

République Algérienne Démocratique Et Populaire  
Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique



Université Kasdi Merbah Ouargla  
Faculté Des Sciences Appliquées  
Département De Génie Civil Et Hydraulique



C:.....  
R:.....

Mémoire De Fin D'études En Vue De L'obtention Du Diplôme De  
Master, Filière: Travaux Publics  
Spécialité : Voies Et Ouvrages D'art

Thème

**Etude des performances mécaniques d'un  
béton bitumineux à base de sables de  
dunes**

Présenté par :

- ❖ ZEKRI Hadj Mohammed Sadek
- ❖ BABZIZ Messaoud

Soumis au jury composé de :

ABIMOULOUD Youcef	M.C.B	Université Ouargla	Président
SAADAOUI Salah	ING TP	ALTRO	Examineur
KBAILI Nabil	M.C.B	Université Ouargla	Encadreur

Année Universitaire 2019/2020



République Algérienne Démocratique Et Populaire  
Ministère De L'enseignement Supérieur Et De La Recherche Scientifique



Université Kasdi Merbah Ouargla  
Faculté Des Sciences Appliquées  
Département De Génie Civil Et Hydraulique



C:.....  
R:.....

Mémoire De Fin D'études En Vue De L'obtention Du Diplôme De  
Master, Filière: Travaux Publics  
Spécialité : Voies Et Ouvrages D'art

Thème

**Etude des performances mécaniques d'un  
béton bitumineux à base de sables de  
dunes**

Présenté par :

- ❖ ZEKRI Hadj Mohammed Sadek
- ❖ BABZIZ Messaoud

Soumis au jury composé de :

ABIMOULOUD Youcef	M.C.B	Université Ouargla	Président
SAADAOUI Salah	ING TP	ALTRO	Examineur
KBAILI Nabil	M.C.B	Université Ouargla	Encadreur

Année Universitaire 2019/2020

The background features a brown graduation cap with a gold tassel on the right side. A large, yellow, rolled-up diploma scroll is the central focus, with its ends curling outwards. The scroll has a decorative border and a gold ribbon seal at the bottom left. The text is written on the scroll in a dark brown, serif font.

# Dédicaces

Je dédie ce mémoire

A mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour.

A mes chers frères et sœur.

A mes tantes et à mes oncles.

A chaque cousins et cousines.

A tous la famille.

A tous les amis.

En fin je dédie cette mémoire à mes collègues de promotion et tous ceux qui me sont chers.

Sadek



# *Dédicaces*

Je dédie ce mémoire

Ames chers parents ma mère et  
mon père Pour leur patience, leur  
amour, leur soutien et leurs  
encouragements.

A mes sœurs et frères et leurs  
femmes.

A mes amies et mes camarades.  
Sans oublier tous les professeurs que ce  
soit du primaire, du moyen, du  
secondaire ou de l'enseignement  
supérieur.

Messaoud

# Remerciements

Comme le veut la tradition, la page des remerciements, est une tâche difficile qu'aucune expression, ni aucun geste, ne peut combler nos sentiments envers les gens, sans qui ce mémoire n'aurait pas vu le jour.

Avant tout, nous remercions ALLAH, le tout puissant de nous avoir donné la patience, la santé et la volonté pour réaliser ce modeste travail.

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer nos vifs remerciements et notre profonde gratitude à :

Notre encadreur Mr. KEBAILI Nabil d'avoir dirigé ce travail et de nous avoir guidé avec de précieux conseils.

Mlle. BOUKA Wafa de nous avoir Co-encadré, votre présence et vos conseils nous ont été précieux.

M. Hafsi Abdellatif qui a accepté de mener au sein de l'LTPS les essais sur les matériaux utilisés en laboratoire

Nos remerciements s'adressent également à :

A tous les enseignants du département de Génie civil et Hydraulique.

A tous le personnel du Laboratoires de Travaux Publics du Sud

A tous nos amis et les étudiants de la promotion de 2<sup>ème</sup> année Master

Voies et Ouvrages d'Art de l'Université KASDI MERBAH-OUARGLA

A tout le personnel des laboratoires pédagogiques et de la bibliothèque du département de Génie civil et hydraulique pour leur disponibilité.

Enfin, nous remercions tous ceux et celles, qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

## **Résumé :**

Le Sud algérien souffre comme le reste des zones désertiques du déficit en agrégats de bonne qualité requise pour les routes à trafic moyen à élevé. Pour cela, la tendance à l'exploitation des matériaux locaux est devenue nécessaire en raison du coût et de son impact environnemental. Ce travail permet d'étudier la possibilité de valoriser le sable de dunes en vue de réalisation d'un micro-béton bitumineux en vue de son utilisation en couche de roulement. L'approche adoptée dans cette étude est de remplacer les gravillons (0/3) utilisés actuellement par le sable de dune de la région de Ouargla et déterminer la combinaison optimale pour obtenir les meilleurs résultats par l'intermédiaire de l'essai de stabilité Hubbard-Field et à comparer les résultats obtenus avec ceux du Béton bitumineux ordinaire. Malgré la lacune des propriétés mécaniques par rapport aux normes mécaniques de béton bitumineux, les résultats obtenus sont satisfaisants et acceptables car il peut être utilisé ce type de béton bitumineux dans les trafics moyens et faibles.

**Mots clés :** Sable de dunes, Béton bitumineux, Hubbard-Field, performances mécaniques

## **ملخص:**

يعاني الجنوب الجزائري على غرار باقي المناطق الصحراوية، من عجز في الركام عالي الجودة المطلوب للطرق المرورية المتوسطة حركة السير إلى العالية. لهذا، أصبح الميل إلى استغلال المواد المحلية ضرورياً بسبب التكلفة وتأثيرها البيئي. يتيح هذا العمل دراسة إمكانية تطوير رمل الكثبان لإنتاج الخرسانة الإسفلتية الدقيقة لاستخدامها لطبقة السير. النهج المتبع في هذه الدراسة هو استبدال الحصى (3/0) المستخدم حالياً بكثبان رملية من منطقة ورقلة وتحديد التركيبة المثلى للحصول على أفضل النتائج من خلال اختبار (Hubbard-Field)، ومقارنة النتائج التي تم الحصول عليها مع تلك الخاصة بالخرسانة البيتومينية العادية.

بالرغم من عدم وجود خواص ميكانيكية مقارنة بالمعايير الميكانيكية للخرسانة الإسفلتية، فإن النتائج التي تم الحصول عليها مرضية ومقبولة لأنه يمكن استخدامها لهذا النوع من الخرسانة الإسفلتية في حركة المرور المتوسطة والمنخفضة.

**الكلمات المفتاحية:** رمل الكثبان، الخرسانة الإسفلتية، Hubbard-Field، الأداء الميكانيكي.

## **Abstract :**

South Algeria, like the rest of the desert areas, suffers from the deficit in good quality aggregates required for medium to high traffic roads. For this, the trend to exploit local materials has become necessary because of the cost and its environmental impact. This work makes it possible to study the possibility of upgrading dune sand for the production of asphalt micro-concrete for use as a wearing course. The approach adopted in this study is to replace the gravel (0/3) currently used with dune sand from the Ouargla region and determine the optimal combination to obtain the best results through the Hubbard stability test. -Field and compare the results obtained with those of ordinary bituminous concrete. Despite the lack of mechanical properties compared to mechanical asphalt concrete standards, the results obtained are satisfactory and acceptable because it can be used this type of asphalt concrete in medium and low traffic.

**Keywords:** Sand dunes, Bituminous concrete, Hubbard-Field, mechanical performance

# Sommaire

Titre	Page
Dédicaces	I
Remerciements	III
Résumé	IV
Sommaire	V
Liste des tableaux	VII
Liste des figures	VIII
Introduction générale	2
<b>Chapitre I : Généralités sur les enrobés bitumineux fins</b>	
Introduction	5
I. Le sable de dunes	5
I.1 Définition	5
1.2 Caractéristiques physiques	5
II. Bitume	6
II.1 Définition	6
II.2 Origine du bitume et fabrication :	6
II.3 Types et classification	7
III. Enrobés bitumineux fins	8
III.1 Historique	8
III.2 Définition	9
III.3 Types et applications	9
<b>Chapitre II : Formulation et mise en œuvre des enrobés bitumineux</b>	
Introduction	12
1. Composition des sables bitume	12
1.1. Matériaux de base	12
1.1.1. Sables	12
1.1.2 Liants	13
1.1.2.1. Types de liants bitumineux	13
1.1.2.2. Propriétés mécaniques et rhéologiques du bitume	14
1.1.3. Essais de caractérisation des bitumes	14
2. Mise en œuvre des sables bitume	15
2.1 Mise En œuvre à froid	15
3. Formulation du sable bitume	16
3.1. Détermination de la teneur en bitume	16
3.2. Module de richesse K	16
3.3. Calcul de la compacité des éprouvettes	17
3.4. Propriétés mécaniques des sables bitumes	17
4. Conclusion	18
<b>Chapitre III : Matériaux et matériels utilisés</b>	
Introduction	20



1. Matériaux utilisé	20
1.1 Sables de dunes et sable concassé	20
1.1.1 Essai de détermination de l'équivalent de sable	20
1.1.2 Essai d'analyse granulométrique	20
1.1.3 Masses volumiques apparentes	21
1.1.4 Masses volumiques absolues	22
1.1.5. Essai d'analyses chimiques	22
1.2 Gravier	26
1.2.1 Essai d'analyse granulométrique	26
1.2.2 Masses volumiques apparentes	26
1.2.3 Masses volumiques absolues	26
1.2.4. Essai d'analyses chimiques	26
1.2.5 Essai Micro Deval	27
1.2.6 Essai Los Angeles	27
1.3 Bitume	27
1.3.1 Pénétrabilité	27
1.3.2 Point de ramollissement bille et anneau	28
2. Matériel utilisé	28
2.1. Essai Hubbard Field	28
<b>Chapitre IV : Résultats et Discussion</b>	
Présentation les réalisés	33
1. Essais Hubbard Field	33
1.1. Densité apparente et densité absolue	33
2. Stabilité Hubbard Field	35
3. Synthèse des résultats Hubbard Field	36
Conclusion générale	38
Références bibliographiques	40
Annexes	-

## Liste des tableaux

Tableau	Page
<b>Tableau (01) :</b> Classification des bitumes selon la pénétrabilité et TBA.	8
<b>Tableau (02) :</b> Épaisseurs d'utilisation par couche (NF P 98-132).	10
<b>Tableau (03) :</b> Solubilités maximales approximatives dans l'eau	23
<b>Tableau (04) :</b> Masses atomiques de SO <sub>3</sub>	24
<b>Tableau (05) :</b> Récapitulatif des caractéristiques du sable utilisé	25
<b>Tableau (06) :</b> Récapitulatif des caractéristiques du sable concassé	26
<b>Tableau (07) :</b> Récapitulatif des caractéristiques du Graviers 3/8	27
<b>Tableau (08) :</b> Caractéristiques du bitume utilisé	28
<b>Tableau (09) :</b> Variation de en fonction de la teneur en bitume	33
<b>Tableau (10) :</b> Pourcentages de vides selon les teneurs en bitume	33
<b>Tableau (11) :</b> Variation de la compacité de HB	34
<b>Tableau (12) :</b> Variation de la stabilité Hubbard Field à 60°	35

## Liste des figures

Figure	Page
<b>Figure (01)</b> : Fabrication des bitumes par raffinage du pétrole.	7
<b>Figure (02)</b> : Types de liants hydrocarbonés	13
<b>Figure (03)</b> : Principe de l'essai de pénétrabilité	14
<b>Figure (04)</b> : Principe de l'essai de ramollissement	15
<b>Figure (05)</b> : Courbe granulométrie du sable de dunes	21
<b>Figure (06)</b> : Schéma de principe d'essai du masse volumique apparente	21
<b>Figure (07)</b> : Schéma de principe d'essai du masse volumique absolue	22
<b>Figure (08)</b> : La courbe granulométrique de la fraction 3/8	26
<b>Figure (09)</b> : Appareil de compression et l'équipement d'Hubbard Field	28
<b>Figure (10)</b> : Etuve de chauffage	29
<b>Figure (11)</b> : Remplissage des moules Hubbard – Field	30
<b>Figure (12)</b> : Opération de malaxage.	30
<b>Figure (13)</b> : Chargement initial de 2.22 kN	30
<b>Figure (14)</b> : Chargement de compactage 41.9kN kN	31
<b>Figure (15)</b> : Opération de démoulage	31
<b>Figure (16)</b> : Des éprouvettes démoulées	31
<b>Figure (17)</b> : Variation des vides en fonction des teneurs en bitume	33
<b>Figure (18)</b> : Variation de la compacité en fonction de la teneur en bitume	34
<b>Figure (19)</b> : Variation de la stabilité HF à 60°C en fonction de la teneur en bitume	35
<b>Figure (20)</b> : Variation de la stabilité HF à 18°C en fonction de la teneur en bitume	36



**INTRODUCTION  
GÉNÉRALE**

Les routes dans les régions Sahariennes sont des ouvrages stratégiques pour le développement du sud Algérien. En effet le réseau routier est le moyen de liaison le plus efficace pour relier les différentes localités au sud pour le transport des voyageurs et la marchandise à côté du transport aérien qui reste limités dans les chefs-lieux de wilaya et autres daïra importantes.

