riche en grains de taille moyenne c'est-à-dire de taille comprise entre 6,3 mm et 0,315mm. Les granulats utilisés pour les enrobés appartiennent à la classe granulaire 0/10 taille comprise entre 0 mm et 10 mm comme spécifié dans le CCTP. Toutes les courbes granulométriques (figure 6) côté droit du tronçon se trouvent dans le fuseau granulaire défini par le CCTP par contre, du côté gauche, une seule courbe ne rentre pas entièrement dans ce fuseau (Figure 7).

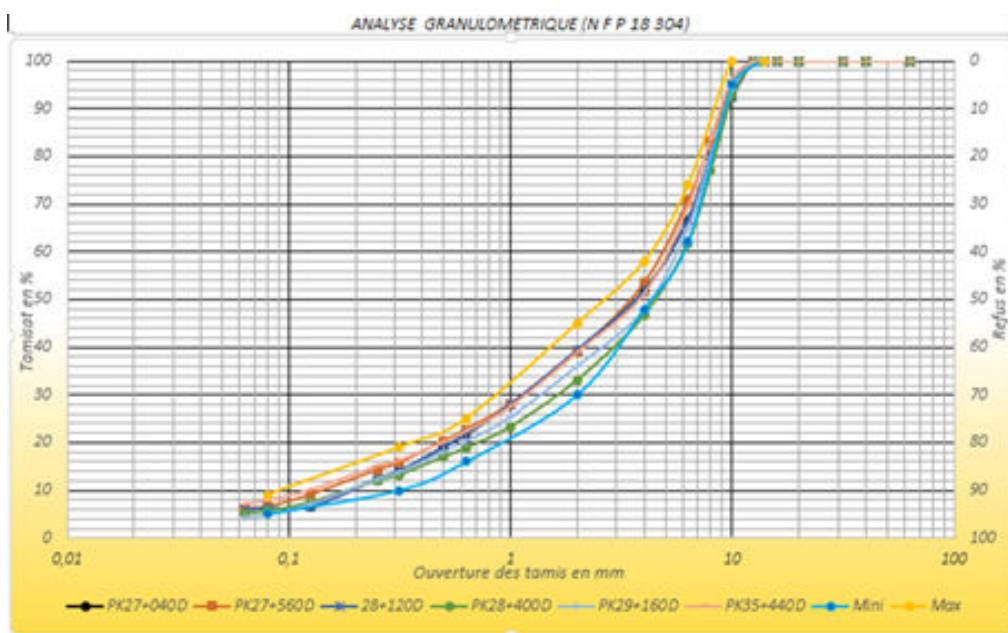


Fig. 6. Courbes d'analyses granulométriques des granulats contenus dans les enrobés prélevés sur le côté droit de la chaussée

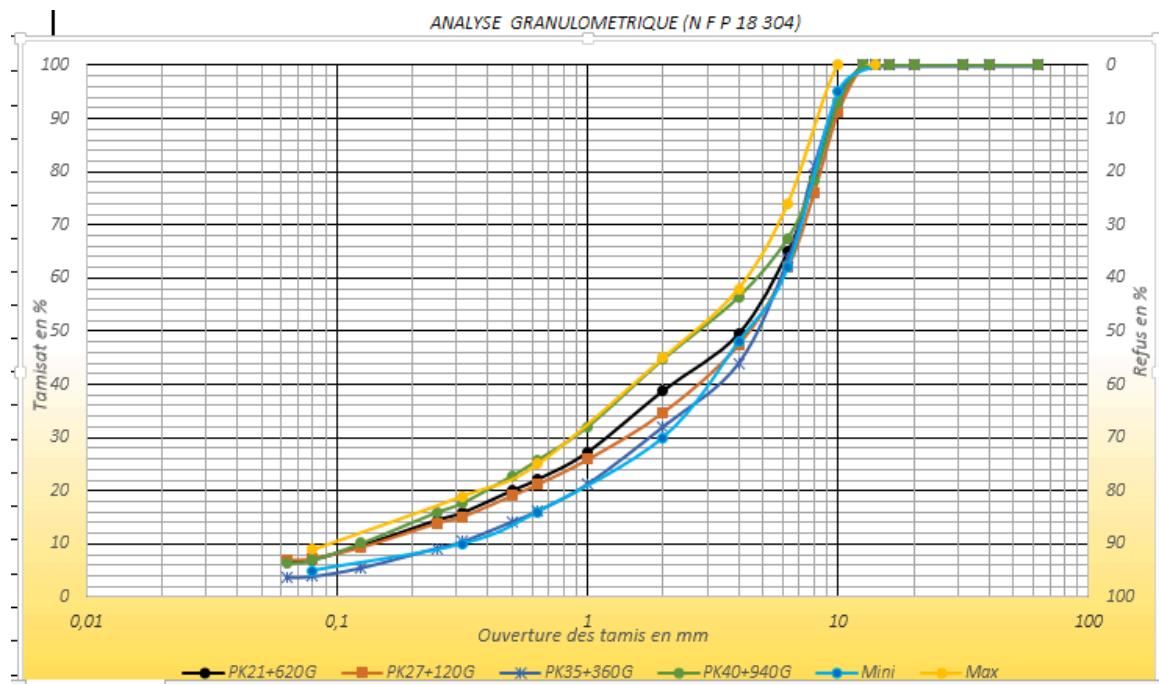


Fig. 7. Courbes d'analyses granulométriques des granulats contenus dans les enrobés prélevés sur le côté gauche de la chaussée

