

UNIVERSITE KASDI Merbah Ouargla
Faculté des Sciences Appliquées
Département Génie Civil et Hydraulique



Mémoire de Master Académique

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Travaux publics

Spécialité : Voies & Ouvrages d'Art.

Thème

**Étude de l'influence de l'eau de conservation sur
les performances mécaniques d'un enrobé
bitumineux fin à base de sable de Hassi-essayeh**

Etudiants :

- FERDIA Abdelfattah
- AMMARI Mohyieddine

Soutenu publiquement le : 12/06/2022

Devant le jury :

KEBAILI Mustapha	MCA	Président	UKM Ouargla
BENTATA Aissa	MAB	Examinateur	UKM Ouargla
KEBAILI Nabil	MCA	Encadreur	UKM Ouargla

Année Universitaire : 2021 /2022

REMERCIEMENTS

Nous remercions Dieu de nous avoir donné la force et l'aide pour mener à bien cet humble travail.

*Ce mémoire n'aurait pas vu le jour sans la confiance et la coopération de notre Encadreur Dr **Nabil KEBAILI**, Pour qui nous tenons à remercier sincèrement, nous tenons à le remercier d'avoir cru en nos capacités à nous donner autant de liberté et d'action.*

*Nous remercions très vivement Monsieur **Abderrazzak ZENKHRI**, Enseignant au département de Génie civil à l'université de Ouargla, qui nous a bien assisté et aidé pendant ces dernières années.*

Nous remercions aussi les personnes du laboratoire des Travaux Publics du Sud (LTPS-Ouargla), pour leur aide durant le déroulement des expériences.

En fin, nous devons remercier tous ceux qui ont participé de près ou de loin dans l'élaboration de ce mémoire, à tous ceux qui nous ont procuré main forte pendant les moments difficiles.

A nos familles et nos amis et collègues de l'université.

إِهْدَاء

أهدي تحياتي إلى أعمالي الشاقة التي جعلت مني إنسان
أقوة وإلى أحلامي وطموحي و أهدافي التي كان
تتحفزني إلى بدل قصارى جهدي لتحقيقها وإلى أمي
ركيزتي في دنيا التي ساندتني عندما كنت في أضعف
حالتى بكلماتها الطيبة التي زرعت بها البهجة والسرور
في قلبي وعطرت نفسي بحنينها ودعائها الخالص، إلى
أبي الذي غير مبال بخسائره في سبيل نجاحي والذي
كان لي عوناً على تحقيق أهدافي فتراه يفرح بإنجازاتي
ويقف معي في صدماتي .

"فيارب بارك لهما في الصحة البركة والعافية في البدن
وطول العمر"

ولا أنسى كل من انتقدني وسخر في معنوياتي الدراسية
فبهذا كان هو السبب في النجاحي في مسيرة الدراسية
أهدي تحياتي إلى الأستاذة (بن الزاير ليلي) التي
ساهمت في زرع بذور النجاح والاصرار في إتمام
مسيرتي الدراسية

وبدون أنسى أخوتي و أصدقائي الذين تقاسمت معهم
مشقة الدربي ولكل من كان سببا في زرع البسمة في
قلبي.

وفوق كل من ذكرتهم احمد أشكر من سخر لي كل
الأسباب فلولاه لاتتم النعم "فاللهم لك الحمد حتى ترضى
ولك الحمد إذا رضيت ولك الحمد بعد الرضى"

الإهداء

الى روح الرجل الطاهر الكريم الذي صنع طفولتي بيديه الكريمتين
..... بعد الله سبحانه وتعالى

الى ابي رحمه الله

الى تلك الوردة الفواحة التي لا أزال استنشق شداها حتى الان.....الى
صاحبة اليد المعطاء

الى امي متعها الله بالصحة والعافية

الى من شاركوني طفولتي وأحبوني بصدق وإخلاص
واعانوني على إتمام دراستي هذه

الى اخوتي الأعتاء.....

كما اهدي تحياتي الى اعمالي الشاقة واحلامي وطموحاتي التي جعلت مني
انسان اقوى وكانت تحفزني الى بدل قصار جهدي لتحقيقها

عماري محي الدين

ملخص :

يمثل الحصى ما يقارب 95% من وزن الخرسانة الزفتية المكونة لطبقة سير بالنسبة للطرق المرنة. ولكون الجنوب الجزائري يعاني من ندرة مادة الحصى ذات النوعية الجيدة، لذا اعتمدنا في دراستنا على إمكانية استغلال الرمال المحلية المتواجدة بوفرة بالمنطقة. يهدف هذا العمل لاستغلال رمل "حاسي السايح" المحلي عبر إدخاله في طبقة السير باستعمال زفت معدل الذي يتميز بخصائص جيدة. المنهج المتبع في هذه الدراسة هو استبدال مادة الحصى المهشمة الدقيقة بالرمل المحلي وتحديد التركيبة المثلى للحصول على أفضل النتائج. يخضع التركيب الجديد لتجربة هوبارد فيلد لمعرفة مدى مقاومتها للحمولات والتشوّهات، بالإضافة لتجربة قياس الأمواج فوق الصوتية. ولقياس الخصائص الميكانيكية للخرسانة الزفتية بوجود الماء، قمنا بتعريض العينات لدرجات حرارة مختلفة ومقارنتها بالخصائص الميكانيكية المتحصل عليها بواسطة الزفت العادي وكذا الزفت المعدل. على الرغم من أوجه الاختلاف من حيث الخصائص فإن النتائج المتحصل عليها مرضية مقارنة بالموصفات المعمول بها، كما ننصح باستخدام الرمل الزفتي في الطرق ذات حركة مرورية متوسطة. **كلمات الدالة:** رمل، زفت معدل، زفت رملي، طبقة السير، سرعة الصوت.

Résumé :

Les agrégats représentent environ 95% en poids du sable bitumineux qui compose la couche de roulement des routes souples. Etant donné que le sud algérien souffre d'une pénurie de graviers de qualité, nous nous sommes axé, dans notre étude, sur la possibilité d'exploiter les sables locaux qui se trouvent en abondance dans la région. Ce travail vise à exploiter le sable local de «Hassi Essayeh» en l'introduisant dans la couche de roulement avec un bitume modifié jouissant de bonnes propriétés. L'approche suivie est de substituer le gravier concassé 0/3 par du sable local et de déterminer la composition optimale pour obtenir les meilleurs résultats. Le nouveau composite est soumis à l'essai Hubbard Field pour déterminer sa résistance aux charges et aux déformations, en plus de l'expérience de propagation des ondes soniques. Pour évaluer les caractéristiques mécaniques du sable bitumineux en présence de l'eau, nous avons submergé les échantillons à différentes températures et les avons comparées aux propriétés mécaniques obtenues par le bitume ordinaire et modifié. Malgré les différences des caractéristiques, les résultats obtenus sont satisfaisants par rapport aux spécifications locales. Nous recommandons également de réserver le sable bitume, dans un premier temps, aux routes à trafic moyen à faibles.

Mots clés : sable, bitume modifié, sable-bitume, couche de roulement, vitesse sonique.

Abstract:

Gravel represents approximately 95% of the weight of the asphalt concrete that makes up the walking layer for flexible roads.

The southern Algeria have a insufficient quality of gravel. In our study, we relied on the possibility of exploiting the local sands that are abundant in the region.

This work aims to exploit the local Hassi El Sayeh sand by mixing with the walking layer using modified asphalt, which has good properties. The approach followed in this study is to replace the fine crushed gravel material with local sand and determine the optimal composition to obtain the best results.

The new installation is subject to the Hubbard Field Experiment to determine its resistance to loads and deformations, in addition to the Ultrasonic experiment.

Despite the differences in terms of characteristics, the results obtained are satisfactory compared to the applicable specifications. We also recommend the use of asphalt sand in roads with medium traffic.

Key words: sand, modified pitch, sandy pitch, belt layer, speed of sound.

Table des Matières

Remerciements	
Dédicaces	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
INTRODUCTION	
CHAPITRE I : GÉNÉRALITÉS SUR LES BÉTONS BITUMINEUX FINS	
I.1 INTRODUCTION MATERIAUX COMPOSANT LE SABLE-BITUME.....	4
I.2 LES BITUMES	4
I.3 DEFINITION DU SABLE BITUME.....	4
I.5 ENROBE FIN.....	5
I.6 DOMAINE D'EMPLOI.....	5
I.7 CLASSIFICATION / SEUIL DES MATERIAUX.....	5
I.7.1 La granulométrie	5
I.7.2 Test de pureté du sable : NF P 18-598.....	5
I.7.3 La masse volumique.....	6
I.7.4 La masse volumique apparente (NFP 94-064).....	6
I.7.5 La masse volumique absolue (NFP 94-301)	6
I.8 FORMULATION DES ENROBES BITUMINEUX FINS.....	6
I.9 DETERMINATION DE LA TENEUR EN LIANT.....	6
I.10 MODULE DE RICHESSE K.....	7
I.11 CALCUL DE LA COMPACTITE DES EPROUVETTES.....	7
I.12 CONCLUSION	8
CHAPITRE II : PRESENTATION DES MATERIELS UTILISENT	
II.1 INTRODUCTION	9
II.2 ESSAI HUBBARD FIELD.....	9
II.2.1 But de l'essai Hubbard Field.....	9
II.2.2 Principe de l'essai Hubbard Field.....	9
II.2.3 Appareillage.....	9
II.2.4 Mode opératoire.....	10
II.3 ESSAIS ULTRASONIQUES.....	11
II.3.1 Définition.....	11
II.3.2 Étalonnage de l'appareil	12
II.3.3 Historique.....	12
II.3.4 But et principe d'utilisation	12

II.3.5 Principales normes d'application	13
II.3.6 Modes opératoires	13
II.3.6.1 Travaux préparatoires	13
II.3.6.2 Points de mesures	13
II.3.7 Manières de mesure.....	14
II.3.7.1 Mesure en transparence (directe).....	14
II.3.7.2 Mesures en surface (indirecte)	14
II.3.7.3 Mesures semi directe	15
II.3.8 Avantages	15
II.3.9 Inconvénients	16
II.4 CONCLUSION.....	16

CHAPITRE III : PROCEDURES D'ESSAIS

III.1 INTRODUCTION.....	20
III.2 SABLE ALLUVIONNAIRE DE HASSI ESSAYEH.....	20
III.3 LES CARACTERISTIQUES DU SABLE ALLUVIONNAIRE.....	20
III.3.1 Masses volumiques (NFP 18-301)	21
III.3.2 Analyse chimique	22
III.3.3 Analyse granulométrique (NFP 18-560).....	22
III.3.4 Observation	22
III.4 BITUME MODIFIE 40/50.....	23
III.4.1 Définition.....	23
III.4.3 PR PLASTS.....	24
III.5 DETERMINATION DE LA PROPORTION DE BITUME.....	24
III.5.1 Calculateur de ratio de bitume	25
III.5.2 Détermination de la surface spécifique	25
III.5.3 Préparation et confection des éprouvettes.....	26
III.6 TESTS APPLIQUES AUX ECHANTILLONS.....	28
III.7 CONCLUSION.....	28

CHAPITRE IV : PRESENTATION ET DISCUSSION DES RESULTATS

IV.1. INTRODUCTION	30
IV.2. CONCLUSION.....	34
IV.3. CONCLUSION GENERALE.....	38

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

LISTE DES FIGURES

Figure II.1 : Appareil Hubbard Field.....	10
Figure II.2 : Modifier Hubbard- filed test set-up.....	11
Figure II.3 : Appareil ultrasoniques	13
Figure II.4 : Méthode de mesure directe	14
Figure II.5 : Méthode de mesure indirecte.....	15
Figure II.6 : Méthode de Mesures semi directe.....	15
Figure III.1 : Courbe du gradient de grain du sable alluvial	22
Figure III.2 : Evolution du fluage en fonction de la densité du bitume.....	27
Figure III.3 : Evolution du fluage en fonction de la densité du bitume.....	27
Figure IV.1 : Variation de la stabilité en fonction de la température.....	30
Figure IV.2 : Variation du fluage en fonction de la température.....	31
Figure IV.3 : Variation de la vitesse sonore avant et après conservation	32
Figure IV.4 : Variation de la stabilité selon la température de l'eau	32
Figure IV.5 : Variation du fluage selon la température de l'eau.....	33

LISTE DES TABLEAUX

Tableau III.1 : La masse volumique absolue et apparente des sables utilisés.....	21
Tableau III.2 : Analyses chimiques du sable utilisé.....	22
Tableau III.3 : Analyse granulométrique du sable alluvionnaire	22
Tableau III.4 : Spécifications du BMP NAFTAL	24
Tableau III.5 : Teneurs en liant pour différentes valeurs du module de richesse	25
Tableau III.6 : Teneurs en liant pour les différents mélanges	26

Introduction générale

Dans la plupart des pays, le monde se dirige vers le développement urbain, qui exige un réseau routier de haute qualité et une conception compétitive qui permet à la fois la sécurité et le confort pendant une longue période de temps, travailler à la conclusion de la nécessité pour les villes d'avoir une certaine conception des routes qui les distingue du reste de la conception, ce qui les rend pas obstacle aux villes vers l'expansion urbaine et structurelle.