Malgré les efforts considérables déployés par les institutions nationales algériennes, le réseau routier algérien souffre de plusieurs anomalies et insuffisances pour répondre aux normes et standard internationaux.

Dans le sud algérien, le problème est doublé étant donné les conditions climatiques rudes et sévères qui ont une influence négative sur le comportement des chaussées et sur leur durée de vie puisque celles-ci se détériorent de manière précoce et dans des délais très courts.

Dans ce travail nous nous sommes proposés d'abord de comprendre et d'analyser les propriétés des bétons bitumineux fins, dans un contexte général pour qu'ensuite nous pencher sur la particularité des matériaux locaux de notre région d'Ouargla dans la conception des couches de roulement durables.

Ce mémoire servira de recueil des normes et d'information sur les matériaux des couche de roulement des chaussées a base des matériaux locaux pour une conception et réalisation des routes durables pour un trafic intense en poids lourds dans les conditions arides du Sahara.

Pour aboutir à cet objectif, on a divisé le présent mémoire en deux grandes parties, partie bibliographique et partie expérimentale.

La partie théorique est consacrée à une revue bibliographique, dont le premier chapitre résume des généralités sur les matériaux locaux utilisés (sable, bitume, gravier) et les enrobés bitumineux fins,. Dans ce chapitre, il est abordé la définition, l'historique et les types d'applications de ce type d'enrobé.

Le deuxième chapitre est axé sur les composition des sables bitume et leur formulation et mise en ouvres

Le troisième chapitre est axé sur l'étude et la caractérisation des matériaux servant d'essais utilisés tels que les granulats et le bitume dans le but de connaitre les

## **Introduction générale**

---

propriétés physico-chimiques et mécaniques et présente le protocole expérimental adopté c'est-à-dire les essais réalisés et les dispositifs expérimentaux utilisés.

Dans le quatrième chapitre nous présentons les résultats obtenir et la détermination des courbes des mélanges étudiés et les teneurs en bitume. A fin de ce chapitre Nous avons conclu les résultats de l'expérience que nous avons menée sur les échantillons étudiés et en avons déduit le pourcentage de bitume approprié qui nous donne le plus de résistance au mélange.

Enfin nous avons terminé notre modeste travail par une conclusion générale.

# CHAPITRE I

*Généralités sur les enrobés  
bitumineux fins*

**Introduction :**

Dans la plupart des pays, le réseau routier représente le patrimoine le plus important qui appartient essentiellement à l'état. Chaque année, plusieurs kilomètres de rues, de routes, d'autoroutes, de pistes d'aérodromes sont construits pour accroître les échanges et désenclaver les agglomérations lointaines.

A cet effet, il faut orienter les recherches vers l'utilisation de matériaux locaux, tels que les sables vu que le déficit en agrégats dans le sud algérien est le problème majeure rencontré et où le coût de transport des agrégats se pose avec acuité.

Etant donné que le sable de dunes constitue un énorme gisement et occupe de vastes superficies du territoire national et vue la nécessité et l'importance d'exploiter et de valoriser ces matériaux locaux, le présent mémoire vise la contribution à la valorisation des sables de dunes locaux dans les enrobés bitumineux ordinaires.

**I. Sable de dunes****I-1) Définition :**

Le sable de dunes possède plusieurs définitions dont on cite les plus fréquentes; C'est le résultat d'une érosion et d'une sédimentation de différentes roches suivies d'un transport éolien. La plus grande partie des formations sableuses est constituée à partir du quartz. Il se caractérise par une granulométrie fine et très serrée.

- ✓ C'est un sédiment détritique meuble composé, en l'absence totale de ciment, de grains jointifs mais libres, dont la taille est généralement inférieure à 2 mm.
- ✓ C'est un matériau granulaire constitué de petites particules provenant de la désagrégation d'autres roches dont la dimension est comprise entre 0,063 (silt) et 2 mm
- ✓ D'un point de vue géologique, la composition des matériaux granulaires peut révéler jusqu'à 180 minéraux différents (quartz, micas, feldspaths,...) ainsi que des débris calcaires de coquillage et de corail. (1)

**I-2) Caractéristiques physiques :**

Une série d'essais a été effectuée (selon la norme AFNOR) afin de déterminer les caractéristiques physiques du sable de dunes. (2)

- Essai de détermination de l'équivalent de sable
- Essai de L'analyse granulométrique
- Masses volumiques apparentes et absolues



## II. Bitume

### II-1) Définition :

Les bitumes sont des sous-produits d'hydrocarbures lourds, résidus noirs de pétrole brut obtenus soit par distillation naturelle, soit par distillation en raffinerie. Les bitumes de distillation directe sont utilisés pour la confection d'enrobés à chaud. (3)

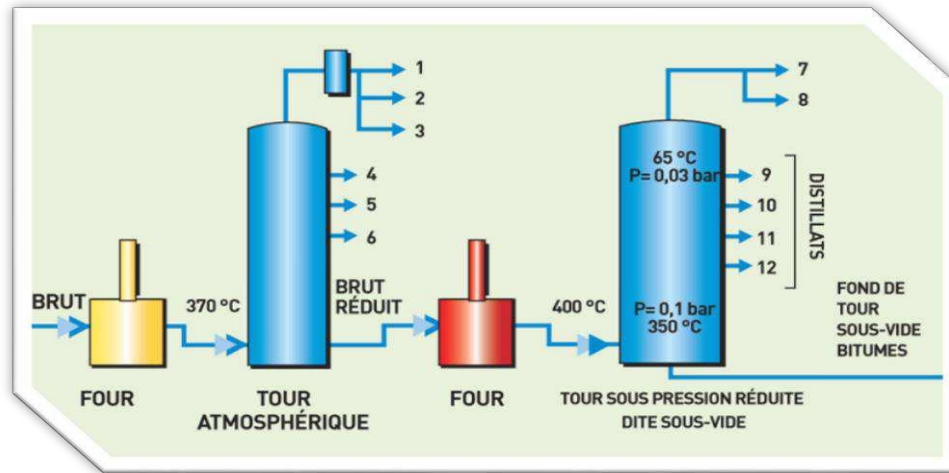
### II-2) Origine du bitume et fabrication :

Tous les bitumes sont des produits du pétrole brut où ils se trouvent en solution. Ils sont le résultat de l'élimination des huiles servant de solvant par évaporation ou distillation du pétrole brut. Sachant que de tels processus pourraient se produire dans la nature, au niveau des couches souterraines, les bitumes proviennent en conséquence de deux sources: naturelle ou industrielle. (3)

- ✓ Origine naturelle :La production mondiale est très faible puisqu'elle ne dépasse pas 200 milles tonnes.
- ✓ Origine industrielle.

Ce dernier se compose de deux parties:

- **Distillation direct:** Distillation atmosphérique : Ce mode de raffinage consiste à chauffer en continu par passage dans un four, le brut préalablement décanté et dessalé. Ce brut, porté à une température voisine de 340°C, est envoyé dans une colonne de fractionnement maintenue à la pression atmosphérique. Le produit récupéré en fond de tour est le brut réduit.(3)
- **Distillation sous vide:** le brut réduit provenant de la distillation atmosphérique est, après réchauffage aux alentours de 400°C, envoyé dans une colonne où règne une pression réduite à quelques dizaines d'hPa<sup>2</sup>.Il est possible, dans ce type d'unité, de fabriquer directement toutes les classes de bitumes du 20/30 au 160/220. (3)



1	Gaz	5	Carburateur	9	Gasoilsous-vide
2	Essencelégère	6	Gasoil	10	1 <sup>er</sup> Sous-vide
3	Essence	7	Vers éjecteurs de vapeur	11	2 <sup>e</sup> Sous-vide
4	White-spirit	8	Gasoil entraîné	12	3 <sup>e</sup> Sous-vide

Figure(1) : Fabrication des bitumes par raffinage du pétrole.(3)

### II-3) Type et classification :

#### A) Les différents types :

Le bitume utilisé dans les enrobés confère des propriétés viscoélastiques aux revêtements de chaussées. Un bitume ayant les caractéristiques appropriées assure des performances élevées sur le plan de la résistance à l'orniérage, à la fissuration thermique, à la fissuration de fatigue et à l'arrachement ; ces caractéristiques contribuent à la réalisation de revêtements sécuritaires, durables et économiques.

Les types suivants de liants à base de bitume sont :

- **Les bitumes naturels** : qui existent à l'état naturel sous forme d'anciens gisements de pétrole.
- **Les bitumes purs** : qui sont directement issus du raffinage du pétrole.
- **Les cut-backs** : qui sont des bitumes mélangés avec un solvant plus ou moins volatil d'origine pétrolière, généralement une coupe kérosène de qualité non commerciale. La viscosité de ces produits se trouve ainsi abaissée, permettant une mise en œuvre à de faible température.
- **Les bitumes fluxés** : qui sont des bitumes mélangés avec une huile de faible viscosité. Ces liants sont souvent plus visqueux que les bitumes fluidifiés.
- **Les bitumes composés** : qui sont des mélanges bitume-goudron ou bitume-brai de houille dans lesquels le bitume est majoritaire.

- **Les bitumes modifiés** : qui sont des bitumes additionnés de substances d'origines diverses, généralement des polymères qui modifient certaines de leurs propriétés.
- **Les émulsions de bitume** : où l'huile de fluxage est un mélange de produits d'origine pétrolière et de produits de la houille.

**B) Les classes de bitume :**

Afin de classer les différents bitumes, deux essais de caractérisation sont couramment pratiqués :

- La mesure de la pénétrabilité d'une aiguille dans un échantillon de bitume à +25°C (EN-1426).
- La détermination de la température de ramollissement bille anneau (TBA) à laquelle une bille acier s'enfonce à travers un échantillon de bitume (EN-1427).

Pour un bitume pur, les résultats de ces essais permettent de définir le grade du bitume. Ainsi, pour un bitume 10/20, la pénétrabilité de l'aiguille est comprise entre 10 et 20 dixièmes de mm alors qu'elle est comprise entre 50 et 70 dixièmes de mm pour un bitume 50/70.

**Tableau (01) :** Classification des bitumes selon la pénétrabilité et TBA. (4)

	Classe								
	20/30	30/45	35/50	40/60	50/70	70/100	100/150	160/220	250/330
Pénétrabilité (0.1mm)	20-30	30-45	35-50	40-50	50-70	70-100	100-150	160-220	250-330
TBA (C°)	55-63	52-60	50-58	46-56	46-54	43-51	39-47	35-43	30-38

**III. Enrobés bitumineux fins :**

**III-1) Historique :**

- 1901 - 1904 : création de la Ligue contre la poussière et premier répandage de goudron (seul) puis avec des gravillons à Monaco, naissance du goudronnage (Ernest Guglielminetti)
- Puis recours à un juste dosage en gravillons (dur et anguleux) et goudron :

Naissance du l'enduit superficiel

- 1909 : Mise en œuvre des premiers enrobés en chaud à Versailles
- 1919 : Développement de l'emploi des bitumes
- 1950-65 : enrobés denses
- 1969 : Enrobés semi grenu
- 1980 : Prise en compte de la réduction des nuisances sonores et développement des matériaux drainant (BBTM, BBDr)

•Actuellement : nombreuses techniques couvrant la majorité des besoins.

