

REPUBLIQUE ALGERNIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

CENTRE UNIVERSITAIRE TISSEMSILT

INSTITUT DES SCIENCES & TECHNOLOGIES



Visa du chef de département des
Sciences et Technologies
Signature :.....
Date :.....

Etude CARACTÉRISATION DES BITUMES MODIFIÉS ALGERIEN PAR DES POLYMÈRES ET D'AUTRES ADDITIFS

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme
De mastère 2 académique
En « Génie de Raffinage »

Encadreur Mme H.BERDAA
Signature :.....
Date :.....

Réalisé par :
- BOURAS NOUR EL HOUDA
- OUAZIR FATIHA
Signature :
Date :.....

Membres du jury

GRADE

Mr M. MERZOUGUI.....centre universitaire Tissemsilt.....MAA..... (Président)
Mr M. BIDAOUI.....centre universitaire Tissemsilt.....MCA..... (Examineur)
Mr M. LOUCIF.....centre universitaire Tissemsilt.....MAA..... (Examineur)
Mme H. BERDAA.....centre universitaire Tissemsilt.....MAA..... (Encadreur)

SOMMAIRE

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I : PRESENTATION DE LA RAFFINERIE D'ARZE

I-1-HISTORIQUE.....	01
I-2-LES INSTALLATIONS DE PRODUCTION	01
I-2-1-PRÉSENTATION DES INSTALLATIONS DE PRODUCTION.....	01
a) PRODUCTION P1	01
b) PRODUCTION P2.....	02
I-3-LA NATURE DE PETROLE	03
I-4-LE RAFFINAGE DE PETROLE.....	04
I-5-LA DESCRIPTION DE LA ZONE 10 DES BITUMES	04
I-5-1-UNITÉ DE PRODUCTION DE BITUME ROUTIER (UNITE 14)	05
I-5-2- UNITÉ DE PRODUCTION DE BITUME OXYDÉ (UNITE 15)	05

Référence

CHAPITRE II : GÉNÉRALITE SUR LES BITUMES

INTRODUCTION.....	06
II-1-HISTORIQUE.....	06
II-2-DÉFINITION	07
II-3-TYPES DE BITUMES	07
a) BITUME NATUREL D'EXTRACTION DE CARIÈRE.....	07
b) BITUME BRUTE DÈRIVE DE PETROLE.....	08
c) LES BITUMES FLUXES	08
d) LES UMILSIONS DE BITUME	08
e) BITUME PUR.....	08
f) LES BITUMES MODIFIES.....	09
II-4-STRUCTURE CHIMIQUE	09
II-5-STRUCTURE CHIMIQUE DES MALTÈNES	09
II-6- STRUCTURE CHIMIQUE DES ASPHALTÈNES.....	10
II-7- STRUCTURE COLLOÏDALE DU BITUME.....	11
II-8- CARACTÉRISATION ET SEPARATION DES DIFFERENTS FAMILLES.....	12

II-9-LES FORMES DES BITUMES	13
II-10- FABRICATION DU BITUME.....	13
II-11-PROPRIETES	15
II-12-CARACTERISTIQUE ESSENTIELLES DES BITUMES.....	15
II-13-INFLUENCE DE LA STRICTURE DU BITUME SUR LA RHÉOLOGIE.....	18
II-14-ÉTUDE DU VIEILLISSEMENT DES BITUMES ROUTIERS.....	20

Référence

CHAPITRE III : LES BITUMES MODIFIEN

INTRODUCTION.....	22
III-1-DÉFINITION.....	22
III-2-COMPOSITION DES BITUMES MODIFIES	23
III-3-LES BITUMES MODIFIENT.....	23
III-4-PROPRIÉTÉ DU MÉLANGE.....	25
III-5- ÉVOLUTION DES CARACTERISTIQUES MÉCANIQUE ET CHIMIQUE DES BITUMES MODIFIER	26
III-6-CARACTERISATION DES BITUMES MODIFIER.....	27

Référence

CHAPITRE IV : POLYMÉRES

INTRODUCTION.....	29
IV-1-DÉFINITION	29
IV-1-1-DEFINITION D'UN POLYMERE	29
IV-1- 2-DEFINITION D'UN MONOMERE.....	29
IV-1-3-CLASSIFICATION SELON L'ORIGINE	30
IV-1-4-CLASSIFICATION SELON LA STRUCTURE CHIMIQUE.....	30
IV-1-5-CLASSIFICATION SELON LE COMPORTEMENT THERMIQUE.....	30
IV-2-LES TYPES DE MODIFICATION PAR POLYMERE.....	31
IV-2-1- DÉFINITION DE SBS.....	31
IV-2-2- DÉFINITION D'EMA.....	32
IV-2-3- DÉFINITION DE EBA.....	32
IV-2-4-TYPE POLYMÈRE CAOUAT-CHOUC	32
IV-2-5- DÉFINITION DES GRIGNIONS D'OLIVE	34
IV-3-LES ENROBES BITIMUNEUX	34
IV-3-1-METHODE DE FORMULLATION	35

IV-3-2-METHODE DEMARSHAL	35
--------------------------------	----

Référence

CHAPITRE V : DESCRIPTION DU CHEMA TECHNOLOGIE

INTRODUCTION.....	36
V-1-UNITE DE PRODUCTION DE BITUME ROUTIER (UNITE 14).....	36
V-2- UNITE DE PRODUCTION DE BITUME OXYDE (UNITE 15).....	40

Référence

CHAPITRE VI : ETUDE EXPERIMENTALE

PROBLEMATIQUE	42
INTRODUCTION.....	42
VI-1- LES PRINCIPES DES APPAREILLES POUR DETERMINES LES CARACTERISTIQUES DES BITUMES.....	42
VI-2- PARTIE EXPERIMENTALE	44
VI- 2-1-ETUDE BITUME/ GRIGNON D’OLIVE.....	45
VI-2-1-1- IDENTIFICATION DES GRIGNONS D’OLIVES :.....	45
VI-2-1-2- IDENTIFICATION DU BITUME ROUTIER	45
VI-2-1-3- IDENTIFICATION DES BITUME/GRIGNON D’OLIVE	45
VI-2-1-4- LA REALISATION DU BITUME/GRIGNON D’OLIVE	45
VI-2-2- ETUDE BITUME/SBS	47
VI-2-2-1- IDENTIFICATION BITUME/ STYRENE –BUTADIENE-STYRENE.....	48
VI-2-2-2- IDENTIFICATION DU BITUME ROUTIER	48
VI-2-2-3- IDENTIFICATION DU BITUME MODIFIE (BITUME/SBS)	48
VI-2-2-4- LA REALISATION DU BITUME/SBS	48
VI-2-3- ETUDE DU BITUME MODIFIE/AGREGAT.....	50
VI-2-4- INTERPRETATION DES GRAPHERS.....	53
VI-2-5- DISCUSSION ET RESULTATS.....	55
CONCLUSION	56

CONCLUSION GENERALE

RECOMONDATION

ANNEXE

RESUME

ABSTRACT

ملخص

Introduction générale :

L'initiative d'améliorer les conditions de vie de la société d'aujourd'hui, l'industrialisation de nombreux pays sous-développés et l'augmentation de la population mondiale sont quelques-unes des raisons provoquant une hausse de la demande d'énergie dans le monde entier. Ces produits commerciaux tels que les bitumes, sont caractérisés par des spécifications déterminant leur mise en œuvre optimale dans leurs conditions d'utilisation.

La crise pétrolière simule la recherche pour améliorer l'écoulement bitumineux utilisé pour l'entretien des routes de campagne. Ainsi n'y qu'il une nouvelle technique d'enrobé coulé à froid, l'innovation porte essentiellement sur la granulométrie et rendue possible par l'utilisation du liant performant dans lesquels sont souvent incorporés des polymères ou des fibres.

Suite aux développements et aux recherches qui ont été effectuées sur le pétrole, un certain nombre de spécifications ont été fixées par les transporteurs et les raffineurs en vue d'évaluer sa qualité et son mode de traitement.

Le bitume est à l'origine une substance naturelle rencontrée dans certaines roches, est aujourd'hui un produit industriel à forte valeur ajoutée technologique, fabriqué à la demande à partir de certains bruts ainsi qu'il reflète le pétrole dont il est issu et des procédés techniques avec lequel il a été fabriqué.

Il s'agit effectivement de produits noirs (ou brun foncé), riches en carbone et en hydrogène naturels ou obtenus en général par distillation de matières organiques. Ces matériaux sont connus depuis l'Antiquité, surtout comme liants (les briques de la tour Babel étaient hourdées au bitume), constituent des matières de base pour réaliser divers produits commerciaux intéressants de plus en plus la construction, particulièrement dans le domaine de l'étanchéité et celui de la technique routière.

Contrairement à l'image qu'il véhicule le bitume n'est pas un produit banal en dehors de l'épandage sur les routes que tout le monde a vu faire sans peut-être se rendre compte des techniques et des produits qui sont utilisés il existe beaucoup d'applications industrielles des bitumes celles-ci sont généralement fort peu connues du public alors que chacun sait à quoi sert l'essence le pétrole ou l'huile lubrifiante.

Utilisé dans le secteur du bâtiment et des travaux publics ses caractéristiques sont diverses car les contraintes auxquelles il doit s'adapter peuvent fortement varier, il peut être plus ou moins thermoplastique ductile, durable, adhésif imperméable résistant à la corrosion ; par conséquent on ne peut parler d'un bitume mais de bitumes.

Actuellement, la plupart des routes sont pavées à l'échelle mondiale avec le bitume. Aujourd'hui la demande mondiale pour le bitume représente plus de 100 millions de tonnes par an, qui est d'environ 700 millions de barils de bitume consommés annuellement.