Grâce aux routes, nous pouvons faciliter beaucoup de travail, comme le transport des cultures agricoles de leurs centres de production vers les ports d'exportation. Grâce à eux, nous pouvons transporter des biens et des produits manufacturés et importés du pays étranger vers des centres de consommation à l'intérieur du pays, par lesquels les gens se déplacent de n'importe où dans le monde. Cependant, le désir urgent de certains États d'absorber le plus grand nombre de véhicules et de personnel de manière intelligente ne conduit pas à des crises particulières de la circulation en périodes de pointe, en raison d'une augmentation spectaculaire de la population, ce qui est considéré comme un obstacle pour l'État et les ingénieurs.

Certaines des techniques et matières premières utilisées dans la construction routière ont été découvertes qui permettent à toute conception d'être mis en œuvre sans effort ou sans effort, comme cela a été le cas dans le passé, mais tous les pays essaient d'exploiter le plus grand nombre de kilomètres de routes au moindre coût et en toute sécurité et puisque tous les pays essaient d'exploiter leurs richesses naturelles et locales. Chaque jour, plusieurs kilomètres de rues, d'autoroutes et de pistes d'aéroport sont construits pour accroître le commerce et dynamiser les zones. Par conséquent, nous considérons que les routes sont essentielles pour que les autorités concernées maintiennent leur sécurité et leur comportement, assurant ainsi le confort de leurs citoyens. Les voies sont l'un des nerfs économiques de l'État d'intérêt et le développement est un succès au sein de l'État pour ses différents quartiers et villes.

Les routes se composent de quatre couches :

Dans ce projet, nous parlons de l'exploitation d'une richesse caractéristique des régions méridionales de l'Algérie, qui est le sable alluvionnaire connu dans la province d'Ouargla comme le "sable Hassi Sayah ", Qui se trouve en abondance dans le nord-est du désert algérien, et donc ce résumé est basé sur l'évaluation des ressources locales et des matériaux dans le mélange de bitume.

Le but de notre projet est d'exploiter le sable local sable alluvionnaire des complexes qui entrent dans le mélange d'asphalte, puis de déterminer la performance mécanique du mélange et de déterminer l'évolution de ses propriétés, en relation avec les spécifications du béton bitumineux de la couche porteuse formée dans notre projet (sable + bitume).

Après avoir déterminé le mélange (sable + bitume) ce mémoire est divisé en deux parties, bibliographique et expérimentale.

- Chapitre I : généralités sur les bétons bitumineux fins
- Chapitre II : Matériel utilisé
- Chapitre III: Procédures d'essais
- Chapitre IV: Présentation et discussion des résultats

CHAPITRE I
GÉNÉRALITÉS SUR LES BÉTONS
BITUMINEUX FINS

I.1 Introduction

Dans le présent chapitre, nous allons parler des sables bitumes de leur formulation ainsi que de leurs spécifications, pour cela nous donnerons plusieurs définitions concernant les matériaux constituant, de leurs caractéristiques et des paramètres influençant sur leur choix. Nous présenterons aussi des essais mécaniques effectués dans le cadre du choix de la formulation.

I.2 Matériaux composant le sable-bitume

On appelle couramment sables les matériaux dont le diamètre maximal est inférieur à 6,3mm et dont le passant à 80 microns n'excède pas 30%.

A cette définition se rattachent les sables de concassage mais lorsque l'on dit sable, on pense essentiellement aux sables naturels ; ces derniers sont abondants dans de nombreux pays où les réserves sont quasi inépuisables.

Les sables ainsi disponibles sont le résultat d'un processus souvent complexe

D'érosion et de sédimentation comportant à des degrés divers une décomposition sur place des différentes roches suivies d'un transport fluvial et parfois éolien. En règle générale, les différents processus qui conduisent de la roche massive aux sables sont suffisamment agressifs vis-à-vis des minéraux pour que seul subsistent les plus résistants c'est ainsi que la plus grande partie des formations sableuses est constituée de quartz d'une façon.

I.3 Les bitumes

Les bitumes sont composés d'hydrocarbures de masse moléculaire élevée appartenant en majorité aux groupes aliphatiques et naphthéniques, auxquels s'ajoutent en moindre quantité du soufre, de l'azote et des traces de métaux divers. Les hydrocarbures sont pour l'essentiel saturés et donc peu actifs.

Ils se présentent comme un système colloïdal dans lequel les micelles sont constituées d'asphaltènes, à forte masse moléculaire, peptisées par des résines, et la phase intermicellaire de maltènes, d'aspect huileux.

Les propriétés des bitumes résultent des proportions et de la composition chimique précise des différents constituants.

Leurs caractéristiques et leur comportement sont déterminés par un certain nombre d'essais dont les principaux sont l'essai de pénétrabilité, l'essai de ramollissement billes et anneaux, essai de point de flamme et l'essai de point d'éclair, qui permettent de les classer en catégories normalisées.

I.4 Définition du sable bitume

Le sable bitume est un mélange de sable (naturel ou artificiel) avec un bitume traité en centrale et destiné à être utilisé en couche d'assise ou couche de roulement ; pour des questions de coûts de revient, les sables généralement utilisés sont des sables naturels.

Les sables artificiels sont employés en apport à un sable naturel pour améliorer son angularité, sa granulométrie et introduire des fines.

Les sables naturels utilisés en construction routière sont prélevés :

- Soit dans des gisements appartenant à des couches géologiques classiques ;
- Soit dans des alluvions des rivières ou fleuves ;
- Soit, plus rarement, sur des plages ou dunes actuelles.

Les utilisations des sables dépendent essentiellement de leur granularité dans la mesure où celle-ci a une influence directe sur l'aptitude au compactage, la perméabilité et la capillarité.

Les essais mécaniques qui permettent de juger les sables bitumes sont donc ceux que subissent tous les mélanges bitumeux posés en assise de chaussée. Les types d'essais mécaniques correspondant aux fonctions de l'assise sont :

- Essais de module ;
- Essai de fatigue ;
- Essai de fluage dynamique ou l'orniérage L.P.C

I.5 Enrobé fin

C'est une technique réalisée à chaud. Il s'agit d'enrobé 0/D ($4 \leq D \leq 6$ mm).

Constitués entièrement de sable concassé, ils constituent des micro-bétons. Ils peuvent cependant contenir un certain pourcentage d'éléments roulés selon le niveau de performance souhaité lié à l'intensité du trafic.

Ils se distinguent des sables enrobés par une granularité plus étalée et un niveau de performances plus élevé. Ils sont également plus compacts.

Lorsqu'ils sont coulés, ils sont comparables à tous points de vue à des enrobés classiques 0/10 ou 0/14 pour une mise en œuvre en 4cm (enrobés d'entretien).

I.6 Domaine d'emploi

Les micro-bétons sont utilisables sur chaussées de tous trafics mais leur niveau de qualité et de performance les désignent plutôt pour les trafics les plus importants (supérieur à 1000 véhicules/jour). Tous les emplois envisageables avec les micro-enrobés le sont également avec les micro-bétons sans restriction sur la stabilité. Par ailleurs, l'influence des caractéristiques de surface vis-à-vis de la glissance peut être résolue par cloutage.

Les gammes d'épaisseur d'emploi sont également similaires (épaisseur normale d'utilisation de 3cm). Les limites d'emploi tiennent compte de la faible épaisseur résultant du niveau de trafic et de la déflexion.

I.7 Classification / seuil des matériaux

I.7.1 Granulométrie

- **Grossier** : plus de 20% des éléments sont supérieurs à 2mm
- **Mm** et plus de 50% des éléments supérieurs à 80 μ m sont compris entre 0,5 et 5mm.
- **Moyen** : moins de 20% des éléments sont supérieurs à 2mm et plus de 50% des éléments supérieurs à 80 μ m sont compris entre 0,2 et 2mm.
- **Fin** : plus de 75% des éléments supérieurs à 80 μ m sont inférieurs à 0,5mm

I.7.2 Test de pureté du sable : NF P 18-598

Cette expérience permet de mesurer la pureté du sable, et rend compte de manière exhaustive de la quantité et de la qualité des microéléments en exprimant le rapport entre les éléments sableux sédimentaires et les microéléments accumulés (argile et impuretés).

I.7.3 La masse volumique

La densité est un terme utilisé pour décrire la densité d'un corps, où la densité d'un corps ou la masse volumétrique est la quantité de corrélation entre le volume et la masse, et elle est connue par les règles NFP 18-301

Son but est de connaître le type d'agrégat utilisé et sa densité, ainsi que de connaître les tailles et les blocs qui sont inclus dans l'installation du béton, et il existe deux types de masse volumétrique.

I.7.4 La masse volumique apparente (NFP 94-064)

La densité apparente est définie comme la masse du volume apparent d'un corps, c'est-à-dire le volume constitué de la substance du corps et des vides qu'il contient.

La densité apparente est calculée à l'aide de la relation suivante :

$$\rho_{app} = (M1 - M0) / V$$

ρ_{app} : La masse volumétrique apparente. **M1** : Poids de l'échantillon vase.

M0 : poids de la marmite.

Vt : Taille totale de l'échantillon

I.7.5 La masse volumique absolue (NFP 94-301)

La densité absolue est définie comme la masse absolue d'un corps, c'est-à-dire le volume constitué de la substance d'un objet. Sans les espaces qu'il contient

La densité absolue est calculée par la relation suivante :

$$\rho_{ab} = M_s / V_s$$

ρ_{ab} : Masse volumétrique absolue. **M_s** : Poids des granulés solides

V_s : taille des particules solides

I.8 Formulation des enrobés bitumineux fins.

Les sables bitumes sont des matériaux qui permettent d'effectuer revêtements minces (2,5 à 3,5 cm). Ainsi la technique du sable bitume consiste, à partir d'un sable simple ou composé, à choisir une teneur en liant. On vérifie que le pourcentage des vides est convenable et que la stabilité est suffisante

Une composition des enrobés bitumineux se résume :

- Au choix de la granulométrie de l'ossature qui conduit à un minimum de vides
- A la recherche de la quantité de liant capable à la fois d'enrober totalement les grains du mélange et d'en permettre l'agglutination totale suivant le meilleur arrangement.

I.9 Détermination de la teneur en liant.

La teneur en liant d'un enrobé bitumineux dépend de la granulométrie de l'ossature et plus exactement de la surface spécifique. Cette surface est d'ailleurs déterminée en grande partie par le

filler proprement dit et dans une certaine mesure par le sable fin. La teneur en liant sera définie lors de l'étude en laboratoire en utilisant la formule suivante :

$$T = \alpha \cdot K \sqrt[5]{\Sigma}$$

α : coefficient de correction destiné à tenir compte de la masse volumique des granulats tel que $G \gamma$

$\alpha = 2,65$, où γG : masse volumique réelle des granulats Σ : surface spécifique conventionnelle telle que :

K : module de richesse.

$\Sigma = 4,75 + 1,3 f$ (formule de Duriez) f : pourcentage de fines ($d < 80 \mu\text{m}$)

I.10 Module de richesse K

Dans l'expression précédente la valeur est appelée «module de richesse en liant» ou en abrégé module de richesse. Il est caractéristique de l'épaisseur du film de liant enrobant les grains d'agrégats, d'où son nom. Son choix est sous la dépendance de la déformabilité, du climat, de la nature et de l'intensité du trafic.

D'une manière générale la valeur du module de richesse K varie entre 3,75 et 4,25.

$$K = \frac{P}{\alpha \cdot \sqrt[5]{\Sigma}}$$

I.11 CONCLUSION

Comme nous avons vu précédemment, le béton bitumineux est constitué de deux éléments principaux ; les granulats et le bitume. La liaison entre ces deux composants est très complexe et pour formuler un enrobé convenable plusieurs critères sont à prendre en considération telle que le trafic, les conditions climatiques et les matériaux existants...etc.

Le mélange bitume-agrégat obtenu doit avoir :

1. suffisamment de bitume pour donner un pavage durable.
2. une stabilité suffisante pour satisfaire les exigences de trafic.
3. suffisamment de vides pour pallier aux phénomènes d'expansion liés aux propriétés spécifiques du bitume (dilatation thermique).
4. une maniabilité suffisante pour permettre une mise en place efficace du mélange.