### **III-2) Définition :**

Enrobés bitumineux fins sont des micro-bétons bitumineux au liant modifié développés en exclusivité de granularité 0/6 mm discontinu 2/4 mm, pour couche de roulement possédant une granulométrie de 0/10 ou 0/14. Ce béton bitumineux est facilement compactable et est parfaitement imperméable. Principalement utilisé pour les parkings ou les trottoirs, son épaisseur varie de 2.5 à 5 cm.

#### Constituants :

Le béton bitumineux est composé de différents éléments :

- 1) Gravillons
- 2) Sable
- 3) Filler
- 4) Bitume utilisé comme liant

Le béton bitumineux crée généralement la couche supérieure des chaussées appelée couche de surface.

La bonne résistance des bétons bitumineux dépend des granulats et du liant utilisés, ainsi que du respect des proportions. Ces granulats et liants doivent respecter certaines normes :

- 1- Granulats : EN 13043/2002 AC : 2004 -SN 670 103b
- 2- Filler : SN 670 116
  - a. Bitume :EN 12591 1999, SN 670 150-1, EN 14023 : 2005 - SN 670 210a

### **III-3) Types et applications :**

On distingue cinq types de bétons bitumineux minces en fonction de leur granulométrie :

- Béton bitumineux mince A 0/10 mm (BBM A 0/10)
- Béton bitumineux mince A 0/14 mm (BBM A 0/14)
- Béton bitumineux mince B 0/10 mm (BBM B 0/10)
- Béton bitumineux mince B 0/14 mm (BBM B 0/14)
- Béton bitumineux mince C 0/10 mm (BBM C 0/10)

Les types A se caractérisent par une courbe granulométrique discontinue entre 2mm et 6,3mm

Les types B se caractérisent par une courbe granulométrique discontinue entre 4mm et 6,3mm

Le type C se caractérise par une courbe granulométrique continue. (5)

#### Epaisseur d'utilisation :

Les épaisseurs moyennes d'utilisation et les épaisseurs minimales en tout point sont représentées dans le tableau suivant :

**Tableau (02) : Épaisseurs d'utilisation par couche (NF P 98-132).**

Type de BBM	Épaisseur totale (cm)	Épaisseur moyenne d'utilisation (cm)
BBM A, B ou C 0/10	3 à 4	2,5
BBM A, B ou C 0/14	3,5 à 5	3

**Utilisations**

Les bétons bitumineux minces sont principalement utilisables en voiries urbaines, ils sont : parfaitement adaptés aux chargements des tapis vieillissants pour rétablir la rugosité de la chaussée et pour des contraintes de gabarit, couche de liaison ou de roulement épaisseur minimale 2,5cm, épaisseur moyenne d'utilisation 3 à 4cm.

# CHAPITRE II

*Formulation et mise en  
œuvre des enrobés  
bitumineux fins*

## Introduction

Dans le présent chapitre, nous abordons les différentes formulations des sables bitume ainsi que les points suivants :

- les micro-bétons bitumineux.
- les matériaux composant le sable bitume
- les propriétés mécaniques des sables
- la formulation des sables bitume

### 1. Composition des sables bitume

#### 1.1. Les Matériaux de base :

Les Matériaux utilisés, pour la confection d'un sable bitume, sont les sables et les liants bitumineux selon la méthode de mise en œuvre adaptée.

##### 1.1.1. Les sables :

Ils doivent avoir une bonne portance, ce qui nécessite un minimum de fines et n'exclut pas une légère plasticité. L'étude granulométrique permet de déterminer la teneur en éléments fins (c'est-à-dire diamètre inférieur à 0,02mm) qui est à la fois déterminante pour le comportement du mélange au gel (critère de Casagrande) et pour le choix du dosage en liant. Cette étude informe également sur la forme la plus adéquate de la courbe granulométrique qui influence l'aptitude au compactage et la teneur en vides du mélange. D'une manière générale, plus la granulométrie sera étalée, plus les performances mécaniques seront élevées logiquement, elles augmenteront dans le sens : Sable fin-Sable moyen-Sable grossier.

A titre indicatif, sont susceptibles d'être employés les sables ayant les caractéristiques suivantes:

- teneur en fines (particules < 80 microns) : 05 a 30%
- équivalent de sable  $15 < ES < 50$
- indice de plasticité  $Ip < 15\%$  et limite de liquidité  $Ll < 35\%$ .
- coefficient d'uniformité  $Cu = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 5$

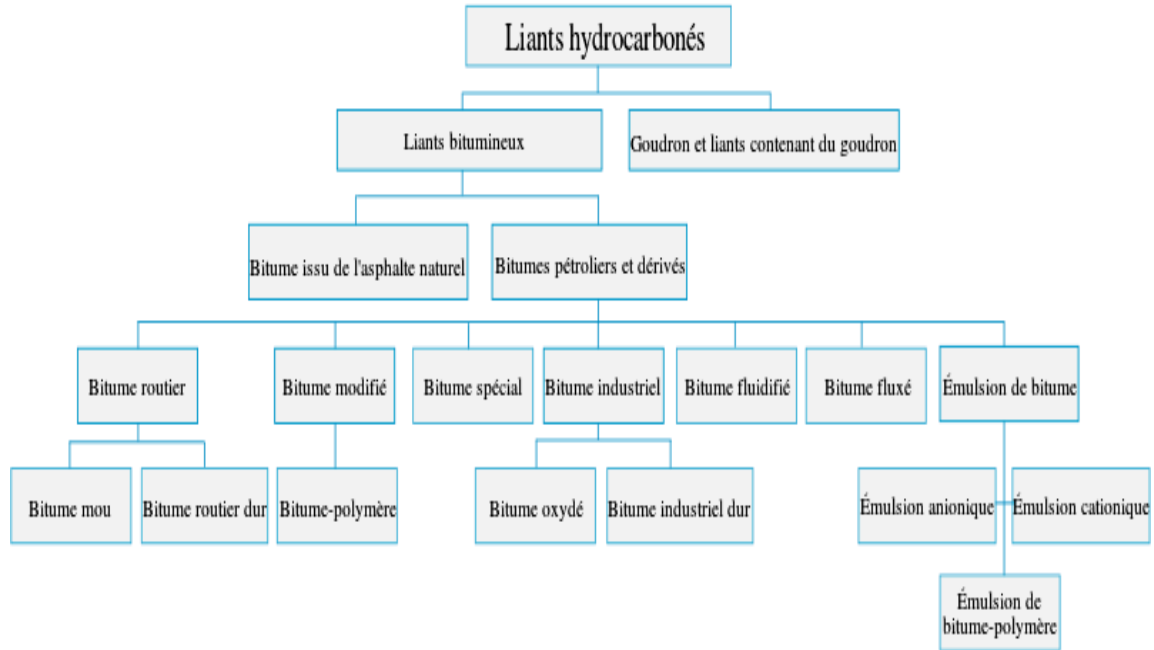
Ces formules de composition sont des indications moyennes valables à la fois pour les sols-bitume et les sables enrobés à froid. Elles Correspondent à la nécessité d'avoir naturellement avant traitement une bonne stabilité. Dans le cas de l'enrobage à chaud, les sables utilisés doivent être propres ( $ES > 40$ ) et sans argiles (IP non mesurable). Par ailleurs, ils doivent contenir moins de 0,2% de matières organiques.

**1.1.2. Les Liants**

Les liants hydrocarbonés, qui jouent un rôle important dans la technique routière moderne, sont connus et utilisés depuis longtemps. (6)

On distingue trois familles de liants hydrocarbonés :

- Les asphaltes
- Les bitumes
- Le goudron



**Figure (2) : Types de liants hydrocarbonés**

**1.1.2.1. Les types de liants bitumineux :**

Le bitume utilisé dans les enrobés confère des propriétés viscoélastiques aux revêtements de chaussées. Un bitume ayant les caractéristiques appropriées assure des performances élevées sur le plan de la résistance à l’orniérage, à la fissuration thermique, à la fissuration de fatigue et à l’arrachement ; ces caractéristiques contribuent à la réalisation de revêtements sécuritaires, durables et économiques.

Les liants à base de bitume sont les suivants :

- ❖ Les bitumes purs
- ❖ Les cut-backs
- ❖ Les bitumes fluxés
- ❖ Les bitumes composés
- ❖ Les bitumes modifiés
- ❖ Les émulsions de bitume



### 1.1.2.2. Propriétés mécaniques et rhéologiques du bitume

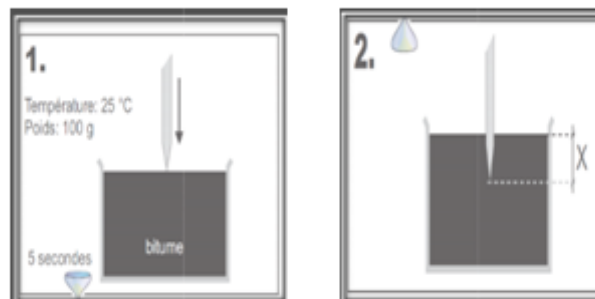
Le bitume confère à l'enrobé sa flexibilité et sa capacité à résister à certaines dégradations causées par plusieurs facteurs dont le trafic, les conditions climatiques du site, ... etc. A température de service élevée, le bitume doit demeurer suffisamment visqueux afin d'éviter que ne se produise le phénomène d'orniérage. A l'opposé, à basse température, le bitume doit conserver une certaine élasticité pour éviter le phénomène de fissuration par retrait thermique et la fragilisation de l'enrobé. (7)

### 1.1.3. Essais de caractérisation des bitumes

#### • Essai de pénétrabilité à l'aiguille (NF EN 1426 - Décembre 1999)

**Définition :** la pénétrabilité est un essai de classification de bitume ; elle concerne à classer le bitume selon des intervalles des valeurs des profondeurs aux lesquelles une aiguille les pénétrera dans des conditions prescrites de température, de charge et de durée d'application de la charge.

**Principe d'essai :** mesurer la pénétration d'une aiguille de référence dans l'échantillon d'essai conditionné (bitume). Les conditions opératoires qui s'appliquent aux pénétrations inférieures ou égales à (500 x 0,1mm), sont : Température 25 °C, Charge appliquée 100g application de la charge 5s.



**Figure (03) :** Principe de l'essai de pénétrabilité

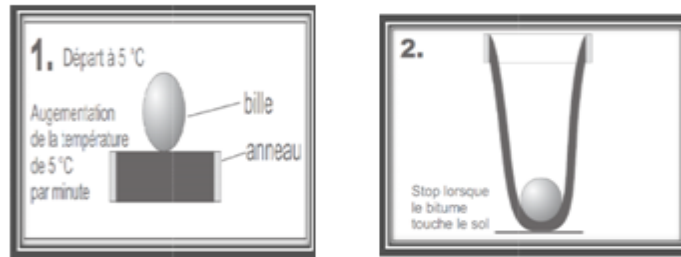
#### • Point de ramollissement bille et anneau (NF EN 1427-janvier 2000)

C'est la température à laquelle le matériau dans les conditions de référence de l'essai atteint une certaine consistance.

#### **Principe d'essai:**

Deux disques horizontaux de bitume, moulés dans des anneaux de laiton à épaulement, sont chauffés dans un bain liquide avec un taux d'élévation de la température contrôlé, alors que chacun soutient une bille d'acier. La température de doit correspondre à la moyenne des

températures aux quelles les deux disques se ramollissent suffisamment pour permettre à chaque bille, enveloppée de liant bitumineux, de descendre d'une hauteur de 25mm.