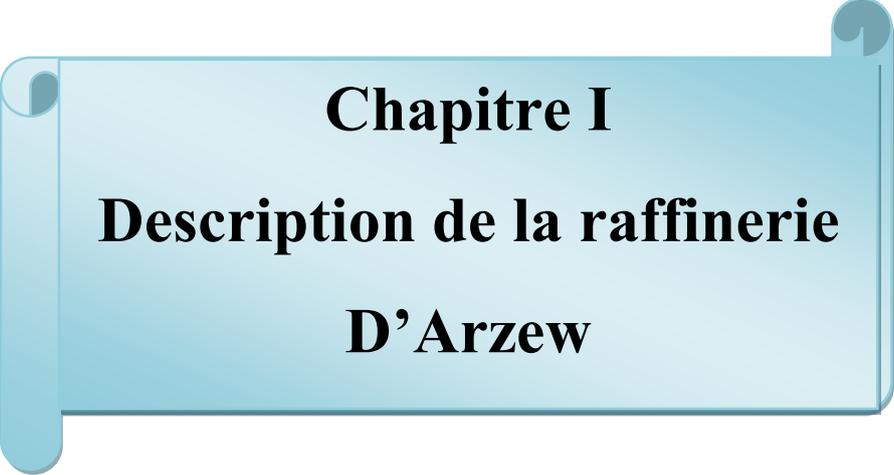
Introduction générale

Donc notre thème est intitulé caractérisation des bitumes modifiée par des polymères tel que le SBS et les grignons d'olives.

Dans ce travail on a basé sur la formulation et l'additif pour obtenir un bitume algérien qui correspond à la norme internationale et satisfait le marché national.

Alors notre travail est subdivisé en deux parties : théorique, une description de la raffinerie d'Arzew ; généralité sur les bitumes ; les bitumes modifiés ; polymères ; présentation de la zone 10 des bitumes et partie expérimentale et en fin par conclusion.





Chapitre I
Description de la raffinerie
D'Arzew

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

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. 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 : [2]

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).

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.

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 fiél 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: désalpatage 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 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.

I-3-la nature de pétrole :[3]

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 (N₂) et d'oxygène (O₂) :

- 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 naphtéinique :

Comprenant une grande partie de naphtéine hydrocarbures de la série C_nH_{2n} Alcane annulaire 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 : [4]

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. 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) : [5]

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

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) : [7]

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

I-5-3-Unité 45 :

Conditionnement et de stockage des bitumes.

Référence



- [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] : cour raffinage de pétrole par Mme berdaa 21/03/2016.
- [4] : Jeu-piere wauquier, le raffinage de pétrole édition technique-1998.
- [5] : mémoire fin d'étude master 02 présenté par MR BENZIDANE Mohamed ; MR MOUSSA M'Barek Abdeljalil.2013-2014.
- [6] : 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
Généralité sur les bitumes

Introduction : [12]

Les bitumes sont des liants hydrocarbonés ayant plusieurs origines. Certains se rencontrent à l'état naturel, comme le Trinidad ; certaines roches, telles que les calcaires asphaltites sont des roches poreuses imprégnées d'une certaine quantité de bitume naturel. La plupart de ces calcaires asphaltites contiennent moins de 10% en poids de bitume.

D'autres bitumes sont obtenus comme résidu de la distillation des pétroles asphaltites ou semi-asphaltiques. Ces bitumes de distillation sont généralement appelés brais de pétrole.

Leur composition chimique diffère nettement de celle des brais de houille.

Enfin, certains bitumes sont obtenus par des réactions d'oxydation au sein de certaines fractions de pétroles appropriés ; ce sont des bitumes soufflés ou oxydés.

Aujourd'hui, avec le développement des méthodes modernes de raffinage du pétrole brut domestique, on peut obtenir des matériaux bitumineux à coût moindre. C'est ainsi que les autres bitumes précités sont devenus non compétitifs. La plupart des pays produisent donc le bitume à partir du pétrole brut.

Les bitumes, comme tous les liants hydrocarbonés permettent la constitution de mortiers et bétons, et ont une grande analogie avec les mortiers et bétons de ciment.

En réalité, les bitumes jouent à la fois dans les mélanges, le rôle de l'eau qui mouille les agrégats et le rôle du ciment qui les agglomère ; ils n'entrent donc pas dans la composition granulométrique du squelette au même titre que les liants pulvérulents.

On utilise beaucoup les bitumes pour la construction routière et pour celle des aérodromes ; on les utilise par ailleurs pour la construction des produits d'étanchéité et de certains revêtements protecteurs contre la corrosion.

Les bitumes de distillation sont les plus employés en technique routière, notamment pour la fabrication des bétons bitumineux et des enrobés ; au contraire, les bitumes soufflés sont de plus souvent utilisés en technique d'étanchéité.

II-1-Historique :**De l'antiquité à la révolution industrielle**

Il était connu à cette époque, pour cet usage (étanchéité), sous le nom de (bitume de Judée) notamment des égyptiens, Hébreux et Sumériens car il est extrait à l'état naturel sur les bords de la mer Morte (mais aussi de la mer Caspienne) .il avait déjà de multiples emplois :

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

- C'est également grâce au bitume de Judée que Nicéphore Niepce inventera la photographie à Saint-Loup de varennes en 1824[2].

EN 1627, une lettre patente autorisa son exploitation commercial à Pechel bronn, en Alsace, d'une source qui produisait une (huile de pierre) réputée pour ses propriétés thérapeutiques .en 1741 fut constituée la première société pétrolière de l'histoire, pour exploiter à coté de la source une veine de sable bitumineux dont on tirait une graisse apte à remplacer le (vieux oing) et le suif . Le roi Louis XV, conscient de l'intérêt de cette exploitation, la confia par lettre patente du 5 aout 1772 à un certain Le Bel .cette société de créera Antar en 1927.

II-2-Définition : [3]

Le bitume est une substance composée d'un mélange d'hydrocarbures, très visqueux (voire solide) à la température ambiante et de couleur noire. Connue depuis la plus haute antiquité sous forme naturelle. Il provient de notre jour, presque exclusivement de la distillation des pétroles bruts.

Dans le langage courant, on le confond souvent avec le goudron d'origine houillère, ou avec l'asphalte dont il n'est qu'un composant.

Plus généralement, le bitume désigne tout mélange d'hydrocarbures extraits du pétrole par fractionnement qui, sous forme pâteuse ou solide est liquéfiable à chaud et adhère sur les supports sur quels on l'applique.

II-3-Types de bitumes : [2]

a)- bitume naturel d'extraction de carrière :

Le bitume existe à l'état naturel sous forme de résidu d'anciens gisements de pétrole dont les éléments les plus légers ont été éliminés au cours du temps par un store de distillation naturelle. Extrait soit à ciel ouvert, les gisements se présentent alors comme de véritables lacs. Le bitume peut aussi se présenter sous forme de filons en sous-sol. Le plus connu de ces bitumes naturels est le bitume de Trinidad qui relève du premier type de gisement.

La production mondiale est très faible puisqu'elle ne dépasse pas 200 000 t.

Les bitumes naturels ne son guère utilisés que comme ajouts pour certaines utilisations particulières, compte tenu de leurs caractéristiques spécifiques (aptitude à être colorés, effet stabilisateur pour les asphaltes coulés.....).

Le bitume de Trinidad épuré : est extrait par raffinage, il contient une partie minérale, sa masse volumique est voisine de 1.40 g/cm³, la pénétration à 25 °C est comprise entre [1 ; 1/10] mm et [4 ; 1/10] mm, et température bille -anneau supérieur à 90°C. (Le bitume (soluble) a une pénétration standard de 3 à [12 ; 1/10] mm et une température bille-anneau comprise entre 68 et 87

°C). Poudre de Trinidad 50/50 : C'est un mélange composé de 50% de bitume de Trinidad épuré et de 50% de filler calcaire.

b)-Bitume brut dérivé du pétrole :

Les bruts à bitume sont des bruts lourds venant du Venezuela (Boscan, Bachaquero, L'agunillas et Tia Juana) ou du Moyen Orient (Safaniya (ou arabe lourd) et Kuwait).

Ces bitumes comprennent les bitumes purs normalisés (norme NF EN 12591) et les bitumes spéciaux divisés en bitumes de grade (dur) (NF EN 13924) et en bitumes à susceptibilité améliorée.

b)-1-les bitumes fluidifiés ou bitume liquide (cut-backs) : [4]

Le Cut-back est un bitume semi-dur qui a été liquéfié. Il s'obtient par mélange avec des solvants pétroliers encore appelés diluants.

A leur exposition aux conditions atmosphériques, les solvants s'évaporent et laissent le bitume semi-dur remplir sa fonction.

b)-2-Le cut-back à prise rapide (RC) :

Il est composé d'un ciment bitumineux et d'un diluant de haute volatilité comme l'huile de naphthe ou la gazoline

b)-3-Le cut-back à prise moyenne (MC) :

Il est composé d'un ciment bitumineux et d'un diluant de volatilité moyenne comme le kérosène.

b)-4-Le cut-back à prise lente (SC) :

Il est composé d'un ciment bitumineux et des huiles de volatilité lente.

c)-Les bitumes fluxés (cut-back abat-poussière) : [5]

Qui sont des bitumes mélangés avec une huile de faible viscosité. Ces liants sont souvent plus visqueux que les bitumes fluidifient. Le produit de fluxage est généralement une huile de houille, mais peut être une huile d'origine pétrolière.

d)-Les émulsions de bitume : [6]

L'émulsion est un mélange de bitume et d'eau contenant une petite quantité d'un agent émulsifiant. Elle forme un système hétérogène contenant deux phases normalement non miscibles (le bitume et l'eau), système dans lequel l'eau constitue la phase continue de l'émulsion, et les minuscules globules de bitume forment la phase discontinue.

e)- Bitume pur : [2]

Les bitumes purs sont fabriqués industriellement à partir de pétroles bruts d'où l'on extrait, au préalable, les fractions les plus légères. De la partie restante, constituée par des huiles

visqueuses, on sépare un bitume de la dureté désirée. Certaines variétés sont préparées à partir d'une matière de charge, d'autres sont obtenues par oxydation (soufflage).

f)-les bitumes modifiés : [7]

Qui sont des bitumes additionnés de substances d'origines diverses, généralement des polymères qui modifient certains de leur propriétés.

II-4-Structure chimique :

Le bitume est un corps noir. C'est, aux températures supérieures à 100°C, un liquide plus ou moins visqueux suivant son origine et sa préparation. Utilisable tel quel, sa viscosité peut être réduite par ajout de fluxant (terme utilisé lors de l'ajout de produits pétrochimiques), de fluidifiants (terme utilisé lors de l'ajout de produits carbochimiques) ou par émulsification dans l'eau. Le bitume ne possède pas de température de fusion. L'état « liquide » et l'état « solide » sont séparés par un domaine de ramollissement pâteux, étalé sur une plage de température d'environ 100°C. [8]

D'un point de vue 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. [9]

Le bitume est divisé en 2 familles d'hydrocarbures : les maltènes et les asphaltènes. Les maltènes sont, par définition, solubles dans un hydrocarbure de faible poids moléculaire généralement le n-heptane, tandis que les asphaltènes, par définition, précipitent dans ce solvant mais sont solubles dans le toluène. A ces deux familles s'ajoutent 0 à 2 % de carboïdes et 0 à 0.2 % de carbones.

