



**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur**  
**et de la Recherche Scientifique**  
**Université de Tissemsilt**



**Faculté des Sciences et de la Technologie**  
**Département des Sciences et de la Technologie**

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme

de Master académique en

Filière : **Industries Pétrochimiques**

Spécialité : **Génie du Raffinage**

Présentée par : **FATMI Fatima zohra**

**BOUGHEDDOU Djihane**

*Thème*

---

**Préparation et Caractérisation d'un bitume algérien modifié par des polymères**

---

Soutenu le, 12/07/2021

**Devant le Jury :**

Mourad BIDAOUI	Président	M.C.A.	Univ-Tissemsilt
Hanane BERDAA	Encadreur	M.A.A.	Univ-Tissemsilt
Mohammed Amin CHEMRAK	Examinateur	M.C.B.	Univ-Tissemsilt
Mohammed LOUCIF	Examinateur	M.A.A.	Univ-Tissemsilt

**Année universitaire : 2020-2021**

## REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier en premier lieu et avant tout ALLAH le tout puissant, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir notre travail dans les meilleures Conditions.

Nous tenons à remercier notre encadreur Mme. BERDAA H. pour son aide et ses conseils durant la préparation de ce mémoire.

Nous remercions chaleureusement les dirigeants de laboratoire LTPO de Tiaret, en particulier, l'ingénieur de laboratoire de génie civile de Tiaret, de nous avoir permis de réaliser une partie du travail expérimental.

On tient à remercier vivement Mr M . BIDAOUI pour nous avoir fait un grand honneur de présider notre jury de soutenance.

On tiens à remercier chaleureusement nos enseignant, Mr H.BEKI et Mme OUAZIR.Fpour leur aide et leur conseils qui ont contribué à notre formation.

Nous exprimons nos remerciements à Dr CHEMRAK et M.LOUCIF .A qui nous ont fait l'honneur d'être examinatrices de notre travail.

Nos remerciements vont également à tous nos enseignants qui nous ont accompagnés durant notre formation.

Enfin, nos pensées à tous ceux qui nous ont aidé, de près ou de loin, pour la réalisation de ce travail.

## *Dédicace*

*C'est avec profonde gratitude et sincères mots, que je dédie ce modeste travail de fin  
d'étude :*

*A mon très cher père*

*Tu as été et tu seras toujours un exemple pour moi par tes qualités humaines, ta  
persévérance et perfectionnisme. Aucune dédicace ne saurait exprimer mes respects, ma  
reconnaissance et mon profond amour. Puisse dieu vous préserver et procurer santé et  
bonheur.*

*A ma très chère mère*

*Source de tendresse, de patience et de sacrifice. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un  
grand secours tout au long de ma vie. J'espéré ne jamais te décevoir ni trahir ta confiance  
et tes sacrifices Puisse dieu tout puissant te préserver et t'accorder santé longue vie et  
bonheur.*

*A ma chers sœur israa et mon frère badreldin, et toute la famille FATMI de près ou de  
loin et toute mes chers amie amina , loubna, sihame ,djihane*

*A tout ceux qui me sont chers et qui m'ont soutenu et accompagné durant mes années  
D'études.*

*Fatima zohra*

# Dédicace

*Dieu tout puissant merci d'être toujours auprès de moi.*

*Je dédie ce travail:*

*A qui je porte fièrement son nom, pour le bon  
exemple de père par son soutien et aides des  
premiers pas d'études jusqu'à ce jour a mon cher père « El Hadi ».*

*Au symbole de l'amour et cœur blanc pur, qui  
m'a aidé durant mes années d'études, pour son  
amour infini : ma chère mère « Ouadjida » A mes grands parents.*

*Au source de jolie, tendresse et l'amour mes  
sœurs Nardjes Inass Marame.*

*Je souhaite prouver mon grand remerciement qui  
ne sera jamais suffisant à monsieur le professeur  
BEKKI HADJ, et madame HANNAN BERDAA, ma  
chère amie FATIHA, merci pour le soutien merci*

*pour tout.*

*Aux mes meilleurs amis avec les quels j'ai partagé mes moments de joie et de bonheur*

*A tous ceux que j'aime.*

## SOMMAIRE

-REMERCIEMENT

-DEDICACE

-ABREVIATION

-LEXIQUES

-LISTE DES TABLEAUX

-LISTE DES FIGURES

-INTRODUCTION GENERALE

### **CHAPITRE I : DESCRIPTION DE LA RAFFINERIE D'ARZEW**

I.1.Historique.....	1
I.2. les installations de production.....	1
I.2.1 présentation des installations de production.....	1
a-production p1.....	1
b-production p2.....	3
I.3.la nature de pétrole.....	4
I.4 .Le raffinage de pétrole.....	5
1.5.La description de la zone 10 des bitumes.....	6

### **CHAPITRE II : GENERALITE SUR LES BITUMES**

INTRODUCTION.....	8
II .1.Historique.....	8
II.2.Définition.....	9
II.3.But de travail.....	9
II.4.Types de bitumes.....	9

II .5.Structure chimique.....	10
II.5.1.Structure chimique des maltènes.....	11
II.5.2.Structure chimique des asphaltènes.....	11
II.6.Structure colloïdale du bitume.....	12
II.7.Fabrication des bitumes.....	13
II.1.7.Distillation atmosphérique.....	13
II.2.7.Distillation sous vide.....	14
II.3.7.Désalphaltage au solvant.....	14
II.4.7.Le soufflage.....	14
II.8.Caractérisation essentielles des bitumes.....	14
II.8.1.Pénétration standard des bitumes.....	15
II.8.2.Point de ramollissement .....	15
II.8.3.Ductilité.....	15
II.8.4.Essais américains SHRP.....	15
II.9.Influence de la structure colloïdale de bitume sur la rhéologie.....	15
II.10.Propriétés des bitumes.....	17
II.11.Vieillessement du bitume.....	18
II.11.1Evolution chimique .....	18
II.11.2.Evolution physique .....	19
<b>CHAPITRE III :POLYMERE</b>	
INTRODUCTION.....	21
III.1.Définition.....	21
III.2.Classification des polymères.....	21

III.2.1 Selon leurs natures chimiques.....	21
III.2.2. Selon leurs origines.....	22
III.2.3. Selon l'architecture de leurs chaînes et structures moléculaires.....	22
III.2.4. Les différents types des polymères.....	23
III.3. Les types de modification par polymères.....	25
III.3.1. Le PRPLAST.....	25
III.3.2. Les noyaux des dattes.....	25
III.4. Caractéristiques physico-chimiques des ND.....	26
III.4.1. Caractéristiques physiques (morphologie) du ND.....	26
III.4.2.. Composition chimique de ND.....	27
III.5. Aspect botanique.....	27

## **CHAPITRE IV: MODIFICATION DES LIANTS**

INTRODUCTION.....	29
IV.1. Objectif de modification des liants bitumineux .....	29
IV.2. Fabrication et principe des bitumes modifiés.....	30
IV.3. Structure microscopique des bitumes modifiés .....	30
IV.4. Compatibilité bitume modifié .....	31
IV.5. mécanisme de la modification des bitumes.....	32
IV.6. Méthodes de caractérisation du mélange .....	33
IV.7. les enrobés .....	34
IV.7.1. Définition .....	34
IV.7.2. Composition d'enrobé .....	34
IV.8. Classification des enrobés .....	36

IV.9.Fabrication d'enrobé .....	37
IV.9.1.Enrobé à module élevé (EME) .....	37
IV.10.Béton bitumineux : (BB).....	37
IV.10.1Fabrication des enrobes bitumineux a chaud .....	37
IV.10.2Fabrication d'enrobé bitumineux à froid .....	38
IV.11Bétons bitumineux à module élevé BBME .....	39

## **CHAPITRE V : Description de la zone 10 des bitumes**

V-1-Unité de production de bitume routier (Unité 14) .....	45
V-2-Unité de production du bitume oxydé (Unité 15).....	49

## **CHAPITRE VI : Etude expérimentale**

INTRODUCTION .....	53
IV.1. Matériaux utilisés .....	53
IV.1.2. Préparation du mélange bitume-noyaux de dattes.....	54
IV.1.2. Préparation du mélange bitume-PRPlast.....	55
IV. 2. Essai de pénétrabilité .....	55
IV.3- Essai Bille-Anneau .....	56
IV.4. Essai de ductilité .....	56
IV.5 Interprétation des résultats .....	59
IV.5.1. Bitume pur .....	59
IV.5.2. Bitume +noyaux dattes (2%).....	59
IV.5.3. Bitume +noyaux dattes (1%).....	60
IV.5.4. Bitume +noyaux dattes (0.5%).....	60
IV.5.5. Bitume +noyaux dattes (0.5%)+ PR plaste (0.5%).....	61
IV.6.Analyse de matériaux .....	62



CONCLUSION

Référence bibliographie

ANEXXE

RESUME

ABSTRACT

ملخص

### *Abréviation*

**BRI** : Brut Réduit Importé

**RSV** : réside sous vide

**LVGO** : gasoil léger

**MVGO** : gasoil moyen

**HVGO** : gasoil lourd

**ND** : noyau des dattes

**DSV** : distillation sous vide

**BMP** : bitume modifié au polymère

**ASTM** : société américaine pour les essais des matériaux

**NA** : norme algérien

**NE** : norme européen

**TBA**: température de bulles annaux

**LTPO** : Laboratoire travaux public l'ouest

**BBME** : Bétons bitumineux à module élevé

**EME** : Enrobé à module élevé

**HP** : haute pression

**RAIZ** : raffinerie d'Arzew

**PPA** : propane précipité asphalte

**BB** : béton bitumineux

**GB**: grave bitume

**SHRP**: Strategic Highway Research Program

## Lexiques

**Brut Réduit Importé (BRI)** : c'est un huile minérale combustible, à le couleur noir, et très visco d'une odeur caractéristique d'une densité variant dures est utilisée 0.8 à 0.95, forme d'hydrocarbures est utilisée surtout comme source d'énergie.

**Le raffinage** : c'est un ensemble de plusieurs procédés pour transformer le pétrole brut en produit finie.

**Bitume** : Les bitumes sont des matériaux qui proviennent généralement d'une distillation de pétrole. Ils sont utilisés dans diverses applications; principalement la construction des routes.

**Bitume pur** : Les bitumes purs sont obtenus de la fabrication industrielle à partir d'un pétrole brut, sont classés selon leur dureté (pénétration).

**Bitume modifié** : Matériau bitumineux dont la composition a été modifié chimiquement ou physiquement par l'addition de produit destinés à accroitre ses performances.

**Bitume routier** : est un bitume utilisé pour l'enrobage des granulats destinés à la construction et l'entretien des routes et des structures assimilées.

**Noyau de dattes** :

**Maltènes** : famille de composés chimiques du bitume, soluomatique et dble dans le n-heptane, composée d'huiles saturées, d'huiles aromatique et de résines polaires.

**Asphaltènes :** famille de composés chimiques du bitume insolubles dans les solvants de bas poids moléculaire et soluble dans le toluène.

**Distillation atmosphérique :** la distillation atmosphérique c'est une première étapes de raffinage pour transformée le pétrole en produit non fini à pression atmosphérique (1ATM)avec une température ( $T=370^{\circ}\text{C}$ ) pour donnée les coups suivant ;GPL ;LSRN ;HSRN ;Kérosène ;HGO ;LGO et enfin le résudi atmosphérique.

**Distillation sous vide :** c'est une opération de séparation utilisé pour séparer le résidé sous vide à température  $330^{\circ}\text{C}$  et pression 40 mmhg pour obtenue les résidé sous-vide, LVGO ; MVGO ; HVGO.

**Ductilité :** Capacité d'un matériau à se déformer plastiquement sans se rompre.

**Prplast :** est un produit industriel à base de plastique recyclé (câble téléphonique, bouchons de bouteilles plastiques,), contenant du carbone et de l'hydrogène, de dimension 4 mm

**Hydrotraitement :**c'est un procédé d'épuration qui a pour but l'élimination de soufre ,d'azoten,le nickel,et le vanadium contenu dans le pétrole .

**ASTM :** c'est un organisme de normalisation qui rédige et produit des normes techniques concernant les matériaux, les produits, les systèmes et les services.

**Les granulas :** c'est un ensemble des sables, gravillons ou peines concassées.

**Formulation :** c'est l'étude pour préparée le mélange des enrobés.

**Marshall :** c'est un appareil pour mesurer et déterminer les moyennes stabilités Marshall et les moyens fluages Marshall utilisé pour les enrobés.

**Rhéologie :** science qui étudie les déformations des corps en fonction des contraintes qui leur sont appliquées.

**Vieillissement :** c'est pour le liant, la perte de certaines qualités dans le temps et notamment la perte de cohésivité ; d'une manière générale, le liant laisse échapper très lentement des huiles et devient de plus en plus dur.

**SHRP :** Technique de caractérisation du bitume en fonction de ses caractéristiques rhéologique s et de la météorologie du lieu ou il sera réalisé.

**Pénétrabilité :** Mesure de consistance du bitume à 25°C (mesurée en dixième de millimètres : dmm)

**Ductilité :** Capacité d'un matériau à se déformer plastiquement sans se rompre.

**Température bille-anneau :** température à laquelle le bitume atteint une certaine consistance.

**Liant bitumineux :** mélange de bitume et d'un ou plusieurs additifs (huile, polymère...)

**Granulats d'enrobés :** fragments issus d'enrobé bitumineux rabotés sur la chaussée, puis concassés. Ils sont constitués de granulats entourés d'un film de bitume vieilli.

**Fluage :** Déformation que subit un matériau lorsqu'il est soumis à une contrainte constante et maintenu à une température donnée.

**Enrobé :** Mélange de granulats et de liant bitumineux utilisable en technique routière.

**Couche de roulement :** Couche supérieure de la chaussée, qui est en contact direct avec les véhicules.

**Essais Duriez :** C'est un essai qui détermine la résistance à la compression et la résistance aux des enrobages d'un enrobé.

### *Liste des tableaux*

<b>Tableaux II.1</b> : types structuraux des bitumes en fonction de leur composition.....	17
<b>Tableau V.1.</b> Caractéristiques du BRI.....	45
<b>Tableau IV</b> : Spécifications du bitume 40/50.....	46
<b>TABLEAU VI.1</b> : dimensions normalisées des Gobelets.....	55
<b>TABLEAU VI.2</b> : Résultats de l'essai de pénétrabilité réalisé sur le bitume pur.....	58
<b>TABLEAU VI.3</b> : Températures mesurées durant l'essai.....	58
<b>TABLEAU VI.4</b> : Résultats de l'essai de pénétrabilité réalisé sur le bitume pur.....	59
<b>TABLEAU VI.5</b> :Températures mesurées durant l'essai.....	59
<b>TABLEAU VI.6</b> : Résultats de l'essai de pénétrabilité réalisé sur le bitume pur.....	60
<b>TABLEAU VI.7</b> : Températures mesurées durant l'essai .....	60
<b>TABLEAU VI.8</b> : Résultats de l'essai de pénétrabilité réalisé sur le bitume PUR.....	60
<b>TABLEAU IV.9</b> : Températures mesurées durant l'essai.....	61
<b>TABLEAU VI.10</b> :Résultats de l'essai de pénétrabilité réalisé sur le bitume pur.....	61
<b>TABLEAU IV.11</b> : Températures mesurées durant l'essai.....	62
<b>TABLEAU VI.12</b> : les résultats des granulats (3/8).....	62
<b>TABLEAU VI.13</b> : les résultats des granulats (8/15).....	65

<b>TABLEAU VI.14</b> : les résultats des granulats (15/25).....	66
<b>TABLEAU VI.15</b> : les résultats des sales (0/3).....	68
<b>TABLEAU VI.15</b> : les résultats des essais marshall.....	69

### *Liste des figures*

<b>Figure II.1</b> : photo montrant le bitume.....	8
<b>Figure II.2</b> :schéma de la structure colloïdale du bitume .....	12
<b>Figure II.3</b> : illustration du coupe d'un modèle de micelles d'asphaltènes selon YE N...	13
<b>Figure II.4</b> : photo illustrant d'une structure sol /gel du bitu.....	16
<b>FigureIII.1</b> : Photo montrant LE PRPLAST.....	25
<b>Figure III.2</b> : Photo montrant les noyaux des dattes.....	26
<b>Figure III.3</b> : photo illustrant la morphologie et anatomie du fruit et de la graine du dattier .....	27
<b>Figure IV.1</b> :photo illustrant la microstructure d'un bitume modifié dans les trois cas.....	31
<b>Figure IV.2</b> :Photo illustrant l' effet de la modification polymère sur la structure colloïdale du bitume : bitume original (gauche) et BPM correspondant avec augmentation de la teneur en asphaltènes de la matrice (droit).....	33
<b>Figure IV 3</b> : photo montrant les granulats roulés .....	35
<b>Figure IV. 4</b> : photo montrant les granulats concassés .....	35
<b>Figure IV.5</b> : Schéma de classification des enrobées.....	36
<b>Figure VI.1</b> : photos montrant le système de vide.....	48
<b>Figure VI.2</b> : photos montrant la poudre de noyaux des dattes.....	52
<b>Figure VI.3</b> :photos montrant l'échantillon de pr plaste.....	52

<b>Figure VI.4 :</b> photos montrant mélange de noyaux des dattes.....	53
<b>Figure VI.5 :</b> photos montrant mélange bitume pr plaste.....	53
<b>Figure VI.6 :</b> photo illustrant Essai pénétrabilité .....	54
<b>Figure VI.7:</b> photos montrant l'essai bille à anneau.....	55
<b>Figure VI.8 :</b> Refroidissement de l'échantillon en utilisant la glace fondante.....	56
<b>Figure VI.9.</b> photos montrant l'Essai ductilité .....	56
<b>Figure VI.10 :</b> illustration graphique du résultats des essais de pénétrabilité variation de point de pénétration en fonction de temps.....	63
<b>Figure VI.11 :</b> illustration graphique des résultats des essais de ductilité .....	64
<b>Figure VI.12:</b> illustration graphique des résultats des essais Bille et anneau.....	64
<b>Figure VI.13 :</b> illustration graphique de l'analyse des granulats (3/8).....	65
<b>Figure VI.14 :</b> illustration graphique de l'analyse des granulats (15/25).....	66
<b>Figure VI.15 :</b> illustration graphique d'analyse des granulats (0/3).....	67
<b>Figure VI.16 :</b> photos montrant Les graves bitumes .....	67
<b>Figure VI.17:</b> photos montrant les essais Marshall.....	69

# **Introduction générale**



# Introduction générale

---

## Introduction générale

Les routes contribuent à la croissance économique en facilitant les transports et les échanges qui nécessitent l'amélioration des chaussées et des revêtements. Afin de supporter la croissance de trafic et les poids lourds, ainsi que leur capacité d'adaptation au changement climatique[1]

Les bitumes et les enrobés bitumineux sont devenus aujourd'hui des matériaux de haute technicité. Il existe un nombre important de gammes variées de même certains additifs commerciaux, minéraux ou organiques, qui permettent de formuler un mélange bitumineux efficace pour résister durablement aux contraintes et d'améliorer leurs qualités selon les propriétés recherchées.

Plus généralement, le bitume est un mélange complexe de composé hydrocarbonés constitué de 80% carbone et de 20% l'hydrogène des atomes d'oxygène, de soufre ou d'azote et de traces des métaux, de structure chimiques et de masse molaires très diverses. Il peut être décrit comme une substance semi solide de couleur brune noire dorée d'un fort pouvoir adhésif et imperméabilisant qui en raison de ses propriétés particulière et de son coût assez bas. Ainsi, il peut être utilisé dans le domaine industriel et dans la construction afin de le réaliser dans des unités spécifiques de la raffinerie pour amener le produit aux spécifications officielles ou requises par les utilisateurs. En générale, ces bitumes obéissent toutes les spécifications mais non conformes pour les grades durs aux qualités internationales[2]

Les modes de fabrication ont évolué avant la crise pétrolière en 1970, on faisait appel presque exclusivement à des bruts lourds de forte densité. Le matériaux de construction doit conserver ses qualités pendant des années ou des dizaines d'années, c'est pourquoi il exige autant de soins lors de sa fabrication, compte tenu aussi de la diversité de ses utilisations ; dans le domaine des produits routier que dans ceux de l'étanchéité et de multiples autres applications industrielles.

Les enrobés bitumineux sont fabriqués en chauffant un mélange de gravier à 160°C. Le bitume est utilisé comme liant qui solidarise l'agrégat utilisé pour le revêtement des routes, les polymères peuvent être présents leur rôle est de modifier les caractéristiques de l'enrobé.

## Introduction générale

---

Actuellement l'utilisation principale du bitume est la technique routière et de mise en œuvre bien spécifiques, les travaux d'étanchéité et d'autre diverse utilisation. Environ 90% du bitume est utilisé pour la construction routière, les consommations de bitume sont donc largement proportionnelles à l'importance des réseaux routiers, à leur développement et à la qualité de leur entretien[3]

Cette étude décrit les caractéristiques physico-chimiques et le comportement rhéologiques par l'incorporation de deux types différents de polymères (les noyaux des dattes et le Prplaste). Elle consiste à modifier un bitume de classe 40/50 en utilisant les noyaux dattes et le Prplaste à teneur de 0.5 % et 1%, 2% et de malaxer le mélange à des conditions de température et du temps de malaxage pendant 4h de 3500tr/min. Les mélanges obtenus seront soumis aux essais de pénétrabilité, ductilité et le point de ramollissement.