**Figure(04) :**Principe de l'essai de ramollissement

## 2. Mise en œuvre des sables bitume

Les enrobés bitumineux à base de sable se préparent par mélange direct sur la chaussée au moyen de niveleuses à lames, au moyen d'installation de malaxage mobile ou encore par fabrication dans une centrale. Si le malaxage est opéré à la lame, les charrues à disques doivent suivre le distributeur de liant bitumineux jusqu'à ce que celui-ci soit parfaitement mélangé à l'agrégat minéral. Après Un mélange parfait, le malaxage est poursuivi au moyen de niveleuses automatiques.

Si le malaxage est réalisé en centrale, l'agrégat minéral et le liant bitumineux doivent être parfaitement mélangés jusqu'à ce que tout le liant soit réparti dans l'agrégat qui sera parfaitement enrobé. Le mélange obtenu peut être place en cordons.

### 2.1.Mise en œuvre à froid

La fabrication peut être réalisée en place ou de préférence en centrale. Un aspect important est l'aération du mélange pour passer de la teneur en eau d'enrobage à la teneur en eau de compactage (cas des émulsions) ou pour éliminer une partie des éléments volatils (cas des cut-backs et des bitumes fluidifiés). Cette opération pourra se faire, soit par reprise à la lame de niveleuse avec mise en cordon, soit par passages successifs du mélangeur rotatif utilisé pour la stabilisation.

Ensuite, suit l'opération de compactage qui doit être engagé dès que l'élimination de l'excédent d'eau ou de solvant le permet ; à cette étape, une trop longue attente est aussi néfaste qu'un compactage prématuré. Le Compactage est réalisé généralement avec des compacteurs à pneus (charge Par roue: 2 à 3t) faiblement gonflés (2 bars). Les compacteurs mixtes ou vibrants conviennent aussi. La finition est assurée par un cylindre lisse léger.

Il faut noter enfin selon les quantités du matériau (riche En fines par exemple), on adopte une manière de compactage pour éviter certaines difficultés inhérentes.

### 3. Formulation du sable bitume

Les sables bitume sont des matériaux qui permettent d'effectuer des revêtements minces (2,5 à 3,5cm). 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 par:

- ✓ Le choix de la granulométrie de l'ossature qui conduit à un minimum de vides ;
- ✓ assurer un dosage capable à la fois d'enrober totalement les grains du mélange et d'en permettre l'agglutination totale suivant le meilleur arrangement.

#### 3.1. Détermination de la teneur en bitume

La teneur en bitume d'un enrobé 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 bitume sera définie lors de l'étude en utilisant la formule suivante : (8)

$$TL = K \times \alpha \times \Sigma^{1/5} \quad ; \text{ avec } \alpha = \frac{2.65}{MVRg} \quad ; \text{ coefficient correcteur}$$

Avec:

**K**: module de richesse.

$\Sigma$ : surface spécifique conventionnelle  $\Sigma = (4,75 + 1,3 * f)$

**f** : pourcentage d'éléments < 0.08 mm

$\alpha$ : coefficient correcteur destiné à tenir compte de la masse volumique des granulats

Ou MNRg : masse volumique réelle des granulats

#### 3.2. Module de richesse K

Dans l'expression précédente la valeur de  $K = \frac{P}{\alpha \sqrt[5]{\Sigma}}$  est appelée «module de richesse en liant» on en abrégie 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, climat, de la nature et de l'intensité du trafic. De manière générale la valeur du module de richesse **K** varie entre 3,75 et 4,25. (9)

### 3.3. Calcul de la compacité des éprouvettes

Soit :

- ❖  $d_m$ : la densité apparente de l'éprouvette ;
- ❖  $d_b$ : la densité du bitume;
- ❖  $d_a$ : la densité de l'agrégat ;
- ❖  $p_b$  : le pourcentage en poids du bitume;
- ❖  $P_a$ : le pourcentage en poids de l'agrégat;

La densité vraie de l'éprouvette est :

$$d_m = \frac{100}{\frac{p_b}{d_b} + \frac{P_a}{d_a}}$$

Le pourcentage volumétrique des vides résiduels ou vides de l'éprouvette est :

$$V_m = \frac{D_m - d_m}{D_m}$$

$d_m/D_m$  est le volume vrai de l'agrégat dans l'éprouvette de volume unité

Le pourcentage C ou pourcentage volumétrique des pleins est :

$$C = 100 - V_m$$

### 3.4. Propriétés mécaniques des sables bitumes:

Les propriétés mécaniques peuvent être déduites de l'analyse de résultats d'essais de laboratoire.

Ces essais normalisés sont effectués dans des conditions bien définies de températures et de sollicitations, sur des éprouvettes confectionnées en laboratoire ou éventuellement prélevées sur la chaussée. En comparant les performances obtenues à celles des normes prescrites ; la valeur de ces normes étant fixée par l'expérience et les conditions climatiques de chaque pays.

Il n'existe pas de méthode normalisée et les meilleures méthodes généralement utilisées sont celles de l'essai Hubbard-Field (H.F) et celles de l'essai Marshall. La stabilité du mélange sable bitume ne dépend pas uniquement de la gradation du sable, mais d'autres paramètres en relation avec la surface de l'agrégat.

Dans le cas où on utilise du bitume pur (**Ce souci d'utiliser un liant de grande dureté** tient au fait que le principal problème avec les sables bitume est d'obtenir une bonne résistance et une faible déformabilité), le mélange est étudié le plus souvent avec l'essai Hubbard Field (moule de 5 x 2,5 cm). On demande en général une stabilité H.F supérieures à 4000 N. La méthode Marshall est parfois utilisée et on exige une stabilité supérieure à 2500 N

La plupart des sables bitumes sont exploités dans la couche de base ou fondation tant que cette technique a donné des résultats satisfaisants au Sénégal, au Bénin et en Côte d'Ivoire en couche de roulement

#### **4. Conclusion**

Comme il est mentionné précédemment, les sables bitumes sont constitués de deux éléments principaux ; les sables et le bitume. La liaison entre la sable et le bitume 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:

- ❖ suffisamment de bitume pour donner un pavage durable
- ❖ une stabilité suffisante pour satisfaire les exigences de trafic
- ❖ suffisamment des vides pour pallier aux phénomènes d'expansion liés aux propriétés spécifiques du bitume (dilatation thermique)
- ❖ une maniabilité suffisante pour permettre une mise en place efficace du mél

# CHAPITRE III

*Matériaux et Matériel  
Utilisés*

**Introduction :**

L'identification des matériaux peut, bien sûr, se pratiquer dans des laboratoires convenablement équipés en moyens scientifiques pour déterminer la nature des matériaux

Dans le cadre de notre recherche d'une variété adaptée de béton bitumineux, nous avons dû identifier les matériaux que nous utilisons dans le mélange, nous avons donc fait appel au Laboratoire des Travaux Publics du Sud dans la wilaya d'Ouargla et pour mener les expérimentations nécessaires.

**I/ Matériaux utilisés****1.1 Sables de dunes**

La source de sable de dunes provient de la région de SEDRATA, à environ 1,5 km du pôle universitaire 3

**Toutes les informations listées ci-dessous sont issues du répertoire des salles de laboratoire des Travaux Publics du Sud (LTPS, Ouargla)**

**1.1.1. Essai : détermination de l'équivalent de sable****1) Objet :**

L'essai consiste à déterminer le pourcentage d'éléments fins au sein d'un matériau sableux.

**2) Principe :**

Sédimentation du matériau dans une solution lavante.

**1.1.2. Essai : l'analyse granulométrique****1) Objet :**

- ✓ Déterminer les dimensions des grains.
- ✓ Déterminer les proportions de grains de même dimension (% pondéral)
- ✓ Tracer la courbe granulométrique.
- ✓ Déterminer le coefficient d'uniformité  $C_U$  et coefficient de courbure  $C_C$ .
- ✓ En déduire le module de finesse.

**2) Principe :**

L'essai consiste à classer les différents grains constituant l'échantillon en utilisant une série de tamis, emboîtés les uns sur les autres, dont les dimensions des ouvertures sont décroissantes du haut vers le bas. Le matériau étudié est placé en partie supérieure des tamis et les classements des grains s'obtiennent par vibration de la colonne des tamis

$$C_U = D_{60}/D_{10}$$

$$C_C = D_{30}^2/D_{10} \cdot D_{60}$$

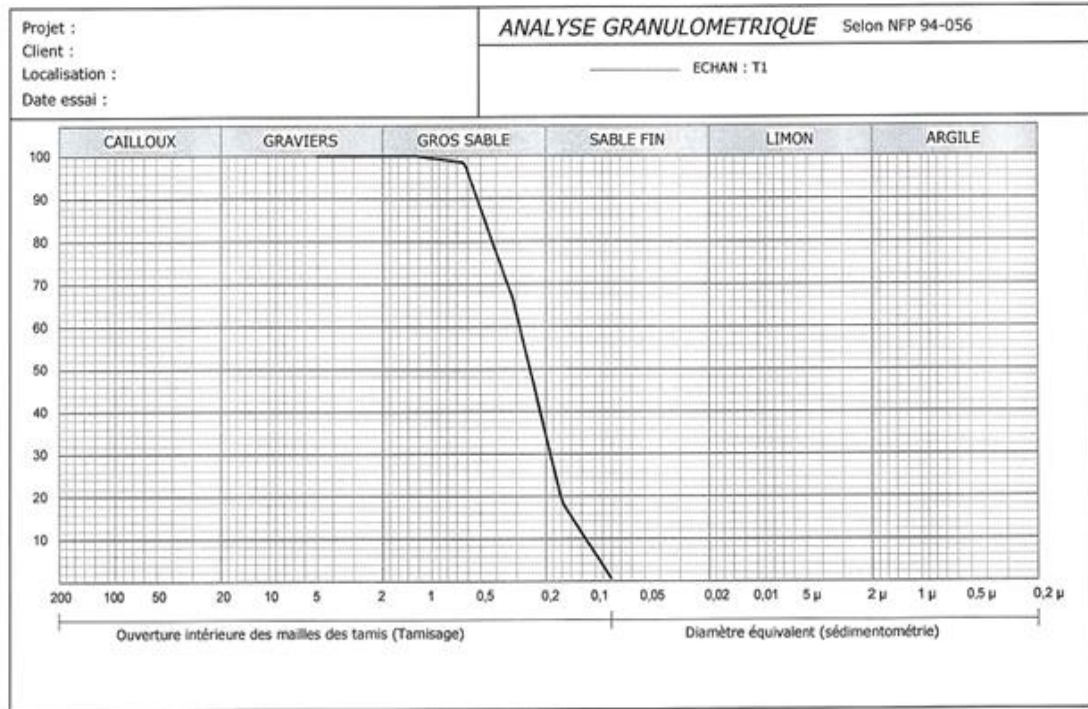


Figure (05) : Courbe granulométrique du sable de dunes

1.1.3. Essai : Masses volumiques apparentes

1- Définition :

La masse volumique apparente d'un matériau est la masse volumique d'un mètre cube du matériau pris en tas, comprenant à la fois des vides perméables et imperméables de la particule ainsi que les vides entre particules.

La masse volumique apparente d'un matériau pourra avoir une valeur différente suivant qu'elle sera déterminée à partir d'un matériau compacté ou non compacté.

La masse volumique apparente est donnée par:  $\rho_{App} = \frac{m}{V}$

L'essai est répété 3 fois pour un volume de 1 litre et la moyenne de ces essais donne la valeur de la masse volumique apparente.