Chapitre II

Matériel utilisé

II.1 Introduction

Dans ce chapitre de la première partie, nous allons aborder la présentation et l'importance de l'utilisation de Hubbard Field.

Et le second chapitre est celui des expériences non destructrices, nous allons dépendre plus des ultrasons.

Donc dans ce chapitre, d'abord, nous allons présenter la définition des ultrasons, et puis le réglage matériel et cible, et le principe d'utilisation, et finalement le résultat qui résume toute l'information requise.

II.2 Hubbard Field

II.2.1 But de l'essai Hubbard Field

Cet essai, qui n'est pas exactement l'essai américain Hubbard Field, a pour but de donner des indications sur la stabilité, c'est-à-dire sur la résistance à la déformation d'un mortier ou d'un béton bitumineux.

II.2.2 Principe de l'essai Hubbard Field

Les éprouvettes nécessaires à la réalisation de l'essai sont fabriquées par compactage et compactage statique à double effet. Les éprouvettes sont conservées dans des conditions définies avec immersion pour certaines ou sans immersion pour d'autres. La stabilité conventionnelle (à 18 °C ou 60°) est la force maximale nécessaire pour provoquer l'extrusion de l'éprouvette à travers un anneau calibré. Le rapport de stabilités conventionnelles des éprouvettes avec immersion aux stabilités des éprouvettes sans immersion caractérise la tenue à l'eau.

II.2.3 Appareillage

Les matériaux bitumineux utilisés dans les recherches en laboratoire doivent être du même type provenant de la même source d'approvisionnement ou de fabrication que les matériaux proposés pour une utilisation sur le terrain. Sauf indication contraire spécifiés ou approuvés, les matériaux bitumineux doivent être conformes aux exigences de la norme australienne appropriée (bitume, bitume fluidifié, émulsion de bitume ou goudron)

L'appareillage pour exécution de l'essai Hubbard Field est donné comme suite ;

- a. une presse permettant le compactage et le maintien d'une charge de 42 KN à $\pm 5\%$ pendant 5min.
- b. une presse dont la vitesse d'avancement moyen à vide est de 1mm/set équipée d'un dispositif permettant de mesurer l'effort.
- c. Appareil de mélange avec un plateau, une truelle, une spatule et une pelle.
- d. Appareils de cantonnement tels que plaques métalliques
- e. Plats mélangeurs en métal.
- f. Moules en acier
- g. Une plaque de base en acier usiné.
- h. Une balance d'une capacité d'au moins 2kg.
- i. Une machine d'essai de stabilité de type Hubbard-Field
- j. Un ensemble de moules d'essai.
- k. Un four thermostat avec circulation d'air,

- l. Une éprouvette graduée 100ml
- m. Un mortier en porcelaine
- n. Un minimum de six moules cylindriques de compactage (voir Figure II.1)
- o. Une rehausse, 12 coquilles d'espacement (voir Figure II.1)
- p. Un minimum de six pistons de compactage et de compression.
- q. Deux pilons de damage en acier.
- r. un anneau d'essai en acier trempé
- s. un support d'anneau



Figure II.1 : Appareil Hubbard Field

II.2.4 Mode opératoire

Connaissant la granulométrie de l'agrégat minéral et la teneur en liant, on pèse dans un récipient de 1000 cm³ les différentes portions granulométriques. Les pesées sont calculées de façon à obtenir 200g d'agrégats.

Dans un autre récipient on pèse la quantité de liant correspondant à 200g d'agrégats.

Le récipient contenant les agrégats est conservé pendant 1 heure dans une étuve chauffée à 140°C. Le récipient contenant le liant est maintenu pendant 1 heure à 100°C dans une étuve.

Au bout de ce temps, les agrégats sont versés dans le récipient contenant le liant et malaxé à l'aide d'un malaxeur, sinon à l'aide d'une spatule ou cuillère métallique.

Les agrégats un fois enrobés, on place 100g du mélange dans le moule préalablement chauffé à 100°C et légèrement graissé (par un mélange d'oléate de soude et de glycérine). On dame le mélange de 60 coups énergiques avec le pilon de damage n°1, puis de 15 à 20 coups avec le pilon N°2 ; on introduit ensuite le pilon de compression et l'on place le moule sur le plateau de la presse.

On applique sur le pilon une pression de 210 kg/cm² (soit un effort de 4200kg pour une surface de 20cm² environ) ; cette pression est maintenue pendant 5mn. On revient lentement à la position initiale, l'éprouvette est démoulée, celle-ci exposée pendant 24h à 18°C et l'essai de stabilité est effectué de la façon suivante :

On introduit l'éprouvette dans le cylindre d'essai en la plaçant au-dessus de l'anneau d'essai préalablement fixé sur son support.

L'ensemble est placé sur le plateau de la presse, on exerce une pression sur l'éprouvette et on règle la pression à une vitesse de 1,56 mm/s. Il se produit d'abord une distorsion de l'éprouvette à travers l'orifice de l'anneau d'essai. La pression enregistrée au manomètre de la presse s'élève rapidement pour atteindre un maximum après lequel elle diminue brusquement lorsque l'éprouvette flue à travers l'orifice.

La valeur maximale de la charge totale appliquée sur l'éprouvette est par définition la valeur de la stabilité. Cette valeur donnée en kilogrammes par centimètre carré pour une température de 18°C. L'essai peut aussi être effectué à la vitesse de déformation de 0,21 mm/s. Enfin, l'essai est effectué soit à 18°C soit à 60°C en utilisant une vitesse de déformation de 1mm/s.

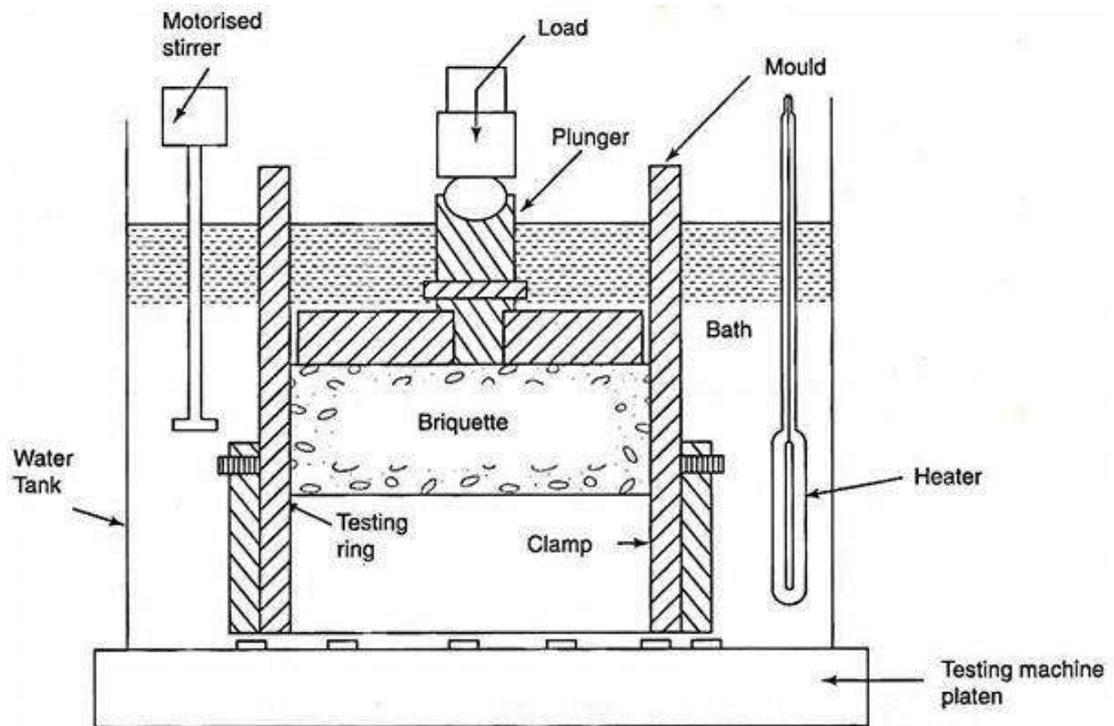


Figure II.2: Modified Hubbard Field test set-up

II.3 ESSAIS ULTRASONIQUES

II.3.1 Définition

Les méthodes traditionnelles d'évaluation des propriétés mécaniques des chaussées sont généralement coûteuses, car des carottes sont forées et expédiées à un laboratoire pour tests correspondants. Pour éviter les travaux fastidieux et les dommages causés à la chaussée par le carottage, des techniques de contrôle non destructif (CND) peuvent être appliquées en remplacement, telles que le géoradar (GPR), l'analyse spectrale des ondes de surface (SASW) et la technologie de contrôle par ultrasons. (UTAH). La technologie de test par ultrasons est l'une des méthodes de test non destructif les plus largement utilisées, dans laquelle les ondes ultrasonores sont excitées par un transducteur à ultrasons, propagées à travers un milieu et reçues par le transducteur à l'autre extrémité. Ces ondes élastiques comprennent les ondes longitudinales et de cisaillement. En termes d'ondes longitudinales, la vibration des particules se produit dans la

direction parallèle à la propagation des ondes, alors que pour les ondes de cisaillement, les particules vibrent dans la direction perpendiculaire à la propagation des ondes.

II.3.2 Étalonnage de l'appareil

L'ultrason doit toujours être contrôlé par des essais d'étalonnage avant chaque utilisation.

L'étalonnage consiste à vérifier le temps de propagation à travers la tige d'étalonnage dont le temps est connu à l'avance. Il faut ajuster l'ultrason dans le cas où le temps mesuré ne correspond pas à celui marqué sur la tige d'étalonnage.

II.3.3 Historique

L'essai non destructif du béton est de grande importance scientifique et pratique. Le sujet a suscité l'attention croissante pendant ces dernières années, particulièrement le besoin de caractérisation de la qualité des constructions endommagées faites en béton, en utilisant des méthodes non destructives.

Une gamme d'essais non destructifs in-situ, a été développée, par tant de chercheurs

Dans ce domaine : Le premier essai non destructif à été réalisé par WILLIAMS EN (1936), en suite et pendant le développement de domaine de construction, ERNEST SCHMILT (1948), JONES (1962), WHITEHURST (1966), MALHOTRA (1976) ont présenté une enquête complète de littérature sur les méthodes non destructives normalement utilisées pour l'essai et l'évaluation du béton, BUNGEY (1982). Au milieu des années soixante SKRAMTAEV ET LESHCHINSKY (1966) ont proposé pour la première fois l'utilisation de deux méthodes non destructifs ensembles, et le travail le plus fondamental à ce sujet a été présenté par FACAOARU (1969). En (1991) LESHCHINSKY a récapitulé les avantages des essais non destructifs comme réduction de la consommation de travail de l'essai, une diminution de la consommation de travail des travaux préparatoires, un peu de dommages structuraux, une possibilité d'examiner la résistance en structures ne peuvent pas être forés avec application de moins d'équipement d'essai cher, par rapport à l'essai destructif. Ces avantages sont sans valeur si les résultats ne sont pas fiables, représentatif, et aussi étroitement comme possible à la force réelle de la partie examinée de la structure.

II.3.4 But et principe d'utilisation

Ces essais sont rapides et faciles à mettre en œuvre, et apportent de surcroît une réponse globale à l'échelle d'une structure ou d'un ouvrage, dans le cadre de contrôles d'ouvrages neufs ou en construction comme de diagnostics d'état d'ouvrages anciens.



Figure II.3 : Appareil ULTRASONIQUE

II.3.5 Principales normes d'application

Le principe de la méthode consiste à mesurer le temps mis par une onde, d'où le nom de la méthode (essai de vitesse de propagation d'ondes sonores) à parcourir une distance connue. D'après LESLIE et CHEESMAN, l'état du béton totalement inconnu peut se déterminer approximativement selon la vitesse mesurée.

Les impulsions sont produites par des cristaux piézo-électriques à excitation par choc des cristaux semblables sont utilisées dans le récepteur JONS.R ET FACAOARU (1969).

La fréquence de générateur d'ondes est comprise entre 10 et 150 HZ, le temps de propagation des ondes dans le béton est mesuré par des circuits de mesure électroniques.

II.3.6 Modes opératoires

II.3.6.1 Travaux préparatoires

- Poncer et égaliser la partie de la surface de l'élément à ausculter où le transducteur sera fixé,
- Employer un matériau intermédiaire entre les deux et en prenant soin de vérifier que l'appareil est bien appliqué contre la surface à tester à l'aide d'un matériaux d'interposition comme la vaseline, un savon liquide ou une pâte constituée de Kaolin et de glycérol.