II-5- Structure chimique des maltènes :

Les maltènes sont les constituants principaux du bitume, représentent la fraction la plus légère. Ils contiennent 3 familles chimiques de masse moléculaire croissante :

- ✓ Les huiles saturées, légèrement colorées, de masse molaire moyenne de 300 à 600 g/mol, sont liquides à température ambiante. Elles sont composées de paraffines, d'iso paraffines, de cyclo -paraffines et de naphtènes éventuellement condensés et ne contiennent aucune structure aromatique. D'après Lesueur et Planche [10], ces huiles saturées ont un effet néfaste sur le bitume pour une utilisation en technique routière. En effet, elles induisent des problèmes d'adhésivité liants-granulats

Ainsi qu'une forte susceptibilité thermique. Leur cristallisation à froid fragilise le matériau. [11]

- ✓ Les huiles aromatiques et naphthéno-aromatiques, liquides colorés jaunes ou rouges, ont une masse molaire moyenne de 800 g/mol. 30 % des carbones sont inclus dans des cycles aromatiques. Elles ne contiennent pas de molécules aliphatiques, mais une quantité importante d'hétéroatomes. La plus grande partie des produits sont des hydrocarbures naphthéno-aromatiques.

Les huiles saturées, aromatiques et naphthéno-aromatiques représentent 40 à 60 % des constituants du bitume.

- ✓ Les résines sont des solides noirs, de masse molaire comprise entre 1000 et 2000 g/mol. Elles sont composées de plusieurs cycles aromatiques condensés et contiennent des composés polaires notamment des acides carboxyliques à caractère tensioactif. Le nombre de noyaux aromatiques par molécule est plus élevé que dans les huiles aromatiques. Les composés à hétérocycles soufrés ou oxygénés sont prépondérants. Les qualités d'adhésivité du bitume sur la matière minérale sont dues en partie aux éléments polaires des résines.

[12]

II-6-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. [13]

Malgré la complexité du matériau, La granulats a proposé une formule brute moyenne pour les monomères d'asphaltènes : $C_{74}H_{84}NS_2O$. Composés des mêmes éléments que les résines mais avec un caractère aromatique plus marqué [14], les agrégats d'asphaltènes sont parfois considérés comme le produit de maturation des résines. Les asphaltènes sont essentiellement composés d'atomes de carbone et d'hydrogène. Des études RMN [15] ont permis d'évaluer le rapport C/H à 1,1, et ont montré que près de 40 % des atomes de carbone sont inclus dans des cycles aromatiques et 90 % des atomes d'hydrogène sont portés par un carbone saturé. La concentration en hétéroatomes est élevée (N : 0,5-0,7 %, O : 1,5-5 %, S : 1,6-10%).

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 résultent d'une polycondensation de monomères qui a lieu en deux temps : tout d'abord, dans le pétrole brut, au cours de l'évolution géologique, et ensuite lors de la production du bitume. Par ailleurs, les asphaltènes d'un bitume soufflé sont différents de ceux d'un bitume issu de distillation directe. [16] Il reste de nombreuses incertitudes quant à la masse molaire moyenne des asphaltènes.

Un facteur 10 peut apparaître entre des masses molaires d'asphaltènes issus d'un même échantillon, mais mesurées avec deux techniques différentes. [17] 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. De nouvelles techniques ont permis aux équipes de Badre et coll. [18] 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. Une structure hypothétique d'asphaltènes est donnée dans la Figure .02 ; [17]

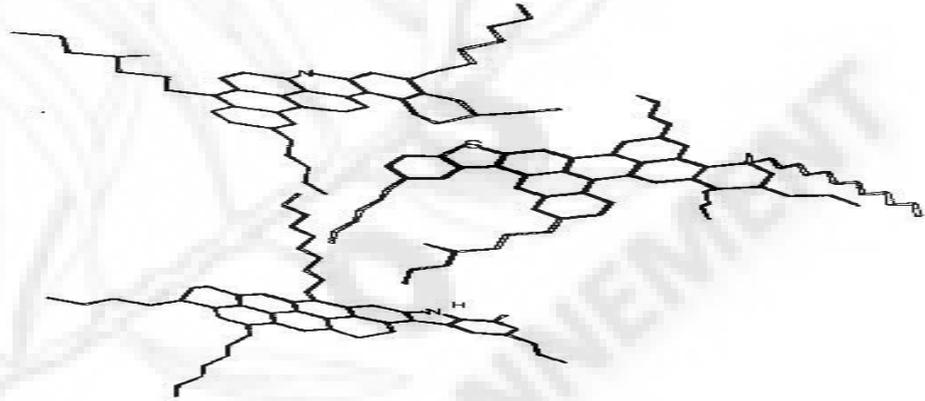


Fig .01-Structure hypothétique des asphaltènes.

II-7- Structure colloïdale du bitume : [19]

Le bitume est caractérisé par la coexistence dans un milieu quasi homogène d'entités chimiques à priori non miscibles. Les bitumes peut être décrit comme une substance colloïdale, dans laquelle les phases dispersées, constituant des asphaltes sont couvertes par une couche protectrice de résines. Ce complexe appelé micelle est dispersé dans une phase continue de maltènes qui constituent un mélange de huile aromatique et saturé, Cette structure a été proposée dès les années 1920 par Nellensteyn, qui fut ainsi le premier à décrire le bitume comme une suspension colloïdal. Les asphaltènes sont des éléments solides, noirs ou bruns, aromatiques. L'arrangement lâche des asphaltènes entourés par des composantes aromatiques d'un bitume lui confère un comportement de « type sol ».

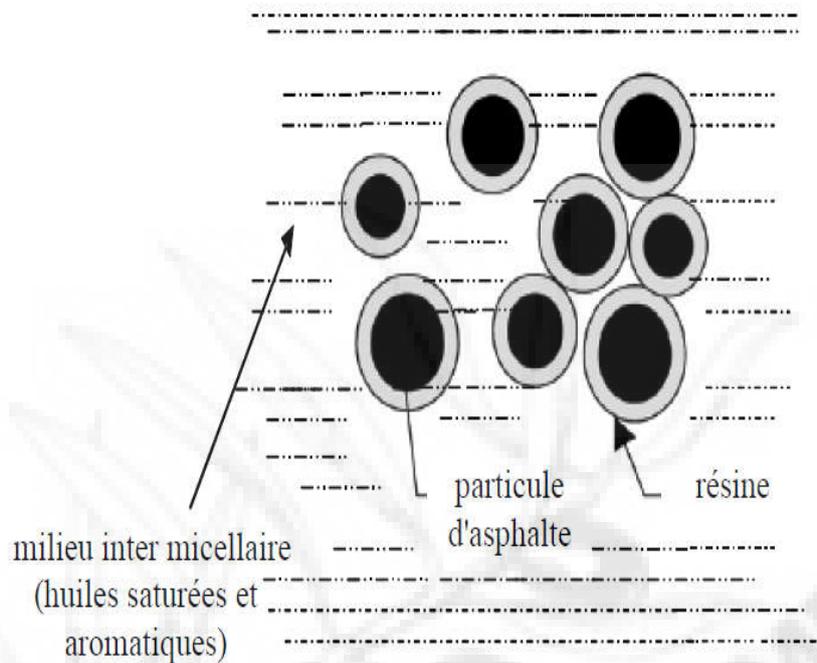


Fig.02-la structure colloïdale d'un bitume routier.

II-8-Caractérisation et séparation des différentes familles : [20]

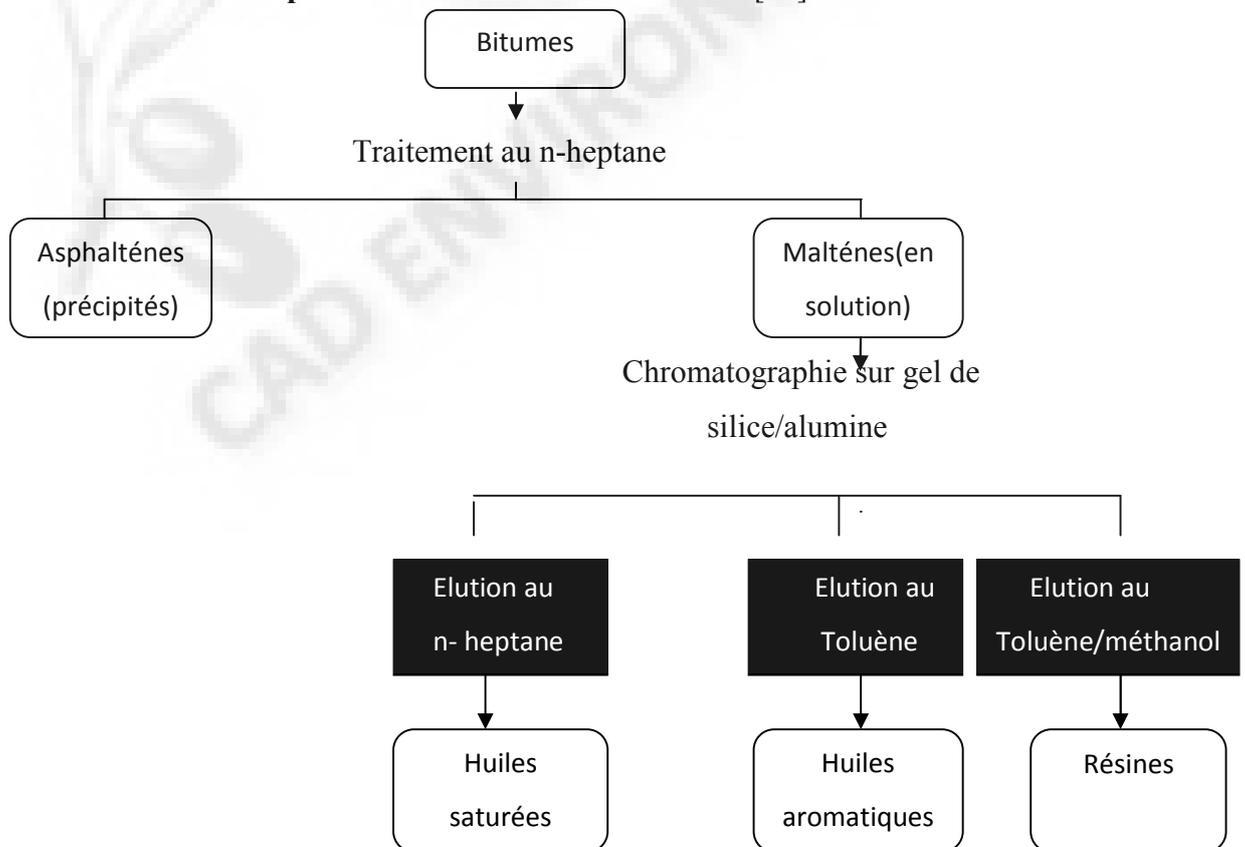


Fig.03-Séparation chimique des 4 familles de constituants du bitume.