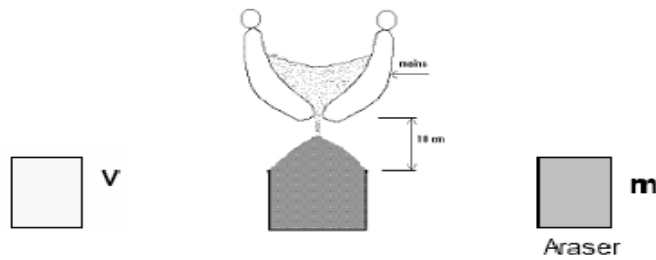


Figure (06) : Schéma de principe d'essai du masse volumique apparente



### 1.1.4. Essai : Masses volumiques absolues

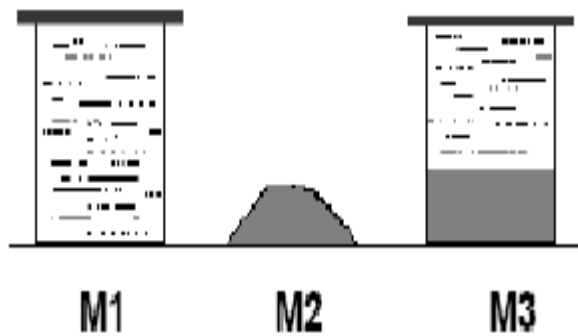
#### 1- Définition :

La masse volumique absolue  $\rho_s$  est la masse par unité de volume de la matière qui constitue le granulat, sans tenir compte des vides pouvant exister dans ou entre des grains.

#### 2- Essai: Méthode du ballon

Cette méthode de détermination des masses volumiques est plus précise à condition de prendre un certain nombre de précautions.

- Déterminer avec précision la masse  $m_1$  du ballon rempli d'eau.
- Déterminer avec précision la masse  $m_2$  d'un échantillon de matériau sec .
- Introduire la totalité du matériau dans le ballon, remplir d'eau. Vérifier qu'il n'y a aucune bulle d'air. Peser alors avec précision le ballon, soit  $m_3$ . La masse volumique absolue est alors :



$$\rho_{\text{Abs}} = \frac{m_2}{(m_1 + m_2) - m_3}$$

Figure (07) : Schéma de principe d'essai de la masse volumique absolue

### 1.1.5. Les analyses chimiques sommaires

#### a) Essai de détermination des insolubles

##### 1) Objet :

La présente norme a pour objet de définir les conditions d'exécution de l'essai chimique pour la détermination du taux d'insolubles.

##### 2) Définition :

Les insolubles sont les silicates : corps insolubles dans l'acide chlorhydrique.

##### 3) Résumé :

1. Opérer sur 2 g d'échantillon ; les mettre dans un bécher ;
2. Ajouter 100 cm<sup>3</sup> d'acide chlorhydrique à 10% ;
3. Chauffer rapidement pendant quelques instants jusqu'à ce que le liquide soit juste jaune clair ;

4. Filtrer immédiatement la liqueur chaude sur filtre sans cendres ;
5. Laver à l'eau bouillante jusqu'à disparition des ions Cl ;
6. Réserver le filtrat qui servira à la détermination de la teneur des ions SO<sub>2</sub> ;
7. Mettre le filtre et son contenu dans une capsule de 250 ml et recouvrir avec 100 ml de solution Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> à 5% ;
8. Faire bouillir pendant un quart d'heure puis filtrer ;
9. Laver à l'eau bouillante puis avec HCl à 1/2, enfin avec de l'eau distillée ;
10. Calciner et peser.

**b) Essai de détermination du taux de sulfates**

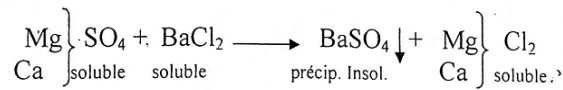
Les sulfates solubles dans l'eau, généralement trouvés dans les sols, sont le sulfate de sodium Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, et le sulfate de magnésium MgSO<sub>4</sub>. Le sulfate de calcium CaSO<sub>4</sub>, communément trouvé sous forme de gypse, est faiblement soluble dans l'eau mais il est promptement soluble dans l'acide chlorhydrique dilué. Le traitement à l'acide chlorhydrique est ainsi nécessaire si la quantité totale des sulfates est exigée.

Les solubilités maximales approximatives dans l'eau des 3 sels mélanges, sont exprimées en terme SO<sub>3</sub>, par litre à environ 20°C, sont les suivantes :

**Tableau (03)** Solubilités maximales approximatives dans l'eau

Sulfate de sodium	240 g/l
Sulfate de magnésium	180 g/l
Sulfate de calcium	1.2 g/l

Dans les méthodes gravimétriques décrites au 1.6.5, les sulfates dissous sont précipités sous forme de sulfate de baryum insoluble comme résultat d'une réaction avec le sulfate de magnésium et le sulfate de calcium peut être représentée par l'équation :



La réaction est similaire avec le sulfate de sodium, mais l'équation est :



Le précipité de sulfate de baryum est filtré, séché et posé. A partir des masses atomiques le pourcentage équivalent de SO<sub>3</sub>, dans l'échantillon original est calculé.

**Tableau (04)** des masses atomiques de SO<sub>3</sub>

Elément	Masse atomique	Nombre d'atomes
S	32	X1 = 32
O	16	X3 = 48
Masse SO <sub>3</sub> = 80		

Ainsi la masse de SO<sub>3</sub> sera de 80/233 - 0.343 fois la masse du sulfate de baryum précipité. Si la masse du précipité est m<sub>4</sub> et la masse du sol utilisé est m<sub>3</sub>, le % de SO<sub>3</sub> dans le sol utilisé est donné par:

$$(m_4/m_3) * 0.343 * 100\% = 34.3 * (m_4/m_3)$$

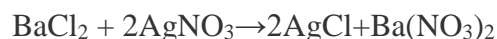
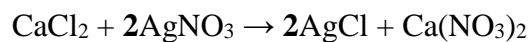
Si la masse m<sub>3</sub> n'était pas prise de l'échantillon original, mais de la fraction des passants à 2mm, le % calculé doit être multiplié par m<sub>2</sub>/m<sub>1</sub> pour le convertir en % de l'échantillon original, où m<sub>1</sub> = masse de l'échantillon avant tamisage, et m<sub>2</sub> = masse de l'échantillon passant au tamis de 2 mm

Il est d'usage d'exprimer les sulfates en SO<sub>3</sub>. Le BRE DIGEST 174 (1975) et d'autres références qui donnent des conseils pratiques pour la mise en œuvre du béton dans les sols où les sulfates sont présents, basent leurs recommandations sur l'ion SO<sub>3</sub>.

L'addition de l'eau de brome durant l'étape de l'extraction de l'acide oxyde quelques éléments métalliques qui peuvent être présents et qui peuvent d'une certaine manière contaminer le sulfate de baryum.

Les oxydes sont insolubles dans une solution alcaline et l'addition de l'ammoniac les fait précipiter, ainsi ils peuvent être enlevés avant la réaction avec le chlorure de baryum.

Durant la filtration finale, la présence de chlorure soluble restant est indiquée par la turbidité quand une goutte de l'eau de lavage est testée avec une solution de nitrate d'argent.



Le lavage doit continuer jusqu'à ce qu'il n'y ait pas de turbidité.

-Sécher, incinérer, calciner à 900°C pendant 15 minutes, passer au dessiccateur et peser m<sub>4</sub>.

### c) Essai de détermination du taux de carbonates d'un sol

#### 1) Définition et but de l'essai :

On détermine le taux de carbonates d'un sol pour déterminer le taux de calcaire. Une teneur en carbonate élevée signifie une faible teneur en minéraux argileux et généralement indique une résistance au cisaillement relativement élevée.

**2) Résumé :**

On applique sur l'échantillon de sol un excès d'acide chlorhydrique et l'excès est dosé en retour par une solution d'hydroxyde de sodium d'où on détermine exactement le taux de carbonates existant dans le sol

**d) Essai de détermination du taux de chlorures****1) Principe :**

On fait agir en milieu neutre, PH sensiblement égal à 6.5 ou 7, une solution à titrer du nitrate d'argent sur une prise d'essai en présence de  $K_2CrO_4$ , La solution est de couleur jaune, quand on verse la solution de  $AgNO_3$ , le chlore précipite à l'état de  $AgCl$  (blanc). Lorsque tout le chlore sera transformé en  $AgCl$ , la couleur rouge brique persistante due à la formation de  $CrO_4Ag_2$ .

**2) Résumé :**

1. A partir de l'échantillon représentatif, prendre environ 1 kg (les particules  $\leq 20 \mu m$ );
2. Etuver l'échantillon à  $105^\circ C \leq T \leq 110^\circ C$ ;
3. Ecraser l'échantillon et le faire passer au tamis  $600 \mu m$ ;
4. Placer 100 g de sol sec dans une fiole de 500 ml ;
5. Ajouter à l'échantillon de sol 200 ml d'eau distillée ;
6. Agiter pendant 24 heures, attention ne pas appliquer la chaleur ;
7. Transférer 25 ml à l'aide d'une pipette puis filtrer (au besoin);
8. Titrer à PH neutre avec le nitrate d'argent.

Concernant le Bitume, la société Naftal nous a transmis un document d'identification de son produit contenant toutes les informations qui nous concernent pour trouver le mélange approprié qui est donnée en annexe.

Enfin, nous résumons tous les résultats obtenus avec les documents soumis par les Laboratoires des Travaux Publics, Sud Ouargla sont donnée en annexe.

**Tableau (05) : Récapitulatif des caractéristiques du sable utilisé**

Es	Masse VAp (g/m <sup>3</sup> )	Masse VAb (g/m <sup>3</sup> )	Chimie	
75.49%	1.429	2.49	Ins (%)	14.8
			CaSO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O	22.11
			CaCO <sub>3</sub> (%)	9.02
			Na Cl (%)	6.56

**sable concassé :**

Ces résultats ont été obtenus à partir des mêmes expériences mentionnées dans le titre précédent

**Tableau (06)** Récapitulatif des caractéristiques du sable concassé 0/3

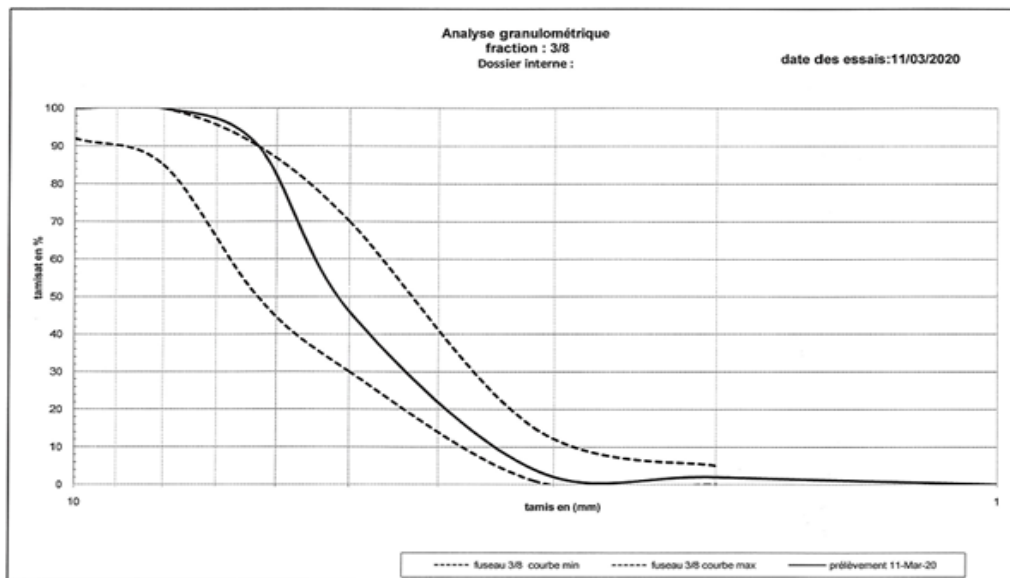
Es	Masse VAp (g/m <sup>3</sup> )	Masse VAb (g/m <sup>3</sup> )	Chimie	
			29.66%	2.59
CaSO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O	1.47			
CaCO <sub>3</sub> (%)	10.01			
NaCl (%)	6.79			

**1.2. Gravier 3/8:**

**1.2.1. Essai d'analyse granulométrique :**

La source des pierres de l'étude provient de la zone du BASSIN D'AL-HAMRA, à 100 km du siège de l'État de Ouargla.