En raison de l'augmentation du trafic routier, en particulier, le poids lourd, les couches de chaussées réalisées en matériaux bitumineux ont subi de fortes déformations, provoquant une dégradation importante du réseau routier. Ainsi, la durée de vie des routes sont réduites et les coûts des projets routiers deviennent plus chers.

L'étude pathologique des routes révèle, entre autres, que la résistance mécanique des enrobés est faible par rapport aux charges roulantes, d'une part et que les matériaux vieillissent rapidement, d'autre part.

La solution la plus envisageable à ce type de problème est l'utilisation des enrobés résistants, appelés Enrobés à Module élevé (EME), dans lesquels on devra utiliser un bitume modifié. Ce dernier est fabriqué à la base d'un bitume pur et d'un additif industriel qui améliore les caractéristiques techniques du liant hydrocarboné.

D'autre part, et compte-tenu des enjeux liés à la politique du développement durable, il est intéressant d'ajouter des additifs provenant des déchets.

Ainsi, on se propose à travers ce mémoire de fin d'études d'étudier la possibilité d'ajouter des noyaux des dattes broyés au bitume pur de classe 40/50 en vue d'améliorer ses caractéristiques techniques.

A cet effet, nous avons divisé notre travail de recherche en deux parties :

## Introduction générale

---

La première partie (chapitreII, chapitreIII et chapitreIV) présente l'étude bibliographique sur les propriétés physique et chimique du bitume, les polymères utilisés ainsi le mode de préparation des bitumes modifiés.

La deuxième partie(chapitre VI )consacrées à une étude expérimentale, Dans cette partie une présentation des matériaux et des techniques d'essais utilisées sur les bitumes modifiés, la caractérisation des liants s'est appuyée sur les essais classiques (pénétrabilité, la ductilité et le point de ramollissement) qui a été réalisée au sein du **laboratoire du département de génie civile** ainsi que les essais de formulation des enrobés bitumineux selon la méthode Marshallle au **laboratoire des travaux publics de l'ouest(LTPO)** et nous déterminons par une conclusion générale.



## **Partie théorique**



# **Chapitre I**

## **Description de la raffinerie d'Arzew**

**I-Description de la raffinerie d'Arzew :****I-1 Historique**

La raffinerie d'Arzew est considérée comme un important complexe industriel réalisé dans le cadre du premier plan dans les années 70, elle occupe une superficie de 150 jusqu'à 170 hectares de la zone industrielle sur le plateau d'El Mohgoun à environ 40 kilomètres d'Oran et environ 5 km de la mer méditerranée [1]. La raffinerie a été construite dans le cadre du premier plan quinquennal 1970-1973 par un groupe japonais (Société Japonaise JAPAN GASOLINE CORPORATION). En 1984 d'autres unités ont été rajoutées.

**I-2-Les installations de production**

Pour faire face à sa mission, la raffinerie s'est dotée des moyens humains, matériels et financiers pour répondre aux impératifs suivants :

Production des produits nécessaires à la satisfaction de la demande du marché national adapté tout qualité et consommation en carburants, produits lubrifiants, bitumes. Exportation des produits finis (naphta, kérosène, gas-oil, fuels, huile de base) [2].

**I-2-1- présentation des installations de production**

La raffinerie d'Arzew (RAIZ) comprend deux départements de productions :

**a)production p1**

Les installations sont constituées de :

**Zone 3(utilités) :** les utilités air, vapeur, eau, électricité, gaz.

**Unité 31 :** production de vapeur électricité.

**Unité 32 :** production d'eau distillée à l'aide des évaporateurs.

**Unité 33 :** distribution d'eau de refroidissement.

**Unité 34 :** production d'électricité.

**Unité 35 :** réception et distribution de fuel gaz.

**Unité 36 :** production d'air service et instrument.

**Unité 67 :** Pomperiez du Réseau d'eau anti-incendie.

**Zone 4 (carburants) :** Elle comprend les unités suivantes :

**Unité11 :** distillation atmosphérique (topping).

**Unité12 :** platforming ou reformage catalytique avec trois réacteurs.

**Unité13 :** la production des gaz plant (butane, propane).

**Unité 17 :** unité d'isomérisation.

**Unité 18 :** huile chaude (hot oil).

**Unité 65 :** torche des gaz.

**Zone7 : (lubrifiants) :** Elle comprend les unités suivantes :

**Unité21 :** distillation sous vide.

1 **Unité22 :** dés asphaltage au propane.

**Unité23 :** extraction au furfural.

**Unité24 :** déparaffinage au MEC/Toluène.

**Unité25 :** hydrofinishing.

**Zone 6/unité 3000 :** Production des huiles finies, des graisses et paraffines

**Unité 51/3100 :** unité de mélange et conditionnement des huiles finies.

**Unité 52/3200 :** unité de traitement est conditionnement déparaffines.

**Zone 28 :** stockage et expédition.

**Zone 10 (bitumes) :** Cette zone est composée de trois unités :

**Unité 14 :** fabrication des bitumes routiers.

**Unité 15 :** fabrication des bitumes oxydés.

**Unité 45 :** Conditionnement et de stockage des bitumes.

## **b) production p2**

En 1978, suite aux besoins importants en lubrifiants, la réalisation d'un ensemble de production de 120000 T/an d'huile de base fut lancée. Le démarrage de cet ensemble fut en **1982**. Il comprend trois zones :

**Zone 19(utilités 2) :** Elle a le même tache de la zone 3 de la p1. Elle comprend les unités suivantes :

**Unité 1100 :** production de la vapeur HP.

**Unité 1200 :** production en électricité.

**Unité 1300 :** tour de réfrigération de l'eau de refroidissement.

**Unité 1400 :** alimentation au fiel gaz.

**Unité 1500 :** air service et air instrument.

**Unité 1600 :** production d'eau distillée par un évaporateur.

**Unité 1800 :** traitement d'eau usée de production 2.

**Unité 280 :** production de gaz inerte.

### **Zone 5 : Lubrifiants**

Elle comprend les unités suivantes :

**Unité 100 :** distillation sous vide.

**Unité 200:** désalphaltage au propane.

**Unité 300 :** extraction au furfural.

**Unité 150 :** Hot-oil.

**Unité 400:** déparaffinage au MEC/Toluène.

**Unité 500:** hydrofinishing.

**Unité 600 :** hydrotraitement de la paraffine.

**Zone 3000:** huiles finies.

### **B-production p2**

En 1978, suite aux besoins importants en lubrifiants, la réalisation d'un ensemble de production de 120000 T/an d'huile de base fut lancée. Le démarrage de cet ensemble fut en 1982. Il comprend trois zones :

**Zone 19(utilités 2) :** Elle a le même tache de la zone 3 de la p1. Elle comprend les unités suivantes :

**Unité 1100 :** production de la vapeur HP.



**Unité 1200** : production en électricité.

**Unité 1300** : tour de réfrigération de l'eau de refroidissement.

**Unité 1400** : alimentation au fioul gaz.

**Unité 1500** : air service et air instrument.

**Unité 1600** : production d'eau distillée par un évaporateur.

**Unité 1800** : traitement d'eau usée de production 2.

**Unité 280** : production de gaz inerte.

### **Zone 5 : Lubrifiants**

Elle comprend les unités suivantes :

**Unité 100** : distillation sous vide.

**Unité 200**: désalphatage au propane.

**Unité 300** : extraction au furfural.

**Unité 150** : Hot-oil.

**Unité 400**: déparaffinage au MEC/Toluène.

**Unité 500**: hydrofinishing.

**Unité 600** : hydrotraitement de la paraffine.

**Zone 3000**: huiles finies.

### **I-3-la nature de pétrole**

Le pétrole est une huile minérale, de couleur noire ou très foncée, d'une odeur âcre plutôt visqueux l'on extrait par forage de puits pour servir de matière première aux industries de raffinage et de pétrochimie Chaque gisement de pétrole est constitué par un mélange d'hydrocarbures différents, à ce mélange s'ajoute des quantités variables de corps contenant du soufre (S), de l'azote (N<sub>2</sub>) et d'oxygène (O<sub>2</sub>) [3] :

▪ Sur plus de 1500 champs pétroliers connus, on n'a pas encore trouvé deux bruts identiques. Suivant la prédominance de l'un des composés caractéristiques, on peut classer le pétrole en :

#### **I-3-1-Brut paraffinique**

Présentant une proportion élevée hydrocarbure  $C_nH_{2n+2}$  (Alcane), notamment de paraffine et cire naturelle.

**I-3-2-Brut naphénique**

Comprenant une grande partie de naphène hydrocarbures de la série  $C_nH_{2n}$  alcane linière ou cyclique.

**I-3-3-Brut aromatique**

Dans lequel on trouve des hydrocarbures benzéniques  $C_nH_{2n-6}$  à noyau.

**I-3-4-Brut sulfureux**

Contenant de l'hydrogène sulfureux  $H_2S$  et les mercaptans  $R-SH$  formés par la fixation du soufre sur un hydrocarbure.

**I-3-5-Brut particulier**

Tel que les bruts bitumineux, les bruts pollués par les acides, des métaux (vanadium, nickel, arsenic) des sels de l'eau salée. Tous ces bruts doivent quelle que soit leur composition finalement procuré au consommateur, le même produit pétrolier de qualité garantie pour satisfaire des exigences d'une clientèle variée : automobiliste, ménagères, agriculteurs ou industriels.

**I-4-le raffinage de pétrole**

Le raffinage de pétrole est un procédé industriel qui permet de transformer le pétrole brut en différents produits finis tels que l'essence, le fioul lourd ou le naphta. Cette gamme des produits illustre l'importance du raffinage dans l'économie [4]. Faisons appelé à toute la ressource de physique et chimique de nombreux procédés ont été mis en point des principales méthodes industriel utilisé en 3 sorte :

**I-4-1-procédé de séparation**

Qui isole les un des autres des hydrocarbures (distillation ; absorption ; extraction par solide; rectification).

**I-4-2-Procédé d'épuration**

Qui purifie et raffiner en retenant les fractions indésirable a l'aide des réactifs chimiques (acide sulfurique de la soude).

**I-4-3-Procédé de synthèse**

Qui crié des hydrocarbures nouveaux inexistant telle que (hydrogénation ; isomérisation ; craquage catalytique ; reformage catalytique ; alkylation ; polymérisation)

**I-5-la description de la zone 10 (bitumes)**

Cette zone est destinée à la fabrication des bitumes à partir du pétrole brut réduit importé, elle comprend trois unités [5] :

**I-5-1-Unité 14 (Fabrication du bitume routier)**

Le procédé consiste à surchauffer le BRI pour faciliter sa pénétration dans la colonne de distillation sous-vide. Les coupes latérales soutirées sont :

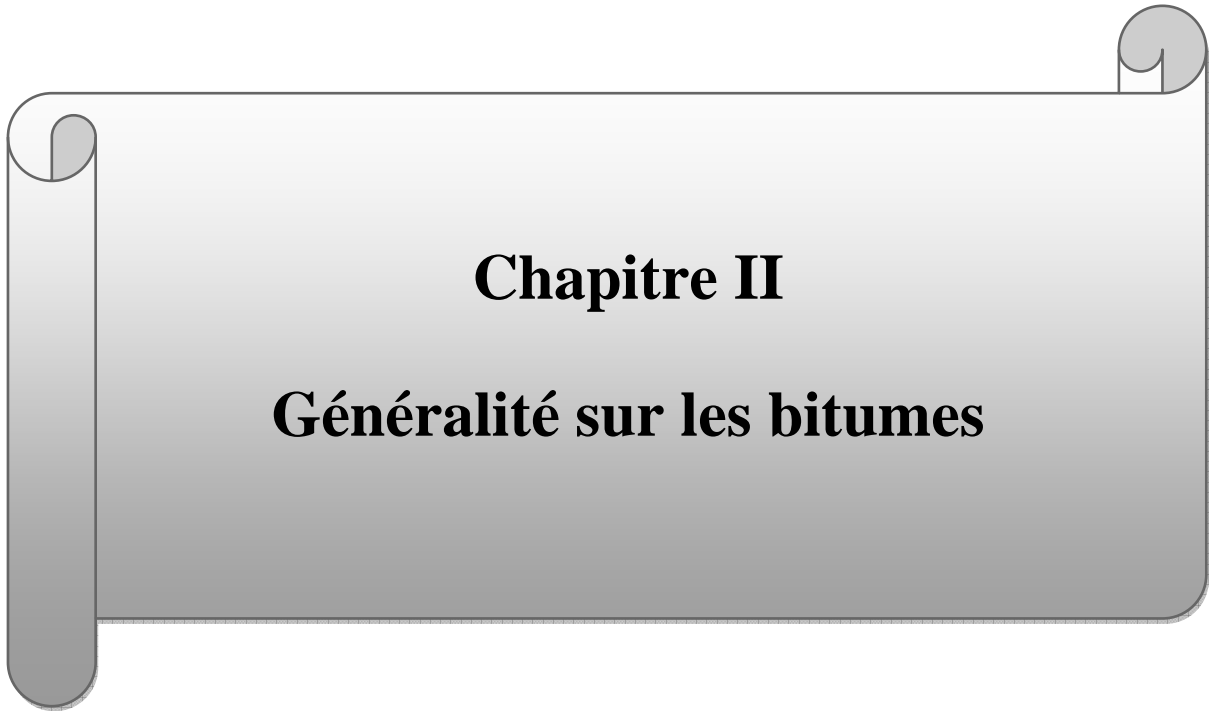
- LVGO (gasoil léger)
- MVGO (gasoil moyen)
- HVGO (gasoil lourd)
- Résidu sous vide

**I-5-2-Unité 15 (Fabrication du bitume oxydé)**

Le mélange 85 % du résidu sous vide et 15% de HVGO alimente la colonne d'oxydation pour obtenir les bitumes oxydés [7].

**I-5-3-Unité 45**

Dans cette unité se trouve le stockage et la commercialisation des bitumes.



## **Chapitre II**

### **Généralité sur les bitumes**

## II-1-Introduction

Le bitume considéré comme un matériau non volatile viscoélastique thermo-susceptible, à l'origine c'est une substance naturelle rencontrée dans certains rochers c'est un mélange hydrocarbure complexe il distingue un groupe aliphatique à chaîne ramifiée ou linéaire, cyclique et saturé ou naphthénique. Les bitumes ayant des propriétés adhésives et cohésives leur domaine d'utilisation très vaste environ 90% du bitume produit dans le monde essentiellement comme déchet de la production de construction routières et le BTP (trottoirs, parkings, terrasses, installations portuaires, aéroports [2])

Grâce à ses propriétés viscoélastiques de cohésion et d'adhésion, le bitume permet de supporter les charges liées au trafic et aux contraintes liées suite au climat. Ce chapitre nous présente une généralité sur le bitume et leur caractérisation, en suite l'influence de leur structure sur la rhéologie, en fin une étude qui nous permet de évaluer la qualité du bitume.



Figure II.1: bitume [1].

### II-1-1-Historique

L'histoire du bitume remonte à la préhistoire et les plus anciens objets humains contenant du bitume connus à ce jour sont vraisemblablement vieux de 180 000 ans. En parallèle il avait déjà de multiples emplois :

- Liant.
- Produits pharmaceutiques servant notamment à la conservation des momies égyptiennes et cosmétologiques, mais surtout dans le bassin méditerranéen au calfatage des navires.

Le bitume naturel ainsi été utilisé généralement comme adhésif. La Bible cite aussi Des exemples d'utilisations pour l'arche de Noé ou le berceau de Moïse [2].

Les premières mentions d'utilisation de bitume c'est pour l'application routière, mais cet usage a disparu pour ne réapparaître qu'au cours du XIX<sup>ème</sup> siècle et finalement évoluer vers nos techniques routières actuelles. Ainsi les bitumes sont devenus des matériaux de haute technicité et il existe maintenant un certain nombre d'additifs commerciaux, minéraux ou organiques, chargés d'améliorer leurs propriétés.

### **II-2-Définition :**

Le bitume est un mélange hydrocarbures lourds contient du charbon et de l'hydrogène avec faibles proportions d'oxygène d'azote et de soufre ainsi que les métaux à l'état de traces. Il est léger, ductile et souple doté de bonnes propriétés d'adhérence, de plasticité et d'élasticité. Il est très peu réactif, insoluble dans l'eau et inerte à de nombreux agents chimiques, comme il est soluble dans de nombreux solvants organiques [3], obtenu soit par distillation naturelle ou bien par distillation en raffinerie-résidu noir de pétrole brut. Les bitumes de distillation directe sont utilisés en technique routière pour la fabrication des bétons bitumineux et des enrobés.

### **II-3-principe de bitumes**

La fabrication des bitumes de bonne qualité et l'amélioration des performances structurelles et fonctionnelles pour réduire les travaux d'entretien qui ont conduit à l'épuisement des ressources naturelles, en particulier des matières premières ce qui a conduit à la détérioration de l'environnement.

### **II-4-Les types de bitumes :**

Les liants bitumineux peuvent être classés à des groupes utilisés dans la construction routière.

#### **a-Les bitumes naturel**

Le bitume a l'état naturel sans additif qu'il obtient à partir d'une distillation sous vide sous forme de résidu les gisements se présentent comme de véritables lacs aussi il peut se présenter sous forme de Filous en sous-sol, le bitume de Trinidad c'est le plus connu de ces bitumes naturels qui relève du premier type de gisement.

#### **b-Bitume pur**

Les bitumes purs sont obtenus de la fabrication industrielle à partir d'un pétrole brut, sont classés selon leurs dureté (pénétration) on distingue trois catégories des bitumes pur [4] :

-Les bitumes durs utilisés dans la fabrication des enrobés bitumineux et de certaines émulsions.

-Les bitumes semi-durs utilisés dans la préparation de l'émulsion d'hiver.

-Les bitumes mous spécifient utiliser dans le revêtement routier.

#### **c-Les bitumes fluidifiés (cut-backs)**

Le cut-back est un bitume semi-dur qui a été liquéfié et obtenu avec des solvants généralement des fractions de kérosène de qualité non commerciale[5].

#### **d-Les bitumes fluxés**

Ce sont des bitumes mélangés avec une huile de fluxage, ces liants sont plus visqueux que le bitume dilué[5].

#### **e-Les bitumes modifiés**

C'est un Bitume qui contient différente matière première, généralement un polymère qui modifie certaines de ses propriétés[6].

#### **f-Les bitumes composés**

Principalement du brai bitume ou de mélange de brai bitume- goudron de houille.

#### **g-les émulsions de bitume**

L'émulsion est un mélange hétérogène obtenue en agitant du bitume dans l'eau bouillante contenant un émulsionnant : savons résines...etc. Facile à fabriquer utilisables à froid et ont une bonne adhérence aux matériaux humides à condition que le séchage de l'ensemble ne dure pas trop longtemps [7].

### **II-5-Structure chimique**

Le bitume est un corps hydrocarboné, composé de 80 à 87 % en masse d'atomes de carbone (en moyenne 83 %), de 8 à 12 % d'atomes d'hydrogène (en moyenne 10 %) et d'hétéroatomes. L'oxygène, l'azote et surtout le soufre représentent globalement, en moyenne 7 % du bitume. D'autres éléments tels que le fer, le vanadium, le nickel, l'aluminium et le silicium sont aussi présents dans sa composition, à l'état de traces [8], Le bitume est divisé en 2 familles d'hydrocarbures :

les maltènes et les asphaltènes, la partie dissoute qui a l'aspect d'une huile visqueuse de couleur foncé se comportent comme un fluide visqueux non newtonien solubles dans un hydrocarbure de faible poids moléculaire généralement le n-heptane, tandis que les asphaltènes ont constituées par des corps de masse molaire très élevées se présentant sous la forme d'une substance solide et noirâtre ont tendance à absorber la fonction aromatique la plus lourde des malthènes et forment des corpuscules complexes (les micelles) qui sont

en suspension dans une phase continue formée par les malthènes de basse masse molaire [9], a ces deux familles s'ajoutent parfois 0 à 2% de carboïdés et 0 à 0.2% carènes.

### II-5-1-Structure chimique des maltènes

Les maltènes représente 70 % et plus du bitume. C'est la partie dissoute, elle a l'aspect d'une huile visqueuse de couleur foncée. Ils sont composés de:

➤ **Les saturés**

Sont des huiles incolores ou légèrement jaunâtres composées principalement de molécules paraffinées et de cycles naphthéniques. Elles représentent généralement moins de 10% d'un bitume. Leur masse moléculaire est de 300 à 2000 g/mole[10].

➤ **Les aromatiques**

Sont des huiles visqueuses de couleur rouge-brun sombre, avec 30% de leurs atomes de carbone inclus dans des cycles aromatiques. Elles représentent 50 à 70% de la composition d'un bitume. Leur masse moléculaire est du même ordre que celle des saturés.

➤ **Les résines**

Sont des solides noirs qui fondent par chauffage et représentent environ 10% du bitume routier. Elles sont caractérisées par de nombreuses ramifications, ce sont des systèmes condensés de cycles aromatiques, naphthéniques et hétérocycliques. Elles présentent une plus grande proportion de composés aromatiques que les huiles. Leurs molécules sont plus grosses et la proportion des hétéroatomes est plus élevée. La courbe de distribution de leur masse moléculaire s'étale de 500 à 50 000 g/mole. Leur taille est comprise entre 1 et 5nm [11].