II-9-les formes des bitumes : [21]

Les bitumes sont fabriqués à partir d'un brut réduit importé(BRI) du pays de golf plus les asphaltes. Les bitumes sont des fractions lourdes que l'on obtient d'une distillation sous vide très poussées. On distingue trois formes de bitumes.

a)- Bitumes Routiers :

C'est un mélange d'asphalte du BRI et L'asphalte des unités de lubrifiants subirent deux réactions d'oxydation pour donner du bitume routier.

b)- Bitumes Oxydes :

Une autre partie de l'asphalte du BRI et une coupe de gasoil de la distillation sous vide le HVGO forment un Blown Stock, contrôler par sa viscosité subit une oxydation par soufflage d'air donne le bitume oxydeet il est imperméable à l'eau.

c)-Les bitumes spéciaux : [22]

Les bitumes spéciaux sont fabriqués au moyen de procédés et à partir de bases choisis afin de leur conférer des propriétés particulières les rendant aptes à certaines exigences plus rigoureuses imposées pour des applications routières ou industrielles spécifiques. Parmi ceux-ci, on trouve les bitumes durs et les bitumes multigrades.

II-10-Fabrication du bitume :

Les modes de fabrication ont évolué. Avant la crise pétrolière des années 1970, On faisait appel presque exclusivement à des bruts lourds de forte densité, de type vénézuélien (faible degré API), permettant de fabriquer les différentes classes de bitume par distillation directe, sans qu'il soit nécessaire d'utiliser une colonne sou-vide de grande efficacité.

Actuellement les bruts à bitume ont des origines diverses mais la plupart d'entre eux proviennent du Moyen-Orient, le reste venant du Venezuela et du Mexique.

Lorsque le choix d'un brut et celui d'une technique sont décidés, le fabricant suit rigoureusement le processus et s'y maintient. Ces choix font l'objet pour chaque fabricant de procédures d'homologation très sévères, dans le souci de fournir des produits industriels d'une qualité constante et conforme aux spécifications. [23]

Les bitumes routiers sont obtenus à partir du résidu, après distillation atmosphérique du pétrole brut et par combinaisons diverses de procédés et de produits de base selon les bruts et l'utilisation des produits bitumineux. [24]

Il existe plusieurs procédés de fabrication des bitumes à partir des pétroles bruts :

- La distillation Atmosphérique
- distillation sou vide (La séparation)
- Désasphaltage au solvant

- Le soufflage

II-10-a-Distillation Atmosphérique : [25]

La distillation atmosphérique c'est le premier processus de raffinage au quel le brut pétrolier choisi pour la production du bitume est soumis. Il vise à séparer le brut pétrolier en fractions selon leurs températures d'ébullition sous pression atmosphérique. Le brut pétrolier porté à une température élevée (autour de 370°C) est introduit dans la tour atmosphérique. Au fond de la colonne la température est de l'ordre 350-380°C et elle diminue graduellement pour atteindre 110-150°C en tête de colonne. Les différentes fractions sont soutirées à des hauteurs précises de la colonne par condensation. La fraction la plus lourde du brut pétrolier, qui reste dans le fond de la colonne, est appelée « résidu atmosphérique ». Avec certains bruts lourds la distillation atmosphérique seule suffit à obtenir des bitumes de grades routiers. Cependant, avec la plus part des bruts pétroliers, le résidu atmosphérique est trop mou (pénétrabilité supérieure à 300 dmm (=1/10mm)) et pour obtenir des bitumes routiers on a recours aux techniques suivantes de raffinage.

II-10-b-Distillation sou-vide :

C'est une distillation à sous pression réduite permet de poursuivre le fractionnement du brut sans augmenter les températures dans la colonne en préservant ainsi le matériau de dégradations thermiques éventuelles. La diminution de la pression à quelques centibars entraîne la diminution des températures d'ébullition des différentes fractions. La température au fond de la tour sous vide est autour de 350°C. La température atmosphérique équivalente serait autour de 535°C. [26] En contrôlant le débit du brut et le temps de cure, à partir d'un résidu atmosphérique mou, avec certains bruts pétroliers, on peut obtenir la gamme complète des grades de bitumes routiers allant du 160/220 au 20/30. [27] Le résidu de la tour sous pression réduite s'appelle « résidu sous vide » et les bitumes ainsi obtenus s'appellent « bitumes de distillation directe ».

II-10-c-Dés asphaltage au solvant : [28]

La séparation physique des constituants du pétrole brut peut aussi être effectuée sans dégradation de leur structure chimique en mettant à profit les différences de solubilité des fractions lubrifiantes et Bitumineuses vis-à-vis de certains solvants.

Dés asphaltage au solvant est employé comme un complément dans le raffinage des "bruts à huile". Il est le plus souvent pratiqué sur le fond de distillation sou-vide, dont il est difficile de séparer complètement les fractions lubrifiantes dans les conditions normales d'utilisation des colonnes sou-vide opérant sur des bruts peu denses.

Selon le solvant employé, butane ou propane, on obtient différentes classes de bitume en faisant varier la nature du fond de distillation sous-vide (degré d'épuisement) et les conditions de

fonctionnement de l'unité de dés asphaltage, notamment la température et la pression. Le bitume ainsi obtenu est appelé bitume PPA (Propane Précipite-Asphalte).

Selon la façon dont est conduite la fabrication du bitume, par distillation ou désalphaltage au solvant, il est possible d'obtenir des bitumes de pénétrabilité plus ou moins élevée. Cette propriété fait partie des deux caractéristiques fondamentales de chaque bitume, avec la température de ramollissement.

II-10-d-Le soufflage : [29]

Les techniques de soufflage sont employées lorsque les techniques de distillation ne permettent pas d'obtenir des bitumes à la dureté requise ce qui peut dépendre du brut pétrolier ou encore de l'unité de distillation dont on dispose. Si avec la distillation on élimine les molécules de petites tailles afin d'obtenir un résidu plus dur, avec la technique de soufflage le durcissement du résidu est obtenu par la création d'associations moléculaires de grandes tailles. Pour cela le résidu sous vide, porté à une température comprise entre 250 et 300°C, est soumis à l'injection d'air chaud. Dans ces conditions, des réactions chimiques de déshydrogénation, de craquage, d'oxydation et de condensation ont lieu en permettant la création de molécules de plus grande taille et d'associations moléculaires qui ont pour conséquence le durcissement du matériau. Le durcissement du bitume pendant le soufflage dépend du débit de l'air injecté, de la température et du temps de cure. On peut distinguer deux types de soufflages : le semi-soufflage ou rectification à l'air qui consiste à traiter un résidu sous vide mou et produire ainsi des grades différents de bitumes et l'oxydation par soufflage qui consiste à traiter une base plus élaborée afin d'obtenir des bitumes industriels (dits spéciaux) utilisés comme produits d'étanchéité.

II-11- Propriétés : [30]

Les qualités physiques et chimiques du bitume en ont fait un matériau de toute première importance. Il possède un grand pouvoir agglomérant car il adhère à la majorité des matériaux usuels : pierre, Béton, bois, métal, verre. C'est un excellent isolant thermique et diélectrique.

Il est léger, ductile et souple. Du point de vue mécanique, il se comporte comme un matériau

Plastique ou élastique. Il est insoluble dans l'eau, mais l'on peut en obtenir des solutions dans de nombreux solvants organiques.

II-12-caractéristiques essentielles des bitumes : [31]

Nous étudierons successivement ces propriétés avec quelques autres qui s'y rattachent.

II-12-1-viscosité des bitumes :

La viscosité des bitumes peut être étudiée dans le cadre général de la viscosité des liquides; toutefois, cette étude se complique ici du fait qu'on n'a pas affaire à un liquide simple,

mais à une solution vraisemblablement colloïdale, susceptible par conséquent de prendre, avec le temps, sous l'effet du repos, de l'abaissement de température et de la concentration en résines, une certaine structure rigide, variable avec les conditions d'ambiance et de milieu.

Les bitumes, selon la température et selon la nature des composants résineux, sont susceptibles de voir leur viscosité varier dans des limites extrêmement étendues, allant de la consistance de liquides s'écoulant facilement, jusqu'à celle de corps vitreux présentant les caractéristiques et la fragilité des verres.

Par conséquent, les viscosités se mesurent de manières très différentes.

Ainsi, la viscosité des bitumes à l'état de liquide visqueux est mesurée par un viscosimètre à écoulement, muni d'un ajutage.

Par contre, pour les bitumes qui se présentent sous forme de solides mous, semi-durs, on mesure la viscosité au moyen d'un appareil cylindrique à tige centrale chargée et Comprenant dans l'espace annulaire le liant que l'on veut étudier.

La mesure de la viscosité des bitumes par la durée d'écoulement à travers un orifice ne Peut s'appliquer donc aux bitumes non fluidifiés qu'on utilise dans les enrobés.

Ainsi, pour caractériser l'état de viscosité ou de dureté des bitumes de cette nature,

Différents essais ont été standardisés ; à savoir :

- la mesure de la pénétration;
- la mesure du point de ramollissement.

II-12-2-Pénétration standard des bitumes :(Norme NF EN 1426 T66-004)

La pénétration standard d'un bitume se définit comme étant la pénétration à 25 °C d'une aiguille normalisée, chargée de 100 g et abandonnée durant 5s. Elle s'évalue en dixièmes de mm, que l'on appelle points.

La mesure se fait avec un appareil appelé pénétromètre Dow. La pénétration standard d'un bitume caractérise son état de viscosité à une température standard (25 °C).