II.3.6.2 Points de mesures

Le nombre de points de mesures dépend des dimensions de l'ouvrage à tester. Pour un grand panneau (dalle, voile, radier, etc.) les points de mesures sont situés aux intersections d'un quadrillage d'une maille de 0.5m. Le cas des petits éléments (poteaux,

poutres, etc.), les mesures se font en six points.

On recommande une distance minimale de parcours de 400 mm pour les mesures en surface.

II.3.7 Manières de mesure

La détermination de la vitesse de propagation des ultrasons se fait de trois manières, suivant le type de l'élément à tester :

II.3.7.1 Mesure en transparence (directe) :

Es mesures en transparence sont utilisées dans le cas des éprouvettes, des poteaux ou de certaines poutres. Les transducteurs sont appliqués sur les deux faces de l'élément à tester. Figure II.4.

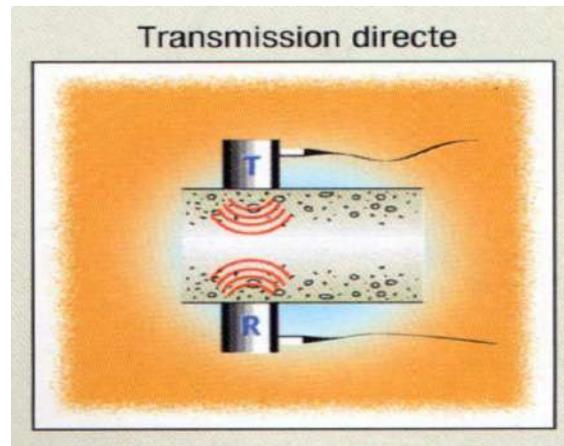


Figure II.4 : Méthode de mesure directe

II.3.7.2 Mesures en surface (indirecte) :

Elles sont utilisées sur tous les éléments de structure et sur les éprouvettes, mais plus particulièrement sur les dalles et éléments en longueur Figure II.5.

L'émetteur est maintenu en un point fixe, le récepteur est déplacé successivement à des distances marquées à l'avance.

Après avoir relevé le temps correspondant à un point considéré, on passe au point suivant.

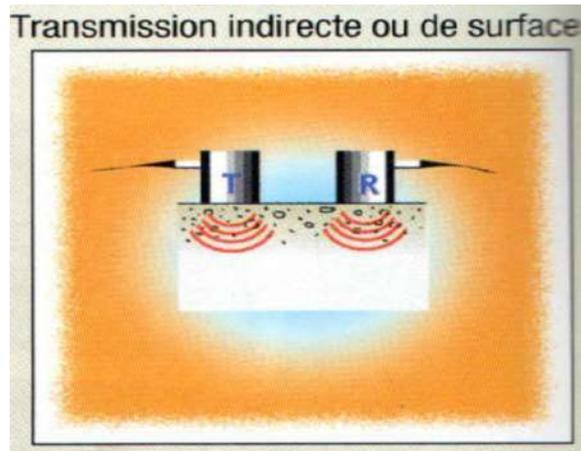


Figure II.5 : Méthode de mesure indirecte

II.3.7.3 Mesures semi directe

Elles sont utilisées sur tous les éléments de structure et sur les éprouvettes, mais plus particulièrement sur les éléments de structure où on ne peut pas utiliser les deux autres manières (Figure II.6).

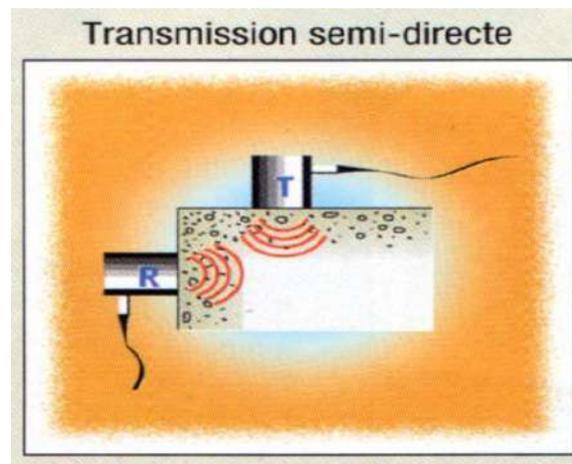


Figure II.6 : Méthode de Mesures semi directe

II.3.8 Avantages :

- Sensible aux discontinuités superficielles et souterraines.
- Pénétration plus profonde pour détecter ou mesurer un défaut que les autres méthodes NPT.
- Seul un accès unilatéral est requis lors de l'utilisation du Pulse Echo.
- Haute précision dans la localisation du réflecteur et l'estimation de sa taille et de sa forme.
- Une préparation minimale des pièces est requise.
- Des images détaillées peuvent être produites avec des systèmes automatisés.
- Il n'est pas dangereux pour les opérateurs ou le personnel à proximité et n'affecte pas le

matériau testé.

- Il a d'autres utilisations, telles que la mesure de l'épaisseur, en plus de la détection des défauts.
- Ses équipements peuvent être hautement portables ou hautement automatisés.

II.3.9 Inconvénients :

- La surface doit être accessible pour transmettre les ultrasons.
- Les compétences et la formation sont plus étendues qu'avec d'autres méthodes.
- Il nécessite normalement un milieu de couplage pour favoriser le transfert de l'énergie sonore dans l'échantillon d'essai.
- Les matériaux rugueux, de forme irrégulière, très petite, exceptionnellement mince ou non homogène sont difficiles à inspecter.

Dans ce chapitre, nous avons discuté du test principal effectué sous la forme "d'ultrasons".

Ce test a été choisi pour la vitesse des ultrasons et le temps nécessaire aux ondes pour traverser l'échantillon, à partir duquel le rapport d'intensité peut être déduit.

II.4 Conclusion

Nous avons présenté ici Hubbard Field et les ultrasons, et nous avons trouvé leurs caractéristiques, leurs traits distinctifs, leur usage, Ces deux instruments sont les plus importants utilisés dans l'étude.

Chapitre III

Procédures d'essais

III.1 Introduction

Ce chapitre a pour objectif de présenter les matériaux utilisés dans le cadre de cette étude et les diverses techniques qui ont servi à fabriquer et à caractériser les sables bitumes.

Donc dans ce chapitre, d'abord, nous allons exposer les caractéristiques des différents matériaux utilisés dans la composition de sable bitume, à savoir :

- La masse volumique ;
- La granulométrie ;
- La composition chimique ;
- Equivalent de sable...etc.

Puis, nous présentons les mélanges choisis dans cette étude par la détermination de distribution granulométrique de chaque mélange choisi et les dosages de bitume supposés. Finalement la conclusion qui récapitule tous les renseignements nécessaires exposé (Sachant que les essais réalisés dans cette étude sont faites au niveau de laboratoire LTPS de Ouargla).

III.2 Sable alluvionnaire de Hassi Essayeh

Le sable alluvial est un matériau granulaire naturel constitué de particules de roches fracturées et de miettes minérales, défini en volume comme un matériau dont les particules sont plus petites que le gravier et plus grosses que le limon (limon).

Dans notre étude, nous avons utilisé du sable alluvionnaire de la zone de Hassi Sayeh dans la Wilayat de Ouargla (cette zone est à 30 km de la ville d'Ouargla en direction de Hassi Messaoud). Cela n'a pas été utilisé dans une étude similaire)

III.3 Les caractéristiques du sable alluvionnaire

Dans notre étude, nous avons utilisé un type de sable, qui est le sable alluvial de Hassi Sayeh, et ce sable provient de la région d'Ouargla.

III.3.1 Masses volumiques (NFP 18-301)*

A. Masse volumique absolue : est la masse par unité du volume de la matière qui constitue le sable, sans tenir compte des vides qui peuvent prendre place entre les grains .La formule qui permet de calculer ce paramètre est :

$$\gamma_s = \frac{M}{V_s}$$

Tels que :

γ_s : La masse volumique absolue (t/m³, g/cm³)

M : La masse de l'échantillon (g)

V_s : Le volume absolu de l'échantillon (cm³)

B : Masse volumique apparente norme (NFP 94-064) : par définition la masse volumique

(γ_a) d'un échantillon est le quotient de sa masse (M) par son volume (V_a) qu'il occupe

$$\gamma_a = \frac{M}{V_a}$$

γ_a : La masse volumique apparente (Um', g/cm³)

M : La masse de l'échantillon (g)

V_a : Le volume apparent de l'échantillon (cm³).

Les résultats se résument dans le tableau suivant pour les différents sables :

Tableau III.1 : Masse volumique absolue et apparente du sable utilisé

Type de sable	Y _s (g/cm ³)	Y _a (g/cm ³)
Sable alluvionnaire	2.58	1.50

III.3.2 Analyses chimiques

Le tableau (III.2) expose les pourcentages des composants chimiques du sable.

Tableau III.2 : Analyse chimiques du sable

Composant	Pourcentage (%)
Insolubles	92.94
CaSO ₄ , 2H ₂ O	1.16
SO ₃	0.21
CaCO ₃	2
NaCl	0.035
Cl	0.021

III.3.3 Analyse granulométrique (NFP 18-560) :

Cet essai a pour objectif de déterminer la répartition des grains suivant dimensions ou grosseurs pour les granulats supérieurs au diamètre 0,08 mm résultats de l'analyse granulométrique sont données sous forme d'une courbe granulométrique. Le tableau ci-dessous montre la répartition des particules de sable alluvial :

Tableau III.3 : Analyse granulométrique du sable alluvionnaire :

Tamisa (mm)	5,0	2,0	8,0	8,5	8,2	8,80
Tamisât (%)	98	76	61	36	18	15

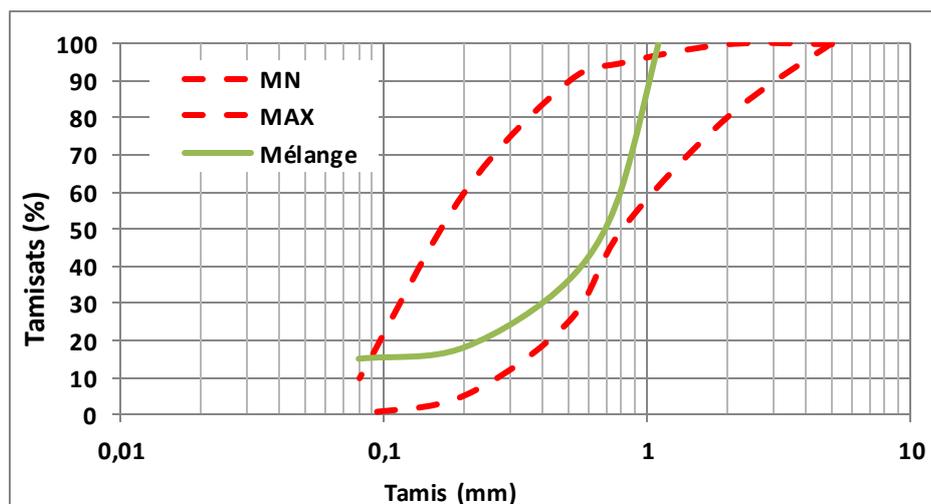


Figure III.1 : Courbe granulométrique du sable de Hassi sayah

III.3.4 Observation:

La courbe ci-dessus représente la courbe de la taille du sable alluvial, et nous voyons que ce sable relativement grossier contient 98% de ses composants moins de 5mm

III.4 Bitume 40/50 modifiés

Le bitumes modifié utilisé dans notre partie expérimentale provient de la centrale d'enrobage du groupe à El Eulma - Sétif – Algérie

III.4.1 Définition

Le BMP Naftal est un bitume dont les propriétés rhéologiques ont été modifiées durant sa fabrication par l'emploi de poly mères de synthèse (Annexes).

Tableau III.4 : Spécifications du BMP NAFTAL Norme EN 14023/NA 16339

Caractéristique	Méthode	Unité	Spécifications
Pénétrabilité à 25 C	EN1426	1/10 mm	20-30
Température de ramollissement	EN 1427	C	≥60
Point de fragilité FRAAS	EN 12593	C	Salon la classe demande
Retour élastique à 25	EN 13398	%	≥60
Stabilité au stockage. Différence de pénétrabilité. Différence de point de ramollissement.	EN 13399 EN 1426 EN 1427	1/10 mmC	≤ 9 ≤ 5

III.4.2 PR Plalsts

Le PR PLAST est issu d'un mélange de polymères, pré-gavé au bitume spécial et traité avec un agent anti-retrait. Il est utilisé pour la fabrication d'enrobés bitumineux en couche de roulement et de liaison (Annexes).