### II-5-2-Structure chimique des asphaltènes

Les asphaltènes sont des solides noirs, durs et faibles, de point de ramollissement supérieur à 150°C, sont caractérisés essentiellement par leur solubilité dans le toluène et leur insolubilité dans les solvants paraffiniques, tels que le n-heptane [12], les agrégats d'asphaltènes sont parfois considérés comme le produit de maturation des résines. Pour la composition globale des bitumes, la composition et la structure des asphaltènes sont différents suivant le mode de fabrication du bitume. En effet, les asphaltènes peuvent s'associer sous forme d'agglomérats même à des concentrations aussi faibles que 0,01 g/L d'asphaltènes dans le bitume. Cette organisation sera décrite ultérieurement des nouvelles



techniques ont permis aux équipes de Badre et coll. Et de Groenzin et Mullins de situer la masse moléculaire moyenne de monomères d'asphaltènes à 750 g/mol. Par ailleurs, ces deux équipes ont mis en évidence qu'il n'existe qu'un seul système polycyclique qui comprend un nombre de cycles aromatiques compris entre 8 et 20 [13].

### II-6- Structure colloïdale du bitume (Figure II.2)

Le bitume peut être décrit comme une substance colloïdale dans laquelle des quatre familles définies précédemment (les huiles saturés, les aromatiques, les résines, et les asphaltènes) forme des phases biphasiques dans laquelle les phases dispersées, constituant des asphaltènes sont couvertes par une couche protectrice de résines. Ce complexe appelé micelle est dispersé dans une phase continue de maltènes qui constituent un mélange d'huile aromatique et saturé [14], cette structure a été proposée les années 1920 par **NELLENSTEYN**, qui fut ainsi le premier à décrire le bitume comme une suspension colloïdale.

Grace au développement de la technique rhéologique, le bitume est décrit comme une suspension colloïdale à haute température, constituée d'asphaltènes agrégées dispersées dans une matrice maltène vitrifiable à basse température.

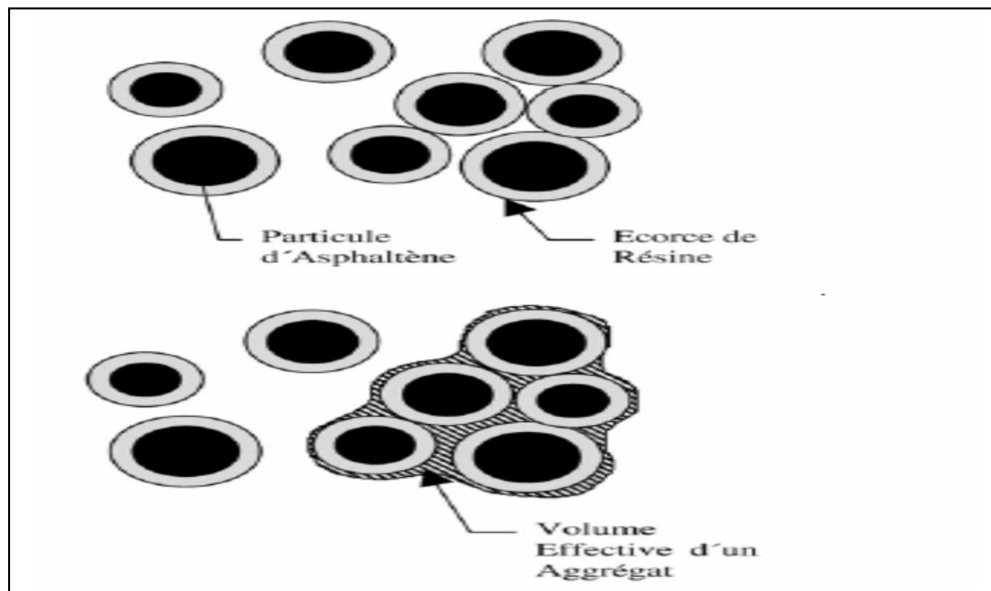
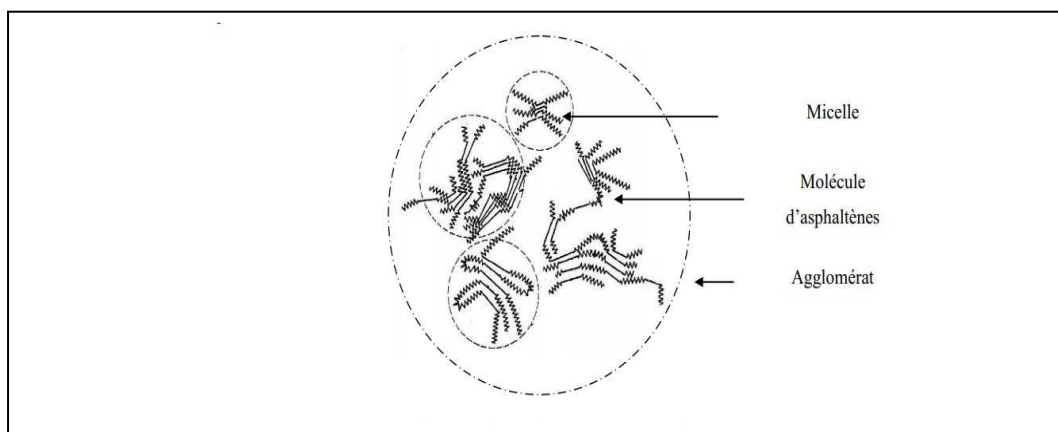


Figure II.2: la structure colloïdale du bitume [15]

Les études des asphaltènes solides en microscopie électronique s'associèrent sous forme de feuilles de rayon entre 8.5 et 15 Å et d'épaisseur compris entre 16 et 20 Å, à partir de cycle aromatique plans, Polynucléaires dont la cohésion assurée par liaisons  $\pi$ , ils

sont peptisés par les résines. **YEN** a proposé une structure pour représenter les micelles d'asphaltènes selon cet auteur.

les molécules d'asphaltènes peuvent exister sous une forme de micelles ou de paquets de micelles qu'on appelle agglomérats.



**Figure II.3 : coupe d'un modèle de micelles d'asphaltènes selon YEN [16].**

## II-7-Fabrication des bitumes

Les bitumes ont des différentes origines ils proviennent du Moyen-Orient, Venezuela et Mexique. La plupart des bitumes routiers sont obtenus à partir du résidu de la distillation atmosphérique d'un pétrole brut et par combinaisons diverses de produit de base et de procédés selon la qualité des bruts et l'utilisation des produits bitumineux [12], [15].

### II-1-7-distillation atmosphérique

La distillation atmosphérique C'est le premier procédé de raffinage qui permis de séparer le pétrole brut a des fractions selon leurs température d'ébullition sous pression atmosphérique. Le pétrole brut est chauffe à 370 C° puis envoyer vers la premier colonne de fractionnement maintenu à la pression atmosphérique le produit récupérer en foute de tours et le brut réduit à 350-380 C° dans le fond de la colonne puis elle diminue de 110 jusqu'à 150 C° en tête de colonne. Cette dernière résulte une fraction lourde qui s'appelle le résidu atmosphérique dans le fond de la colonne grâce a certains bruts lourds on obtient des bitumes de grade routier [16].

### II-2-7-Distillation sous vide

La distillation sous vide est nécessaire pour obtenir des produits lourds sous pression réduite dans ce type d'unité de fabriquer directement tous les grades routiers de bitumes

20/30 au 160 /220, le résidu de la tour sous pression réduite s'appelle résidu sous vide et les bitumes obtenu appellent bitumes de distillation direct [17].

### II-3-7 -Désalphaltage au solvant

Le désasphaltage au solvant est employé comme un complément dans le raffinage des « bruts à huile ». Il s'agit d'analyser ou extraire le résidu de la distillation sous vide des fractions lourdes qui sont les composants essentiels pour fabriquer les bitumes, dont il est difficile de séparer complètement les fractions lubrifiantes.

Selon le solvant employé, butane ou propane on obtient différentes classes de bitume, en faisant la variation des conditions de fonctionnement de l'unité de désasphaltage notamment la pression et la température.

Le bitume obtenu est appelé bitume **PPA**, selon la méthode de fabrication du bitume par distillation ou désasphaltage et au solvant. Une susceptibilité à la température et au vilissement, la cohésivité et l'élasticité qui sont mesurées par des essais spécifiques qui donne la possibilité de produire des bitumes de pénétrabilité plus ou moins élevée.

### II-4-7-Le soufflage

La manipulation de soufflage consiste à faire circuler de l'air à contre-courant de l'oxydé, il résulte de cette opération la formation de molécules à haut poids moléculaire et de structure différente de celle du produit initial, il est ainsi possible d'obtenir des grades durs à point de ramollissement très élevé.

On peut distinguer deux types de soufflages :

-le semi-soufflage basée de traité les bitumes plus mous issu de pied de colonne (fond) à la fin on obtient un bitume routier [19].

-soufflage d'une base plus complexe qui donne des bitumes de faible susceptibilité thermique.

### II-8-Caractérisation essentielles des bitumes (annexe 2)

#### Caractérisation classique

Trois mesures classiques caractérisent le bitume de manière empirique [20] :

- La pénétrabilité.
- La température de ramollissement bille-anneau.
- Le point Flash.

**II-8-1-Pénétration standard des bitumes (Norme NF EN 1426 T66-004)**

La pénétrabilité et la température bille-anneau définissent la consistance du bitume et permettent de le classer et de déterminer un indice de pénétration noté IP. Cet indice de pénétrabilité caractérise la susceptibilité thermique du bitume et l'évolution de sa consistance en fonction de la température. Cet indice est élevé, moins le bitume est sensible à des variations de température malgré leur fiabilité et leur reproductibilité sur la plupart des bitumes purs, les problèmes d'adaptabilité de ces méthodes aux bitumes modifiés aux polymères et aux bitumes soufflés, notamment lors de l'essai Frass, ont nécessité la mise en œuvre de nouvelles méthodes de caractérisation : les essais SHR [20].

**II-8-2-Point de ramollissement (Norme NF EN 1427)**

Les bitumes, selon qu'ils soient plus ou moins susceptibles, se ramollissent plus ou moins vite. Il est donc utile de mesurer le point de ramollissement des bitumes. Le point de ramollissement le plus utilisé est le point de ramollissement bille anneau. Le point de ramollissement est en effet la température à laquelle une bille d'acier de diamètre standard, après avoir traversé la matière à essayer (collée dans un anneau), atteint le fond d'un vase standardisé rempli d'un liquide que l'on chauffe progressivement, et dans lequel on a plongé l'appareil [20].

**II-8-3-Ductilité**

C'est l'allongement, au moment de la rupture, d'une éprouvette de bitume qui est étirée à une vitesse et une température déterminée [20]. Références de la méthode : NF T 66-006, ASTM D13, IP32

**II-8-4-Essais américains SHRP (Strategic Highway Research Program)**

Programme de recherche concernant l'étude des routes cette technique prend en compte de nouveaux paramètres tels que la météorologie du lieu (température maximale et minimale à la surface de la chaussée), sa situation géographique (latitude) et la rhéologie. Elle permet d'accéder aux caractéristiques intrinsèques du bitume telles que la mesure du module de rigidité [21]. Ce module peut être déterminé à toutes les températures auxquelles la

chaussée peut être soumise. Avec les essais SHRP, le liant est entièrement décrit d'un point de vue rhéologique.

### II-9- Influence de la structure colloïdale de bitume sur la rhéologie

Di Benedetto et Corté considèrent que le comportement rhéologique du bitume résulte du type de dispersion des asphaltènes dans la fraction huileuse, la structure peut, en effet au fluide d'un caractère « sol » ou « gel » ou un caractère intermédiaire « sol-gel ». Le comportement « gel » ou « sol » des bitumes est gouverné par les saturés et les aromatiques [21]. La structure qui correspond à la majorité des bitumes routiers est intermédiaire entre les structures de type « sol » et « gel », KANNEL a étudié les 2 structures colloïdales sol gel qui sont présentées dans la figure (II.4).

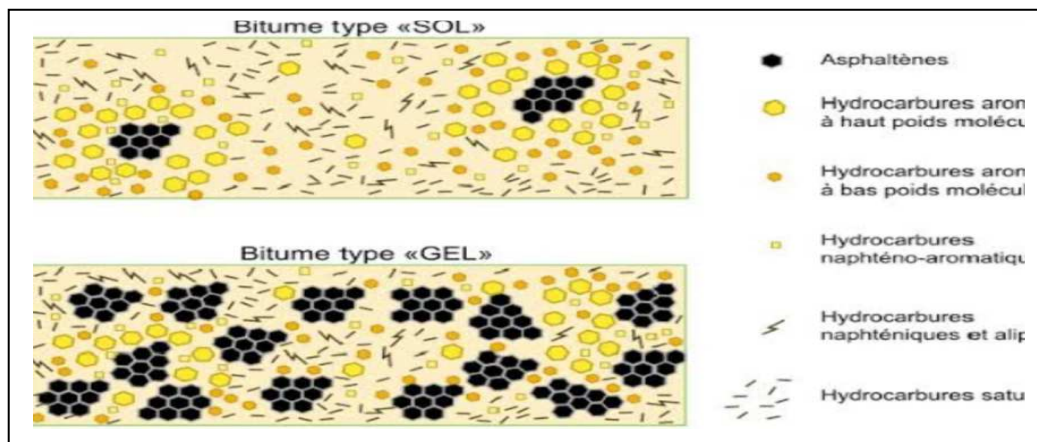


Figure II.4 : structure sol /gel du bitume) [22].

#### ➤ Bitume « gel »

Dans la structure gel, l'organisation assurée par un squelette d'asphaltènes. A température ambiante, ces asphaltènes sont flocculées, cette structure apparaît quand la quantité de résines est trop faible pour disperser ces micelles, les bitumes gel possèdent les caractéristiques des liquides non newtoniens et présentent un seuil d'écoulement, la caractéristique l'emporte sur le caractère visqueux, les bitumes oxydés ou soufflés présentent généralement ce type de structure « gel » riche en asphaltènes [23].

#### ➤ Bitume « sol »

La structure sol est une suspension diluée et stabilisée d'asphaltènes dans un milieu dispersant fortement structuré par des résines à une variation de température qu'un bitume gel, dans cette configuration.

Les asphaltènes ne sont pas en interaction et le comportement du liant est pratiquement newtonien le caractère visqueux l'emporte sur le caractère élastique, ils sont très résistants aux sollicitations courtes et plus sensibles aux sollicitations longues.

✓ **Structure intermédiaire « sol » « gel »**

C'est la structure à laquelle appartient la majorité des bitumes dans ce cas, les divers agrégats de micelles d'asphaltènes ou de divers formations structurales d'asphaltènes baignent dans un milieu plus structuré au milieu sol mais moins structuré que le milieu gel. Par divers travaux trois groupes pour classer les bitumes selon leur composition ceci après obtention de bonnes corrélations entre le comportement rhéologique et la composition génériques des liants bitumineux, ces classes de bitume ont été associées aux différentes structures sol, gel et sol /gel [24] (tableau II.1).

**Tableaux II.1 :** types structuraux des bitumes en fonction de leur composition [24].

Type de bitume		Asphaltènes (%)	Résine (%)	Huiles (%)
Gel	1	>25	<24	>50
Sol	2	<18	>36	<48
Sol/gel	3	21à23	30à34	45à49

### II-10- Propriétés des bitumes [25]

Dans l'élaboration des routes ils sont choisis le bitume comme matériau principale à cause de sa souplesse d'emploi, ses propriétés d'adhésivité et de plasticité, d'élasticité, d'insolubilité dans l'eau et d'inertie à plusieurs agents chimiques.

➤ **Réactivité**

Les composés aromatiques de bitume réagi avec l'oxygène grâce à ce type de réactionnels bitumes oxydés sont préparés, et aussi des réactions de type de condensation peuvent avoir lieu à des températures supérieures à 160°C en présence de H<sub>2</sub>S

➤ **Adhésivité**

En générale, l'adhésivité c'est l'effort qu'il convient d'exercer uniformément sur l'unité de surface d'un enduit pour le détacher de son support, autrement est une caractéristique d'affinité d'un corps pour un autre. Pour qu'elle manifester il faut que l'un des corps soit suffisamment fluide pour que ses molécules puissent se déplaces et entrer en contact dans

le champ de cohésion avec des molécules du corps rigide. L'eau reste en contact avec le revêtement qui sont défailants par suite d'une adhésivité du liant inférieure de celle de l'eau.

➤ **Cohésion**

Est une fonction de la viscosité du liant ; hydrocarboné caractérisée par sa résistance à la rupture dans sa masse sous certaine nature d'effort, par cisaillement ou traction dans des conditions de vitesse de déformation par allongement c'est une qualité qui est mise en parallèle avec son adhésivité.

➤ **Viscoélasticité**

La viscoélasticité confère des propriétés mécaniques de souplesse et de fermeté au bitume, on peut considérer le bitume comme un solide ou un liquide visqueux à haute température (supérieur 80°C), de 0°C à 80°C et un solide élastique fragile à basse température 0°C, il a un comportement intermédiaire suivant la température, un comportement viscoélastique.

## **II-11-Vieillessement du bitume**

Le vieillissement des bitumes provoqué par des changements du comportement et de la composition du liant, ce phénomène lié aux modifications de la structure chimique à un durcissement est souvent imputable à l'évaporation des huiles fluidifiant aussi à la polymérisation et l'oxydation, le liant n'a plus rien à gagner par durcissement complémentaire au contraire il peut devenir fragile sous l'effet de baissés de température, cette dernière conduit à la fissuration et à la dégradation des revêtements, deux types de dégradation sont à considérer des évolutions physiques et un vieillissement chimique [26].

### **II-11-1-Evolution chimique**

Le vieillissement est dû à des réactions d'oxydation. Des modifications progressives des hydrocarbures contenus dans le bitume peuvent donner lieu à des variations physico-chimiques qui se traduisent notamment, par une diminution de la pénétrabilité. L'oxydation des groupes d'hydrocarbures est un phénomène irréversible [27]. Celui-ci peut conduire, soit à la formation de groupes polaires, soit à la formation d'asphaltènes.

Ramond et Such [28] distinguent deux types de vieillissement chimique, caractérisés par des mécanismes différents: Un vieillissement à court terme a lieu à l'enrobage. L'oxydation violente est liée à un apport d'énergie intense et surtout à des températures de travail élevées (>150°C). Le durcissement est d'autant plus important que la température

d'enrobage est élevée, que la durée de malaxage est longue et que la teneur en bitume est faible. [28] Le test RTFOT (Rolling Thin Film Oven Test : test du film mince tournant en étuve) simule, en laboratoire, l'évolution du bitume lors de l'étape d'enrobage. L'application de ce test à une fraction de bitume a permis à Mastrofini et Scarsella [29] de prouver l'existence de ces réactions oxydation au cours de l'opération d'enrobage. L'analyse élémentaire est appliquée à la fraction bitumineuse vieillie par RTFOT, a mis en évidence une augmentation du pourcentage d'atomes d'oxygène ainsi qu'une diminution de celui des atomes d'hydrogène dans la fraction étudiée. Les fonctions C=C, C=O, S-H, S-O sont toutes concernées par des réactions d'oxydation. Les réactions à cinétique lente n'entrent pas en jeu dans ce type d'oxydation. On considère en général que l'étape d'enrobage est responsable de la perte d'un grade de bitume [30]

### **II-11-2-Evolution physique**

Le vieillissement est provoqué par un déséquilibre des proportions de micelles et d'agglomérats (par chauffage au moment d'enrobage). La remise en structure est lente et dépend de la viscosité des huiles contenues dans le bitume. Quel que soit l'origine du bitume, le vieillissement se traduit par une augmentation plus ou moins importante de leur consistance selon leur origine et leur mode de fabrication. La présence de fractions cristallisables (paraffines) peut conduire également à un durcissement physique du bitume. En général, ce processus est plus rapide que le précédent (quelques heures à quelques jours). Ces deux phénomènes sont réversibles, notamment par réchauffage. L'évaporation des fractions les plus volatiles du bitume peut constituer un type de vieillissement physique, irréversible. La vitesse d'évaporation dépend de la nature, de la quantité des produits volatils et des conditions de traitement .





## **Chapitre III**

### **Les polymères**

### III-1-Introduction

Depuis longtemps les polymères sont très importants dans son utilisation dans les différents domaines grâce à leurs propriétés, ils ont tiré des animaux des végétaux comme le bois, le coton, le cuir aussi les enzymes et les amidons

Les outils de cette recherche moderne permettent de déterminer la structure de ce type de matériaux a développé de nombreux polymères synthétisés par de petites molécules organiques. Les polymères représentent une classe de matériaux de plus en plus importantes, ils sont en concurrence avec les matériaux traditionnels, les métaux et les matériaux minéraux grâce à : Leurs faibles densités est associés à des propriétés thermomécaniques de plus élevées, faibles couts de production, leurs caractéristique très particuliers au moins la possibilité de recyclage en termes de matériaux thermoplastique.

### III-2 -Définition

On appelle polymère une grande molécule organique ou inorganique constituée d'une unité fondamentale appelée monomère (ou motif monomère) reliée par des liaisons covalentes [1]. Composées principalement de carbone et d'hydrogène [1], Un monomère est un composé constitué de molécules simple qui contiens des faibles masses [2] pouvant faire une reaction avec d'autres monomères pour obtenir un polymère.