La pénétration standard est en fait la mesure de dureté qui sert de base à la classification des bitumes routiers. Ces bitumes sont caractérisés par deux nombres qui représentent les limites inférieures de la pénétrabilité à 25 °C.

La température ayant une grande influence sur la dureté des bitumes, il est très important de préciser la température à laquelle l'essai est réalisé.

Pour mieux définir un bitume, on est d'ailleurs amené à effectuer quelques fois des essais à plusieurs températures; ce qui permet de tracer une courbe de pénétrabilité en fonction de la température, très utile pour définir la susceptibilité thermique.

La pénétrabilité exprimée en 1/10ème de millimètre permet directement de caractériser la consistance (Tableau 1).

Tableau 01- Classes des bitumes définis selon leur pénétrabilité

10/20 et 35/70	bitumes durs
50/70 et 70 /100	bitumes semi-durs
180/220	bitumes mous

II-12-3-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.

Comme pour la pénétrabilité, on donne pour chaque classe de bitume des limites inférieure et supérieure entre lesquelles doivent se trouver les valeurs de température bille anneau des bitumes routiers.

Il faut noter que les bitumes ne sont pas des corps purs; par conséquent, ils n'ont pas de points de fusion francs. Leur consistance décroît quand la température s'élève.

C'est ainsi qu'on a fixé arbitrairement un repère de changement de consistance: le point de ramollissement. .

La connaissance simultanée de la pénétration d'un bitume et de son point de ramollissement bille anneau permet de juger sommairement l'état de dureté de ce bitume aux différentes températures utiles.

Tableau 02- Classes des bitumes définies selon leur pénétrabilité et TBP

Classe de bitume	20/30	40/50	60/70	80/100	180/220
Pénétrabilité à 25C° (1/10mm)	20à30	40à50	60à70	80à100	180à220
TBA	52à65	50à56	45à31	42à48	34à43

II-12-4-Solubilité : [32]

Cette mesure permet de définir la teneur en bitume dans un produit bitumineux comme la partie soluble dans sulfure de carbone (ainsi, en France, que dans le trichlor-éthylène, le tétrachlorure de carbone ou le tétrachloro-éthylène).

La méthode est définie sous les références AFNOR T 66-012 ou IP 47, ou encore ASTM D 13, IP 32

II-12-5-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. Références de la méthode : NF T 66-006, ASTM D13, IP32

II-12-6-Volatilité :

Celle-ci peut être caractérisée de différentes manières :

- point d'éclair (bitumes fluidifiés ou fluxés), normes NF T 66-009 et IP113.
- perte de masse en chauffage. NF T 66-011 et ASTM D6. La perte de masse au chauffage peut aussi être mesurée au cours de l'essai RTFOT.

II-12-7-Essais Américains SHRP (Strategic Highway Research Program):

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. [33] Elle permet d'accéder aux caractéristiques intrinsèques du bitume telles que la mesure du module de rigidité. 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. [34]

II-13-Influence de la structure du bitume sur la rhéologie

Di Benedetto et Corte [35] considèrent que le comportement rhéologique du bitume résulte du type de dispersion des asphaltènes dans la fraction huileuse. L'organisation de la structure peut, en effet, conférer au fluide un caractère « sol », un caractère « gel » ou un caractère intermédiaire « sol-gel ». Kennel [36] a étudié les 2 structures colloïdales extrêmes, sol et gel, structures schématisées dans la Figure.04 et la Figure.05, ainsi que la structure sol-gel intermédiaire.

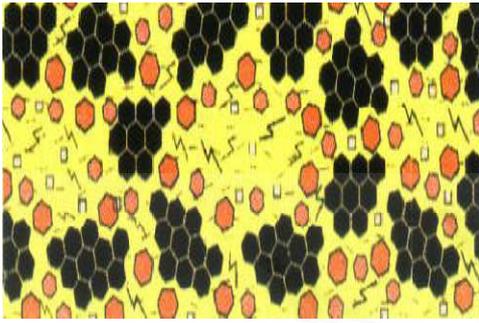


Fig.04-Bitume type gel.

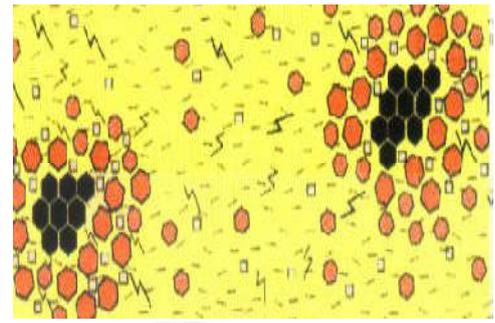


Fig.05-Bitume type sol.



II-13-1-Bitume « gel » (type I selon kobanovskaja) :

L'organisation est due à un squelette continu et tridimensionnel d'asphaltènes (figure I-4). Les micelles d'asphaltènes sont flocculées. Cette structure apparaît quand la quantité de résines est trop faible pour stabiliser le système ou que leur pouvoir solvant n'est pas suffisant pour disperser ces micelles. Le bitume a alors un comportement gel, caractéristique des fluides non-newtoniens. Le caractère élastique l'emporte sur le caractère visqueux. Les bitumes oxydés ou soufflés, riches en asphaltènes présentent généralement ce type de structure « gel ». [35]

II-13-2-Bitume « sol » (type II selon kobanovskaja) :

La quantité de résines et d'huiles aromatiques est suffisante pour disperser les asphaltènes (Figure I-5). La suspension asphalténique est diluée. Leur enchaînement est structuré et régulier. Les bitumes « sols » ont le comportement newtonien de la matrice malténique. Le caractère visqueux l'emporte sur le caractère élastique. Ils sont donc très résistants aux sollicitations courtes, mais plus sensibles aux sollicitations longues et aux variations de température qu'un bitume gel.

II-13-3-Bitume « sol-gel » (type III selon kobanovskaja) :

Les bitumes routiers ont généralement un comportement intermédiaire entre la structure sol et la structure gel. Les agrégats de micelles d'asphaltènes et les autres formations structurales baignent dans un milieu dispersant. L'organisation de la structure est donc intermédiaire entre celle des milieux dispersant sol et gel. Brion a donné une composition chimique pour chacune des structures [37] (Tableau 03-) :

Tableau 03- composition chimique du bitume suivant son caractère rhéologique [37]

Type de bitume	% Asphaltènes	% Résines	% Huiles saturées et aromatiques
I : GEL	25	24	50
II : SOL	18	36	48
III : SOL-GEL	21à23	30à34	45à49

II-14-Etude du vieillissement des bitumes routiers :

Le bitume évolue et s'altère au cours de son utilisation, depuis sa fabrication en raffinerie jusqu'à son utilisation comme liant routier. En pratique, le vieillissement se traduit par une augmentation importante de la viscosité du matériau pouvant entraîner la perte de plusieurs grades. L'oxydation des différentes familles du bitume et la désorganisation du système colloïdal en sont les causes principales [38]. Toutes les familles présentes dans le bitume sont concernées par ce vieillissement.

Le vieillissement est différent suivant l'opération à la quelle est soumis le bitume stockage, enrobage, répandage, vieillissement institue sur la chaussée. Deux types d'évolution sont à considérer ; des évolutions physiques et chimiques.

II-14-1- Le vieillissement physique : [39]

Le vieillissement physique se traduit par une augmentation de la viscosité sans modification chimique des constituants. Il touche essentiellement l'organisation colloïdale du matériau. La première cause est le chauffage lors de l'enrobage. L'augmentation de température permet une solubilisation, dans la matrice malténique, des résines adsorbées sur les micelles asphalténique. Les micelles et les agglomérats d'asphaltènes sont alors déstabilisés. Le réseau se désorganise et tend à se casser. Cette thixotropie est plus ou moins intense selon la nature et la classe du bitume. La remise en structure, par diminution de température, est lente.

Avec certains granulats dont le caractère absorbant par porosité est prononcé, les huiles légères peuvent migrer dans les pores des granulats et des fines, la composition globale du système est alors modifiée. Si cette migration est faible et lente, elle n'est pourtant pas négligeable et entraîne un déséquilibre à l'origine de la formation d'agglomérats de taille importante.

Cependant le durcissement physique contrairement au vieillissement chimique est un phénomène réversible, la vitesse de retour à l'état initial du système dépend de la viscosité du solvant ces-à-dire des huiles saturées malténique.

II-14-2-Le vieillissement chimique :

Le vieillissement chimique est essentiellement dû à des phénomènes d'oxydation et de polymérisation. Il implique une évolution structurale et rhéologique des composants du bitume. Lors du vieillissement, une partie des huiles aromatiques oxydées subit une polycondensation qui les convertit en résines et les résines se condensent en agrégats d'asphaltènes. Les ruptures des chaînes hydrocarbonées des huiles entraînent la formation d'alcane et d'hétérocomposés. Les asphaltènes subissent, eux aussi, une oxydation par l'action de l'oxygène de l'air, lors des étapes de vieillissement. Des carbènes peuvent également être engendrés. La viscosité du bitume augmente. La pénétration et la susceptibilité thermique du matériau diminuent. Cette dernière peut être attribuée à des changements de composition chimique. En effet, parmi les 4 familles composant le bitume, la fraction asphalténique est la seule à augmenter, or c'est la fraction de plus basse susceptibilité thermique. [40] De tendance « sol » à « sol-gel », le fluide acquiert une tendance « gel ».