III. 5 Détermination de la proportion de bitume

Après avoir terminé l'expérience de gradient granulaire, nous discuterons du pourcentage de bitume, sachant que le nombre d'échantillons qui seront soumis à l'expérience est de 20 échantillons.

Quant à la détermination de la proportion appropriée de bitume, elle dépend de la qualité de l'enrobé utilisé.

III.5.1 Calculateur de ratio de bitume

Selon le system François, le poids de l'œil est de 100 g, et donc le poids des échantillons est de 2000 grammes (bitume + sable).

La teneur en liant «T» est déduite de la surface spécifique «Σ» correspondant aucun module de richesse «K» choisi en fonction de l'importance du trafic :

En faisant varier le module de richesse K dans l'intervalle relatif des BB, la teneur en liant peut prendre les valeurs consignées dans le tableau

Tableau III.5 : Teneurs en liant pour différentes valeurs du module de richesse

K	3,45	3,6	3,75	3,9
TL (%)	5,28	5.51	5,74	5,97

La teneur en liant est déterminée en pourcentage du poids des agrégats et selon la méthode de calcul suivante.

$$T = \alpha . K \sqrt[5]{\Sigma}$$

α : Coefficient correcteur tenant compte de la masse volumique des agrégats ($\alpha = 1.04$)

III.5.2 Détermination de la surface spécifique

La surface spécifique «Σ» des granulats est donnée par la relation : $\Sigma =$

$$(0.25G + 2.3S + 12s + 135f) / 100$$

G, S, s et f sont respectivement les proportions d'éléments tels que :

- G : pourcentage d'éléments > 6,3 mm.
- S : pourcentage d'éléments compris entre 6,3 et 0,315mm.
- s : pourcentage d'éléments compris entre 0,315 et 0,08mm.
- f : pourcentage d'éléments < 0,08mm.

Suivant la courbe granulométrique du mélange, les valeurs de ces derniers sont respectivement :

G	0
S	78
s	20
f	2

La surface spécifique correspondante est $\Sigma = 6.89 \text{ m}^2/\text{kg}$.

La teneur en liant «T» est déduite de la surface spécifique «Σ» correspondant à un module de richesse «K» choisi en fonction de l'importance du trafic :

En faisant varier le module de richesse K dans l'intervalle relatif des BB, la teneur en liant peut prendre les valeurs consignées dans le tableau (III.5).

Moyennant les teneurs en liant mentionnées en tableau (III.6), quatre mélanges ont été confectionnés, dont les caractéristiques sont données en tableau (III.6).

Tableau III.6. Teneurs en liant pour les différents mélanges

	Mélange A	Mélange B	Mélange C	Mélange D
K (%)	3,45	3,60	3,75	3,90
Bitume (%)	5,28	5.51	5.74	5.97
Poids bitume (g)	59.40	61.99	64.58	67.16
Poids SAB-ALL (g)	1065.60	1063.01	1060.43	1057.84
Poids total (g)	1125	1125	1125	1125

III.5.3 Préparation et confection des éprouvettes

Le bitume de caoutchouc, fabriqué selon le procédé décrit ci-dessus, est utilisé pour produire des éprouvettes de type Hubbard Field conformément à la norme NF P98-251-3 « Mélange d'éprouvettes par choc-compression ».

Le bitume est placé dans un four à 150 °C pendant 2h et le sable est chauffé afin qu'il n'y ait pas de collision entre les différentes températures et n'oubliez pas de mettre les moules à une température modérée. Dans le mélange de bitume, les outils utilisés ne doivent pas être

froids, Après avoir terminé la préparation du mélange, des échantillons sont prélevés comme décrit au chapitre deux, selon le système français (afnor Association Française de Normalisation)

Après avoir terminé la préparation des échantillons, ils sont soumis aux expériences d'Hubbard Field, et nous en déduisons la valeur de stabilité et de fluage à travers laquelle nous déterminons la proportion appropriée de bitume pour le mélange.

Au final on obtient deux courbes (fluage et stabilité) et on en déduit les proportions bitu

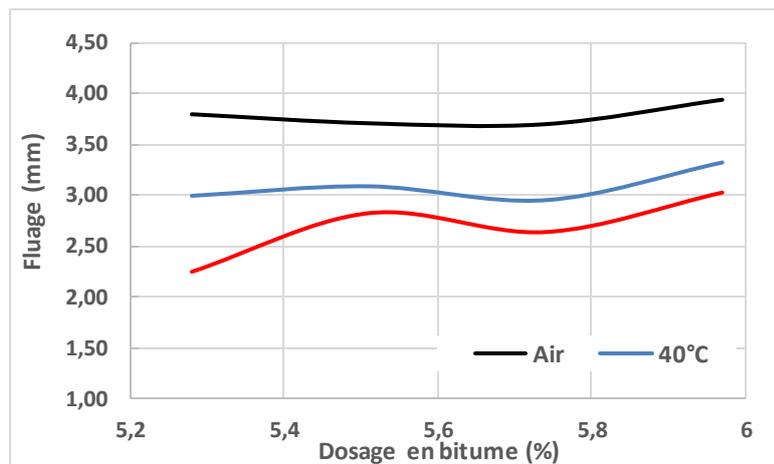


Figure III.2 : Evolution du fluage en fonction de la densité du bitume

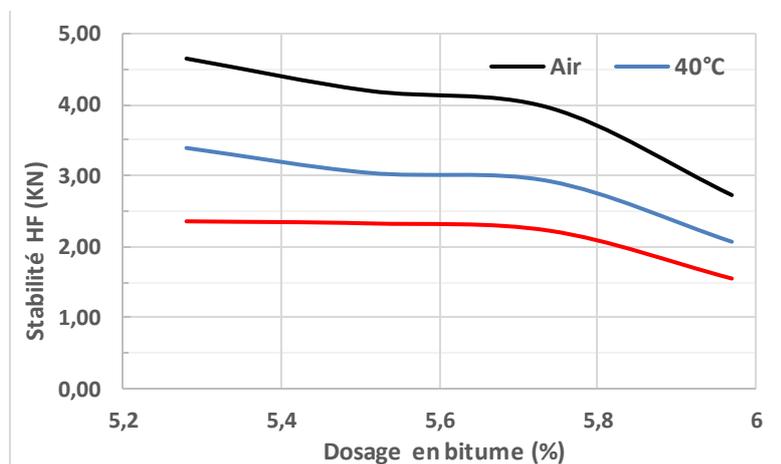


Figure III.3 : Evolution de la stabilité HF en fonction de la densité du bitume

Selon les figure III.2 et III.3 le pourcentage optimal en bitume qui correspond au fluage le plus faible et la plus grande valeur en stabilité, est d'environ 5,74%

Préparation d'échantillon avec le pourcentage optimal de bitume (5.75%).

Après avoir terminé la sélection de la proportion appropriée de bitume, nous discuterons de la préparation de nouveaux échantillons pour les exposer à plusieurs essais et à des températures variables pour voir leur capacité à résister et l'étendue de leur capacité à résister à une chaleur élevée.

Les échantillons sont préparés avec les mêmes étapes précédentes mentionnées ci-dessus et comme indiqué dans une bande vidéo enregistrée en laboratoire lors de la préparation des échantillons.

Où l'échantillon est laissé à l'air libre pendant 24 heures puis soumis à des expériences.

III.6 Tests appliqués aux échantillons

1-Hubbard Field conformément à la norme (NF P98-251-3)

La méthode d'explication, son utilisation et la manière de l'appliquer à l'ensemble de l'échantillon sont mentionnées au chapitre trois. On en déduit la valeur de la stabilité et du fluage.

2-Ultrason.

La méthode d'utilisation est expliquée dans le troisième chapitre où la vitesse des ultrasons est mesurée et la valeur de Densité.

III.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons déterminé le type de sable utilisé (sable de placer) selon la norme préconisée. Après analyse du sable, nous avons conclu que le sable alluvionnaire est aussi un sable propre de nature siliceuse et à des particules bien classées. De cette étude, nous avons utilisé le mélange de bitume 40/50 de l'usine NAFAL +sable de Hassi sayeh.

Chapitre IV

Présentation et discussion des résultats

IV.1 INTRODUCTION

Après avoir terminé les expériences à réaliser, nous avons utilisé l'appareil à ultrasons et l'essai *Hubbard Field*, grâce auquel nous avons obtenu la vitesse à couper par les ultrasons proportionnellement à l'échantillon, et grâce auquel le rapport de densité peut être déduit lorsqu'il est exposé à différentes températures et au milieu de l'eau à certaines températures. Conclusions et observations, si les résultats étaient satisfaisants, correspond-il à l'environnement désertique, pouvons-nous exploiter le maximum possible de sable dans l'asphalte. Sur la base des résultats obtenus, nous avons décidé.

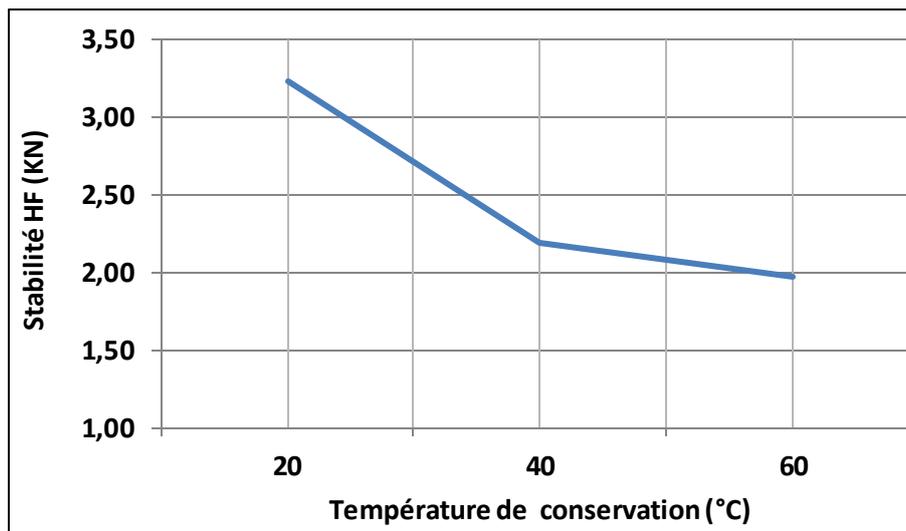


Figure IV.1 : Variation de la stabilité en fonction de la température

Cette figure représente la stabilité de l'échantillon en termes de changement de température, car plus la température n'est élevée, plus la valeur de stabilité de l'échantillon n'est faible.

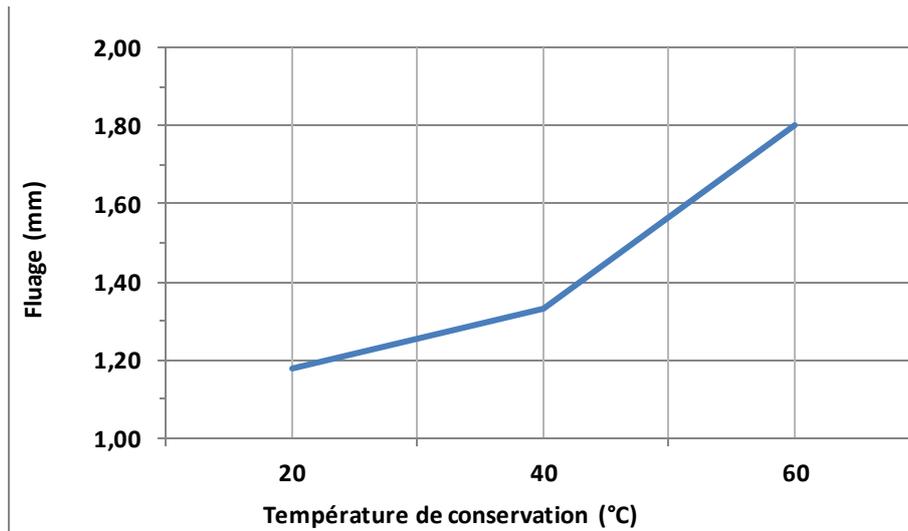


Figure IV.2 : Variation du fluage en fonction de la température

L'énoncé représente le changement des valeurs de crawl par les changements de température alors que nous observons une augmentation de la valeur de fluage par l'augmentation de la température..