### III-3 -Classification des polymères

Multiples critères pour faire la classification des polymères selon les propriétés retenues pour les caractériser, nous indiquons ci-après les classifications les plus courantes[3].

#### III-3-1- Selon leurs natures chimiques

##### a) Polymères minéraux

Sont composé par des chaînes renfermant un seul corps simple comme le diamant, le graphite, le phosphore et le soufre ou par des chaînes renfermant plusieurs hétéronomes comme les silicates, les acides polys phosphoriques et les chlorures de poly phosphonitriles.

##### b) Polymères organiques

C'est la classe la plus riche, ils constituent presque la totalité des polymères d'utilisation

courante. Les principaux polymères organiques de synthèses sont : polyoléfines, les polyvinylyles, les poly diènes, les polyamides, les polyesters et les polyacryliques.

**c) Polymères mixtes**

Sont doués de propriétés intéressantes dont une bonne résistance thermique (300-350 C°). L'hétéroatome peut être soit dans la chaîne principale soit dans les motifs latéraux.

**III-2-2-Selon leurs origines [3]****a) Les polymères naturels**

Ce sont des composés organiques formant la matière vivante, comme les protéines, les acides nucléiques, la cellulose, la chitine: d'un polymère naturel, exemple: méthyle cellulose.

**b) Les polymères artificiels** (dérivés des polymères naturels) ou bien Des polymères obtenus par modifications chimiques.

**c) Les polymères synthétiques**

Ce sont les matières plastiques, les élastomères, les fibres, les adhésif [3].

**III-3-2 -Selon l'architecture de leurs chaînes et structures moléculaires**

Les trois classes polymères selon leurs architectures :

**a-linéaire**

Il s'agit d'une structure monodimensionnelle longue et flexible, constituée d'une chaîne continue d'unités répétitives disposées en ligne droite. Ils sont exclusivement issus de monomères di-fonctionnels. Les propriétés physico-chimiques varient en fonction du type et de la nature chimique du monomère [1] On distingue dans les structures des polymères linéaires les types suivants :

**➤ Homopolymère**

Est un polymère dont l'ensemble des motifs de répétition sont de même nature chimique et qui est par conséquent préparé, lorsqu'il est de nature synthétique, à partir d'un seul type de monomère, ils existent en plusieurs sortes : linéaires, branchés ou étoilés.

➤ **Copolymère**

Polymère formé par des chaînes moléculaires contenant un arrangement de deux ou plusieurs types de monomères, et voici les modes de copolymères : statistique, -alterné, séquencé, greffé.

**b. Polymères ramifiés**

Des chaînes homopolymériques ou copolymériques peuvent se greffer sur 'autres chaînes au cours de la polymérisation [3] Au-dessus de la température de transition vitreuse, ces matériaux présenteront un comportement visqueux plus marqué que les polymères linéaires[1]On distingue deux types pour cette structure :

- **Homopolymères greffés** : les chaînes moléculaires contiennent des chaînes ramifiées de même motif monomère.
- **Copolymères greffés** : Des branches formées par l'unité structurale B peuvent se greffer sur un tronc d'unités A alignée [3].

**c. Polymères réticulés** : La réticulation correspond à la formation de liaisons chimiques suivant les différentes directions de l'espace au cours d'une polymérisation, d'une polycondensation ou d'une polyaddition, et qui conduit à la formation d'un réseau de polymère réticulé. Il existe plusieurs formes de polymère [3] :

- **Les polymères amorphes** : on obtient un polymère amorphe quand l'arrangement régulier des chaînes macromoléculaires n'est pas possible. (Matières plastiques).
- **Les polymères semi-cristallins** : ils comportent des zones cristallines organisées et des zones amorphes désordonnées. Les polymères orientés ou fibres font partie de cette famille.
- **Les polymères cristallins** : ils sont formés uniquement de zones cristallines ; ils se présentent sous forme de solides ordonnés à grande distance.

**III-3-3 -Les différents types des polymères**

Le polymère peut transformer des homopolymères (un polymère qui contiens des motifs monomères tous identiques) ou des copolymères (macromolécule comporte deux ou des nombreuses sorties de motifs monomères) et peuvent être avoir polymérisation (polymérisation en chaine ou polycondensation [4].

L'utilisation des polymères regrouper dans quatre catégories selon leurs propriétés : Les thermoplastiques, Les thermodurcissables, Les élastomères, Les élastomères thermoplastiques

### a) Les thermoplastiques

Un thermoplastique polymère linéaire ou bien ramifié pouvant être solidifié par refroidissement et mollir par chauffage dans une température spécifique. Ces polymères peuvent cristalliser thermoplaste amorphes ou thermoplaste semi-cristalline tels que le polyéthylène (PE), le poly (chlorure de vinyle) (pvc) ou le polystyrène (PS) sont mis en structure par diverses techniques tels que l'injection-soufflage et l'extrusion.

### b) Les thermodurcissables

Un thermodurcissable représente un produit se forme d'une poudre à mouler solide ou résine liquide changé irréversiblement par polymérisation en un réseau tridimensionnel insoluble et infusible que l'on qualifie de thermo durci. Le réactif premier peut être constitué d'un mélange de monomères (aminoplaste et phénoplaste, résines, silicone) ou fréquemment d'un mélange de polymère linéaire à base de faible masse moléculaire et de monomère (résines polyesters, résines époxy, insaturés ...) [4]. Dans la plus par des cas, la réticulation s'applique sous l'action de la chaleur et du catalyseur.

Ces polymères amorphes ont une vitesse élevée et de température entre 80°C et 150°C .

-la mise en œuvre des thermodurcissables sont alors moins faciles que celle des thermoplastiques, il faut impérativement appliquer la mise en forme tels que la réaction chimique de réticulation.

En effet, les thermodurcissable présent une résistance mécanique, chimique et thermique plus élevée que les thermoplastiques [5]

### c) Les élastomères

Tous ces polymères peuvent être des homopolymères (avec les même monomères qui conter des motifs) ou copolymères (macromolécule composée de deux ou plusieurs molécule et nombreux unité monomères) peuvent être obtenus par polymérisation (polymérisation en chaîne ou polymérisation par condensation), leur architecture est

différente macromolécule (réseaux linéaires, ramifiés ou tridimensionnel en mettant en œuvre plus ou pas facile et flexible [6].

### d) Les élastomères thermoplastiques

Les élastomères thermoplastiques sont des polymères ramifiés ou linéaires avec des caractéristiques d'élasticité du caoutchouc et facilité d'utilisation de l'élastomère thermoplastique [7], sont généralement des copolymères blocs (ou des mélanges) la structure solide des homopolymères et, ou copolymère est toujours l'association au moins de deux étapes d'immiscibilité de phases souples (température de transition vitreuse entre 90°C et 40°C) liées à la phase rigide (température de transition vitreuse ou le point de fusion est supérieur à 90°C); il est considéré comme un matériau multi phase dans lequel la phase rigide est dispersée dans la phase souple [7]

### III-4- Les types de modification par polymères

#### III-4-1 -Le PRPLAST

Le PRPLAST est un produit industriel à base de plastique recyclé (câble téléphonique, bouchons de bouteilles plastiques, etc.), contenant du carbone et de l'hydrogène, de dimension 4 mm [8].



**Figure III.1. LE PRPLAST**

#### III-4-2- Les noyaux des dattes (bio additif)

Le noyau de datte présente 7 à 30 % du poids de la datte. Il est composé d'un album blanc, dur et coré protégée par une enveloppe cellulosique. Les noyaux constituent un

sous-produit intéressant. De ces derniers, il est possible d'obtenir une farine dont la valeur fourragère est équivalente à celle de l'orge dimension [9].



**Figure III.2. Noyau de datte**

### **III-5 -Caractéristiques physico-chimiques des ND**

La caractérisation physicochimique et structurale nous semble nécessaire pour une meilleure compréhension des aptitudes technologiques à la valorisation des noyaux de datte.

De nombreux travaux de recherche sont consacrés à la valorisation du noyau de dattes sous différentes formes : charbon actif [10], en médecine traditionnelle [11]. Les dattes et les noyaux de dattes par leur conservation relativement longue, offrent de nombreuses possibilités technologiques suivant le traitement auquel elles sont soumises.

#### **III-5-1 -Caractéristiques physiques (morphologie) du ND**

Le noyau est entouré d'un endocarpe parcheminé, il est de forme allongée, plus ou moins volumineux, lisse ou pourvu de protubérances latérales en arêtes ou ailettes, avec un sillon ventral ; l'embryon est dorsal, sa consistance est dure et cornée [12]. Le noyau possède un albumen (endosperme) dur et corné dont l'embryon dorsal est toujours très petit par rapport à l'album en de 2 à 3 mm Une différence significative entre arbres a été relevée sur le diamètre, le poids, la longueur du noyau même si les palmiers pris en compte proviennent d'une même exploitation. [13] ces différences peuvent être induites par les types de pollen utilisés par les phoeniculteurs. Une étude menée par Khalifa en 1980 a démontré l'effet significatif des pollens sur les caractères morphologiques du noyau. Les résultats de cette étude ont montré que le poids du noyau de dattes algériennes (Ziban) peut varier d'un

cultivar à un autre selon différents paramètres : poids : 0,6 – 1,69 g, diamètre : 0,58 – 1 cm et longueur : 2,9 – 3,15 cm.

### III-5-2- Composition chimique de ND

Le potassium est le plus abondant dans La composition chimique du noyau de datte, suivi par le phosphore, le magnésium puis le calcium, le sodium et le fer c'est la teneur la plus élevée suivi par le zinc.

### III-6 -Aspect botanique

La datte (Figure 02), fruit du palmier dattier, est une baie généralement de forme allongée, oblongue ou arrondie [14] avec des dimensions très variables de 2 à 8 cm de longueur et d'un poids de 2 à 8 grammes selon les variétés [15]. La datte renferme un seul grain appelé noyau, sa partie comestible dite, chair ou pulpe est constituée d'un péricarpe ou enveloppe cellulosique fine dénommée peau mésocarpe généralement charnu, de consistance variable selon sa teneur en sucre et de couleur soutenue. Endocarpe de teinte plus claire et de texture fibreuse, parfois réduit à une membrane parcheminée entourant le noyau

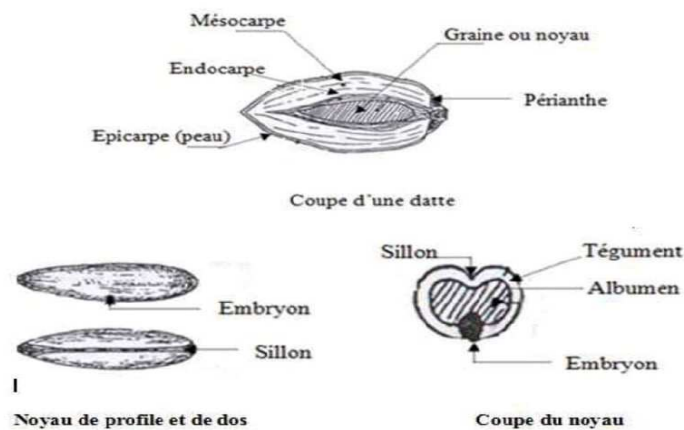


Figure III.3. Morphologie et anatomie du fruit et de la graine du dattier





## **Chapitre IV**

### **Les bitumes modifiés**

**IV-1 -Introduction**

Le bitume produit dans les raffineries ne possède pas les performances requises pour être utilisé dans les besoins de la construction routière, cependant la croissance du trafic et l'effet des véhicules lourds, surtout le changement climatique tel que l'augmentation de la température qui est devenue de plus en plus agressive, dans ce cas pour améliorer les performances des liants bitumineux et certaines caractéristiques du liant (chimique, physique, mécanique), il faut étudier un axe de diverses recherches et techniques [1], pour augmenter l'amélioration des propriétés par modification de structure ou bien l'ajout d'additifs, les agents les plus souvent employés sont les polymères. Ils accroissent le domaine de température sur lequel un liant peut résister à la fissuration thermique et ainsi que sa durabilité en fatigue [2], [3].

**IV-2 -Objectif de modification des liants bitumineux**

L'objectif est de produire un liant «idéal», les chercheurs se sont fixés comme objectif de trouver des additifs plus performants, moins coûteux et faciles à incorporer dans des matrices bitumineuses [4], les bitumes qui se sont améliorés sont ceux qui sont modifiés par des polymères deviennent des produits commerciaux, il doit avoir une susceptibilité thermique très faible dans toute la plage des températures d'utilisation (-30°C jusqu'à 60°C) mais très forte aux températures de mise en œuvre (130 à 170°C), une adhésivité et une cohésivité améliorées, ainsi une faible viscosité aux températures de malaxage, de mise en œuvre et de compactage des bétons bitumineux, Sa susceptibilité aux temps de charge doit être fortement faible alors que sa résistance à la déformation permanente, à la rupture et à la fatigue doit être forte [2], [3].

Parallèlement, il faut au moins maintenir les bonnes propriétés d'adhésivité des liants traditionnels. Enfin la résistance au vieillissement doit être forte aussi bien à la mise en œuvre que sur la route, Cependant toutes ces qualités ne peuvent pas être trouvées sur un bitume pur.

Il faut bien avouer que l'utilisation effective des bitumes modifiés dans la construction et l'entretien des routes n'est, au niveau mondial, qu'un pâle reflet de la place importante qu'ils tiennent dans la littérature technique.

**IV-3 -Fabrication et principe des bitumes modifiés**

Plusieurs procédures ont été développées pour produire le bitume modifié. Selon les types de bitume, la nature du polymère et les propriétés recherchées. Les principaux facteurs influençant le taux de dispersion des polymères dans la matrice bitumineuse sont les dimensions des particules de polymère, la température, et le cisaillement appliqué aux mélanges. La température de mélange est généralement comprise entre 150°C et 200°C ou plus, Le mélange à chaud peut être purement physique sous simple effet d'une agitation mécanique ou s'accompagner d'une réaction chimique comme la réticulation, obtenue par l'ajout d'un agent chimique, par exemple un dérivé soufré, au cours de laquelle un réseau tridimensionnel de polymère se forme au sein de la matrice bitume [5].

La durée de mélange varie de quelques minutes à quelques heures. La durée optimale de mélange est atteinte quand les propriétés désirées du bitume-polymère, telles que le point de ramollissement, la pénétration et la viscosité deviennent constantes.

**IV-4- Structure microscopique des bitumes modifiés**

Le BMP dépendent du degré de dispersion du polymère dans la phase bitumineuse. L'importance du test qui est effectué sur les BMP est l'observation de sa structure par Microscopie, la dite technique est utilisée pour connaître l'état de dispersion de la phase polymère dans le bitume ou l'émulsion, Elle est basée sur le principe que les polymères gonflés par certains composants du bitume auquel ils sont ajoutés sont fluorescents lorsqu'ils sont éclairés par une lumière ultraviolette. Ils réémettent une lumière jaune-vert alors que la phase bitume restante apparaît noire, cette phase ne montre aucune fluorescence évidente, toutefois, certains polymères dispersés, tels que les polystyrènes, produisait une fluorescence jaune verdâtre. Une grande variété de formes est observée selon le type de polymère utilisé.

L'examen d'un divers produit commercial a montré que plusieurs d'entre eux étaient sous forme de dispersion, fine ou poussière, de globules de polymère dans la phase continue du bitume (Figure IV.3.a).

Avec l'augmentation de la concentration de polymère et de la durée de mélange elle peut produire une réelle modification à cause de l'inversion de phases, la modification de la structure du BMP et un changement important de ses propriétés (Figure IV.3.b) [1].



a) La matrice bitume  
mixte

b) Matrice polymère)

c) Matrice

**Figure IV.1: Microstructure d'un bitume modifié dans les trois cas [1]**

#### IV-5 -Compatibilité bitume modifié

La compatibilité du bitume avec le polymère se traduit par un mélange bitume/polymère visuellement homogène, elle dépend plusieurs facteurs sont les suivants :

- La concentration et la taille des asphaltènes du bitume.
- La concentration et la taille des molécules du polymère.
- La quantité d'huiles aromatiques du bitume.
- La différence des densités et masses moléculaires.

Les polymères ont différents degrés de compatibilités avec les bitumes, de très compatible à incompatibles. Les mélanges compatibles fusionnent parfaitement et forment une phase Homogène, les mélanges moins compatibles nécessitent un traitement mécanique à haute Température ou encore chimique, et enfin les mélanges incompatibles donnent des phases Séparées sans cohésion ni ductilité.

Auquel l'ajout de polymères confère des propriétés mécaniques intéressantes. Elle est étroitement liée à la stabilité de la structure colloïdale du bitume et à sa composition chimique [6], Les problèmes de compatibilité ont un impact direct sur les propriétés de l'enrobé modifié, Afin d'y remédier plusieurs approches ont été étudiées, tel l'ajout d'anti oxydants, la vulcanisation au soufre ou encore l'utilisation de polymères qui réagissent chimiquement avec le bitume [7].

**IV-6- Mécanisme de la modification des bitumes**

Différentes procédures ont été développées pour produire les bitume-polymères, Lorsque le polymère est ajouté au bitume préalablement chauffé, la fraction maltène de bitume (huile) commence immédiatement à pénétrer dans les particules du polymère.

La modification des propriétés des bitumes par addition de polymère est souvent expliquée par le gonflement du polymère par les huiles du bitume, le polymère gonfle Sous l'influence du cisaillement de l'agitation. Aussi il devient mobile et se disperse dans le bitume, En conséquence du gonflement du polymère, la quantité de phase dispersée est de l'ordre de 4 à 10 fois supérieure à celle de polymère introduit, dans le cas où la phase dispersée elle devient la phase continue peut être traité de manière similaire, même si de tels BMP ne sont obtenus qu'avec des teneurs en polymères généralement supérieures à 7 % massique, ce qui rend leur coût prohibitif vis-à-vis d'une application routière classique, mais permet d'obtenir d'excellents produits d'étanchéité .cependant le polymère mobilise une quantité importante d'aromatiques, provoquant la concentration des asphaltènes en phase continue [8].

- Etape 01 : microstructure du polymère
- Etape 02 : domaine de polystyrène gonflé par le bitume
- Etape 03 : dispersion ultérieure par cisaillement

Dans ce cas des mélanges physique du bitume avec les polymères, la modification du bitume s'opère par mise en contact du bitume et du polymère à une température Supérieure à la température de fusion du polymère avec un malaxage approprié pour provoquer un mélange intime des différentes phases. Pour comprendre les interactions entre le bitume et les polymères, il faut considérer :

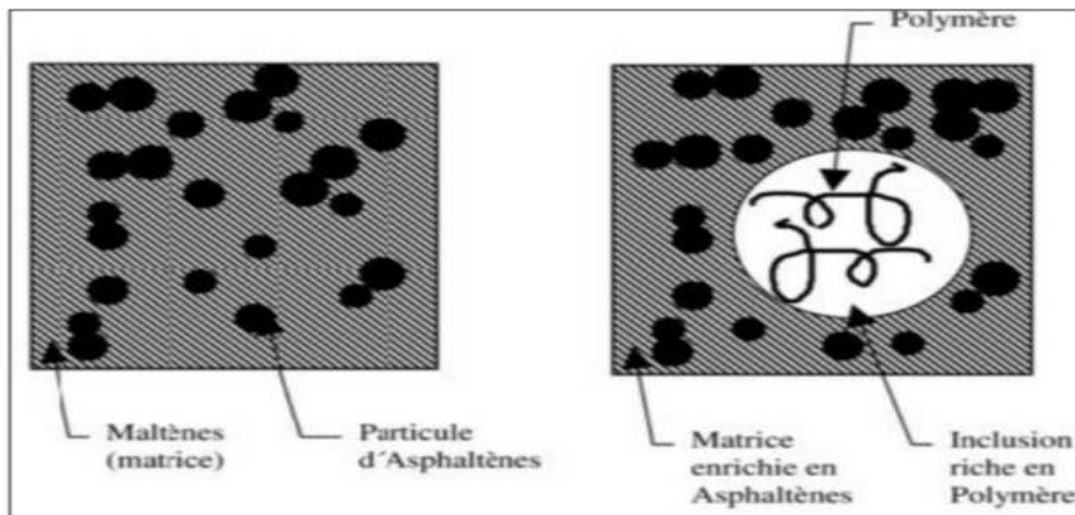
- La nature du bitume.
- Le caractère hétéro phasique de ces polymères.
- Le caractère hétéro phasique de ces polymères.

Divers facteurs importants influençant le taux de dispersion des polymères dans la matrice bitumineuse sont les dimensions des particules de polymère, la température et le cisaillement appliqué aux mélanges.

La température de mélange est généralement comprise entre 150°C et 200°C ou plus. La durée de mélange varie de quelques minutes à quelques heures. La durée optimale de mélange est atteinte quand les propriétés désirées du bitume-polymère, telles que le point de ramollissement, la pénétration et la viscosité deviennent constantes.

D'une phase riche en polymère qui contient le polymère et une partie des maltènes du Bitume absorbée par le polymère.

- D'une phase riche en asphaltènes contenant tous les constituants du bitume qui n'ont pas été absorbés par le polymère, en particulier les asphaltènes.