Ramond et Such [41] 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. [42] 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 [43] de prouver l'existence de ces réactions d'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. [44]



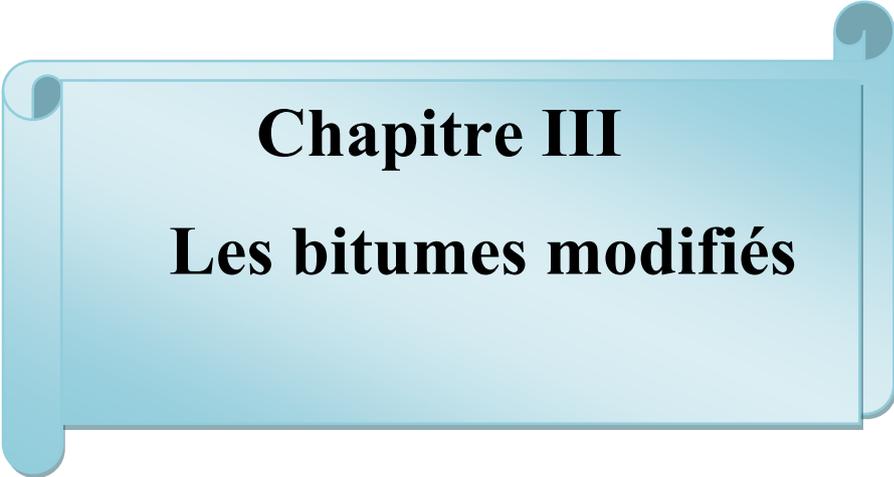
Référence

- [1] : jeuageogemallok –ing-les enrobés bitumineux Tome1.
- [2] : [LCPC, 1994] LCPC. Conception et dimensionnement des structures de chaussée. Guide Technique, LCPC-SETRA ,1994.
- [3] : Ait Mokhtar K, Influence de l’affinité liant hydrocarboné granulat sur les caractéristiques des mélanges hydrocarbonés, thèse de Magister, FGC/USTHB, 1994.
- [4]; [6] : étude de comportement projet de fin d’étude: moussa SARR.
- [5] ; [7]: Bernard ; institut français du pétrole(IFP).
- [8] ; [14] : Dron,R; bestougeff,M ; vainovitch,IA ; contribution à l’étude des états structuraux des bitumes, rapport de recherche LPC n° 75.
- [9] : Lesueur ; D,Rhéologie,2,1 ;2002 ;sauterey,R,irastorza-Berbet,D ;Depetrinr,A ;ossola,MF.
- [10] : Lesueur,D ;planche,P ;bull.liaison.Labo.P et Ch.229,3,Nov-Déc.2000.
- [11] : Brulé,B ;Rev.gén.routesaérodr ;75 ;7 ;21.Janvier 1998.
- [12] : JF.corté,H.Dibendetto matériaux routiers bitumineux 1 ;description et propriétés des constituant ;ed la voisier,2005.
- [13] : Kennel,B ;Rev.liaison.Labo.P et Ch,numérospecialV,P 73,décembre 1977.
- [15] : Groenzin,H,Mullins,O,J.phys.chem.A,103,11237, 1999.
- [16] : Bion ; Y ; structure colloïdale des bitumes .Relation entre composition structure-comportement-rapports des Laboratoires .série physique et chimie , PC-4 ;Juin 1984.
- [17] : Groenzin, H ; mullins ;O.C ;pétroleum.Sci.andTechnology ;19(1et2) ;863 ;2001.
- [18] : Badre,S ;goncalves,C.C ;Norinaga,K ;Gustavson,Mullins,O.C ;Fuel,85,1,2006.
- [19] : Brule.B,Liants modifiés par les polymères pour les induits et enrobés spéciaux rapport les laboratoires ,PC,Fév.1986,P.8.
- [20] : mémoire pour obtenir le titre de docteur de l’institut national polytechnique de toulouse : par :nadinetachon.
- [21] : Exposé du 1^{er} année master module raffinage du pétrole 2016.
- [22] : www.bitume.info/mission.Jsp.
- [23] : Rabah Amel, Reiki zahia « optimisation de bitumes oxydé sur les matières étanchéités » > mémoire de fin d’étude en vue de l’obtention du diplôme de master en ingénierie biomoléculaire université des sciences et de technologie d’Oran Mohamed Boudiaf (2013/2014).
- [24] : liants bitumes- polymères de la fabrication à la mise en œuvre en enrobés : influence de la nature du bitume sur leur propriétés mécaniques, leurs micromorphologies et leur stabilité thermique « Anne Dony » > décembre 1991.
- [25] : F. Vérhée and J.-L. Delorme, “Enrobés classiques et à module élevé : Bilan de comportement des enrobés à module élevé,” Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées, vol. 172, pp. 43–46, 1991.



Référence

- [26]: The bitumen industry - A global perspective. Production , chemistry, use, specification and occupational exposure. Asphalt Institute & Eurobitumen, 2011.
- [27]: J.-F. Corté and H. D. Benedetto, Matériaux routiers bitumineux 1. Lavoisier, 2005.
- [28]; [31]: livre 1 produits pétroliers schémat de fabrication; P.294-295 :Jean-pierre-Wavquier(institut français du pétrole(IFR)).
- [29]: thèse: Andrea THEMELI; pour obtenir le grade de : Docteur de l'Université de Strasbourg.03 juillet 2015
- [30]: Guessabi N, Etude de l'influence du déchet plastique sur le comportement à la traction indirecte des enrobés bitumineux modifiés, thèse de Magister, FGC/USTHB, 2011.
- [32]: cour, Mme H.berdaa ; module: raffinage du pétrole. Décembre 2017.
- [33]: Such, C; Ramond, G; Bull. Liaison. Labo. P et Ch., **200**, 3, 1995.
- [34]: Such, C; Ramond, G; Rev. gén. Routes aérod.; **730** , 57, juin 1995.
- [35]: J.F. Corté, H. Di Benedetto,
Matériaux routiers bitumineux 1, description et propriétés des constituants, ed. Lavoisier, 2005
- [36]: Kennel, M., Bull. Liaison. Labo. P et Ch., **numéro spécial V**, p 73, décembre 1977
- [37]: Brion, Y ; Structure colloïdale des bitumes. Relations entre composition structure-comportement-Rapports des Laboratoires, Série Physique et Chimie, **PC-4**, juin 1984
- [38]; [43]; [40]: Mastrofini, D ; Scarsella, M ; Fuel, **79**, p 1005, 2000.
- [39]; [13]: thèse de Mme Nadine tachon « nouveaux types de liants routiers à hautes performances, a teneur 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.
- [41]: Ramond, G., Such, C; Bull. Liaison. Labo. P et Ch., **168**, 65, juillet-août 1990.
- [42]: Marvillet, J., Verschaeve, A ; Contribution à l'étude de l'évolution des bitumes à l'enrobage, Eurobitume, 1981.
- [44]: Brûlé, B ; Rev. gén. Routes aérod ; **711**, 18, octobre 1993.



Chapitre III
Les bitumes modifiés

Introduction : [1]

Les bitumes modifiés contiennent généralement des polymères ou des paraffines qui modifient leurs propriétés rhéologiques et sont utilisés pour les routes, sur les toitures et pour l'étanchéisation.

Dans le cas des bitumes modifiés au polymère, la performance finale recherchée du produit dépend du choix du type de polymère. Les polymères généralement utilisés dans l'industrie du bitume sont les polymères élastomériques, par exemple le SBS (copolymère styrène-butadiène séquencés).

Les liants modifiés à la cire présentent à des températures élevées une viscosité inférieure à celle du bitume non modifié. Cette viscosité réduite permet aux utilisateurs finaux de :

- Réduire les températures de mélange de 20°C en général.
- Conserver des températures de mélange habituelles et améliorer l'exploitabilité et le temps disponible pour une compaction efficace par rapport au bitume standard utilisé pour les routes.

En outre, les liants modifiés à la cire sont destinés à améliorer les caractéristiques de performance propres au bitume à des phases spécifiques de la construction et pendant la durée de service.

III-1-Définition :

Les bitumes modifiés sont des liants bitumineux dont les propriétés ont été modifiées par l'emploi d'un agent chimique, qui introduit dans le bitume de base, en modifie la structure chimique et les propriétés physiques et mécaniques. Ils sont utilisés dans le domaine de la route. [2]

D'autres agents modificateurs du bitume existent encore, en particulier les SB (Styrène Butadiène) dans la catégorie des élastomères ainsi que les PIB (polyisobutylènes) et le caoutchouc (naturel ou synthétique).[3]

La Figure.06- donne une représentation schématique de certaines des structures types observées en microscopie de fluorescence.

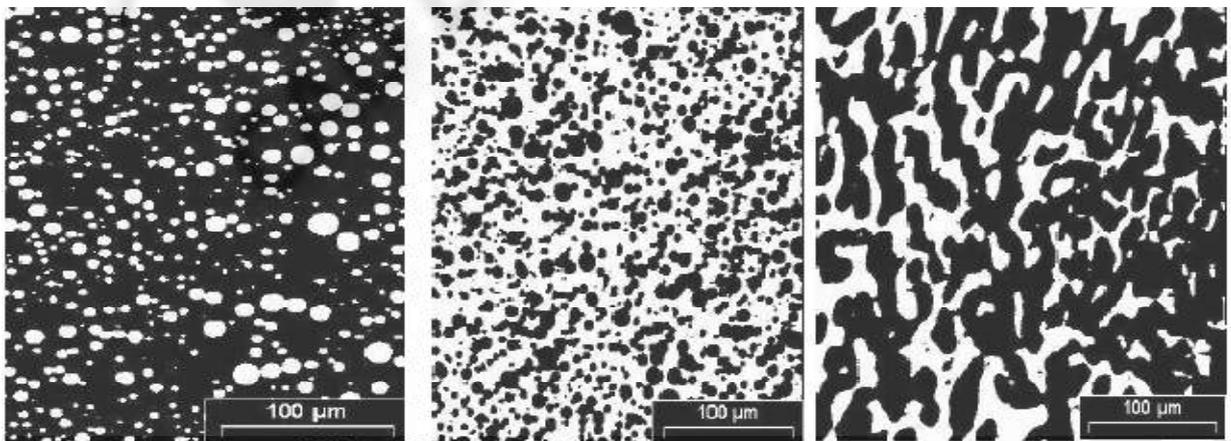


Fig.06- Observation microscopique d'un bitume polymère de type plastomère (à gauche : à matrice bitume continue ; au milieu : à matrice polymère continue ; à droite : à matrice mixte)

Ils sont codifiés dans la norme NF EN 14023. La norme est plutôt une description qu'une véritable classification en fonction de performances. [2]

III-2- composition des bitumes modifiés : [4]

Ils sont préparés avant emploi dans une unité spécialisée. Les agents chimiques comprennent le caoutchouc naturel, les polymères synthétiques, le soufre et certains composés organométalliques.

Les principaux agents chimiques utilisés dans la modification des bitumes sont :

III-2-1-Élastomères thermoplastiques :

Telle que :

- SBS (styrène-butadiène-styrène). Un bitume modifié par des polymères de type SBS, dénommé orthoprène, a été utilisé pour fabriquer les enrobés constituant la couche de roulement du viaduc de Millau, extrêmement mince, mais supportant d'importantes sollicitations.
- SIS (Styrène-Isoprène-Styrène).
- SBR (copolymère statistique).