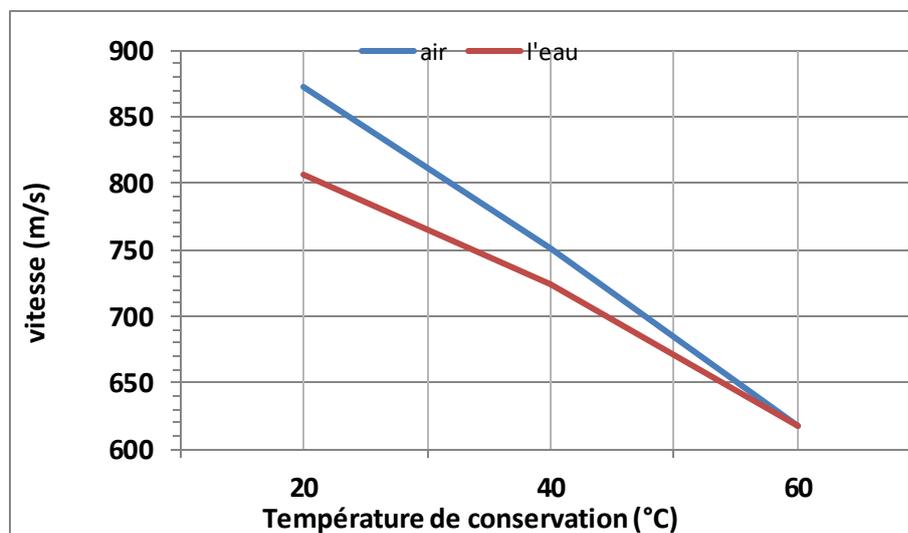


Figure IV.3 : Variation vitesse avant et après conservation

L'énoncé représente l'impact de la température sur la vitesse des ondes sonores, où plus la température n'est élevée, plus la vitesse des ondes n'est faible.

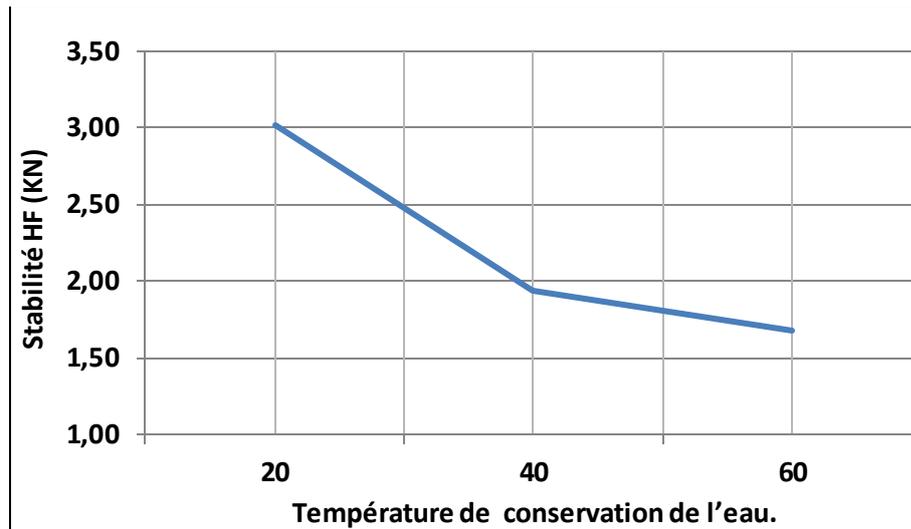


Figure IV.4 : Variation de la stabilité selon la température de l'eau de conservation

L'énoncé représente la variation des valeurs de stabilité en raison des changements de température de l'eau, tout en observant une diminution de la stabilité en raison de la température élevée de l'eau.

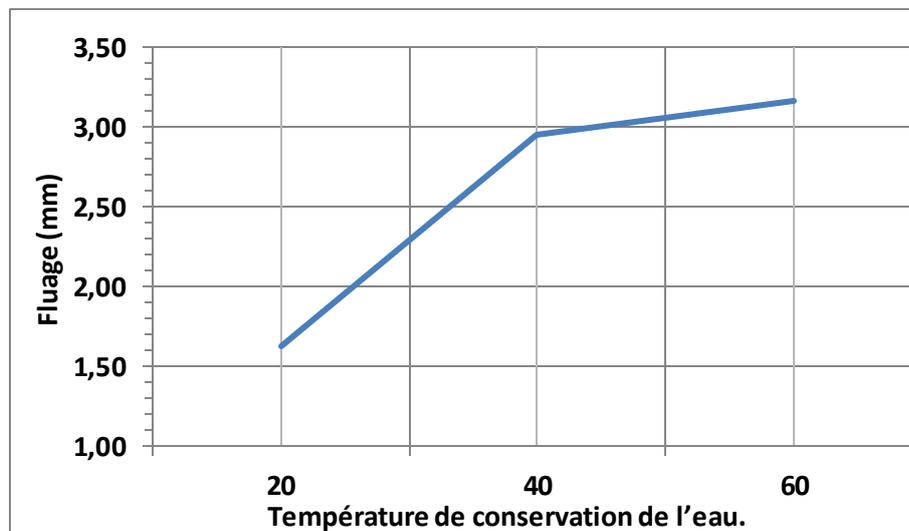


Figure IV.5 : Variation du fluage selon la température de l'eau de conservation

L'énoncé représente la valeur de crawl à mesure que la température de l'eau change, car nous constatons une augmentation de la valeur de crawl à mesure que la chaleur de l'eau augmente.

- Nous remarquons de la Figure **IV.8 et IV 9.** (Annexes) que les résultats de la stabilité Hubbard Field constituée de bitume 40/50 modifié sont meilleurs que les résultats de la stabilité de Hubbard Field dans le bitume 40/50, dans l'eau et dans l'air
- Nous remarquons par la Figure **IV.5 et IV.2** que les résultats du fluage de Hubbard Field constituée de bitume 40/50 modifié sont meilleurs que les résultats du fluage de Hubbard Field dans le bitume 40/50l, dans l'eau et dans l'air.
- Nous remarquons par la **Figures IV.1 et IV.3** ci-dessus, on observe clairement qu'à 20 ° C, le temps de vitesse d'impulsion ultrasonore était élevé et avait tendance à diminuer avec l'augmentation de la température du liant remplissant les lacunes dans les cavités dues à la fluidité. En d'autres termes, la vitesse de passage des ultrasons était élevée lorsque les cavités étaient moins présentes dans l'échantillon et vice versa car la vitesse de déplacement des ondes est beaucoup plus rapide dans l'air que dans les solides, c'est-à-dire les agrégats. Cependant, d'un autre côté, en raison à une augmentation de la douceur du liant sous l'influence de la température, la stabilité des échantillons s'est avérée réduire de manière significative.

IV.2 Conclusion

Cette étude nous a permis de mettre en valeur la technique de bitume fin dans les ouvrages routiers et de préciser un certain nombre de point.

les stabilités Hubbard Field trouvés sont insuffisantes en comparaison avec la norme CTTTP pour un BB 0/14. On trouve que cette différence peut atteindre presque la moitié et ceci est logique puisque le squelette granulaire reprend la majorité des charges et bien sûr on sait que le gravier et le sable sont différents du côté propriétés intrinsèques ou peut être dû à une granulométrie défectueuse, des frottements internes insuffisants, dans l'emploi d'un bitume trop mou, ou à une adhésivité insuffisante.

La stabilité Hubbard Field pour le mélange sont admissible en comparaison avec la norme de LCPC pour un **sand asphalt** de trafic "T" inférieur à 1000 v/j.

Le fluage trouvé pour le mélange est conforme à la norme soit la norme de LCPC ou la norme de CTTTP.

Après l'étude, nous avons conclu qu'on peut utiliser le bitume (40/50) modifié et le bitume (40/50) dans de nombreuses régions du sud et ce, d'après les résultats obtenus à partir de diverses expériences.

Conclusion général

Les sables alluvionnaire constituent un cas particulier pour lequel les directives et recommandations ne peuvent pas être appliquées sans études spécifiques

Notre avis, c'est vrai le CTTP a fait des recherches sur le sable bitume et il a montré que l'utilisation de sable bitume sera juste dans la couche de base pour le réseau principale RP2 (trafic inférieur à 1500 véhicule /jour) mais le CTTP ne fait pas des recherches approfondies (surtout le comportement du sable bitume à long terme) pour mettre des spécifications juste sur le sable bitume à base de sable des dunes. C'est pour cette raison on fait cette étude, si vous voulez, un pas vers la valorisation de sable alluvionnaire dans le corps de chaussée.

Dans le cadre du programme expérimental, les essais normalisés sont effectués dans des conditions bien définies de températures et de sollicitations. Cette recherche montre la variabilité des résultats obtenus qui nous a permis de conclure que :

Les performances mécaniques du sable bitume à base de sable alluvionnaire uniquement s'avèrent relativement faibles en égard aux spécifications pour sand asphalt, ceci est montré par l'essai de stabilité Hubbard Field ainsi que l'essai de compression Hubbard Field.

La faiblesse enregistrée au niveau des performances est due, en premier lieu, à la granulométrie serrée des grains et leur forme arrondie ce qui ne mobilise pas de frottement suffisant pour résister aux efforts. La composition essentiellement siliceuse du sable alluvionnaire possède une incidence négative vue que le bitume adhère mieux avec les agrégats calcaires

Le sable bitume nécessite pas mal des vides en effet la présence de vides est essentielle pour pallier aux phénomènes d'expansion liés aux propriétés spécifiques du bitume (dilatation thermique) surtout comme on sait que le sable bitume ayant un dosage de bitume élevé et le sud Algérien ayant une température élevé dans l'été.

Les sables ronds (sable alluvionnaire) sont favorables à la maniabilité du mélange. La forte proportion des particules arrondis baisse le niveau de contact entre les particules (le frottement sera faible).

L'Algérie, et malgré l'immensité de ses zones désertiques, ne dispose toujours pas de normes spécifiques concernant l'utilisation de sable bitume en couche de roulement.

Domaine d'utilisation : le sable bitume est envisageable en couche de roulement ou en couche de base pour un trafic inférieur de 1000 v/j.

Références bibliographiques

2. Essai Hubbard Field, NLT-160/73.
3. NLT-160/73, NF P98-251-3 : Août 1994.
4. HAMAMI amour el amine : « Modélisation du comportement ; un sable bitume à base de sable de dune », mémoire de fin, étude 2004.
5. ASTM D 1138-52, Test Method for Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixtures Usinage Hubbard-Field Apparats, (1968) .
6. NF EN 12697-30 - Méthodes d'essai pour mélange hydrocarboné à chaud.
7. Mélanges bitumineux - Partie 30 : confection d'éprouvettes par compacteur à impact.
8. Test méthode T152 Stabilité of mixtures of road matériels and bituminons matériels (Hubbard-Field) Ed 2/ Rev 0 All Reformatted RMS template J Friedrich October 2012
9. OCTOBER 2012.
10. Normes NLT 160, ASTM D 1138, AASHTO T 169
11. Reformatted and Révision Summary Added, D.Dash, May 1999.
12. Date - on Test Method Revised to Agree with Date on Revision, D. Dash, Feb 2001.
13. History of asphalt mix design in North America, Hubbard Field mix design, 1920 Charles Hubbard et Frederick Field.
14. RECOMMANDATION pour le choix, « l'étude et la réalisation des couches bitumineuses de surface : Sand - asphalte», LBTP, Mai 1978.
15. .ARRAMBIDE J, DURIEZ : « Liants Hydrocarbonés ; Mortiers et Bétons Bitumineux. DUNOD.92, Rue Bonaparte (VI) », Paris 1954.
16. KETTAB Ratiba¹, BALI Abderrahim¹, FLEUREAU Jean Marie² *JNGG 2002*, 8 et 9 Octobre 2002, Nancy 1.
17. Miroir de master Corrélation entre les essais destructifs et les essais non destructifs par les matériaux locaux de la région de Ghardaïa.
18. Detection of Dynamic Modulus and Crack Properties of Asphalt Pavement Using a Non-Destructive Ultrasonic Wave Method.
19. Implementation of an experimental pavement for the study of nondestructive testing techniques.
20. Modélisation du Comportement d'un Sable Bitume à base de Sable de Dune.

ANNEXES



Naftal des solutions qui tiennent la route

Definition

Le BMP Naftal est un bitume dont les propriétés rhéologiques ont été modifiées durant sa fabrication par l'emploi de polymères de synthèse.

Propriétés et avantages du NAFTAL

Obtention des enrobés à module élevé à forte résistance sous les sollicitations de traction et de cisaillement grâce à l'amélioration de la pénétrabilité.