**Figure IV .2. Effet de la modification polymère sur la structure colloïdale du bitume**

#### IV-7- Méthodes de caractérisation du mélange

Plusieurs techniques analytiques sont utilisées pour caractériser un BMP [9]. Tel que, la RMN du proton permet l'identification du polymère et de la spectroscopie infrarouge, Les techniques de spectroscopie UV [10] permettent d'observer la structure des BMP. Eclairé en lumière excitatrice, le bitume seul n'est certes pas observable. Mais lorsque le polymère est intimement lié à certains composants de ces bitumes, le polymère répond à l'excitation par la lumière UV, il est cependant nécessaire, dans certains cas, d'adapter certains aspects des modes opératoires.

Les principales méthodes les plus appropriées à l'étude des bitumes modifiés par de polymères sont :

- Les méthodes d'analyse physico-chimique.
- Les indicateurs traditionnels de caractérisation des liants bitumineux en se limitant aux :
  - Aspects spécifiques aux liants modifiés et bitumes spéciaux.
  - Les méthodes d'essais spécifiques aux liants modifiés.
  - Les essais rhéologiques et les essais mécaniques pour caractériser la rupture.

Si les essais traditionnels, pénétrabilité, température bille-anneau, sont parfaitement adaptables aux BMP, ils ne définissent pas la performance de l'enrobé. La structure du liant bitumineux modifié dans l'enrobé n'est pas toujours identique à celle du BmP avant l'enrobage [11]. D'après Brûle et coll. [12], les essais les plus acceptables pour la prédiction des propriétés des enrobés se basent préférentiellement sur l'approche SHRP.

#### **IV-8- Les enrobés**

##### **IV-8-1- Définition**

Un enrobé bitumineux est défini comme un mélange de liant bitumineux (5 à 7% en masse), d'agrégats et de fines (passant à 80) les fines étant également appelées « filler ». L'obtention des enrobés par mélange des granulats et du bitume en particulier un pouvoir d'adhésion aux granulats, et une consistance variable avec la température.

##### **IV-8-2-Composition d'enrobé**

###### **a) Granulats**

Représentent 80% du poids total du mélange. Constitués de sables (gros et fin) et de gravier.

- ❖ **Granulats roulés** : ils sont formés des dépôts sédimentaires de grain de grosseur allant du sable fin aux gros blocs. Trois catégories existent dans la nature : les granulats de rivière, de mer et de dunes (figure IV.3)



Figure IV.3.les granulats roulés [13]

- ❖ **Granulats concassés** : ils proviennent du concassage de roches dures (granits, porphyres, basaltes, calcaires dur ...etc.) (figure IV.4)



Figure IV.4.les granulats concassés [14]

#### b) liants hydrocarbonés

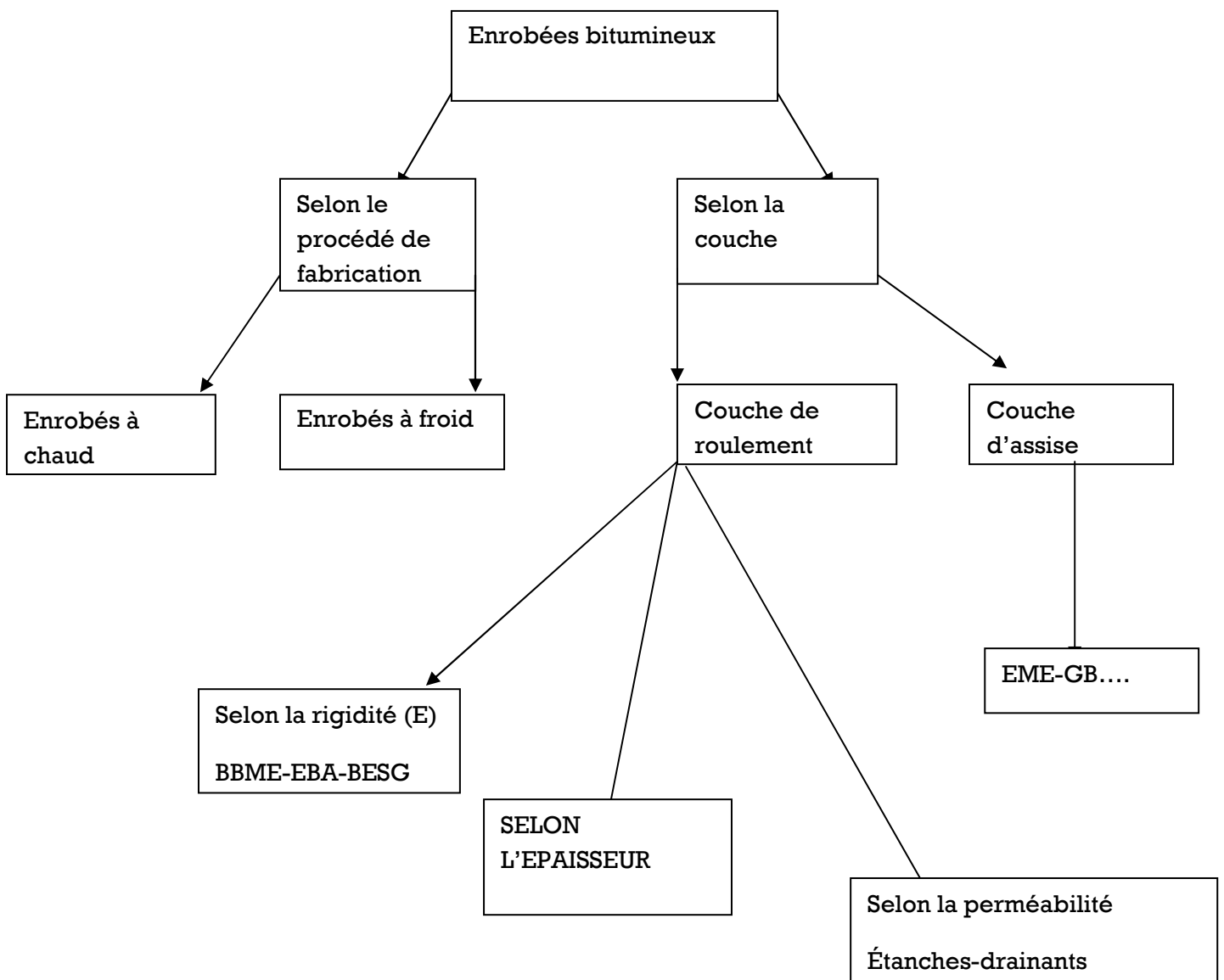
- Le mot liant défini comme substance qui sert à rassembler de façon durable, des particules généralement solides, les liants hydrocarbonés jouent un rôle important dans la technique routier moderne, sont connus et utilisés depuis longtemps.
- **Liant naturels** : dans la nature, sont utilisés depuis très longtemps, c'est la roche asphaltique qui se présente dans le gisement après broyage donne asphalte ou bitume naturel.
- **Les goudrons** : provenant de la pyrogénéation, à labri de l'air de matière végétale : bois, tourbe, houille.
- **Les bitumes** : sont obtenus par raffinage des pétroles bruts et des résidus pétroliers.sa viscosité en fonction de la température permettent le mélange adéquat



avec les granulats lors dans les différentes étapes de fabrication et de mise en œuvre de l'enrobé [15].

**IV-9- Classification des enrobés**

Chaque type d'enrobé est défini par la nature et le dosage de ses composants par ses performances particulières et par la couche de la chaussée (Figure IV.5) à laquelle il est destiné. Les enrobés bitumineux sont à ce jour un composant essentiel à la création ou réfection d'une structure routière.



**Figure IV.5. Schéma de Classification des enrobés**

**IV-10- Fabrication d'enrobé**

La fabrication est faite dans des usines appelées « centrales d'enrobés », fixes ou mobiles, utilisant un procédé de fabrication continu ou par gâchées [16]

**IV-10-1- Enrobé à module élevé (EME)**

Ce mélange est destiné aux couches de liaison soumises à un trafic lourd (principalement pour diminuer l'orniérage) ; Ce sont des Enrobés préparés à partir d'un mélange de liant hydrocarboné, de granulats et/ou d'additifs minéraux ou organiques, dosés, chauffés et malaxés dans une installation appelée centrale d'enrobage. Ils sont destinés à la réalisation des assises dans le cadre de travaux neufs ou de renforcement de chaussées. Ils se caractérisent par un module de rigidité élevé atteignant 17000MPa et une plus grande résistance à la fatigue que les enrobés classiques [17].

On distingue deux classes de performance classe 1 et classe 2

**EME Classe 1** : correspond à des graves bitumes à module élevé obtenues par l'emploi d'un bitume dur, aux dosages voisins de ceux des graves bitumes (GB).

**EME Classe 2** : correspond à un enrobé à module élevé comportant, de plus, un très bon comportement en fatigue, du fait du dosage élevé en bitume dur, généralement parlant de l'EME. Les types des enrobés mentionnés ci-dessus sont les plus connus et les plus utilisés en Algérie. Il reste d'autres types d'enrobés qui ne sont pas cités dans ce mémoire, tels que: les enrobés drainants, les enrobés très minces, etc.

**IV-11- Béton bitumineux (BB)**

Ce type de béton est composé de sable, gravillons, filer et de bitume comme un liant. Utilise principalement pour les routes [18]

**IV-11-1-Fabrication des enrobes bitumineux à chaud**

La fabrication des enrobes bitumineux effectuée dans une centrale d'enrobage continue ou discontinue. Qui permet de produire régulièrement des enrobes dans les limites prescrites de granulation et de teneur en liant et les prescriptions de chauffage préconisées.

La fabrication des enrobes commence par le pré dosage d'agrégats des graviers et du sable qui sont chargés dans des termes doseuses disposées de façon à séparer les classes et

catégories de granulats. Le cloisonnement entre elles est réalisé de façon qu'au chargement, aucun mélange de granulats ne soit possible. L'ouverture de remplissage des trémies par tapie roulant d'une grille à maille de dix centimètres. Enfin, l'agrégat sont acheminés par tapie roulant jusqu' ' au tambour de séchage. Les sables et graviers sont chauffés dans un tambour relatif à l'aide d'un bruleur généralement à gaz pour évacuer l'humidité résiduelle et porter la température à 150°C. les fumés de combustion sont aspirés dans le tambour puis traités dans un filtre dépoussiéreur qui récupère toutes les fines particules, la vapeur d'eau s'échappe alors par la cheminé.

Les équipements de dosage et des bascules déversent les matériaux et le bitume dans le malaxeur sous une température et durée adaptées de manière à obtenir un produit final homogène complètement enrobe et sec.

Le mélange est alors amené jusqu'à la trémie de stockage ou les camions viennent le récupérer avant de passer à la pesée et d'aller alimenter un finisseur sur la future route.

#### **a .Fabrication discontinue des enrobes**

Les granulats chauds cribles puis pèses séparément, de même que le bitume pour constituer des gâchées. Avec ce type de matériel les changements de formules sont possibles, c'est la raison pour laquelle ce matériel très automatisé est essentiellement utilisé en installation fixe, pour produire des enrobes à chaud à la demande.

#### **b .Fabrication continue des enrobes :**

Le mélange s'effectue donc en continu tout au long du malaxeur d'où le nom donne à ce mode de malaxage. Ce type de centrale peut être déplacé assez facilement, utilisé pour des chantiers routiers ou le changement de formule n'est pas fréquent.

#### **IV-11-2Fabrication d'enrobé bitumineux à froid**

Les enrobés à froid sont des mélange de granulats et d'un liant hydrocarboné sont classés en fonction de leur pourcentage de vide mesuré après mise en œuvre et compactage [27], s'effectue sans passage des granulats dans un sécheur, donc il se met en œuvre à température ambiante entre (10 et 20) , contrairement à l'enrobé chaud qui nécessite une température environ 150°C .le liant utilisé est un bitume fluidifié ,ou une émulsion de bitume.

**I-12-Bétons bitumineux à module élevé BBME**

Les BBME sont obtenus à partir d'un mélange de bitume pur ou modifié, de granulats fabriqués dans une centrale d'enrobage. Ils se caractérisent par un module de rigidité E plus élevé que les enrobés classique et par une bonne tenue à l'orniérage.

Cet enrobé est destiné aux couches de roulement des routes nationales et régionales empruntées par un trafic moyen et dense [19].



## **Partie pratique**



## **Chapitre V**

### **Description de schéma technologique de la zone 10**

### V-1-Introduction

Vu la faible teneur en asphalte dans le brut algérien, les bitumes sont fabriqués à partir d'un brut réduit importé. C'est à dire un brut qui a déjà subit une distillation atmosphérique, c'est le résidu de cette première opération qui va servir à cette production.

Dans la chaîne du processus de fabrication, les unités de bitume sont indépendantes de toute autre unité de production. Vu sa matière première, il n'a recours qu'à la zone des utilités pour une l'alimentation en vapeur, eau etc. Nécessaire à la fabrication.

La zone 10 est destinée à produire les bitumes, elle est composée de trois principales unités :

- **Unité 14** : unité de production de bitume routier se trouve dans la page2
- **Unité 15** : unité de fabrication bitumes oxydés par oxydation poussée.
- **Unité 45** : une troisième unité permet le conditionnement des bitumes oxydés, le stockage et l'expédition des bitumes commercialisés. [1]

#### V-2-1-Unité de production de bitume routier (Unité 14)

Cette unité d'une capacité de traitement de 278 520 T/an, est destinée pour produire à partir d'un brut réduit importé BRI 1les produits suivants : LVGO, MVGO, HVGO et bitume[2].

Le bitume 40/50 est le produit principal de cette unité.

## Chapitre V Description de schéma technologique de la zone 10

Tableau V-2: Spécifications du bitume 40/50

Caractéristique	Unité	Méthode d'essai	Norme
Pénétrabilité à 25°C	0,1 mm	NA5192	<b>40-50</b>
Point de ramollissement	°C	NA2617	<b>47-61</b>
Résistance au durcissement à 163°C	NA5113		
Variation de masse, max, + -	%	<b>0,5</b>	
Pénétrabilité restante, Min	%	NA5313	<b>50</b>
Point de ramollissement après durcissement, min	°C	NA2617	<b>49</b>
Augmentation du point de ramollissement, max	°C	NA2617	<b>9</b>
Augmentation de l'indice de pénétrabilité min, Max	°C	<b>-1.5</b> <b>+0.7</b>	
Point d'éclair, min	°C	NA1440	<b>250</b>
Teneur en paraffines, Max	% (mm)	EN12606-1	<b>2,2</b>
Solubilité, min	%(m/m)	NA5271	<b>99,0</b>
Ductilité à 25°C	Cm	NA5236	<b>&gt;= 60</b>



## Chapitre V Description de schéma technologique de la zone 10

Cette unité comprend deux sections : section flashing sous vide et section semi-blowing.

### a-Section flashing sous vide [6]

Dans cette section le BRI est aspiré des bacs T525/T526 à 80-90°C par la pompe de

Charge 14G1A/B est refoulé à 18Kg/cm<sup>2</sup>, le produit peut être porté jusqu'au 245°C par échange de chaleur par l'intermédiaire d'une batterie d'échangeurs :

- Dans l'échangeur du gaz oïl moyen (14E1).
- Dans l'échangeur du gaz oïl lourd (14E2).
- Dans l'échangeur fond 14C2 (14E11).
- Dans les échangeurs de fond 14C1 (14E3A/B/C).

Le BRI pénètre dans le four 14F1 à une température de 245°C pour être réchauffé à une température variable suivant le brut réduit importé, à la sortie du four le produit subit une injection de vapeur de dilution qui a pour rôle d'activer la vitesse du BRI et sort du four entre 330-360°C. La charge provenant du four pénètre en zone de flash de la colonne sous vide en deux phases, les gaz s'acheminent vers le haut et le liquide se dirige vers le fond de la colonne 14C1.

La colonne sous vide est composée de plateaux et d'une injection de vapeur de Stripping

(3kg/cm<sup>2</sup>) sur chauffée à travers le four à 320°C. Le fond de la 14C1 est un mélange bitume + gaz oïl très lourd aspiré par la pompe 14G2A/B, traverse les échangeurs 14E3A/B/C côté calandre/ BRI

côté faisceaux, puis entre dans le ballon 14D1 (amortisseur) et s'écoule dans la colonne

d'oxydation 14C2. Cette charge provenant du fond de la colonne sous vide servira pour l'obtention des bitumes routiers. Les coupes latérales sont soutirées des plateaux suivants:

- Gaz oïl léger (LVGO) plateau N°6.
- Gaz oïl moyen (MVGO) plateau N°12.
- Gaz oïl lourd (HVGO) plateau N°18.

**a)-1- Le système de vide :** Le vide dans le flashing 14C1 est de 30 mmHg en tête et de 50mmHg en zone de flash. Il est créé dans la colonne afin de:

- diminuer le point d'ébullition du BRI.
- d'éviter le craquage des molécules.



**Figure VI.1. le système de vide**

Le système comprend :

quatre éjecteurs places en série.

trois condenseurs pour refroidissement des vapeurs (HC+EAU) appelées condensat.

trois jambes barométriques pour récupération des condensas.

un puits barométrique.

### **b)- Section semi- Blowing :**

c) Cette section est alimentée par le fond de la colonne 14C1 et après échange de chaleur dans les 14E3 A/B/C côté calandre et traverse le 14D1 amortisseur équipé du régulateur du niveau de la colonne d'oxydation 14C2. Après oxydation à l'air provenant des compresseurs 14G7A/B/C, le produit de fond est aspiré par la pompe 14G8A/B et après passage dans l'échangeur 14E11 côté calandre est stocké par la vanne de niveau la 14LICV-101 dans les bacs T501/T502/T511/T106/T523 à une température de 160°C. La colonne d'oxydation 14C2 munie d'une injection d'air en fond de colonne et dont le débit est contrôlé par la vanne 14FIC-103 suivant l'indication de température du bain du produit représenté par la 14TIC-102. Il y a également deux injections de vapeur contrôlées par la 14FIC-102, l'une en surface du bain a pour rôle l'étouffement du bain et l'autre en tête de colonne a pour but d'éviter les entraînements du produit par la tête de colonne.

Les gaz de tête de la colonne d'oxydation 14C2 composés de gaz d'hydrocarbures + vapeur d'eau sont acheminés vers la colonne d'épuration 14C3 pour une condensation maximale des gaz d'HC en utilisant les pompes 14G9A/B de fond de la 14C3 et l'aéro-réfrigérant 14E12 dont le débit est contrôlé par la 14FIC-104 et la température assurée par 14TRC-108 et reflux vers la tête de colonne à 95°C.

Les gaz de tête de 14C3 composés de vapeur d'eau et des traces d'hydrocarbures sous forme de vapeur sont envoyés vers le ballon séparateur 14D2 pour une meilleure retenue des condensats puis dirigés sur le 14K4 (incinérateur) pour être brûlé au maxi à une température supérieure à 750°C, afin d'éliminer les odeurs (H<sub>2</sub>S) résultant des gaz d'oxydation.

### **V-2-Unité de production du bitume oxydé (Unité 15) :**

L'unité est destinée à produire des bitumes à haut point de ramollissement, elle traite une charge appelée BLOWING-STOCK qui est un mélange approprié de bitume et de gaz- oil lourd provenant tous deux de l'unité de flashing sous-vide. Le principe de son fonctionnement est de traiter la charge en injectant de l'air (réaction exothermique). Cette unité peut produire trois sortes de bitumes : Le bitume oxydé de spécification 85/25, 90/40 et 115/15 avec une production annuelle de 20 000T/an.

La charge (BLOWING-STOCK) provenant du T520/T521 à 160°C est aspiré par la pompe volumétrique 15G1A/B, il est refoulé vers la ligne de charge, une partie revient vers le bac de charge pour recyclage et une partie se dirige vers le four 15F1 et sort à 225°C et ensuite le produit alimente le 15F2 et sort à 235°C, et s'achemine vers le ballon amortisseur 15D1 puis alimente la colonne d'oxydation 15C3.

#### **a. Circuit d'oxydation :**

Dans l'appareil de soufflage l'air est introduit par le fond 15C3, il circule à contre-courant de la charge ce qui accélère la réaction d'oxydation. Comme ces réactions sont exothermiques on peut régler la température de surface 15C3 en contrôlant la quantité d'air introduite. De plus pour maintenir cette température stable et ainsi que pour rendre les réactions homogènes, du bitume est soutiré par une sortie latérale de l'appareil de soufflage, alors que l'oxydation n'est pas complète, pour être introduit en recyclage à l'entrée du four 15F1.

## **Chapitre V Description de schéma technologique de la zone 10**

---

### **Circuit de fond 15C3 :**

Le produit de spécifications volue sort du fond 15C3 est aspiré par la pompe 15G3A/B et refoulé vers les bacs de stockage T508/T503/T504/T506/T507/T509.

### **b. Réservoir tampon :**

La raison pour laquelle on a installé le réservoir tampon est que la surface de l'huile dans l'appareil à air soufflé est constamment agitée par le soufflage et ne peut être mesurée et ajustée facilement, le tuyau sortant du sommet du réservoir sert de tuyau d'échappement pour le gaz de décomposition et se relie avec la conduite de tête de la 15C3 et ensuite les gaz s'acheminent vers la colonne d'épuration 15C1.