On peut donc dire que les granulats utilisés pour la confection des enrobés bitumineux du tronçon étudié respectent les normes définies par le CCTP. Ces résultats sont conformes aux spécifications, et les granulats utilisés appartiennent aux classes granulaires 0/4 et 4/10. Plusieurs auteurs tels que les auteurs des références [1, 5, 6, 7] indiquent que pour la confection des enrobés bitumineux, des mélanges de deux classes granulaires (0/4 et 4/10) ou parfois trois classes granulaires (0/4, 4/10 et 10/14) sont utiles en fonction du type d'enrobé.

5 CONCLUSION

Cette étude sur le contrôle de la qualité des enrobés bitumineux utilisés pour la réhabilitation de la route Grand-bassam-Nzikro a permis de réaliser plusieurs essais de terrain et de laboratoire afin de définir les caractéristiques physiques et mécaniques de ces enrobés et les comparer aux spécifications à respecter contenues dans le Cahiers de Clauses Techniques Particulières (CCTP).

Au niveau de la température de mise en œuvre des enrobés, cette étude montre que les températures enregistrées varient de 135,88°C à 146, 2°C, ce qui est conforme aux spécifications du CCTP qui stipule que les températures de mise en œuvre des enrobés doit être comprise entre 120°C et 160°C. Cette étude a montré aussi que les épaisseurs des enrobés mis en place sont comprises entre 4,7 cm et 5,6 cm alors que le CCTP impose une épaisseur minimale de 5 cm. Les valeurs inférieures à 5 cm constituent des défauts dus à la faiblesse de l'épaisseur des enrobés sortis du finisseur.

Elle a permis de déterminer les teneurs en liant des différents enrobés utilisés qui sont toutes proches de 6 % comme le spécifier dans le CCTP. Aussi, les performances mécaniques des enrobés déterminées par les essais Marshall n'ont pas permis de tirer des conclusions fiables car il n'existait aucune relation entre les trois caractéristiques de cet essai que sont le fluage, la compacité et la stabilité. Ceci serait dû à plusieurs facteurs notamment la provenance de l'enrobé, la composition des mélanges et l'éloignement de la centrale d'enrobage.

Enfin, cette étude a pu montrer que deux classes granulaires (0/4 et 4/10) sont utilisés pour la fabrication des enrobés ce qui est conforme au CCTP.

RÉFÉRENCES

- [1] A. Junod et A. G. Dumont, "Formulation et optimisation des formules d'enrobés" [*mandat de recherche*] - Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Laboratoire des Voies de Circulation (Lausanne, Suisse), 89 p, 2004.
- [2] M. Faure, "Routes: Tome 2, 1ère édition. Collection, " «*Les Cours de l'ENTPE*». Lyon: Aléas (France).163p, 1998.
- [3] J. P. Tastet, "Environnement sédimentaires et structuraux quaternaires du littoral du Golfe de Guinée (Côte d'Ivoire -Togo - Bénin) ". *Thèse docteur ès sciences*, Université de Bruxelles(Belgique), 181p, 1979.
- [4] K. Aka, "La sédimentation Quaternaire sur la marge continentale de Côte d'Ivoire : Essai de modélisation. " *Thèse de Doctorat d'Etat ES Sciences. Naturelles*, Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 233 p, 1991.
- [5] J. H. Tapsoba, "Etude de formulation et de mise en œuvre des enrobés : Cas des travaux de renforcement de la route Ouaga-Sakoinsé", *Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master en ingénierie de l'Eau et de l'Environnement Option Génie-Civil*, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, (Ouagadougou, Burkina Faso) ,87p, 2012.
- [6] S. Moussa, "Étude du comportement des bitumes utilisés en enrobés denses au Sénégal". *Projet de fin d'études. En vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur de Conception option Génie Civil*, Ecole Supérieur Polytechnique Centre de Thiès, Université Cheick Anta Diop (Sénégal), 107p, 2003.
- [7] F. Py, "Étude de la sensibilité du module des enrobés à module élevé, influence de la teneur en liant, de la compacité et du pourcentage d'agrégats d'enrobé du matériau", *Mémoire de Projet de Fin d'Etude*, Spécialité Génie Civil, INSA Strasbourg (France), 64p, 2010.