Le même principe et objet mentionné précédemment



**Figure (08) :** Courbe granulométrique de la fraction 3/8

**1.3.2 Masses volumiques apparentes :**

Le même principe et objet mentionné précédemment sur le sable de dune

**1.3.3. Masses volumiques absolues :**

Le même principe et objet mentionné précédemment sur le sable de dunes

**1.3.4 Analyse chimique**

Le même principe et objet mentionné précédemment sur le sable de dunes.

**1.3.4. Essai Micro Deval :**

**1) Objet:**

L'objet de l'essai est la mesure de la résistance des granulats à l'usure (frottement),

**2) Principe :**

la détermination de la résistance à l'usure effectuée par une mesure de la quantité des éléments inférieurs à 1.6 mm produit en soumettant les granulats aux frottements réciproques dans un cylindre en rotation dans des conditions bien définies, l'échantillon soumis à l'essai en présence de l'eau, mais l'essai peut également être effectué à sec.

**1.3.5 Essai Los Angeles****1) Objet :**

L'objet de l'essai est la mesure de la résistance des granulats à la fragmentation (Choc),

**2) Principe:**

La détermination de la résistance à la fragmentation des graviers effectuée par une mesure de la quantité des éléments inférieurs à 1.6 mm produit en soumettant les granulats aux chocs de boules normalisés dans la machine Los Angeles.

**Tableau(07) : Récapitulatif des caractéristiques du Gravier 3/8**

Masse VAp (g/m <sup>3</sup> )	Masse Ab (g/m <sup>3</sup> )	LA (%)	MDE (%)	Chimie (%)	
				%Ins	
1.0888	2.51	37.22	53.58		14.8
				Ca SO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O	22.107
				Ca CO <sub>3</sub>	9
				Na Cl	6.56

**1.4. Bitume****1.4.1 Pénétrabilité :**

La caractéristique présentée sous le nom de pénétrabilité représente, exprimée en dixièmes de millimètre (0,1 mm), la mesure de la pénétration dans un échantillon de bitume, au bout d'un temps de 5 secondes, d'une aiguille dont le poids avec son support est de 100 g. La pénétrabilité la plus couramment utilisée est celle qui est mesurée à 25°C. A une température donnée, plus le bitume est dur, plus la valeur de sa pénétrabilité est faible. Un bitume 20/30 est plus dur qu'un 40/50. En Algérie, le plus mou est le 160/220 et le bitume pur le plus largement utilisé dans les revêtements routiers est le 40/50.(10)

**1.4.2 Point de ramollissement bille et anneau :**

Les bitumes n’ont pas de point de fusion franc ; leur consistance décroît progressivement lorsque la température s’élève. Pour cette raison, la détermination du point de ramollissement doit être faite en suivant une méthode bien définie, pour obtenir des résultats comparables. Une bille d’acier de 3,5 g et de 9,5 mm de diamètre est placée sur un petit disque de bitume posé sur un anneau de métal de 19 mm de diamètre.

L’ensemble est chauffé à vitesse constante (5 °C/min).

Le point de ramollissement bille et anneau (TBA) est la température à laquelle le poids de la bille imprime à l’échantillon une déformation verticale de 25mm.

**Tableau (08) Caractéristiques du bitume utilisé**

Pénétrabilité	Point de ramollissement	Densité relative 25° C
40-50	47 - 61	1.00 à 1.10

**2. Matériel utilisé :**

**2.1. Essai Hubbard Field (Norme NLT 160 / ASTM D 1138)**

Cette norme ne s'applique qu'aux mélanges de bitume composés d'agrégats fins et d'un matériau bitumineux, la méthode est indiquée pour l'essai des mélanges fabriqués et étalés à chaud dans lesquels un liant bitumineux est utilisé. La stabilité est définie dans cet essai par la résistance maximale développée par l'éprouvette à 60 °C, lorsqu'elle est testée dans des conditions d'extrusion.



a) Confection d'une éprouvette par la presse d'essai



b) Equipements de l'essai (moules, hausse, piston)

**Figure (09) : Appareil de compression et l'équipement d'Hubbard Field**

a) Préparation des mélanges : La fabrication de mélange de bitume au Laboratoire a été réalisée suivant les étapes suivant : Préparation des agrégats : Chacune des types des

agrégats entrant dans la composition du mélange hydrocarboné est prélevée selon la norme P18-553 " préparation d'un échantillon pour essai ». Les différents agrégats sont chauffés dans récipient sur une étuve à une température de l'essai dépend des types de liant utilisés.

Préparation du bitume : Une quantité de liant correspondant aux besoins de l'essai est prélevée sans dépasser 100°C, est placée dans un récipient rempli et fermé, placé en étuve, est porté à la température de référence avec un écart +5°C jusqu'à liquéfier. (Dans notre étude la température de référence de bitume 40/50 était entre 160°C et 170°C).

La température de référence de préparation des mélanges est définie suivant la catégorie de liant hydrocarboné utilisée comme suit :

- Bitume 80/100 : 140°C + 5°C
- Bitume 60/70 : 150°C + 5°C
- Bitume 40/50 : 160°C + 5°C
- Bitume 20/30 : 180°C + 5°C

#### b) Mode opératoire

Mettre à l'étuve les constituants, dans notre cas les sables de dune, alluvionnaire et concasse, ainsi le bitume retenu d'un poids total dépendant du nombre de moule à une température spécifiée (160°C) pendant 2 heures.

Les éprouvettes du mélange compacté doivent avoir un diamètre de 50,8 mm et une hauteur de 25,4 mm et pour cela, placer la

quantité suffisante du mélange fraîchement préparé ou réchauffé dans le moule pour obtenir la taille appropriée du tube compacté. La masse calculée suivant la formule :

$$D^2 M = n \cdot H$$

M: masse d'échantillon,

D: diamètre de moule,

H: hauteur de l'éprouvette

On remplit les moules de dimension (50.8 X 120.7 mm) avec le mélange, et on place ce dernier sur le piston inférieur en place sont placés dans l'étuve, réglé à la température désirée compactage donne (160 °C), pendant plus de dix minutes, aussi les pistons supérieurs afin qu'ils

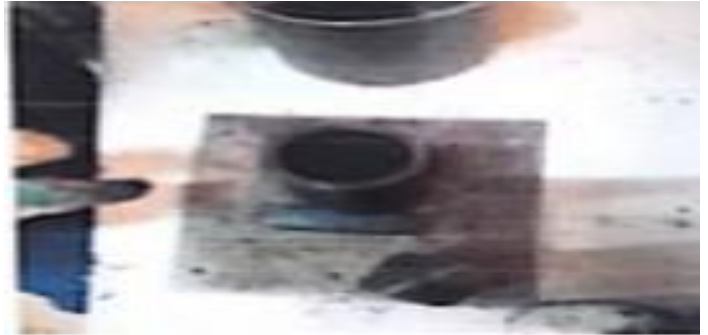


**Figure (10) : Etuve de chauffage**



atteignent également la même température, et une fois la température atteinte, les pistons supérieurs sont placés

Après les avoir retirés du réchauffeur, les éprouvettes doivent être compactées sans perte de temps de la manière suivante :



**Figure (11):** Remplissage des moules Hubbard – Field

Les moules sont placés sur les barres carrés utilisés en tant que support, de sorte que le fond du moule

est maintenu à 25,4 mm au-dessus de la surface de la plaque de la presse, en étant, par conséquent, le piston inférieur introduit seulement un autre 25,4 mm à l'intérieur du moule. Une charge initiale de 2.225 KN, pour régler le mélange dans le moule est appliquée. la charge initiale est enlevée et enlevée les barres support.

Placer le seau de malaxeur avec le mélange des granulats dans la balance et ajouter la SPOSITIES EXPERIMENTAUX quantité nécessaire de liant. Les matériaux sont soigneusement mélangés, défaisant tous les morceaux qui peuvent former avec la spatule.



**Figure(13) :** Chargement initial de 2.22 kN



**Figure(12) :** Opération de malaxage.



**Figure (15) :** Opération de démoulage



**Figure (14) :** Chargement de compactage 41.9kN kN



**Figure (16) :** Des éprouvettes démoulées

# CHAPITRE IV

## *Résultats et Discussion*

## Présentation les réalisés

## 1. Essais Hubbard-Field

**1.1.Densité apparente et densité absolue:** Le tableau(09) présente la variation de la densité apparente et absolue en fonction des différents dosages du bitume selon chaque mélange

**Tableau (09) :** Variation de la densité selon la teneur en bitume

Teneur en bitume ( % )	6.68	7.12	7.57
Module de richesse (k)	3.75	4.00	4.25
Densité apparent (g/cm <sup>3</sup> )	2.18	2.11	2.09
Densité absolue (g/cm <sup>3</sup> )	2.39	2.38	2.37

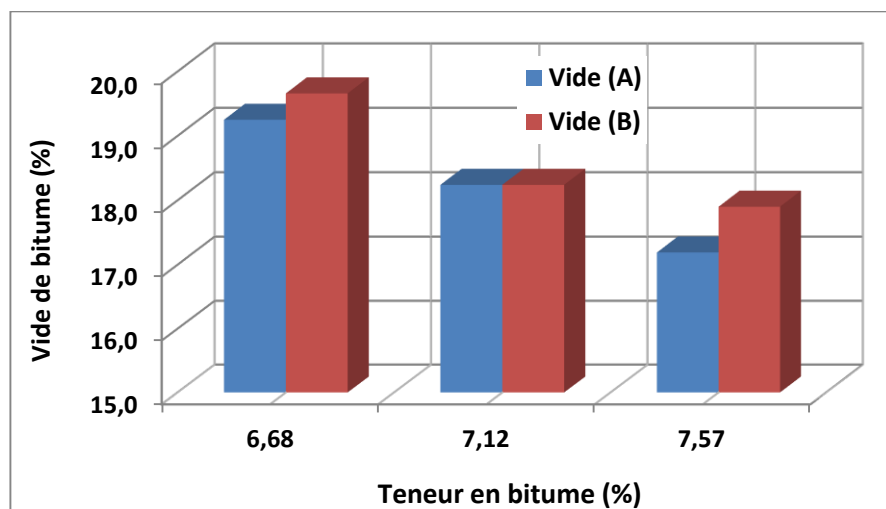
On remarque dans ce tableau que la densité apparente et la densité absolue dans les sables bitume à base de sable de dune diminuent sensiblement lorsque la teneur en bitume augmente, c'est-à-dire que les densités et les teneurs sont inversement proportionnelles.

**Pourcentage de vide :** Le tableau suivant présente les différents pourcentages des vides obtenus.

- Pourcentage volumétrique des vides de l'éprouvette, soit V%

**Tableau (10):** Pourcentages de vides selon les teneurs en bitume.

Teneur en Bitume (%)		6.68	7.12	7.57
Pourcentage de vide V (%)	A	19.25	18.85	17.19
	B	19.66	18.24	17.90



**Figure (17):** Variation des vides en fonction des teneurs en bitume

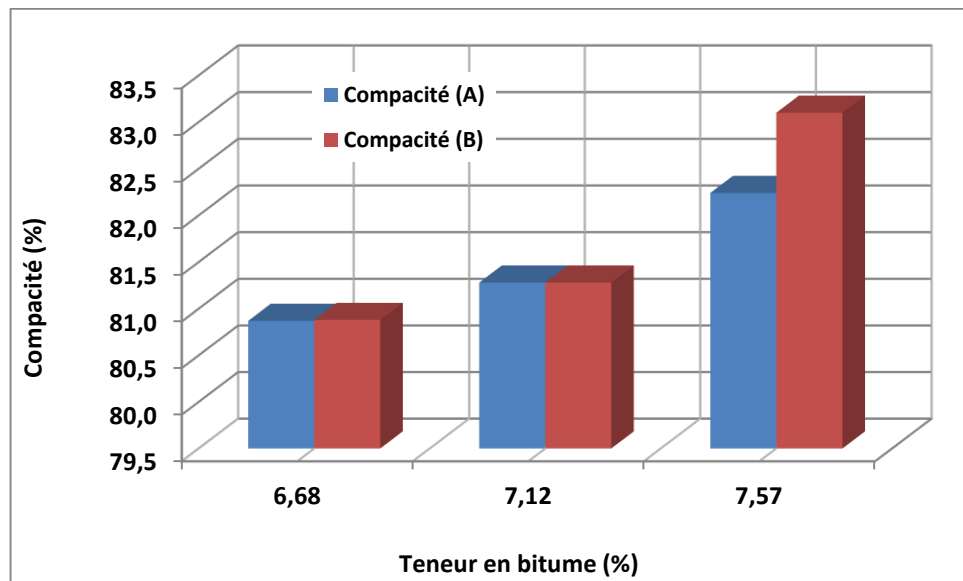
On remarque que le meilleur résultat enregistré se situe dans le 3<sup>ème</sup> mélange et les faibles valeurs dans le 1<sup>er</sup> mélange. Pour les vides comblés par le bitume où ils constituent le volume des vides inter-granulaire occupé par le bitume effectif exprimé en pourcentage du volume des vides intrer-granulaires.