### **c. Circuit de vapeur de soufflage :**

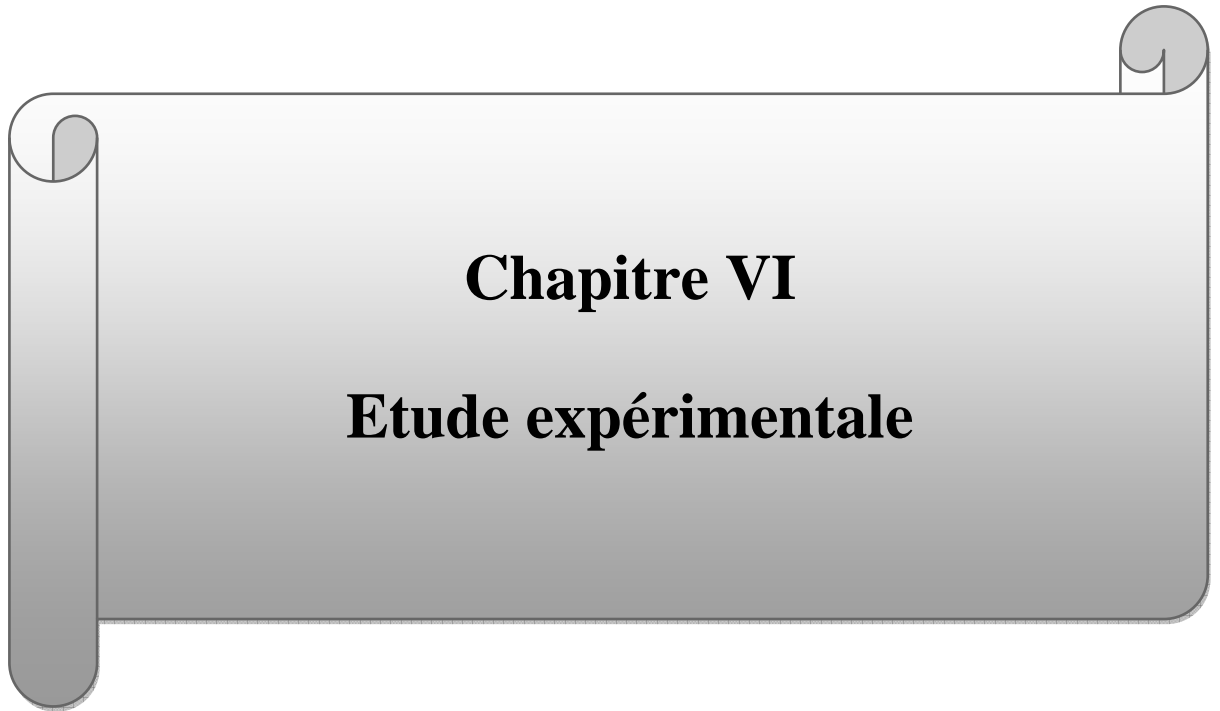
Au sommet de la colonne, il y a deux injections de vapeur qui introduisent de lavapeur pour éviter la combustion spontanée des huiles de décomposition ou l'explosion des gaz emmenant de la charge et mélangés à l'air.

Les deux injections de vapeur sont contrôlées par la 15FIC-3, les orifices des injections à vapeur sont dirigés vers le bas fond face au bain de la colonne, le débit est indiqué par le FI-2 et une injection en tête, pour éliminer les gouttelettes montantes vers la tête. Les gaz du 15D1 et 15C3 se dirigent vers 15C1, la 15G5 aspire du fond de la 15C1 et refoule vers l'aéro-réfrigérant 14E2, ensuite vers la tête de la 15C1.

### **d. Epurateur séparateur 15C2 :**

Cette colonne sert à épurer, refroidir le gaz de rejet sortant de la tête 15C1. L'épurateur et le déshumidificateur sont installés à l'intérieur d'une même tour ; l'épurateur comprend 05 étages de plateaux perforés.

Pour avoir un niveau, l'eau de refroidissement est introduite par la partie supérieure et descend dans les 5 étages, tandis que les gaz de rejet entrent par le bas et s'échappent à travers les plateaux perforés. La 15G6 aspire du fond 15C2 et refoule vers l'aéro-réfrigérant 15E3. Les gaz de tête s'acheminent vers le ballon 14D2 et ensuite vers l'incinérateur des gaz 14K



## **Chapitre VI**

### **Etude expérimentale**

**VI-1-Introduction**

Dans ce chapitre, on présentera les essais réalisés dans le cadre de notre étude. L'étude expérimentale consiste à réaliser des essais de base concernant les bitumes routiers, afin de mettre en évidence l'influence de l'ajout des noyaux de dattes broyés sur les caractéristiques physico-chimiques des bitumes.

Les essais se résument en : essai de pénétrabilité traduisant la dureté, essai Bille et anneau donnant la température de ramollissement et l'essai de ductilité.

**VI-2- Matériaux utilisés**

Pour réaliser l'étude expérimentale, on a utilisé : un bitume pur de classe 40/50 qu'on a ramené de la raffinerie d'ARWEZ ; des noyaux de dattes broyés représentant l'additif naturel (Figure VI.2) et le PR plaste représentant un produit industriel (Figure IV.3).



**Figure VI.2** : Poudre de noyaux des dattes



**Figure VI.3** : Echantillon de Pr plaste

### VI-2-1- Préparation du mélange bitume-noyaux de dattes

Tout d'abord, on doit sécher les noyaux des dattes dans un four à température de 105°C pendant 5 h, puis on les broie à l'aide d'un broyeur artisanal.

On ajoute après la poudre obtenue à différents pourcentages de mélange bitume /noyaux dattes (0.5% , 1% et 2% )



**Figure VI.4 .mélange bitume/ poudre noyaux de dattes**

### VI-2-3 Préparation du mélange bitume Prplaste

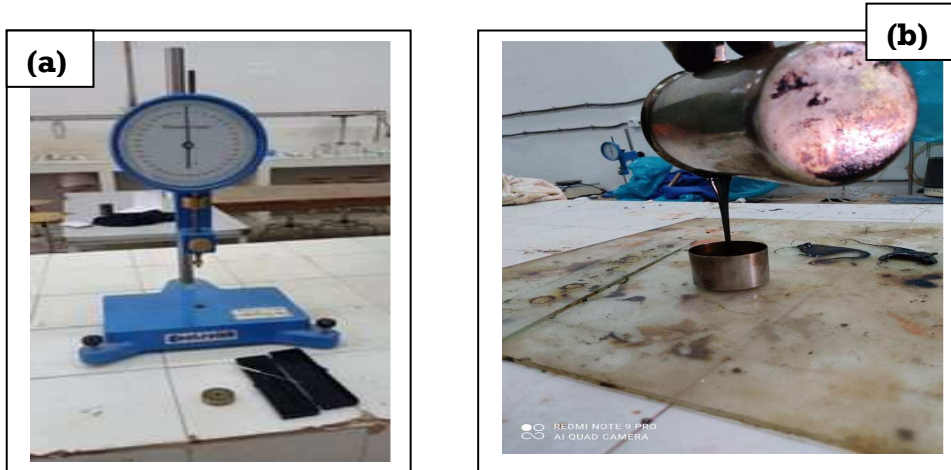
On procède de la même manière pour ajouter le Prplaste (Figure VI.5). Le pourcentage du Pr plaste est de 0,5%.



**Figure VI.5 . mélange bitume/ Prplaste**

## VI-3- Essai de pénétrabilité

Les bitumes purs se classent d'après leur dureté caractérisée par l'essai de pénétrabilité. L'essai consiste à mesurer l'enfoncement d'une aiguille normalisée dans un échantillon de bitume placé dans un gobelet.



**Figure VI.6.** Essai pénétrabilité : (a) Appareil ; (b) préparation de l'échantillon

Pour la préparation des échantillons des bitumes, on suit les étapes suivantes :

- ✓ L'échantillon devrait être chauffé afin qu'il soit suffisamment fluide pour être versé.
- ✓ Agiter l'échantillon, ensuite le verser dans le gobelet A préchauffé. Pour les bitumes durs, on utilisera le gobelet dans les dimensions sont données au tableau IV.1.
- ✓ Protéger le gobelet et son contenu et laisser à T° ambiante (20 à 30°C) pendant 1h30 à 2h.
- ✓ Placer le gobelet dans une cuve de transfert et mettre le tout dans un bain marie de température 25°C pendant 1h30 à 2h30. Le Goblet doit être recouvert complètement avec l'eau du bain.
- ✓ La durée comprise entre la fin du coulage de l'échantillon dans le gobelet et la mesure de la pénétrabilité ne doit pas dépasser 4h.



TABLEAU VI.1 dimensions normalisées des Gobelets

GOBELETS	A	B
DIAMETRE (mm)	55	55
PROFONDEUR (mm)	35	57

- ✓ placer la cuve de transfert, contenant le gobelet sur le plateau du pénétromètre.
- ✓ déplacer l'aiguille chargée pour qu'elle affleure exactement la surface de la prise d'essai.
- ✓ déplacer le comparateur de telle sorte que la tige soit juste en contact avec le porte-aiguille.
- ✓ Libérer l'aiguille pendant 5s et la bloquer aussitôt.
- ✓ mesurer ensuite la profondeur d'enfoncement au  $1/10^{\text{ème}}$  mm.
- ✓ effectuer 3 mesures en des points différents de la surface de la prise d'essai, distants d'au moins 10mm les uns des autres et du bord du gobelet .En fin, on prendra la moyenne des trois mesures .

#### VI-4- Essai Bille-Anneau

- Le point de ramollissement est la température à laquelle le liant bitumineux atteint certaine consistance dans des conditions standards. Il consiste à déterminer la température à laquelle la prise du matériau devient assez molle pour que la bille, ayant pénétré le produit bitumineux, tombe enveloppée de celui-ci, d'une hauteur déterminée. Cette température est appelée température de ramollissement.

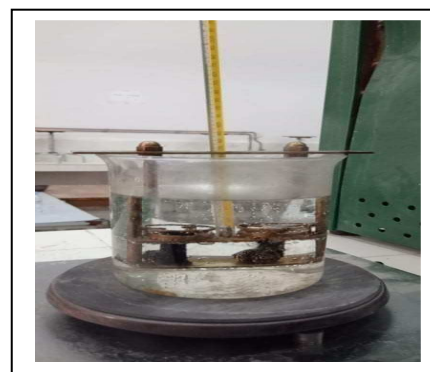


Figure VI.7. Essai Bille-Anneau.

- Pour la réalisation de l'essai, on suit les étapes suivantes :
- ✓ Chauffer l'échantillon lentement, tout en ne pas dépassant le point de ramollissement présumé de plus de 110°C.

- ✓ Verser l'échantillon dans 2 anneaux eux-mêmes préchauffés à la même température.
- ✓ Pendant cette opération, les anneaux reposent sur une plaque enduite d'un mélange de glycérine et de dextrine pour éviter l'adhérence du produit. Laisser refroidir pendant 30 min.
- ✓ Enlever l'excès de produit par arasement, en utilisant une spatule ou un couteau légèrement chauffé.
- ✓ Assembler l'appareillage avec les anneaux d'échantillon.
- ✓ Placer le bécher, rempli d'eau distillée, dans de l'eau glacée (**Figure IV.8**) pour refroidir jusqu'à  $5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .
- ✓ Maintenir pendant 15min à une température de  $5^{\circ}\text{C}$ , en plaçant si nécessaire le bécher dans de la glace fondante.
- ✓ A l'aide d'une pince, placer des billes dans chacun des dispositifs de centrage.
- ✓ Placer le bécher sur la plaque chauffante.
- ✓ La température devra être augmentée uniformément de  $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ .
- ✓ Noter la température indiquée par le thermomètre au moment où le liant bitumineux qui entoure la bille touche la plaque inférieure.



**Figure VI.8. Refroidissement de l'échantillon en utilisant la glace fondante.**

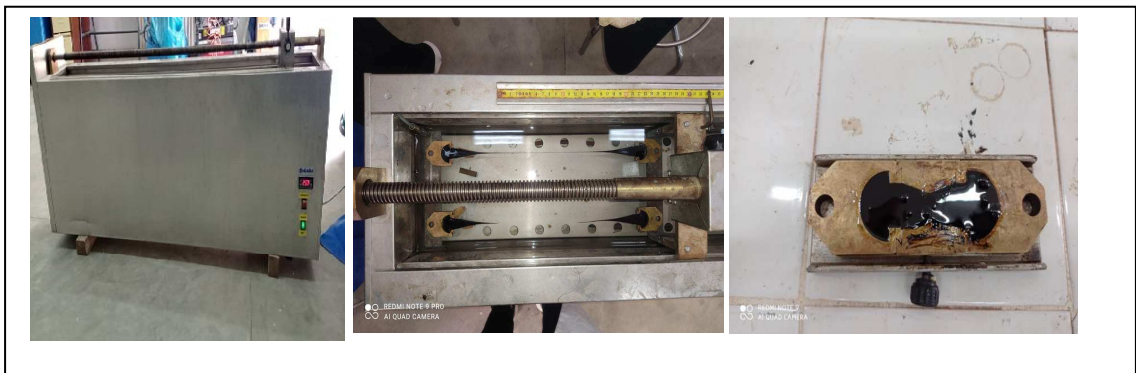
### VI-5- Essai de ductilité

La ductilité est une caractéristique du matériau qui lui permet de s'allonger sans rompre.

Il consiste à mesurer l'allongement, à la rupture, d'une éprouvette de forme déterminée et étirée à une vitesse et une température normalisées.

Les étapes de l'essai peuvent résumées en des opérations comme suit

- ✓ chauffer l'échantillon jusqu'à ce qu'il devient fluide.
- ✓ appliquer un enduit sur la plaque et les surfaces interne du moule en utilisant un mélange de 50% de glycérine et 50% de dextrine pour éviter l'adhérence du produit.
- ✓ placer le module sur une surface plane, puis le moule sur la plaque.
- ✓ remplir le module à ras bord de l'échantillon.
- ✓ lisser refroidir pendant 30 à 40 min à la température ambiante.
- ✓ mettre en marche le bain thermostatique, la température doit être réglée à 25°C.
- ✓ enlever la plaque et poser l'éprouvette sur les ergots de la machine.
- ✓ mettre en translation le chariot, les deux pattes du moule s'éloignent à vitesse constante, jusqu'à rupture de l'éprouvette. L'éprouvette doit constamment baigner dans l'eau durant l'essai.
- ✓ Au moment de la rupture, arrêter la translation du chariot, puis mesurer en cm la distance d'allongement.



**Figure VI.9.** Essai ductilité : (a) Appareil de ductilité ; (b) préparation de l'éprouvette ;  
(c) essai de ductilité

## VI-6-Interprétation des résultats

### VI-6-1- Bitume pur

#### a-Pénétrabilité à l'aiguille

Les mesures d'enfoncement de l'aiguille sont données dans le tableau suivant :

**TABLEAU VI.2 : Résultats de l'essai de pénétrabilité réalisé sur le bitume pur**

1 <sup>ère</sup> mesure	2 <sup>ème</sup> mesure	3 <sup>ème</sup> mesure	Moyenne
49	49	49.5	49.16

**b-Bille à anneau (Point de ramollissement)**

L'essai s'est déroulé avec la vitesse de chauffage très proche de la norme (Figure IV.9).

Les mesures de températures durant l'essai sont résumées dans le tableau IV.

A la fin de l'essai, on a noté la température mesuré durant l'essai Qui représente le point de ramollissement du bitume pur

**TABLEAU VI.3 :Températures mesurées durant l'essai**

Temps (min)	Température ° C
01	7
02	10
03	14
04	19
05	25
06	31
07	36
08	41
09	47
10	52
11	55

**c-Essai de ductilité**

L'allongement mesuré à la rupture de l'éprouvette est de l'ordre de 64 cm.

**Donc, La ductilité est : 64cm**

**VI-6-2- Bitume +noyaux dattes 2%****a-Pénétrabilité à l'aiguille**

Les mesures d'enfoncement de l'aiguille sont données dans le tableau suivant :

**TABLEAU VI.4 : Résultats de l'essai de pénétrabilité réalisé sur le bitume pur**

1 <sup>ère</sup> mesure	2 <sup>ème</sup> mesure	3 <sup>ème</sup> mesure	Moyenne
<u>44</u>	<u>44</u>	<u>44</u>	<u>44</u>

**b-Bille à anneau****TABLEAU VI.5:Températures mesurées durant l'essai**

Temps (min)	Température °C
01	6
02	10
03	14
04	19
05	24
06	29
07	34
08	39
09	44
10	49
11	55

**c-La ductilité 20cm**

**VI-6-3- Bitume +noyaux dattes 1%****a-Pénétrabilité à l'aiguille**

Les mesures d'enfoncement de l'aiguille sont données dans le tableau suivant :

**TABLEAU VI.6 :** Résultats de l'essai de pénétrabilité réalisé sur le bitume pur

1 <sup>ère</sup> mesure	2 <sup>ème</sup> mesure	3 <sup>ème</sup> mesure	Moyenne
<u>47</u>	<u>45</u>	<u>46</u>	<u>46</u>

**b-bille à anneau****TABLEAU VI.7:** Températures mesurées durant l'essai

Temps (min)	Température °C
01	8
2	12
03	17
04	22
05	29
06	35
07	41
08	45
09	50
10	55

**c-La ductilité 20cm****VI-6-4- Bitume +noyaux dattes 0.5%****a-Pénétrabilité à l'aiguille**

Les mesures d'enfoncement de l'aiguille sont données dans le tableau suivant :

**TABLEAU VI.8 :**Résultats de l'essai de pénétrabilité réalisé sur le bitume pur

1 <sup>ère</sup> mesure	2 <sup>ème</sup> mesure	3 <sup>ème</sup> mesure	Moyenne
<u>48</u>	<u>49</u>	<u>47</u>	<u>48</u>

## b-Bille à anneau

TABLEAU IV.9 : Températures mesurées durant l'essai

Temps (min)	Température °C
01	7
02	9
03	12
04	17
05	22
06	27
07	32
08	37
09	42
10	47
11	52
13	57

## c-La ductilité 31.5 cm

## VI-6-5- Bitume +noyaux dattes 0.5%+prplaste (0.5%)

## a-Pénétrabilité à l'aiguille

Les mesures d'enfoncement de l'aiguille sont données dans le tableau suivant :

TABLEAU VI.10:Résultats de l'essai de pénétrabilité réalisé sur le bitume pur

1 <sup>ère</sup> mesure	2 <sup>ème</sup> mesure	3 <sup>ème</sup> mesure	Moyenne
<u>46</u>	<u>46</u>	<u>46</u>	<u>46</u>

**b-Bille à anneau****TABLEAU IV.11** : Températures mesurées durant l'essai

Temps(min)	Température°C
01	5
02	10
03	15
04	20
05	25
06	30
07	35
08	40
09	44.5
10	50
11	56
12	58

**c-La ductilité 18 cm****VI-7-Analyse de matériaux**

Avant de passer à la phase de l'étude de la formulation, nous avons procédé à l'analyse des granulats, dans les échantillons étaient ramenés par les soins du client. Les résultats obtenus sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

**TABLEAU VI.12** : les résultats des granulats (3/8)

Classe Granulaire	CaCO <sub>3</sub> (%)	Imp. (%)	L.A (%)	MDE (%)	Γ App(t/m <sup>3</sup> )	Γ abs(t/m <sup>3</sup> )	Granulométrie% de passant (mm)					
							10.00	8.00	6.30	5.00	4.00	2.00
3/8	98	2.56	25	21	1.46	2.81	10.00	8.00	6.30	5.00	4.00	2.00



							100	99	83	61	31	02
--	--	--	--	--	--	--	-----	----	----	----	----	----

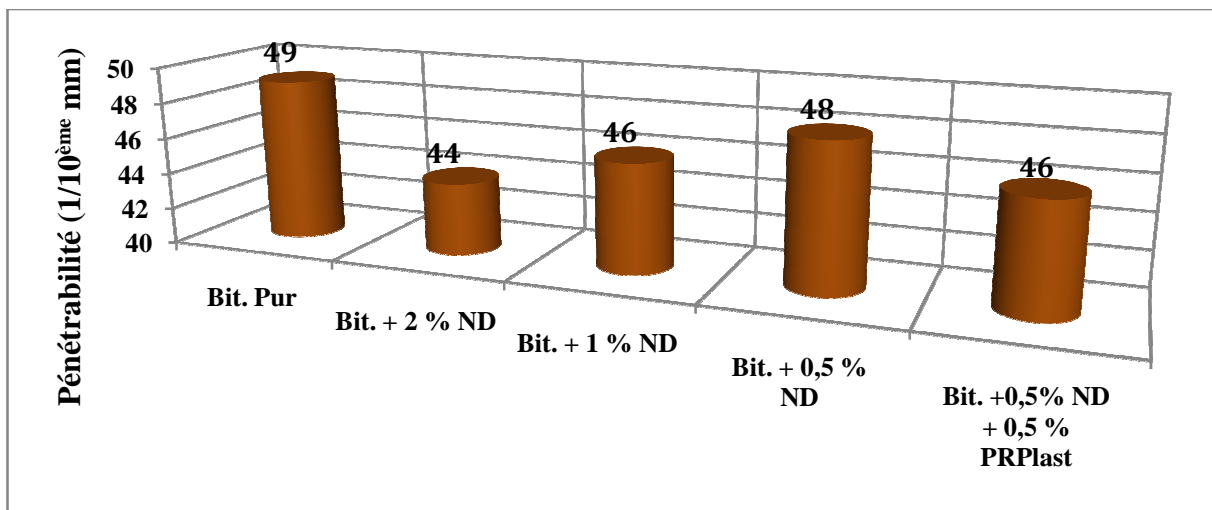
**VI-8-Analyse et interprétation des résultats**

La figure suivante représente les résultats des essais de pénétrabilité réalisés sur les différents mélanges.