- Son point de ramollissement élevé permet d'avoir un enrobé à forte résistance à l'ornièrage.
- Un enrobé plus résistant au phénomène de la fissuration thermique à basse température grâce au point de fragilité amélioré du liant.
- La diminution de la sensibilité thermique du liant modifie assure la stabilité des performances de l'enrobé aux différentes températures.
- Diminution du risque de désenrobage de la chaussée grâce à la bonne cohésivité et adhésivité apportées à l'enrobé.
- La réduction des épaisseurs permet d'économiser des ressources naturelles, (moins d'agrégats à consommer)

En entretien il permet :

- Réduire les interventions de maintenance.
- Minimiser les perturbations du trafic.
- Optimiser les coûts d'exploitation.



↑ Déformation élastique

↑ Point de ramollissement

↓ Point de fragilité

↓ Réduction théorique

Bitumes conventionnels

Bitumes modifiés aux polymères BMP NAFTAL

Spécifications du BMP NAFTAL

Norme EN 14023/ NA 16339

Caractéristiques	Méthode d'essai	Unité	Spécifications
Pénétrabilité à 25°C	EN 1426	1/10 mm	20-30
Température et ramollissement	EN 1427	°C	≥ 65
Point de fragilité FRAAS	EN 12543	°C	Selon la classe demandée
Retour élastique à 25	EN 13398	%	≥ 50
Stabilité au stockage	EN 13399		
Différence de pénétrabilité	EN 1428		≤ 9
Différence de point de ramollissement	EN 1427	°C	≤ 5

Domaines d'emplois du BMP NAFTAL





BMP NAFTAL

Durée de vie des routes prolongée.

Routes économiques et durables.







PR PLAST S®

Présentation

Le PR PLAST S® est issu d'un mélange de polymères, pré-gavé au bitume spécial et traité avec un agent anti-retrait. Il est utilisé pour la fabrication d'enrobés bitumineux en couche de roulement et de liaison.

Procédé

- ▶ Injection du PR PLAST S® dans le malaxeur des postes d'enrobés avant.
- ▶ Dosage : Taux d'ajout généralement compris entre 0,4% et 0,6% par tonne d'enrobé avec la possibilité de réduire le pourcentage de bitume de la moitié du taux d'ajout.
- ▶ La température de fabrication doit être au minimum de 150°C et ne pas dépasser la température de préconisation du bitume utilisé.

Environnement et Développement Durable

- ▶ Réduction de la consommation énergétique.
- ▶ Réduction des émissions dans l'atmosphère liée à l'absence d'usine de liant modifié.
- ▶ Pérennité et augmente la durée d'utilisation des chaussées grâce aux performances mécaniques obtenues.

Propriétés du PLAST S®

PROPRIÉTÉS	VALEUR TYPE
Point de fusion	100-130°C
Granulométrie	2 à 4 mm

Module de rigidité (MPa) BBME classe 3 + bitume 35/50



Fatigue ϵ_4 (µm/m) BBME classe 3 + bitume 35/50



Etude Comparative d'Orniérage – Profondeur d'ornièrre NFEN 12697-22 Formulation avec granulats roulés + 6% de bitume 50/70. Augmentation du module et stabilité de la fatigue.

Produit	Ajout	Bitume 50/70 Orniérage	1000 cycles	3000 cycles	10000 cycles	30000 cycles
Témoïn	0	6%	3,5%	6,9%	10,4%	14,0%
PR PLAST S®	0,4 %	6%	2,9%	3,4%	4,0%	4,6%



Sacs thermofusibles de 3 à 20 kg
Big Bag de 600 kg à 1200 kg

Les informations techniques figurant sur cette notice sont fournies à titre indicatif et ne sont pas exhaustives. Elles ne sauraient en aucun cas engager notre responsabilité en ce qui concerne les procédés d'utilisation du produit ou les résultats obtenus. Un choix est à faire au point de vue des procédés recommandés aux utilisateurs pour leur usage responsable.



www.pr-industrie.com



<i>Epr</i>	<i>Poids</i>	<i>haut (mm)</i>	<i>Volume</i>	<i>Y kg/cm²</i>	<i>MOY (%)</i>	<i>V1 (m/s)</i>	<i>MOY (m/s)</i>	<i>T (°C)</i>	<i>V2 (m/s)</i>	<i>MOY (m/s)</i>	<i>Stab (KN)</i>	<i>MOY (KN)</i>	<i>Fluage (mm)</i>	<i>MOY (mm)</i>	<i>T1</i>	<i>epr</i>	<i>T2</i>
40,00	100,90	25,89	52474,63	1,85		845,64		20,00	845,64		3,25		1,00		14,30		14,30
41,00	100,40	25,06	50792,36	1,89	1,88	898,63	872,98	20,00	898,63	872,98	3,14	3,23	1,19	1,18	14,00		14,00
42,00	101,60	25,91	52515,17	1,89		874,67		20,00	874,67		3,30		1,35		12,80		12,80
46	100,80	26,44	53589,39	1,930		847,54		40	765,25		2,15		1,48		20,50		21,00
47	100,50	26,03	52758,38	1,911	1,94	896,32	863,01	40	792,40	750,75	2,30	2,19	1,29	1,33	18,30		21,90
48	100,70	26,15	53001,60	1,977		845,17		40	694,59		2,12		1,22		17,50		19,60
52,00	99,40	26,78	54278,51	1,94		864,39		60,00	552,52		1,96		1,72		65,70		118,00
53,00	99,80	26,53	53771,80	1,88	1,92	823,96	861,78	60,00	667,50	617,89	2,07	1,97	2,34	1,80	67,00		105,90
54,00	100,00	26,98	54683,87	1,94		897,00		60,00	633,66		1,87		1,35		71,90		272,00
<i>Epr</i>	<i>Poids</i>	<i>haut (mm)</i>	<i>Volume</i>	<i>Y kg/cm²</i>	<i>MOY (%)</i>	<i>V1 (m/s)</i>	<i>MOY (m/s)</i>	<i>T (°C)</i>	<i>V2 (m/s)</i>	<i>MOY (m/s)</i>	<i>Stab (KN)</i>	<i>MOY (KN)</i>	<i>Fluage (mm)</i>	<i>MOY (mm)</i>	<i>T1</i>	<i>epr</i>	<i>T2</i>
40,00	100,90	25,89	52474,63	2,017		648,10		Eau	648,10		3,02		1,79		14,30		14,30
41,00	100,40	25,06	50792,36	1,834	1,93	898,63	807,13	Eau	898,63	807,13	3,10	3,02	1,65	1,63	14,00		14,00
42,00	101,60	25,91	52515,17	1,949		874,67		Eau	874,67		2,95		1,47		12,80		12,80
46	100,80	26,44	53589,39	2,011		847,54		E40	685,14		2,00		3,30		20,50		21,00
47	100,50	26,03	52758,38	1,963	1,99	863,14	896,38	E40	792,40	724,04	1,96	1,94	3,18	2,96	18,30		21,90
48	100,70	26,15	53001,60	1,995		978,45		E40	694,59		1,85		2,40		17,50		19,60
52,00	99,40	26,78	54278,51	1,925		745,98		E60	552,52		1,10		2,46		65,70		118,00
53,00	99,80	26,53	53771,80	1,945	1,92	978,45	847,06	E60	667,50	617,89	1,98	1,68	3,30	3,16	67,00		105,90
54,00	100,00	26,98	54683,87	1,899		816,74		E60	633,66		1,96		3,72		71,90		272,00

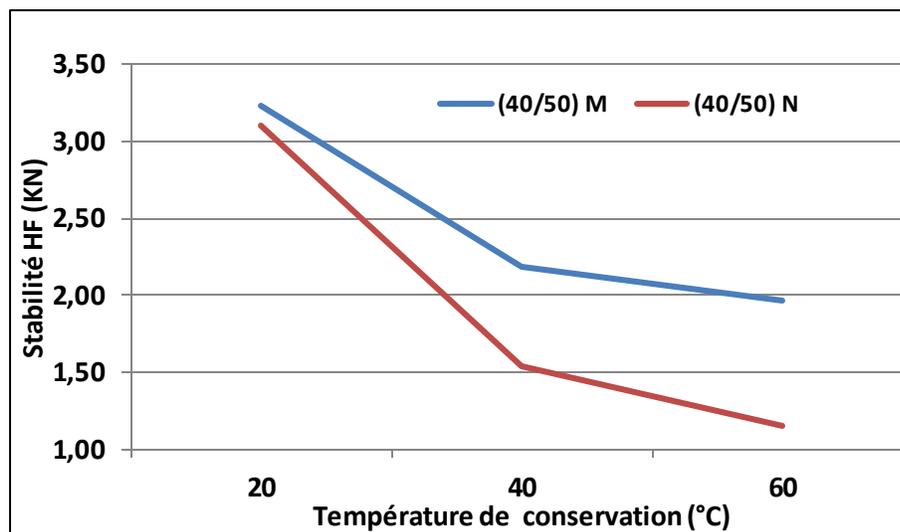


Figure IV.7 : Variation de stabilité du type de bitume selon la température

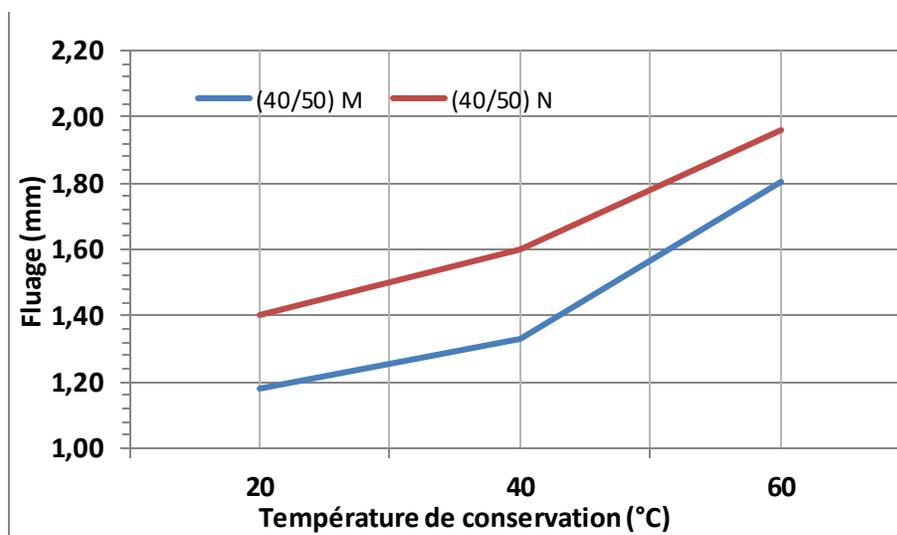


Figure IV.8 : Variation du fluage du type de bitume selon la température

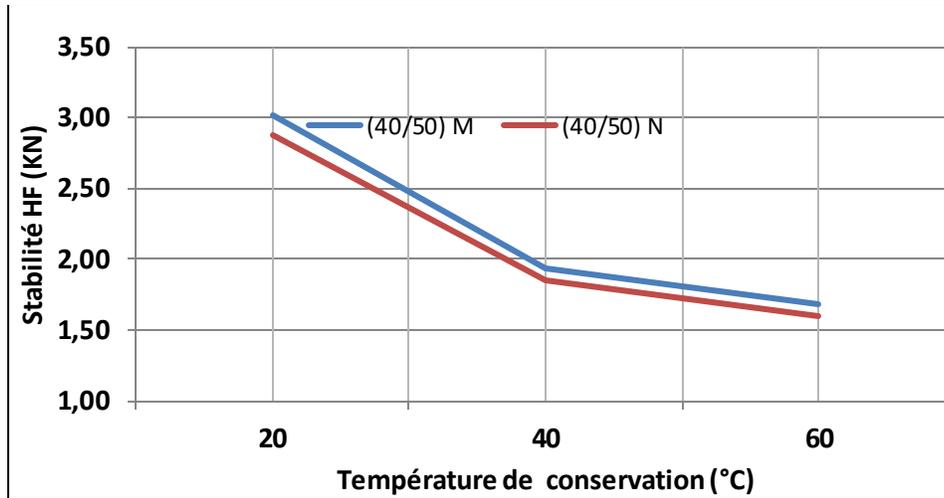


Figure (IV. 9) : Variation de la stabilité des bitumes selon la température de l'eau