III-2-2-Plastomères thermoplastiques :

C'est Un bitume modifié par des types des polymères sont :

- EVA (Éthylène-acétate de vinyle).
- EMA (Éthylène-acrylate de méthyle).
- EBA (Éthylène-acrylate de butyle).
- PIB (Poly isobutylène).
- Néoprène, Styrène-butadiène.
- Caoutchouc naturel.
- Poudrette de caoutchouc.

III-3-Les bitumes modifiés : [5]

Les bitumes modifiés sont des bitumes dont les propriétés rhéologiques ont été modifiées pendant la fabrication par l'emploi d'un ou de plusieurs agents chimiques telle que :

III-3-1-Les bitumes modifiés élastomères :

On distingue les mélanges physiques et les bitumes élastomères obtenus par réticulation. Les mélanges physiques sont généralement hétérogènes à une échelle de quelques micromètres. La finesse de la structure des bitumes élastomères va directement intervenir sur la stabilité du mélange à chaud et sur ses propriétés physiques sur toute la gamme de température.

Les bitumes élastomères réticulés ont une structure résultant d'une double forme de liaisons extrêmement fines, de l'ordre du micromètre. Cette réaction est irréversible. Ils ont, par

rapport au liant initial, des résistances en traction plus élevées, ainsi que des raideurs et des ductilités augmentées. [6]

Entre une influence sur la composition chimique du mélange, la modification aux polymères influe sur les propriétés du mélange. [7] Ainsi, comme nous l'avons vu, la TBA du BmP diffère de celle du bitume pur. Cette augmentation est due :

- D'une part à la moléculaire des séquences polystyrène et polybutadiène.
- D'autre part à la teneur en huile saturée du bitume.

La composition du polymère influe peu sur le taux de gonflement. Selon Brion le taux de gonflement du polymère varie légèrement et en sens inverse de la concentration en styrène dans le polymère. Le mode de préparation peut aussi avoir une influence sur le taux de gonflement, notamment les agitateurs et la température d'élaboration du mélange. [8]

La modification du bitume par des élastomères induit des différences de comportement rhéologique. [9] Par rapport au bitume pur, le BmP et SBS présente, à basse température, des modules plus faibles, donc une meilleure flexibilité. La situation s'inverse à haute température. Pour un bitume donné, cette modification du comportement rhéologique dépend de la nature et de la teneur en polymères. [6]

III-3-2- Les bitumes modifiés plastomères :

Les liants plastomères présentent généralement une augmentation de la consistance à température élevée ainsi qu'une plus faible susceptibilité thermique.

Les PIB ont une bonne compatibilité avec les bitumes routiers. Ils permettent principalement de diminuer leur fragilité à basse température. D'où l'idée d'associer le PIB et l'EVA pour améliorer simultanément les propriétés à basse et à haute température du bitume. Un choix judicieux des constituants permet par ailleurs d'assurer une bonne stabilité au stockage du liant bitumineux résultant. [10]

Les principaux types utilisés dans la modification des liants plastomères sont :

III-3-2-1- Les bitumes copolymères d'éthylène (EVA, EMA et EBA) : [11]

Aux faibles teneurs en polymères (< 5 %), la modification des propriétés est due essentiellement à l'augmentation de la teneur en asphaltènes de la phase bitume. Dans ce cas, le choix du bitume d'origine est prépondérant.

Aux fortes teneurs en polymères, on a affaire à un polymère plastifié par une fraction des maltènes du bitume et c'est le choix du polymère qui conditionne les propriétés du liant. On constate une diminution de la pénétrabilité et une forte augmentation de la température bille-anneau.

III-3-2-2-Les bitumes copolymères d'éthylène - polyisobutylène (PIB) :

L'addition de PIB aux bitumes routiers en diminue la fragilité à froid. L'utilisation conjointe de PIB et d'EVA permet d'améliorer simultanément le comportement à haute et basse température.

À l'exception des liants PIB-EVA, les mélanges bitumes copolymères sont rarement stables au stockage. (Sauf pour des teneurs < 3 % EVA et pour des liants à faible teneur en asphaltènes). Il est nécessaire d'agiter ou de recercler le liant.

III-3-2-3-Les bitumes caoutchouc : [12]

Selon la Directive 21/2007, il s'agit de liants modifiés avec du caoutchouc (le contenu en caoutchouc n'est pas spécifié, il n'est pas non plus précisé si la modification est obtenue grâce à d'autres additifs). Ces liants doivent respecter les spécifications des bitumes modifiés.

Pendant l'interaction bitume-caoutchouc, les particules de caoutchouc commencent à gonfler ou à augmenter de volume étant donné l'absorption des fractions aromatiques. Autour de la particule de caoutchouc se forme un « gel » ou une « couche molle » qui se détache sous l'effet de l'agitation en même temps qu'elle est intégrée au bitume. En portant le phénomène à l'extrême, si la température ou l'énergie d'agitation étaient prolongées, la particule de caoutchouc disparaîtrait au sein du bitume.

Pour la modification de bitumes-caoutchouc, on peut utiliser deux types de mélangeurs :

III-3-2-3-1-Les bitumes caoutchouc non stockables : [11]

Fabriqué à partir de poudrette de caoutchouc obtenue par râpage de caoutchouc naturel et synthétique, le bitume caoutchouc présente un caractère élastomère, une haute viscosité à haute température et une bonne flexibilité à basse température.

III-3-2-3-2-Les bitumes caoutchouc stockables :

Fabriqué à partir de déchets broyés de pneumatiques de camions et de voitures, d'une huile lourde et d'un élastomère synthétique, le bitume caoutchouc présente un très fort allongement à la rupture à basse température.

III-4- Propriétés du mélange :

En général, une modification aux polymères renforce la consistance à chaud (diminution du fluage) et/ou amélioré la souplesse à froid (diminution de la fragilité aux basses températures). [13] Le gonflement du polymère par absorption d'huiles malténiques à pour effet d'enrichir la phase bitume en résines et en asphaltènes. Ceci se traduit par une augmentation de la viscosité de la phase bitumineuse. Le liant devient plus élastique et plus résistant à l'écoulement. [14]

III-5-Evolution des caractéristiques mécaniques et chimiques des bitumes modifier :

III-5-1-Objectif de la modification : notion de liant idéal :

Le but de cette modification est d'approcher le comportement rhéologique d'un liant idéal décrit par Brûlé [15] en vue de diminuer la susceptibilité thermique du liant [16], dans toute la plage des températures d'utilisation (-300°C +60°C) mais très forte aux températures de mise en œuvre (130°C à 170°C). Sa susceptibilité aux temps de charge doit être faible alors que sa résistance à la déformation permanente, à la rupture et à la fatigue doit être forte. Parallèlement, il faut au moins maintenir les bonnes propriétés d'adhésivité des liants traditionnels.

Ce pendant, toutes ces qualités ne peuvent pas être trouvées sur un bitume on utilisé et met au point des liants « modifiés ». [17]

III-5-2-Compatibilité bitume-polymère :

La compatibilité du bitume avec le polymère se traduit par un mélange idéal bitume/polymère visuellement homogène auquel l'ajout de polymères confère des propriétés mécaniques intéressantes. [18]

Cette compatibilité est macromorphologique et non micromorphologique [19] car elle est étroitement liée à la stabilité de la structure colloïdale du bitume et à sa composition chimique [20]. Pour ce la, le polymère ne peut être compatible avec le bitume que s'il est au moins gonflable ou mieux soluble dans la fraction huileuse des maltènes. Seuls les polymères thermoplastiques, les plastomères et les élastomères sont compatibles avec ce type d'utilisation.

- Les BmP ne forment pas une solution mais un mélange.
- Le bitume est alors appauvri en maltènes et enrichi en asphaltènes. Sa composition chimique et sa structure colloïdale sont largement modifiées. [21]

Des problèmes de stabilité peuvent donc se rencontrer lors du stockage du matériau. [22]

III-5-3-mécanisme de la modification de bitume : [23]

La modification des propriétés des bitumes purs par addition de polymère est souvent expliquée par le gonflement du polymère par les huiles du bitume.

Pour qu'un polymère soit utilisable dans la modification des bitumes, il doit être au moins gonflable, et éventuellement soluble, dans les fractions hydrocarbonées de faibles masses moléculaires du liant.

Ce l'induit qu'un liant <<bitume-polymère>> peut être considéré comme un système à deux phases.

1. Une phase polymère gonflé par les huiles.
2. Une phase plus riche en résines et en asphaltènes.

Ce ci permet une augmentation de la viscosité et le développement du caractère<<gel>> du liant modifié.

Le polymère gonflé rend donc, même à faible teneur, le bitume plus élastique et plus résistant à l'écoulement.

III-5-4- objectifs pour suivis par la modification des bitumes :

L'introduction d'un polymère dans un bitume, a pour but de modifier le comportement viscoélastique du liant et notamment d'améliorer la susceptibilité thermique de la viscosité sans dégrader ses propriétés à basse température.

Cette incorporation du polymère au bitume provoque une meilleure résistance à la fatigue et à l'orniérage des revêtements.

Les modifications bénéfiques apportées au liant et aux enrobés sont les suivantes :

Directement :

- élargissement de l'intervalle de température d'utilisation du bitume, c'est-à-dire augmentation de la température de ramollissement<<Bille et Anneau>> et diminution de la température de rupture par fragilité selon fraass.
- diminution de la susceptibilité de la viscosité du bitume.
- modification des caractéristiques rhéologiques et mécaniques du bitume en augmentant la résistance à la déformation permanente et à la rupture des enrobés dans un domaine le plus grand possible de température, de temps de charge et de contrainte.
- accroissement de la résistance de l'enrobé à la fatigue sous des sollicitations répétées.

Indirectement :

- améliore de l'adhésivité (bitume/granulat). Les polymères généralement utilisés ne possèdent pas de fonctions ou de radicaux chimiques polaires, et de ce fait n'interviennent pas dans l'adhésivité du liant au granulats. Cependant, par le fait que la viscosité du liant modifié est plus élevée que celle du liant seul, l'eau à besoin d'une énergie plus grande pour s'introduire à l'interface liant-granulat ; de ce fait l'adhésivité s'améliore.
- lutte contre le vieillissement par l'augmentation de l'épaisseur du film de liant suite à l'accroissement de sa viscosité, il se produit malgré tout une meilleure résistance au vieillissement avec l'utilisation de liant modifié. Cette amélioration semble plus importante avec pour le bitume modifié avec modifié avec du caoutchouc.