On remarque que la pénétrabilité diminue en ajoutant les noyaux des dattes, cela est dû au fait que l’ajout de l’additif naturel provoque un changement dans la consistance du mélange, ce qui se traduit par une dureté du liant. Le mélange le plus dur est celui contenant 2% d’additif.

La variation de la dureté est en fonction du dosage de l’additif. En effet, un ajout de 0,5% provoque une dureté supplémentaire de 2/10<sup>ème</sup>mm.

Pour l’additif mixte (Noyaux de dattes et Pr plast), on a obtenu une pénétrabilité de 46/10 mm, c’est à dire une dureté moyenne



**Figure VI.10 :** Résultats des essais de pénétrabilité.

Concernant l’influence de l’additif sur la ductilité du liant (Figure VI.18.) on remarque que l’ajout de noyaux de dattes rend le bitume dur mais très fragile. En effet, l’allongement des éprouvettes des mélanges ne dépassent guère 20 cm, ce qui est très inférieur par rapport aux normes caractérisant les bitumes modifiés.

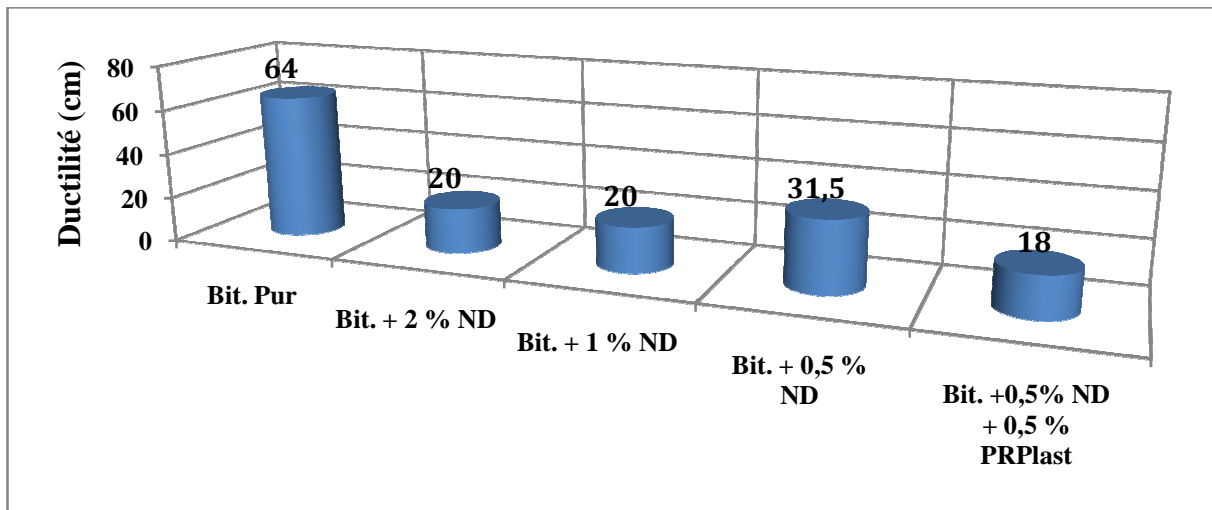


Figure VI.11: Résultats des essais de ductilité

En ce qui concerne le point de ramollissement, on remarque que l'ajout de noyaux de dattes au liant a un effet uniquement pour les faibles dosages (0,5%).

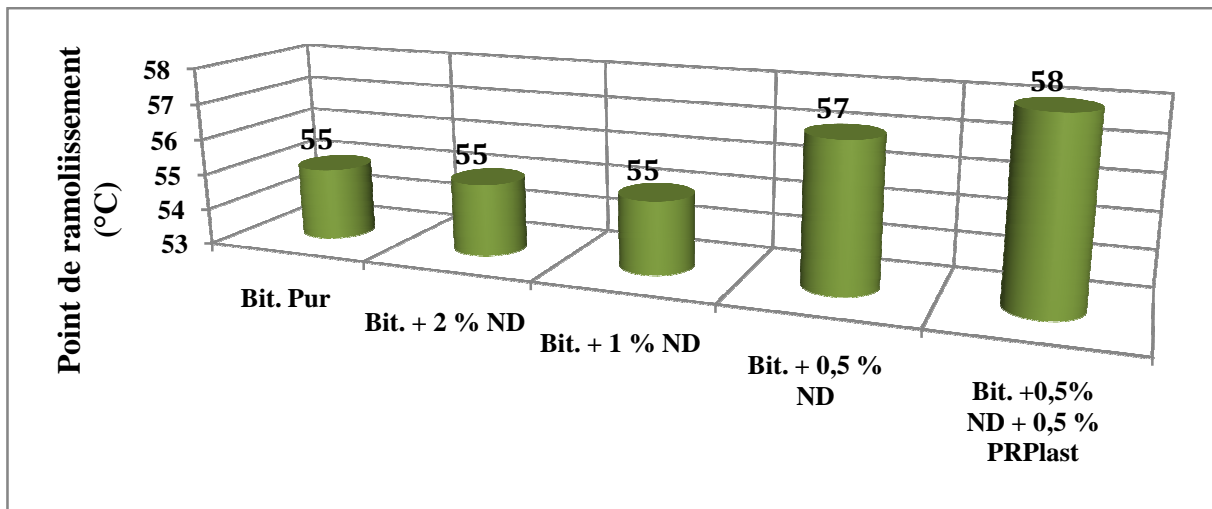


Figure VI.12 : Résultats des essais Bille et anneau

On peut conclure que l'ajout de noyaux de dattes au bitume pur améliore la dureté du liant mais ne préserve pas la ductilité qui est également une caractéristique recherchée pour ce type de liant.

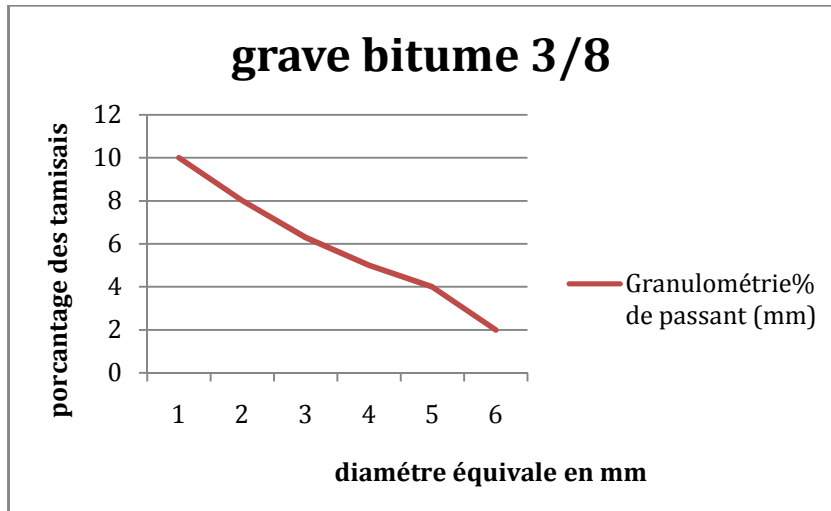


Figure VI.13: l'analyse des granulats (3/8)

a) Granulats : (annexe 2)

TABLEAU VI.13 : les résultats des granulats (8/15)

Classe granulaire	CaCO3 (%)	Imp (%)	L.A (%)	MDE (%)	CA (%)	$\Gamma$ app(t/m3)	$\Gamma$ abs(t/m3)	Granulométrie% de passant (mm)					
								20.0	16.0	12.50	10.0	8.0	6.30
8/15	98	0.67	23	17	3.5	1.49	2.80	100	97	68	32	09	01

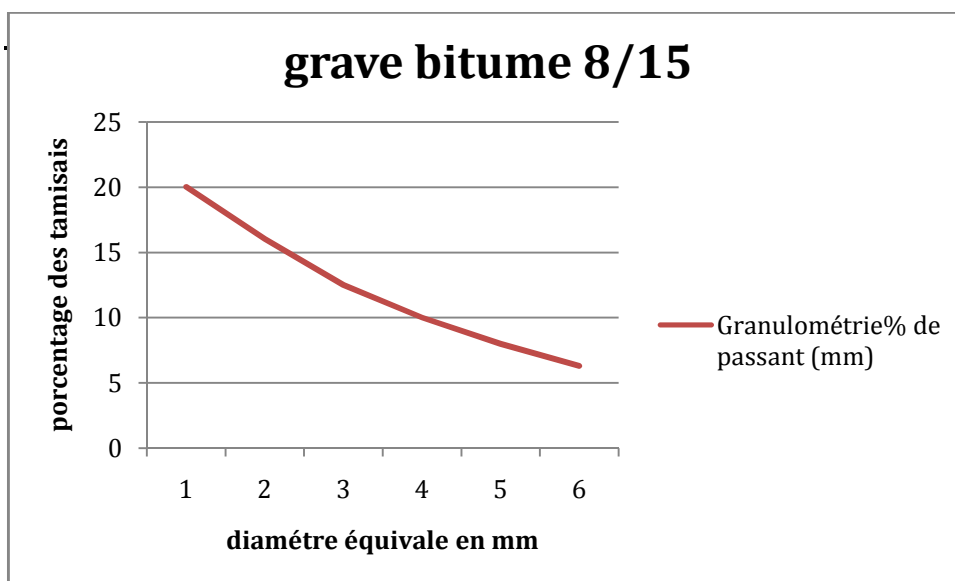


Figure VI.22. L'analyse des granulats (8/15)

TABLEAU VI.14: les résultats des granulats (15/25)

Classe Granulaire	CaCO <sub>3</sub> (%)	Imp (%)	L.A (%)	MDE (%)	CA (%)	Γ app(t/m <sup>3</sup> )	Γ abs(t/m <sup>3</sup> )	Granulométrie% de passant (mm)			
								25.00	20.00	16.00	12.50
15/25	98	0.38	22	23	3.18	1.46	2.79	100	91	12	01

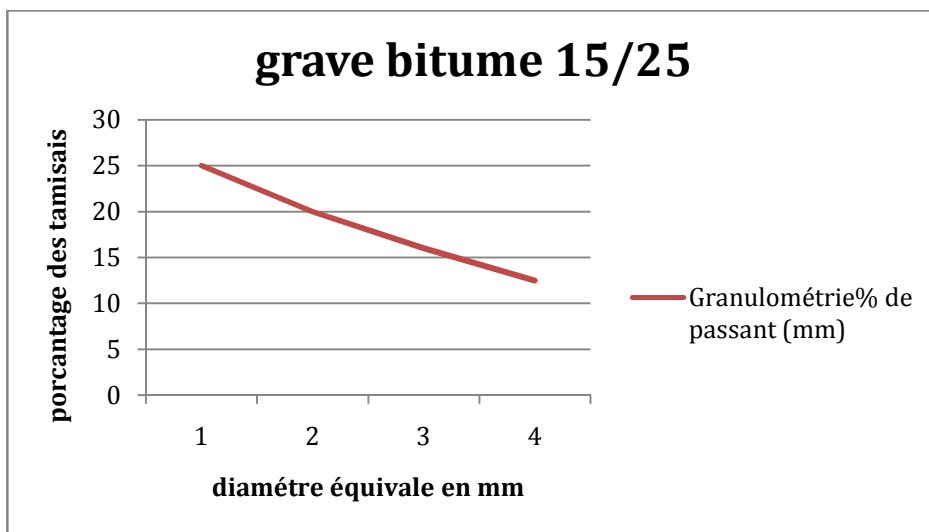


Figure VI.14. L'analyse des granulats (15/25)

b) Sable 0/3 :

TABLEAU VI.15: les résultats des sales (0/3)

Classe Granulaire	VB (g/100g)	CaCO <sub>3</sub> (%)	ES à10%	Γ app(t/m <sup>3</sup> )	Γ abs(t/m <sup>3</sup> )	Granulométrie% de passant (mm)						
						6.30	5.00	2.00	1.00	0.40	0.20	0.08
0/3	0.31	98	66	1.68	2.82	100	99	70	51	34	24	16

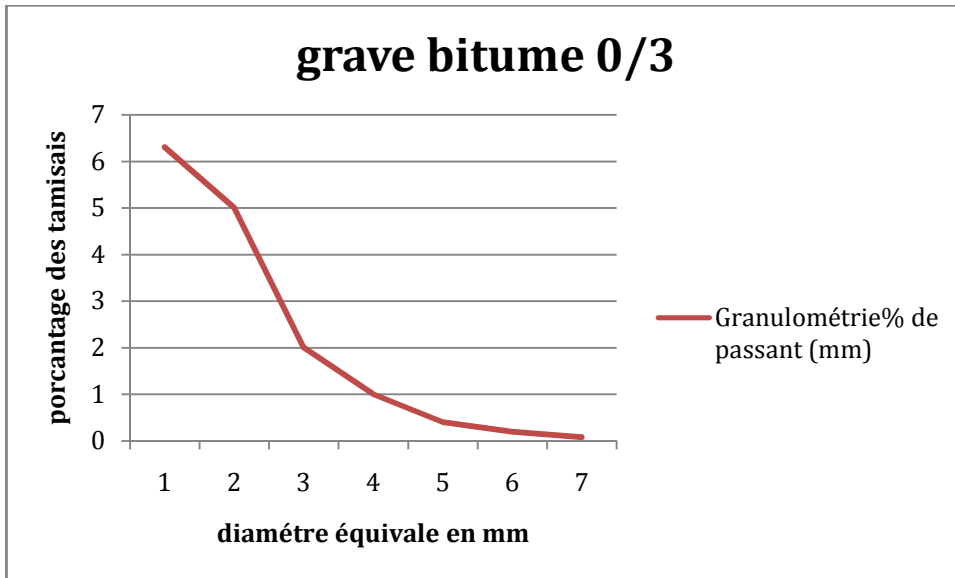


Figure VI.15. L'analyse des granulats (0/3)



Figure VI.16. Les graves bitumes

**II) Etude de formulations :**

**- formulations de GB :**

les différent proposition retenues pour une grave bitume semi grenu 0/20 sont :

15/25.....20%

8/15.....25%

3/8.....10%

0/3.....45%

Les quatre teneurs pour les quatre modules de richesses retenus sont :

Formule A.....3.77% pour un module de richesse de 2.45.

Formule B.....4.00% pour un module de richesse de 2.60.

Formule C.....4.24% pour un module de richesse de 2.75.

Formule D.....4.47% pour un module de richesse de 2.90.

❖ Les essais Marshall effectués avec un compactage à 50 coups par face et une stabilité suivant une génératrice sur les éprouvettes après une demi-heure d’immersion dans l’eau à 60°c ,donne les résultats suivants :

**TABLEAU VI.15 : les résultats des essais marshall (voir l’annexe)**

Essai effectué	Unité	Résultats de la formulation			
		A	B	C	D
Teneur en liant	(%)	3.77	4.00	4.24	4.47
Stabilité moyenne Marshall	(kg)	10.83	11.10	12.80	10.67
Fluage moyenne Marshal	(mm)	3.60	3.70	3.80	3.93
Masse volumique Apparente	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.49	2.51	2.52	2.53
Masse volumique Réelle	(gr/cm <sup>3</sup> )	2.64	2.63	2.62	2.61
Indice de vide	(%)	4.52	4.02	3.17	2.63
Compacité	(%)	94	95	96	97



**Figure VI.17.**Les essais Marshall

### Discussion de résultats

On a présenté dans ce chapitre les essais réalisés dans le cadre de notre étude ainsi que l'analyse des résultats trouvés.

On a trouvé que l'ajout d'additifs (noyaux dattes et Pr plaste) au bitume pur amélioré ses caractéristiques physiques (point de ramollissement et bille à anneau), la dureté .mais pas la ductilité et selon les spécifications selon le domaine des travaux publics la stabilité Marshall doit pas descendre au dessous de 10KN avec un fluage ne dépassent pas les 4mm.

D'après les résultats que nous avons estimés que l'étude physique, mécanique et chimique de bitume modifié par ces polymères changée par rapport le bitume de classe 40/50.



## **Conclusion générale**



## Conclusion générale

---

Dans le cadre d'amélioration des performances des chaussées routières vis-à-vis des conditions climatique et des chargements de plus en plus croissants, il vient le but de notre évaluation d'influence de prplast et noyaux de dattes sur les caractéristiques de bitume spécialement l'haument modifié par étude expérimentale comparative entre bitume modifié et non modifié.

Le bitume utilisé dans les applications routières, est un matériau qui demande une attention particulière du fait de sa température élevée et du risque de brulure qui en découle. Il a toujours occupé une place importante dans les politiques de prévention des entreprises fabriqué à partir de pétrole brut, il se distingue du goudron issu de la cokéfaction de houille.

Très nombreux études ont été réalisées pour apprécier les risques associés à l'utilisation du bitume. Notre étude réalisé sur le bitume 40 /50, la modification sera par le polymère pr plaste et noyaux dattes.

Les essais classique que on utilise au niveau de laboratoire sont : pénétrabilité à l'aiguille et température de ramollissement bille et anneau (TBA), afin d'aboutir à des résultats concluants sur l'influence des polymères sur les différente caractéristique de bitume.

De l'analyse des résultats obtenus pour l'essai classique sur liants testé :

1- Pour les Teneurs 0.5%, 1% et 2% des noyaux datte donnent pénétrabilité à l'aiguille et température de ramollissement bille et anneau (TBA) dans les normes, quant à la ductilité elle diminue.

2- Pour la teneur de 0.5% prplaste plus noyaux dattes donnent pénétrabilité dans les normes mais la température de ramollissement bille anneau augmente et la ductilité diminue.

Généralement le problème c'est la mauvaise dispersion des additifs dans la matrice de bitume, les recommandations menés par différents chercheurs spécifie 5% comme le teneur en polymère maximale pour éviter l'hétérogénéité de bitume.



## **Références bibliographiques**

# Références bibliographiques

---

## Références

### Chapitre I : DESCRIPTION DE LA RAFFINERIE D'ARZIW

[1] : Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de magistère par makhlouf Rafik et Eelarbi Eddani Youcef 24/06/2014.

[2] : Mémoire fin d'étude master 02 présenté par Belhadri Fatima.

[3] Rapport de stage cycle de fin d'étude licence 'aperçu générale de la raffinerie d'Arzew par doudou Walid et rouighi Rafik (2015/2016).

[4] Ben khelifa abdelbasset ; kechida bilal « Étude d'extraction des hydrocarbures aromatiques et comparaison entre deux solvants utilisés» mémoire fin d'études master académique ; université kasdi marbah ouargla (2014/2015)./

[5] : Mme H- berdaa , Cour raffinage de pétrole, 21/03/2016.Université de Tissemsilt.

[6] : Jeu-piere wauquier, le raffinage de pétrole édition technique-1998.

[7] : Mémoire fin d'étude master 02 présenté par MR BENZIDANE Mohamed ; MR MOUSSA M'Barek Abdeljalil.2013-2014 Université d'Oran.

[8] : Rapport de stage : Principe de fonctionnement de stations de traitement des effluents liquides a la raffinerie d'arzew ; Melle ABED NOURA et Melle KORSO WAHIDA.

### Chapitre II: GENERALITE SUR LES BITUMES

[1] fr.wikipedia.org

[2] Didier. L., 2002 « La Rhéologie des Bitumes : Principes et Modification, 1p. disponible sur :< <https://www.researchgate.net/publication/228582763>>. Consulté le 10/5/2020

[3] KEBAILI, Nabil, 2017. L'asphalte caoutchouc valorisation de la poudrette de caoutchouc en domaine routier. Thèse de doctorat en es sciences. OUARGLA : Kasdi Merbahqd.

[4] [LCPC, 1994] LCPC. Conception et dimensionnement des structures de chaussée. Guide technique, LCPC-SETRA, 1994.

[5] Bernard ; institut français du pétrole (IFP).

[6] Moussa SARR. Étude de comportement projet de fin d'étude

[7] Drone, R ; bestougeff, M ; voinovitch, IA ; contribution à l'étude des états structuraux des bitumes, rapport de recherche LPC n °75 .

[8] Bekki .H ., 2017, les essais de laboratoire de routes.5751, I.S.B.N, Algérie, 43.44.45p

## Références bibliographiques

---

[9] [www.bitume.infomission.jsp](http://www.bitume.infomission.jsp).

[10] JF. corté, H.Dibendetto matériaux routières bitumineux 1 ; description et propriétés des constituant ; Ed la voisier , 2005.

[11] kennel, B ; Rev.liaison.labo.P et ch. , numérospecialV,P 73 ,décembre 1977.

[12] MOKRANI, Salah, 2011. Préparation et caractérisation d'un charbon actif a partir d'un bitume d'origine pétrolière activation par voie chimique. Mémoire master.OUM EL BOUAGHI : LARBI BEN M'HIDI.

[13] Bion ; Y ; structure colloïdale des bitumes. Relation entre composition structure-comportement-rapports des Laboratoires. Série physique et chimie, pc-4 ; Juin 1984.