Ces chutes de valeurs de vide et de densité a une relation position avec le pourcentage de bitume présent dans le mélange.

**Compacités :** Le tableau suivant présente la variation de la compacité des éprouvettes en fonction de la variation des dosages en bitume.

**Tableau (11):**Variation de la compacité de HB.

Teneur en bitume (%)		6.68	7.12	7.57
Compacité C (%)	A	80.87	81.28	82.24
	B	80.88	81.28	83.10



**Figure (18):**Variation de la compacité en fonction de la teneur en bitume

La figure ci-dessus montre que la compacité augmente avec la teneur en bitume. Cette insuffisance est expliquée par le fait que le sable de dunes est un sable poreux, monogranulaire, manque d'angularité (les grains sont ronds).

2. Stabilités Hubbard Field

Le tableau (12) présente la variation de la stabilité Hubbard Field des éprouvettes en fonction de la variation des dosages du bitume selon chaque mélange.

- Stabilité Hubbard Field à 60° C

Tableaux (12): Variation de la stabilité Hubbard Field à 60°

Teneur en Bitume (%)			6.68	7.12	7.57
Stabilité (KN)	60°C	A	1.383	1.788	2.471
		B	2.167	2.218	2.469
	18°C	A	12.85	12.90	13.86
		B	11.951	12.11	13.86

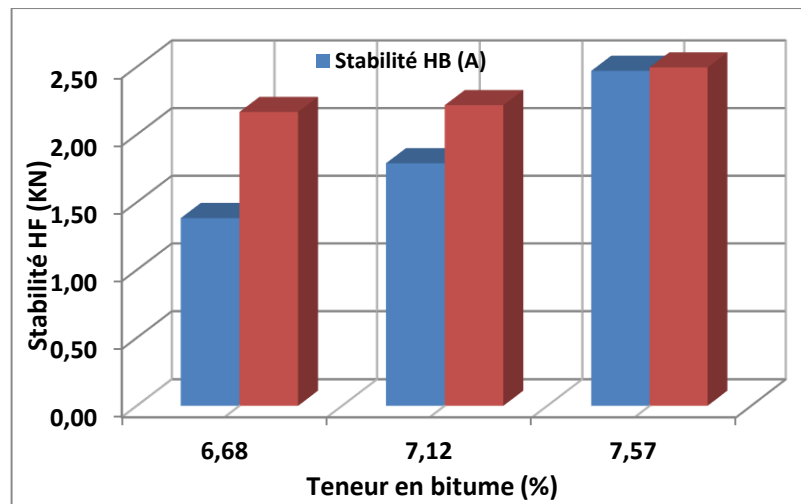


Figure (19):Variation de la stabilité HF à 60°C en fonction de la teneur en bitume

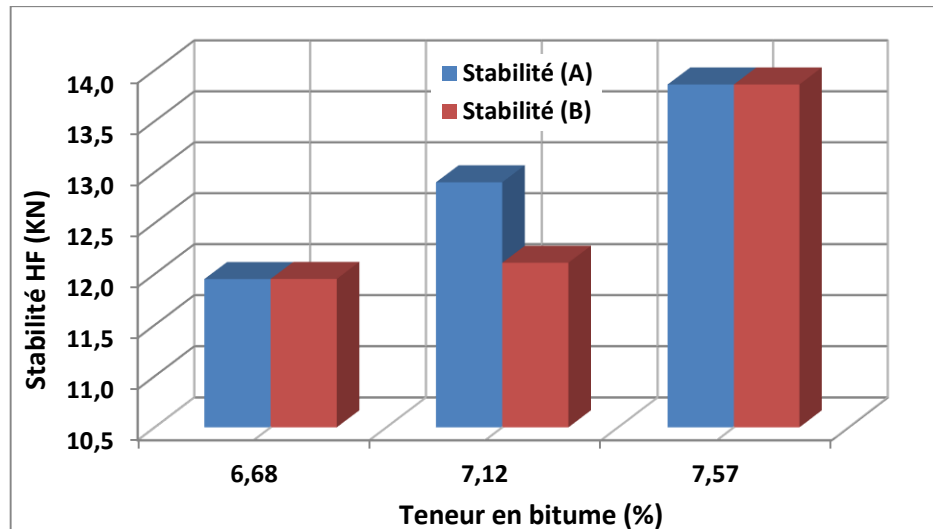
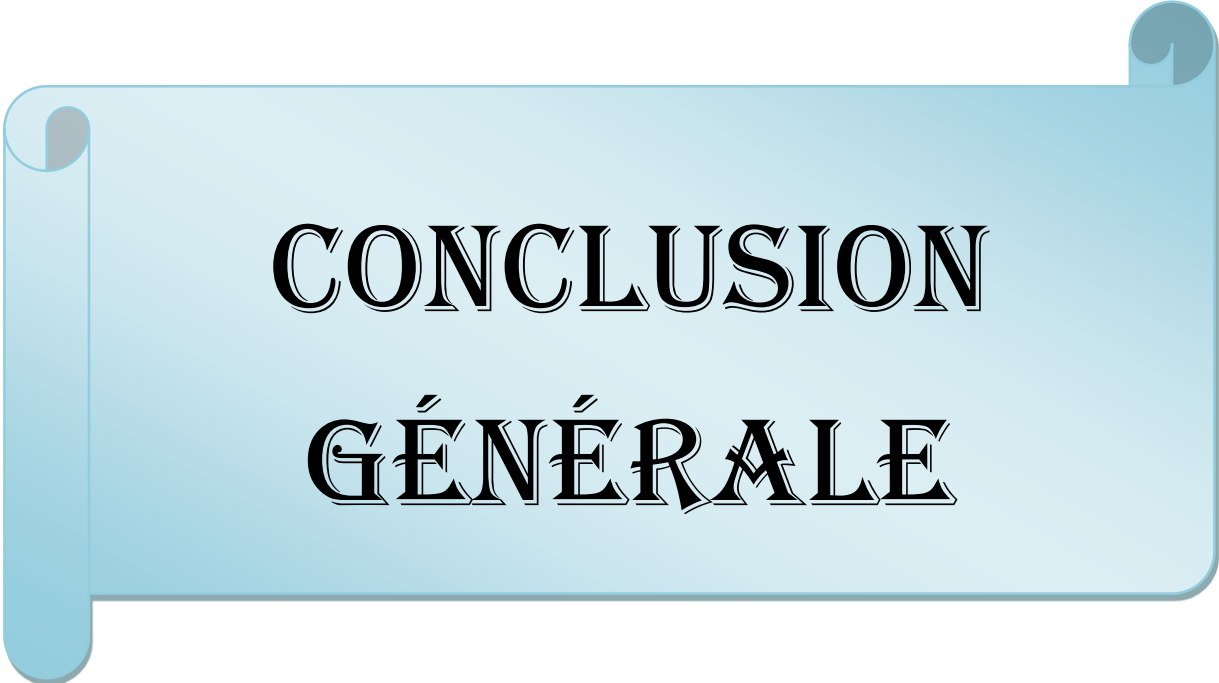


Figure (20): Variation de la stabilité HF à 18°C en fonction de la teneur en bitume

### 3. Synthèse des résultats Hubbard Field

D'après les résultats Hubbard Field, on ressort que le pourcentage de bitume de 7.57% représente le mélange le plus résistant dans les deux conditions de températures (18 et 60°C).



**CONCLUSION  
GÉNÉRALE**

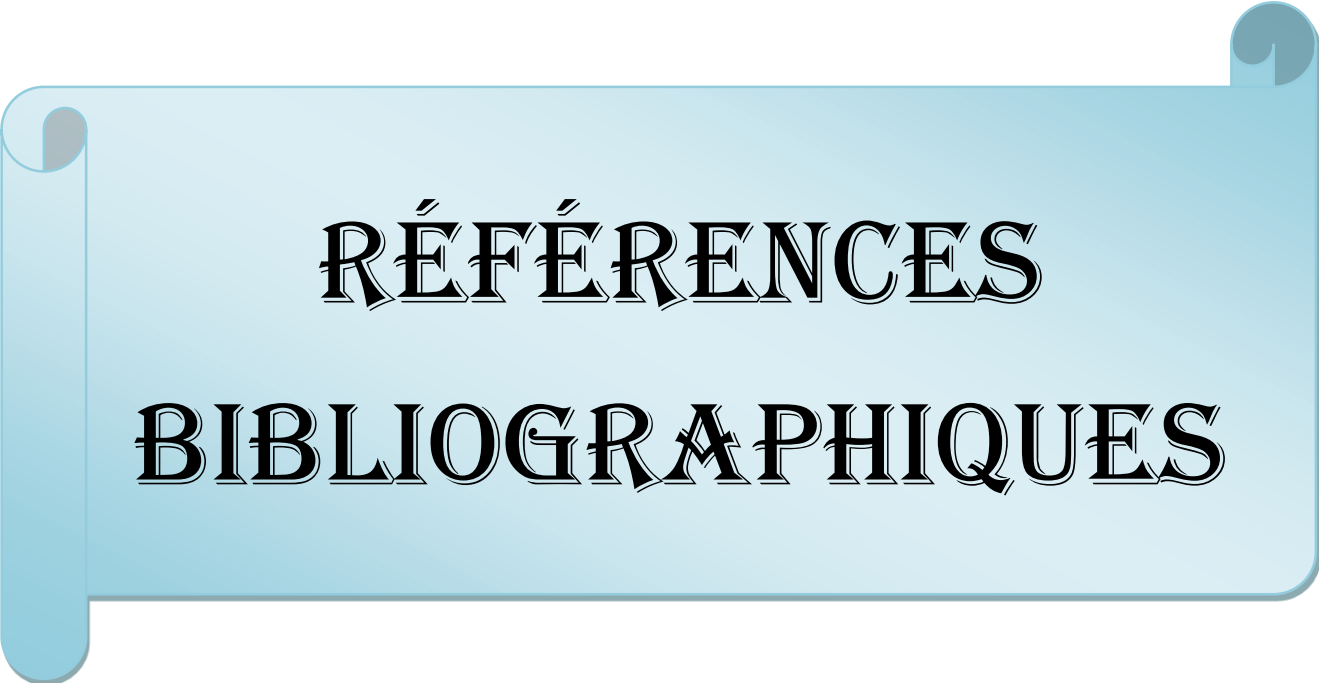


### Conclusion Générale

Cette étude nous a permis de mettre en valeur la technique de sable bitume à base de sable de dune qui est très peu utilisé en Algérie malgré son importance pour évaluer les performances des sables bitumes.

L'étude de formulation des micro-bétons bitumineux ordinaires et les enrobés fins en général par la méthode Hubbard Field nous a permis de dévoiler que le pourcentage optimal du bitume est de l'ordre de 7,57% qui coïncide avec une stabilité maximale de 13.86 KN et une compacité relativement acceptable de plus de 83.5%.

La deuxième étude de formulation du sable bitume par le présent résultat nous montre qu'une substitution de sable concassé par le sable de dune fait diminuer la stabilité du mélange. Les pourcentages des vides pour les SB à base de sable de dune sont élevés en comparaison avec les SB ordinaires à cause des propriétés physiques des sables de dunes qui présentent une grande porosité, donc absorbent beaucoup de bitume.



**RÉFÉRENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

## Références bibliographiques

---

- (1) DJOUHRI, M., BENTEBBA, M. T., & KEBAILI, N. Influence des milieux de conservation sur les propriétés physico-mécaniques de béton de sable de dunes.
- (2) ZEGHICHI, Leila, LAHMADI, Azzeddine, et BENGHAZI, Zied. Contribution à l'étude des caractéristiques du sable de dune et de son effet sur le comportement des bétons autoplaçants. 2012.
- (3) BOUKRA BETTAYEB, Oussama, ALLAOUI, Kenza, et al. Formulation et Caractéristique d'un Béton Bitumineux à base des Matériaux d'Adrar. 2019. Thèse de doctorat. Université Ahmed Draia-ADRAR.
- (4) [https://fr.wikipedia.org/wiki/Bitume\\_routier](https://fr.wikipedia.org/wiki/Bitume_routier)
- (5) Alla, D. and H. Abdelhalim, CARACTERISATION DES ENROBÉS BITUMINEUX RECYCLES, 2016.
- (6) Fethiza Ali, B. (2016). Contribution à l'étude du comportement du bitume modifié au vieillissement (Doctoral dissertation).
- (7) GHOULEM, Kamal. IMPACT DU FLUAGE ET DE LA TEMPERATURE SUR LES ORGANES DE LUTTE CONTRE LES INFILTRATIONS DANS LES BARRAGES. 2014. Thèse de doctorat. Université Mouloud Mammeri.
- (8) AYADAT, T., DAHILI, M., et AHMED, K. Maiz Hadj. Traitement d'un sol effondrable par un liant hydrocarboné (bitume). Revue française de géotechnique, 1998, no 85, p. 57-64.
- (9) DELORME, Jean-Luc, DE LA ROCHE, Chantal, et WENDLING, Louisette. Manuel LPC d'aide à la formulation des enrobés. Laboratoire Central des Ponts et Chaussées, 2007.
- (10) Soudani, Khedoudja. Caractéristiques mécaniques et rhéologiques des enrobés bitumineux modifiés par des polymères-impact sur l'environnement. Diss. 2009.



# ANNEXES

**LABORATOIRE DES TRAVAUX PUPUBLIC DU SUD****EQUVALENT DE SABLE**

Opérateur :

Equipements utilisés :

N° D'inventaire :

	ECHANTILLON 01	ECHANTILLON 02	ECHANTILLON 03
	Essai 1	Essai 2	Essai 3
<b>Hauteur total H1(cm)</b>	11.2	11.2	11.6
<b>Hauteur sable H2(cm)</b>	8.2	9.2	8.25
<b>ES =(H2/H1)100</b>	73.21%	82.14%	71.12%
<b>ES MOYEN</b>	75.49%		
<b>Observation</b>			

Annexe N° (01) : Feuille d'essais Equivalant de sable

**LABORATOIRE DES TRAVAUX PUPUBLIC DU SUD****ANALYSE GRANUOMETRIQUE DES GRANULATS 0/3**

Sable de dune

NF P18-598 Décembre 1990

Prise d'essai : 3000 g

Opérateur :

Equipements utilisés : .....

N° D'inventaire

ouverture Tamis	Refus partiel	Refus cumulés	Pourcentage refus	Pourcentage passant	observations
2.5	0	0	0	100	100%
1.25	0.42	0.42	0.042	99.958	100%
0.63	16.05	16.47	1.647	98.353	98%
0.315	322.65	339.12	33.912	66.088	66%
0.160	475.08	814.2	81.42	18.58	19%
0.08	178.78	992.98	99.298	0.702	1%

Annexe N°(02) : Feuille d'essais analyse granulométrique  
du sable de dunes

**LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLIC DU SUD****ANALYSE CHIMIQUE SOMMAIR**

STRUCTURE : UNITE OUARGLA

Lieu de travail : Département Laboratoire

Echantillon : .....

N° Dossier interne :

Date : ...

Opérateur :

Equipements Utilisés : four à moufle / plaque chauffante / agitateur / balance électrique 202G

N° D'inventaire : L53-01-04/L03-02-04/L21-11-86

Echantillon	Sable de Dune		
INSOLUBLES NFP 15-461	Creuset + précipité	59.987 g	
	Creuset vide	59.135 g	
	Poids du résidu	0.852	
	%Insolubles	%14.8	
SOLFATES BS 1377	Creuset + précipité	64.598g	
	Creuset vide	64.538g	
	Poids du résidu	0.06g	
	%SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	%4.116	
	% SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	%4.944	
	Ca SO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O	22.1076	
CARBONATES NFP 15-461	V Na OH	9.1ml	
	% Ca CO <sub>3</sub>	%9	
CHLORURES Méthode de Mohr	Phi (initial)	8.68	
	Pht (titrage )	6.5/7	
	V Ag NO <sub>3</sub>	Test 1	Test 2
	Vm (moyen)	16.7ml	
	%Cl <sup>-</sup>	4	
%Na Cl	6.56		
AUTRES ESSAIS			

Annexe N° (03) : Feuille d'essais analyse chimiques  
sommaire de sable de dunes

## ANNEXES

### LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLIC DU SUD

MASSE VOLUMIQUE APPARENTE ET ABSOLUE MODE OPERATION COUES DE LABORATOIRE

R. LANCHON BTS.DUT

Structure:  
N° dossier interne :  
Echantillon:  
Equipements utilisés :

Lieu de travail :  
Date :  
Opérateur :  
N° D'inventaire :

#### Masse volumique apparente:

Volume du récipient V = 161.24  
Poids P =  
P1 + T = 284.08 P1 = 231.24  
P2 + T = 281.61 P2 = 228.77  
P3 + T = 284.68 P3 = 231.84  
P4 + T = 282.33 P4 = 229.49  
Poids moyen M = (P1 + P2 + P3 + P4) / 4 = 230.335  
Masse volumique apparente P/V = 1.429

#### Masse volumique absolue :

poids des agrégats secs  
P1 = 300 g  
poids du récipient plein d'eau P2 = 537.88  
P3 = P1 + P2 = 837.88  
Poids récipient + agrégats + eau =  
P4 = 716.87  
Volume des agrégats V = P3 - P4 = 121.01  
Masse volumique absolue P1/V = 2.49

Annexe N° (04) : Feuille d'essais détermination la masse volumique (Abs/App) de sable de dunes

### LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLIC DU SUD

ANALYSE GRANUOMETRIQUE DES GRANULATS 3/8

NF P18-560 Septembre 1990

Prise d'essai : 3000 g

Opérateur :

Equipements utilisés : .....

N° D'inventaire

ouverture Tamis	Refus partiel	Refus cumulé	Pourcentage refus	Pourcentage passant	observations
10	0	0	0	0	100%
8	7.9	7.9	0.26	99.74	100%
6.3	298.7	306.6	10.22	89.78	90%
5	1319.7	1626.3	54.21	45.79	46%
4	1077.2	2703.5	90.11	9.88	10%
3.15	173.5	2877	95.9	4.1	4%
2.5	59.4	2936.4	97.88	2.12	2%
2	7.9	2944.3	98.14	1.85	2%
1.6	1.9	2946.2	98.20	1.79	2%

Annexe N° (05) : Feuille d'essais analyse granulométrique du granulats 3/8

**LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLIC DU SUD****ANALYSE CHIMIQUE SOMMAIR**

STRUCTURE : UNITE OUARGLA

Lieu de travail : Département Laboratoire

Echantillon : .....

N° Dossier interne :

Date : ...

Opérateur :

Equipements Utilisés : four à moufle / plaque chauffante / agitateur / balance électrique 202G

N° D'inventaire : L53-01-04/L03-02-04/L21-11-86

Echantillon	Gravier 3/8	
INSOLUBLES NFP 15-461	Creuset + précipité	35.004
	Creuset vide	34.689
	Poids du résidu	0.315
	%Insolubles	31.50
SOLFATES BS 1377	Creuset + précipité	34.759
	Creuset vide	34.741
	Poids du résidu	0.018
	%SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.617
	% SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.741
	Ca SO <sub>4</sub> 2H <sub>2</sub> O	3.316
CARBONATES NFP 15-461	V Na OH	3.1
	% Ca CO <sub>3</sub>	69
CHLORURES Méthode de Mohr	Phi (initial)	6.05
	Pht (titrage)	
	V Ag NO <sub>3</sub>	Test 1   Test 2
	Vm (moyen)	5.3
	%Cl <sup>-</sup>	3.4
	%Na Cl	5.4
AUTRES ESSAIS		

Annexe N° (06) : Feuille d'essais analyse chimiques  
sommaire de gravier 3/8



**LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLIC DU SUD**

MASSE VOLUMIQUE APPARENTE ET ABSOLUE MODE OPERATION COUES DE LABORATOIRE

R. LANCHON    BTS.DUT

Structure:  
N° dossier interne :  
Echantillon  
Equipements utilisés

Lieu de travail :  
Date :  
Opérateur :  
N° D'inventaire :

**Masse volumique apparente:**

Volume du récipient  $V = 5000$   
Poids  $P = 3836$   
 $P1 + T = 9549$      $P1 = 5713$   
 $P2 + T = 9047$      $P2 = 4547$   
 $P3 + T = 9550$      $P3 = 5714$   
 $P4 + T = 9550$      $P4 = 5801$   
Poids moyen  $M = (P1 + P2 + P3 + P4) / 4 = 5444$   
**Masse volumique apparente  $P/V = 1.0888$**

**Masse volumique absolue :**

poids des agrégats secs  
 $P1 = 300$  g  
 $P2 = 860.5$   
 $P3 = P1 + P2 = 1160.5$   
Poids récipient + agrégats + eau =  
 $P4 = 119.5$   
Volume des agrégats  $V = P3 - P4 =$   
**Masse volumique absolue  $P1/V = 2.51$**

Annexe N° (07) : Feuille d'essais détermination la masse volumique (Abs/App) de gravier 3/8

**LABORATOIRE DES TRAVAUX PUBLIC DU SUD**

RESISTANCE AL 'USURE –ESSAI MICRO DEVAL

NA 5129 / EN 1097 \_ 1

Structure:

Lieu de travail :

N° dossier interne :

Date :

Appareille los Angeles N° inv. :

Opérateur:

Etuve N° inv. :

Balance N. Inv. :

CLASSE GRANULAIRE	TAMIS INTERMEDIAIRE	PROPORSTION(%)		POIDS TOTALE DE MELANGE DES PROPORTIONS M(g)	Refus de tamis 1.6 mm mg
		FRACTION 1	FRACTION 2		
		6.3/5	5/4		
4/6.3		200	300	500	232.1

$$MDE = 100 \frac{M-m}{M} = 53.58 \%$$

Observation	Tamis	Série
	1.6 mm	×
	8.00 mm	
	14.0 mm	
	12.5 mm	
	10.0 mm	
	6.3 mm	×
	4.00 mm	×

Annexe N° (08) : Feuille d'essais Micro Deval de gravier



# LES BITUMES ROUTIERS DE NAFTAL

## BITUMES PURS 40/50, 60/70 ET 80/100

# Bitume Naftal

Des Solutions qui Tiennent la Route



**Nom Commercial :**  
**Les Bitumes Purs de NAFTAL selon la norme NA 5265/NF EN 12591**

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, ± - Pénétrabilité restante, minimum - Point de ramollissement après durcissement, minimum	% % °C	NA 5313 NA 5192 NA 2617	EN 12607 - 1 EN 1426 EN 1427	0.5 50 49	0.5 50 48	0.8 46 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 +0,7	-1,5 +0,7
Point d'éclair (appareil Cleveland), minimum	°C	NA 5325	EN 22592	240	230	230
Solubilité dans le tétrachloroéthylène (C <sub>2</sub> Cl <sub>4</sub> )	%	NA 5271	EN 12592	99	99	99
Teneur en paraffine, maximum	%	NA 5225	EN 12626 - 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

Annexe N° (10) : Fiche technique de les bitumes purs de Société NAFTAL