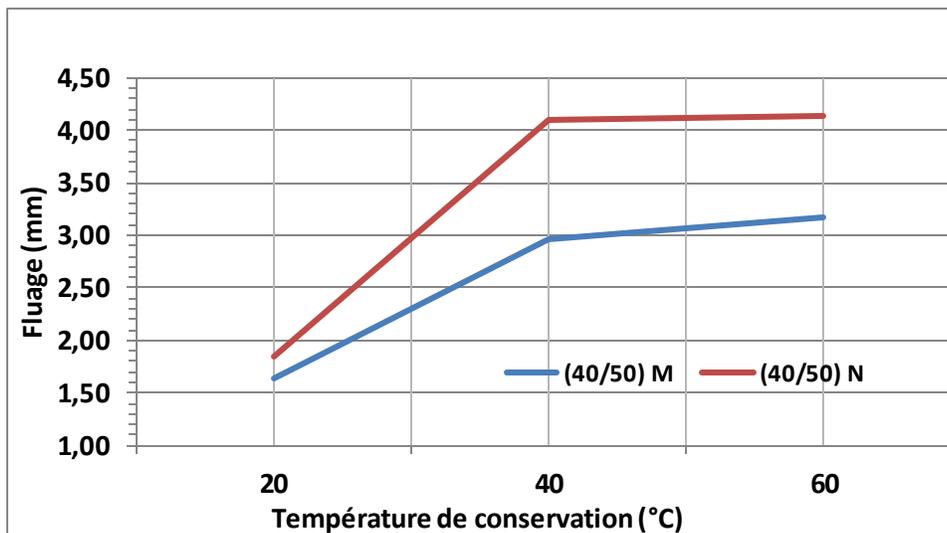


Figure (IV. 10) : Variation du fluage des bitumes selon la température de l'eau



CONTRAT
NAFTAL / HANNACHE HOUSSEM TRVAUX
PUBLICS EURL
FOURNITURE DE BITUMES

ANNEXE I – DÉSIGNATION ET SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES DU PRODUIT

Bitume Pur

Caractéristiques	Unité	Normes d'essai Algériennes	Normes d'essai Européennes	Spécifications	Spécifications	Spécifications
Pénétrabilité à l'aiguille à 25°C	1/10 mm	NA 5192	EN 1426	40 - 50	60 - 70	80 - 100
Point de ramollissement	°C	NA 2617	EN 1427	47 - 61	46 - 54	43 - 51
Résistance au durcissement à 163°C						
- Variation de masse, maximum, ±	%	NA 5313	EN 12607-1	0,5	0,5	0,8
- Pénétrabilité restante, minimum	%	NA 5192	EN 1426	50	50	46
- Point de ramollissement après durcissement, minimum	°C	NA 2617	EN 1427	49	48	45
Augmentation du point de ramollissement, maximum	°C	NA 2617	EN 1427	9	9	9
Augmentation de l'indice de pénétrabilité : minimum maximum	°C	Annexe A de la norme NA 5313	Annexe B de la norme EN 1427	-1,5 +0,7	-1,5 -1,0	-1,5 +0,7
Point d'éclair (appareil Cleveland), minimum	°C	NA 5325	EN 22592	240	230	230
Solubilité dans le tétrachloroéthylène (C ₂ Cl ₄), minimum	%	NA 5271	EN 12592	99	99	99
Teneur en paraffine, maximum	%	NA 5225	EN 12606-2	4,5	4,5	4,5
Ductilité à 25°C	Cm	NA 5223	EN 13589	≥ 60	≥ 80	≥ 80
Densité relative à 25°C (au pycnomètre)	/	NA 5224	EN 15326	1,000 à 1,100	1,000 à 1,100	1,000 à 1,100
Densité relative à 25°C (au pycnomètre)	/	NA 5224	EN 15326	1,000 à 1,100	1,000 à 1,100	1,000 à 1,100



**CONTRAT
NAFTAL / HANNACHE HOUSSEM TRVAUX
PUBLICS EURL
FOURNITURE DE BITUMES**

Bitume Fluidifié (CUT'- BACK)

Caractéristiques	Unité	Normes d'essai Algériennes	Normes d'essai Européennes	Spécifications 0/1	Spécifications 150/250	Spécifications 400/600
Pseudo viscosité, mesurée au viscosimètre d'orifice 4 mm	S	NA 5222	EN 13357	< 30	150 - 250	400 - 600
Densité relative (au pycnomètre) à 25°C	/	NA 5224	EN 15326	0,90 – 1,02	0,92 – 1,04	0,92 – 1,04
Distillation fractionnée (résultat exprimé en pourcentage du volume initial) Fraction distillant au dessus de :						
-190 °C	%	NA 5220	EN 13358	< 9	—	—
-225 °C				10 à 27	< 3	< 2
-315 °C				30 à 45	6 à 15	5 à 12
-360 °C				< 47	< 20	< 15
Pénétrabilité (à 25°C, 100 g, 5 s) du résidu de 360°C de la distillation	1/10 mm	NA 5192	EN 1426	80 - 250	80 - 200	80 - 200
Point d'éclair (appareil Cleveland)	°C	NA 5325	EN 22592	A : 21 < 55 B : > 55	> 55	> 55
Température limite de pompabilité	°C	/	/	20	65	70
Température moyenne d'enrobage (EVT 80 cSt)	°C	/	/	40	120	130
Nature du solvant	/	/	/	Kérosène	Kérosène	Kérosène
Teneur du solvant	%	/	/	38 - 40	14 - 16	11 - 13



CONTRAT
NAFTAL / HANNACHE HOUSSEM TRVAUX
PUBLICS EURL
FOURNITURE DE BITUMES

Emulsion de Bitume (ECR 65 %)
Emulsion Cationique Répandage (Rupture Rapide) 65%
selon la norme NA 16335/NF EN 13808-V2013

Nom Commercial : Emulsion NAFTAL ECR 65					
Emulsion Cationique Répandage (Rupture Rapide) 65% selon la norme NA 16335/NF EN 13808-V2013					
Caractéristiques	Unité	Normes d'essai Algériennes	Normes d'essai Européennes	Spécifications	Classe
Teneur en liant	%	NA 5289	EN 1428	63 - 67	7
Temps d'écoulement 4 mm à 40°C	S	NA 5330	EN 12846	5 - 70	5
Résidu sur tamis de 0,5 mm	%	NA 5326	EN 1429	≤ 0,1	2
Résidu sur tamis de 0,16 mm	%	NA 5326	EN 1429	≤ 0,25	2
Résidu sur tamis (7 jours de stockage) 0,5 mm	%	NA 5326	EN 1429	≤ 0,2 ≤ 0,5	3 4
Achésivité avec un granulat de référence	%	NA 5328	EN 13614	≥ 75 ≥ 90	2 3
Indice de rupture	/	NA 5327	EN 13075-1	< 110 70 - 155	2 3
Stabilité en mélange avec du ciment	g	NA 5332	EN 12848	—	—

NB : Il convient de ne pas le stocker au delà de 15 jours.



CONTRAT
NAFTAL / HANNACHE HOUSSEM TRVAUX
PUBLICS EURL
FOURNITURE DE BITUMES

Emulsion de Bitume (ECL 65 %)
Emulsion Cationique Enrobage (Rupture Lente) 65% selon
la norme NA 16335/ NF EN 13808-V2013

Caractéristiques	Unité	Normes d'essai Algériennes	Normes d'essai Européennes	Spécifications	Classe
Teneur en liant	%	NA 5289	EN 1428	63 - 67	7
Temps d'écoulement 4 mm à 40°C	s	NA 5330	EN 12846	5 - 70	5
Résidu sur tamis de 0,5 mm	%	NA 5326	EN 1429	≤ 0,1	2
Résidu sur tamis de 0,16 mm	%	NA 5326	EN 1429	≤ 0,25	2
Résidu sur tamis (7 jours de stockage) 0,5 mm	%	NA 5326	EN 1429	≤ 0,2	3
Adhésivité avec un granulat de référence	%	NA 5328	EN 13614	≥ 75 ≥ 90	2 3
Indice de rupture	/	NA 5327	EN 13075-1	> 170	5
Stabilité en mélange avec du ciment	g	NA 5332	EN 12848	—	—

NB : Il convient de ne pas le stocker au delà de 15 jours.



CONTRAT
NAFTAL / HANNACHE HOUSSEM TRVAUX
PUBLICS EURL
FOURNITURE DE BITUMES

Emulsion de Bitume (ECL 60 %)
Emulsion Cationique Enrobage (Rupture Lente) 60%
selon la norme NA 16335/NF EN 13808-V2013

Caractéristiques	Unité	Normes d'essai Algériennes	Normes d'essai Européennes	Spécifications	Classe
Teneur en liant	%	NA 5289	EN 1428	58 - 62	6
Temps d'écoulement 4 mm à 40°C	s	NA 5330	EN 12846	15 - 70	3
Résidu sur tamis de 0,5 mm	%	NA 5326	EN 1429	≤ 0,1	2
Résidu sur tamis de 0,16 mm	%	NA 5326	EN 1429	≤ 0,25	2
Résidu sur tamis (7 jours de stockage) 0,5 mm	%	NA 5326	EN 1429	≤ 0,2	3
Adhésivité avec un granulat de référence	%	NA 5328	EN 13614	≥ 75 ≥ 90	2 3
Indice de rupture	/	NA 5327	EN 13075-1	> 170	5
Stabilité en mélange avec du ciment	g	NA 5332	EN 12848	—	—

NB : Il convient de ne pas le stocker au delà de 15 jours.



**CONTRAT
NAFTAL / HANNACHE HOUSSEM TRVAUX
PUBLICS EURL
FOURNITURE DE BITUMES**

**Emulsion de Bitume (ECR 69 %)
Emulsion Cationique Répandage (Rupture Rapide) 69%
selon la norme NA 16335/NF EN 13808-V2013**

Caractéristiques	Unité	Normes d'essai Algériennes	Normes d'essai Européennes	Spécifications	Classe
Teneur en liant	%	NA 5289	EN 1428	67 - 71	9
Temps d'écoulement 4 mm à 40°C	s	NA 5330	EN 12846	5 - 70 40 - 100	5 6
Résidu sur tamis de 0,5 mm	%	NA 5326	EN 1429	≤ 0,1	2
Résidu sur tamis de 0,16 mm	%	NA 5326	EN 1429	≤ 0,25	2
Résidu sur tamis (7 jours de stockage) 0,5 mm	%	NA 5326	EN 1429	≤ 0,2 ≤ 0,5	3 4
Adhésivité avec un granulats de référence	%	NA 5328	EN 13614	≥ 75 ≥ 90	2 3
Indice de rupture	/	NA 5327	EN 13075-1	< 110 70 - 155	2 3
Stabilité en mélange avec du ciment	g	NA 5332	EN 12848	—	—

NB : Il convient de ne pas le stocker au delà de 15 jours.



CONTRAT
NAFTAL / HANNACHE HOUSSEM TRVAUX
PUBLICS EURL
FOURNITURE DE BITUMES

Bitumes modifiés aux polymères

BMP NAFTAL 10- 40/70 selon la norme NA 16339/NF EN 14023

Nom Commercial :
BMP NAFTAL 10- 40/70 selon la norme NA 16339/NF EN 14023

Caractéristiques	Unité	Normes d'essai Algériennes	Normes d'essai Européennes	Spécifications	Classe
Pénétrabilité à l'aiguille à 25°C	1/10 mm	NA 5192	EN 1426	10-40	2
Point de ramollissement	°C	NA 2617	EN 1427	≥ 70	4
Point de fragilité FRAAS	°C	NA 5272	EN 12593	≤ -12	6
Retour élastique à 25°C	°C	/	EN 13398	≥ 80	2
Stabilité au stockage au-delà de 7 jours			EN 13399		
-Différence de pénétrabilité	1/10 mm	NA 5192	EN 1426	≤ 9	2
- Différence du point de ramollissement	°C	NA 2617	EN 1427	≤ 5	

NB : Il convient de ne pas le stocker au delà de 15 jours.



**CONTRAT
NAFTAL / HANNACHE HOUSSEM TRVAUX
PUBLICS EURL
FOURNITURE DE BITUMES**

Bitume Oxydés

Les Bitumes Oxydés 85/25 de NAFTAL selon la norme NA 16338/ EN 13304

Caractéristiques	Unité	Normes d'essai Algériennes	Normes d'essai Européennes	Spécifications
Pénétrabilité à 25°C	1/10 mm	NA 5192	EN 1426	20 - 30
Point de ramollissement	°C	NA 2617	EN 1427	80 - 90
Densité relative à 25°C (au pycnomètre)	/	NA 5224	EN 15326	1,000 à 1,106
Perte de masse au chauffage à 163°C pendant 5 h	%	NA 5313	EN 12607-1	≤ 0,5
Point d'éclair (appareil Cleveland), minimum	°C	NA 5325	EN 22592	250
Ductilité à 25°C	Cm	NA 5223	EN 13589	≥ 3
Teneur en paraffine, maximum	%	NA 5225	EN 12606-2	4,5
Solubilité dans le tétrachloroéthylène (C ₂ Cl ₄), minimum	%	NA 5271	EN 12592	99