[14] OLARD, F, DI BENEDETTO, H., ECKMANN, B. Bull. Liaison. Labo. p et CH. 252-253, 3, septembre 2004.

[15]Groupement professionnel des bitumes,[bitume.info](http://bitume.info),juin2005.

[16] The bitumen industry – A global perspective. Production chemistry ,use,specification and occupational exposure.Asphalt Institute Eurobitumen ,2011

[17] j.p.wauquier, le raffinage du pétrole : pétrole brute, produit pétroliers, schéma de fabrication, éditions technique, paris (1994).

[18] Jean-pierre-wavquier (institut français du pétrole (IFR). livre 1 produit pétroliers shémat de fabrication ; p.294-295.

[19] Thèse : Andrea THEMELI ; pour obtenir le grade de : docteur de l'université de Strasbourg.03 juillet 2015.

[20] Mme H. berdaa ; module : raffinage du pétrole. Décembre 2017. Université de tissemsilt

[21] such , C ; remand , G ; bull . Liaison. labo. p et ch , 200,3, 1995.

[22] Groupement professionnel des bitume.[bitume.info](http://bitume.info), juin2005

[23] GPL(le Groupement Professionnel des Bitumes et destinée à faire connaître les Références bibliographiques - 71 - Réalisations routières, industrielles).6/2005 by 1C bitume. info, disponible sur : <http://www.bitume.info/mission.jsp> / ,page consultée le 10/05/2020 .21

p[20] Tachon N., 2008. Nouveaux Types de Liants Routiers à Hautes Performances, a Teneur

## Références bibliographiques

---

en Bitume Réduite par Addition de Produits Organiques Issus des Agro ressource. Mémoire de Doctorat : DE L'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE TOULOUSE.17, 18p.

[24] Bekki.H. .,2017.,les essais de laboratoire de routes.5751 ,I.S.B.N , Algérie,43.44.45p

[25] olard,F. ,DI Benedetto ,H .,Eckmann,B.,Bull.Liaison.labo.P et ch.,252-253,3;septembre 2004

[26] Thèse de Mme Nadine tachon nouveaux types de liants routiers a hautes performances, a teints organisateur en bitume réduite par addition de produits organiques issus des agro ressources »,une thèse présentée en vue d'obtention le titre de docteur de l'institut national polytechnique de toulouse ,2008.

[27]marvillet,J.,Verschaeve,A ; Contribution a l'étude de l'évolution d'Eurobitumees bitumes a l'enrobagero Eurobitume,1981.

[28]O.Solomatnikopva. «Comportement rhéologique et propriété choisif et adhésive des liant bitumineux» . mémoire pour l'obtention du grade de matrés science, université de Laval , canada , (Avril 1998 )

[29] BENKACIMI.D., ETUDE DU COMPORTEMENT MECANIQUE DU PPH APRES DU VIEILLISSEMENT. Mémoire de Master académique en génie Mécanique : science des matériaux. Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou. 2016..8p. disponible sur <https://dl.ummo.dz/bitstream/handle/ummo/3194/Benkacimi,%20Dalila.pdf> sequence1 consultée le 28/07/2020

[30] IGGUI K.,2010. Modification de Bitumes par des Matériaux Polymères Dégradés à Base de Polyéthylène Basse Densité (PEBD) et de Copolymères d'Ethylène et d'Acétate de Vinyle (EVA)

### Chapitre III : POLYMERE

[1] Weiss, 2009 La chimie des polymères. Support de Cours, Université Médicale Virtuelle Francophone. 17 p.

[2] teraoka, polymer solutions , an introduction to physical properties , Ed . poly technique university Brooklyn , new York , (2002)

## Références bibliographiques

---

- [3] BENAYAD.M., Elaboration et caractérisation de réseaux de polymères interpénétrés à base de monomères acryliques: HEMA et acide acrylique. Mémoire de master en chimie : chimie des matériaux. UNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAID – TLEMCEN.6-7p.2018. Disponible sur < <https://docplayer.fr/159579468-Universite-abou-bekr-belkaid-tlemcen-memoirepresentee-a-faculte-des-sciences-departement-de-chimie-pour-l-obtention-du-diplomed.html>> consulté le 24/07/2020
- [4] Bull al, VONK WC. Thermoplastic rubber / bitumen blends for roof and road shell chemical technical manual TR 8; 1984.p. 15.
- [5] alloprof.les matières plastiques [site web] disponible sur consulté le 30/08/2020.
- [6] BENKACIMI.D., ETUDE DU COMPORTEMENT MECANIQUE DU PPH APRES DU VIEILLISSEMENT. Mémoire de Master académique en génie Mécanique : science des matériaux. Université Mouloud Mammeri De Tizi-Ouzou. 2016..8p. disponible sur <https://dl.ummo.dz/bitstream/handle/ummo/3194/Benkacimi,%20Dalila.pdf?sequence=1> consultée le 28/07/2020
- [7] MICHEL FPNTANILLE, YVES GHANOU, chimie et physico-chimie des polymères (cours) , 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> cycles . dunod paris, 4-8 , 2005.
- [8] Darleen, A., Demason, R., Sexton, M., Gor, M. A. N. & Reid, J. S. G. (1985). S tructure and Biochemistry of Endosperm Breakdown in Date palm (Phoenix dactylifera L ) Seeds., Protoplasma (126): 159-167.
- [9] Djouab, A. (2007) .Préparation et incorporation dans la margarine d'un extrait de dattes des variétés sèches, Mémoire de Magister en Génie Alimentaire, Université M'Hamed Bougara Boumerdès, pp : 43-132.
- [10] Garcia S, et al. (2002) A copper-responsive transcription factor, CRF1, mediates copper and cadmium resistance in *Yarrowia lipolytica*., J Biol Chem 277(40):37359-68
- [11] Hamada, J. S., Hashim, I. B. & Sharif, F. A. (2002), Analyse préliminaire analysis and potential uses of date pits de date en nourriture., Nourriture Chem (76) :135-7
- [12]Dammak, I., Ben Abdallah, F., Boudaya, S., Besbes, S., Keskes, L., EL Gaied, A., Turki H., Attia, H. & Hentati, B. (2007). Date seed oil limit oxidative injuries induced by hydrogen peroxide in human skin organ., Bio Factors (29): 137-145.

## Références bibliographiques

---

[13] Acourene, S. & Tama, M. (1997). Caractérisation physicochimiques des principaux cultivars de dattes de la région de Ziban. Revue Recherche Agronomique., INRAA Algerie (1): 59-66.

[14] Espiard, E. (2002). Introduction à la transformation industrielle des fruits. Ed. Techniques et Documentation Lavoisier, Paris. pp : 147-155

[15] Djerbi, M. (1994). Précis de phoéniculture. FAO, 192 p.

### Chapitre IV : MODIFICATION DES LIANTS

[1] BOUGHAMSA Wassila, « Les Bitumes Modifiés Par Des Polymères », Mémoire de magister, Université de Skikda, 2008

[2]. ZOOROB S.E., SUPARMA L.B., Laboratory design and investigation of the properties of continuously graded Asphaltic concrete containing recycled plastics aggregate replacement (Plastiphalt), Cement & Concrete Composites, Vol.22, pp. 233-242, 2000.

[3]. TAYFUR S., ÖZEN H., AKSOY A., Investigation of rutting performance of asphalt mixtures containing polymer modifiers, Construction and Building Materials, Vol.21, pp.328-337, 2007.

[4] DONY Anne, « Liants bitumes-polymères de la fabrication à la mise en œuvre en enrobés: influence de la nature du bitume sur leurs propriétés mécaniques, leur micromorphologie et leur stabilité thermique », LCPC, No. CR15. 1991. ISSN 1160-976.

[5] G.W. Gilby. EVA Copolymers as Modifiers for Bitumen Binders. J.Association of Asphalt Technol., 36(6), pp. 37-41, (1985).

[6] Brulé, B., Liants modifiés par les polymères pour les enduits et enrobés spéciaux, Rapport des Laboratoires, PC 6, 8, Fev 1986

[7] Zhu, J., Birgisson, B., & Kringos, N. Polymer modification of bitumen:

Advances and challenges. European Polymer Journal, 54, 18-38, 2014.

[8] F. Hadrzynski, et C. Such. Modélisation du comportement rhéologique des bitumes polymères, le modèle auto cohérent, Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées, 214, pp.3-18, (1998).

## Références bibliographiques

---

- [9]Brûlé, B., Rev. gén.routeaérod., 758, 71, janvier 1998
- [10]Brûlé, B., Druon, M Bull. Liaison. Labo. P et Ch., 79, p 11, septembre-octobre 1975
- [11]Wigan, V., Brûlé, B., Bull. Liaison. Labo. P et Ch., 221, 3, janvier-février 1999
- [12]Brûlé, B., Largeaud, S., Mazé, M., Rev. gén. routesaérod., 761, 36, avril 1998
- [13]w.w.w.garcia-granulats.com
- [14] Merdas, A.les granulats, cours de matériaux de construction, U.F.A de sétif.47p
- [15] Bouazza, M., Mellakh, A. (2018). Enrobes a module élevée : formulation et utilisation cas de formulation a 4 niveaux, mémoire master, faculté KasdiMerbah Ouargla .64p
- [16] Guillaume G., 2020 Introduction aux Enrobés Bitumineux (E.B).25. École de Technologie Supérieure de Montréal.
- [17] BOUAZZA. M. MELLAKH A., 2019.Enrobe a module élevée : formulation et utilisation cas de formulation a 4 niveaux. Mémoire De Master FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUÉES Kasdi Merbah Ouargla.
- [18] HELIL , H, Khoudja , N . (2017) . étude d'un béton bitumineux à base de sable des dunes , mémoire master , faculté kasdimerbah ouargla. 58p.
- [19] BOUAZZA, M., MELLAKH, A. (2018) . Enrobes a module élevée : formulation et utilisation cas de formulation a 4 niveaux, mémoire master, faculté KASDIMERBAH Ouargla .64p.

### Chapitre V : Description de la zone 10 des bitumes

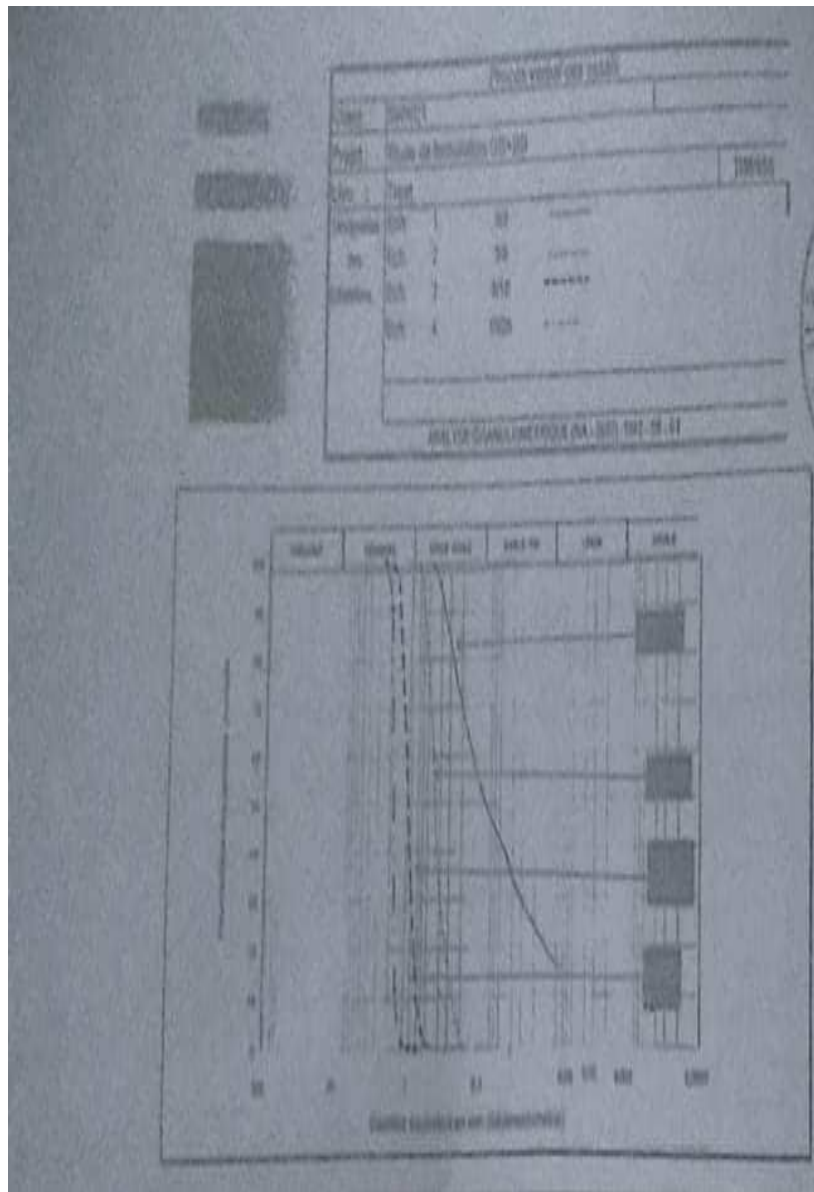
- [1]Projet professionnel de fin de formation pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur Spécialisé Raffinage & pétrochimie ; Réalisé par : suivi par :M.Belcacem AOUED,M.Hadj Messaoud REBIHA .février.2016.
- [2]Manuel opératoire de la zone 10 de la raffinerie d'Arzew





# **Annexes**

**Annexe 01 : résultat de formulation**



## Annexe 02 : Les Caractéristiques des bitumes purs

Classes de bitumes	20/30	30/45	35/50	40/60	50/70	70/100	100/150	160/220	250/330
Pénétrabilité à 25°C	20-30	30-45	35-50	40-60	50-70	70-100	100-150	160-220	250-330
Point de ramollissement bille et anneau (°C)	55	52	50	48	46	43	39	35	30
	à 63	à 60	à 58	à 56	à 54	à 51	à 47	à 43	à 38
Ductilité à 25°C (cm)	≥ 60	≥ 60	≥ 60	≥ 60	≥ 80	≥ 80	≥ 100	≥ 100	≥ 100
Point d'éclair (°C)	≥ 240	≥ 240	≥ 240	≥ 230	≥ 230	≥ 230	≥ 230	≥ 220	≥ 220
Point de feu (°C)	≥ 340	≥ 340	≥ 340	≥ 330	≥ 330	≥ 330	≥ 330	≥ 320	≥ 320

# Annexe 03 : Essai Marshall



L.T.P.O Unité de Tiaret

Etape	Feuille de paillasse	Essai Marshall NF P 98 251 2	Code interne M5.37.02
1 -	Fiche de Réception avec Référence N° : <input type="text"/>	Client : <input type="text"/>	
	Projet : <input type="text"/>	Date : <input type="text"/>	
2 -	Préparation du mélange hydrocarboné Température de référence <input type="text"/>		
3 -	Préparer les moules : papier <input type="text"/>	enduit <input type="text"/>	
4 -	Confectionner une éprouvette témoin d'une masse de 1200 g		
5 -	Mesurer la hauteur de l'éprouvette <input type="text"/>		
6 -	Calculer la masse a partir d'une éprouvette de hauteur égale 63.5 mm <input type="text"/>		
7 -	Peser la quantité m du mélange à 0.1 % <input type="text"/>		
8 -	Remplir les moules successivement Le remplissage d'un moule en une seule fois		
9 -	Compacter l'éprouvette N° 1 <input type="text"/>		
	Etuver les autres moules à la température de référence <input type="text"/>		
10 -	Compacter l'éprouvette (50 coups) en 55s ± 5s Compacter l'autre face <input type="text"/>		
	Compacter les autres éprouvettes La durée de compactage ne doit pas dépasser 3 min <input type="text"/>		
11 -	Placer le moule dans l'eau froide (15 min) <input type="text"/>		
	L'eau ne doit pas mouiller l'éprouvette <input type="text"/>		
12 -	Conserver le moule une heure au moins à la température ambiante <input type="text"/>	D <input type="text"/>	F <input type="text"/>
13 -	Démouler à l'aide du piston extracteur <input type="text"/>		
14 -	Peser les éprouvettes à 1gr près <input type="text"/>		
15 -	Calculer la masse volumique apparente Mva à partir de Ø et H Vérifier que $62.5 \leq H \leq 65$ mm sinon la série est rejetée	H <input type="text"/>	
16 -	Mesurer la masse volumique apparente MVA par pesée hydrostatique Selon la norme NFP 98-250-6 <input type="text"/>	D <input type="text"/>	F <input type="text"/>
17 -	Conserver les éprouvettes 5 h au moins à température ambiante <input type="text"/>		
18 -	Placer les éprouvettes et les machoirs dans l'eau à $60^{\circ} \text{C} \pm 1^{\circ} \text{C}$ <input type="text"/>		
19 -	Pendant 30 min ± 1min <input type="text"/>		
20 -	Vérifier la vitesse de la presse $V = 0.85 \text{ mm/s} \pm 0.1 \text{ mm/s}$ <input type="text"/>		
	Réaliser l'écrasement <input type="text"/>		
	Stabilité Marshall daN <input type="text"/>		
	Fluage Marshall 1/10 mm <input type="text"/>		
	Pourcentage des vides <input type="text"/>		

**Résumé**

Les liants hydrocarbonés en Algérie sont destinés essentiellement aux travaux routiers qui consomment plus de 90% des quantités disponibles, donc ce qui suit on s'intéressera aux bitumes routier en examinant la situation du marché avec les problèmes de disponibilité, Les différences de comportement constatées plusieurs fois sur une même route, de bétons bitumineux de même type, mais réalisés à des périodes différentes soit une variabilité non maîtrisé des constituants (granulat et bitume) soit une mauvaise maîtrise des conditions de fabrication.

Le problème ne réside donc pas dans un changement radical de techniques noires en vigueur en algérie, mais il s'agit plutôt de rechercher une grande fiabilité de ces techniques, de les enrichir en tenant compte du contexte algérien pour qu'elles soient mieux adaptées aux conditions locales.

Le présent travail consiste à déterminer l'influence de polymère sur les caractéristiques rhéologique et physico-chimique de bitume routier pur et modifiés, par deux polymère de différents teneur il s'agit de la poudre des noyaux datte et le Pr plaste qui permettent de valoriser les caractéristique de bitume telle que le point de ramollissement et la pénétrabilité.

On montre par les essais réalisé, que le comportement rhéologique du bitume varie considérable- ment avec la teneur et la nature des polymères utilisé.

**Mots clé:les liants hydrocarbonique,les bitumes ,les enrobés ,polymère ,bitume routier,prplaste,béton bitumineux(BB)**

**Abstract**

Hydrocarbon binders in Algeria are mainly intended for road works which consume more than 90% of the available quantities, so what follows focuses on road bitumen by examining the market situation taking into consideration availability's problems.some

behavioral differences have been noticed on the road bituminous concrete of the same type, but produced at different times either an uncontrolled variability of the constituents (aggregate and bitumen) or a poor control of the manufacturing conditions.

The problem doesn't therefore reside in a radical change of black techniques in force in Algeria, but rather it is a question of seeking a great reliability of these techniques, of enriching them while taking into account the Algerian context so that they are better adapted to local conditions.

The present work consists in determining the influence of polymer on the rheological and physicochemical characteristics of pure and modified road bitumen, by two polymers of different content, it is the powder of the date nuclei and the Prplaste which make it possible to valorize bitumen characteristics such as softening point and penetrability.

From the tests carried out ,it is clearly shown that the rheological behavior of the bitumen varies considerably with the content and the nature of the polymers used

**Key words: hydrocarbon binders, bitumens, mixes, polymer, road bitumen ,Prplaste, bituminous concrete.**

#### ملخص

تستخدم مواد ربط الهيدروكربونات في الجزائر بشكل أساسي لأعمال الطرق التي تستهلك أكثر من 90% من الكميات المتاحة ، لذا نركز على البيتومين للطرق من خلال دراسة حالة السوق مع مشاكل توفره ، وقد لوحظت مجموعة من الاختلافات السلوكية على نفس الطريق خرسانة بيتومينية من نفس النوع ، ولكن يتم إنتاجها في أوقات مختلفة ، إما تقلب غير متحكم فيه للمكونات (الركام والقار) أو ضعف التحكم في ظروف التصنيع.

لا تكمن المشكلة إذن في التغيير الجذري لأساليب الأسود (البيتومين) المعمول بها في الجزائر ، بل تكمن في البحث عن موثوقية كبيرة لهذه التقنيات ، وإثرائها مع مراعاة السياق الجزائري بحيث يتم تكيفها بشكل أفضل مع الظروف المحلية.

يتمثل العمل الحالي في تحديد تأثير البوليمر على الخصائص الريولوجية والفيزيائية الكيميائية لقار الطريق النقي والمعدّل بواسطة بوليمرين مختلفي المحتوى وهو مسحوق نواة التمر و البلاستيك التي تجعل من الممكن تئمين خصائص البيتومين مثل نقطة التليين وقابلية الاحتراق.

يتضح من الاختبارات التي تم إجراؤها أن السلوك الريولوجي للقار يختلف اختلافاً كبيراً مع محتوى وطبيعة البوليمرات المستخدمة.

الكلمات المفتاحية: مواد رابطة هيدروكربونية ، بيتومين ، خلانط ، بوليمر ، قار الطريق، بلاستيك، الخرسانة البيتومينية.