III-6 – Caractérisations des bitumes modifiés :

Comme les bitumes purs, les bitumes modifiés sont caractérisés par un certain nombre d'essais normalisés dont les plus importants sont :

1. La pénétrabilité à l'aiguille :

La détermination de la pénétrabilité à 25°C /100g/ 5s, ne pose pas en général de problèmes pour la plupart des mélanges à base de SBS et d'EVA, pour lesquels la répétabilité de cet essai est comparable avec celle obtenue avec des bitumes purs.

2. Le point de ramollissement « bille et anneau » :

Les résultats de cet essai, peuvent être perturbés dans les cas d'instabilité du bitume modifié.

3. L'indice de pénétrabilité :

Comme pour le bitume pur, l'indice de pénétrabilité calculé, semble bien définir la susceptibilité thermique des liants modifiés autour des températures moyenne de service.

4. Les essais rhéologiques :

- Viscosité :

La connaissance de la viscosité des bitumes modifiés et des bitumes purs est importante

Pour définir les conditions d'utilisations de ces liants (pompage, enrobage, répendage).

III-6-1-Module complexe :**III-6-1-1-Les essais mécaniques pour caractériser la rupture :****Essai de traction directe :****• Cohésivité au mouton – pendule :**

Le principe de l'essai au mouton – pendule vialit, est de provoquer la rupture, sous l'effet d'un choc, d'un film mince de liant de 1mm d'épaisseur, compris entre deux surfaces planes striées de 1cm². L'essai est pratiqué à différentes températures allant de +5°C 70°C, pour lesquelles on note l'évolution de l'énergie de rupture.



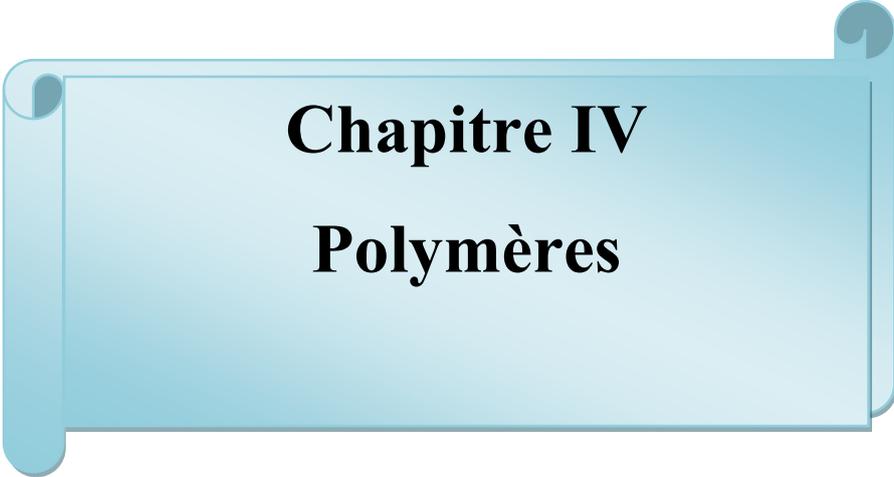
Référence

- [1] : jeuageogemallok –ing-les enrobés bitumineux Tome1.
- [2] : [LCPC, 1994] LCPC. Conception et dimensionnement des structures de chaussée. Guide Technique, LCPC-SETRA ,1994.
- [3] : Ait Mokhtar K, Influence de l’affinité liant hydrocarboné granulat sur les caractéristiques des mélanges hydrocarbonés, thèse de Magister, FGC/USTHB, 1994.
- [4]; [6] : étude de comportement projet de fin d’étude: moussa SARR.
- [5] ; [7]: Bernard ; institut français du pétrole(IFP).
- [8] ; [14] : Dron,R; bestougeff,M ; vainovitch,IA ; contribution à l’étude des états structuraux des bitumes, rapport de recherche LPC n° 75.
- [9] : Lesueur ; D,Rhéologie,2,1 ;2002 ;sauterey,R,irastorza-Berbet,D ;Depetrinr,A ;ossola,MF.
- [10] : Lesueur,D ;planche,P ;bull.liaison.Labo.P et Ch.229,3,Nov-Déc.2000.
- [11] : Brulé,B ;Rev.gén.routesaérodr ;75 ;7 ;21.Janvier 1998.
- [12] : JF.corté,H.Dibendetto matériaux routiers bitumineux 1 ;description et propriétés des constituant ;ed la voisier,2005.
- [13] : Kennel,B ;Rev.liaison.Labo.P et Ch,numérospecialV,P 73,décembre 1977.
- [15] : Groenzin,H,Mullins,O,J.phys.chem.A,103,11237, 1999.
- [16] : Bion ; Y ; structure colloïdale des bitumes .Relation entre composition structure-comportement-rapports des Laboratoires .série physique et chimie , PC-4 ;Juin 1984.
- [17] : Groenzin, H ; mullins ;O.C ;pétroleum.Sci.andTechnology ;19(1et2) ;863 ;2001.
- [18] : Badre,S ;goncalves,C.C ;Norinaga,K ;Gustavson,Mullins,O.C ;Fuel,85,1,2006.
- [19] : Brule.B,Liants modifiés par les polymères pour les induits et enrobés spéciaux rapport les laboratoires ,PC,Fév.1986,P.8.
- [20] : mémoire pour obtenir le titre de docteur de l’institut national polytechnique de toulouse : par :nadinetachon.
- [21] : Exposé du 1^{er} année master module raffinage du pétrole 2016.
- [22] : www.bitume.info/mission.Jsp.
- [23] : Rabah Amel, Reiki zahia « optimisation de bitumes oxydé sur les matières étanchéités » > mémoire de fin d’étude en vue de l’obtention du diplôme de master en ingénierie biomoléculaire université des sciences et de technologie d’Oran Mohamed Boudiaf (2013/2014).
- [24] : liants bitumes- polymères de la fabrication à la mise en œuvre en enrobés : influence de la nature du bitume sur leur propriétés mécaniques, leurs micromorphologies et leur stabilité thermique « Anne Dony » > décembre 1991.
- [25] : F. Vérhée and J.-L. Delorme, “Enrobés classiques et à module élevé : Bilan de comportement des enrobés à module élevé,” Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées, vol. 172, pp. 43–46, 1991.



Référence

- [26]: The bitumen industry - A global perspective. Production , chemistry, use, specification and occupational exposure. Asphalt Institute & Eurobitumen, 2011.
- [27]: J.-F. Corté and H. D. Benedetto, Matériaux routiers bitumineux 1. Lavoisier, 2005.
- [28]; [31]: livre 1 produits pétroliers schémat de fabrication; P.294-295 :Jean-pierre-Wavquier(institut français du pétrole(IFR)).
- [29]: thèse : Andrea THEMELI; pour obtenir le grade de : Docteur de l'Université de Strasbourg.03 juillet 2015
- [30]: Guessabi N, Etude de l'influence du déchet plastique sur le comportement à la traction indirecte des enrobés bitumineux modifiés, thèse de Magister, FGC/USTHB, 2011.
- [32]: cour, Mme H.berdaa ; module: raffinage du pétrole. Décembre 2017.
- [33]: Such, C; Ramond, G; Bull. Liaison. Labo. P et Ch., **200**, 3, 1995.
- [34]: Such, C; Ramond, G; Rev. gén. Routes aérod.; **730** , 57, juin 1995.
- [35]: J.F. Corté, H. Di Benedetto,
Matériaux routiers bitumineux 1, description et propriétés des constituants, ed. Lavoisier, 2005
- [36]: Kennel, M., Bull. Liaison. Labo. P et Ch., **numéro spécial V**, p 73, décembre 1977
- [37]: Brion, Y ; Structure colloïdale des bitumes. Relations entre composition structure-comportement-Rapports des Laboratoires, Série Physique et Chimie, **PC-4**, juin 1984
- [38]; [43]; [40]: Mastrofini, D ; Scarsella, M ; Fuel, **79**, p 1005, 2000.
- [39]; [13]: thèse de Mme Nadine tachon « nouveaux types de liants routiers à hautes performances, à teneur 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.
- [41]: Ramond, G., Such, C; Bull. Liaison. Labo. P et Ch., **168**, 65, juillet-août 1990.
- [42]: Marvillet, J., Verschaeve, A ; Contribution à l'étude de l'évolution des bitumes à l'enrobage, Eurobitume, 1981.
- [44]: Brûlé, B ; Rev. gén. Routes aérod ; **711**, 18, octobre 1993.



Chapitre IV
Polymères

Introduction :

L'incorporation des polymères aux bitumes n'est plus une idée neuve puisqu'elle a été mise à l'épreuve dès années 1970. [1] Malgré l'expérience acquise depuis maintenant plus de vingt ans, la formulation de liants polymères bien adaptés aux exigences routières reste une entreprise délicate. Les tâtonnements proviennent entre autres de la difficulté de faire le bon choix des constituants du mélange compte tenu de la diversité des bitumes et de l'éventail des polymères utilisables. [2]

Le mot « polymère » vient du grec « poly » signifiant plusieurs et « mers » parties ou unités. En effet, un matériau macromoléculaire ou polymère est constitué de longues chaînes ou les unités de répétition sont toutes les mêmes (homopolymère) ou de nature différente (copolymère). La cohésion des atomes sur une même chaîne est assurée par des liaisons chimiques fortes, tandis que les liaisons inter chaînes sont plus faibles. La présence de liaisons faibles et fortes apporte aux matériaux polymères des propriétés physicochimiques particulières. [3]

La modification chimique des polymères a été l'objet de nombreuses études, malheureusement très dispersés et sans essai de systématisation. Ce ci est en grande partie du à ce que, théoriquement tout au moins, toute réaction de la chimie organique peut être appliquée à un polymère ; les mécanismes et la cinétique peuvent cependant être très différents dans le cas de la petite molécule et du polymère. [4] Matériaux organiques, polymères, constituent l'une des trois grandes classes des matériaux avec les matériaux métalliques et les céramiques et verres.

Depuis le début des années 1950, la production des polymères est en continuelle ascension. Cette production croissante résulte d'une utilisation accrue dans le monde moderne. Les domaines d'utilisation sont très variés: Le secteur d'utilisation le plus important étant l'emballage. [5]

IV-1- Définition :**IV-1-1-Définition d'un polymère : [6]**

Un polymère est une macromolécule formée de l'enchaînement covalent d'un très grand nombre d'unités de répétition qui dérivent d'un ou de plusieurs monomères (qui sont également appelés motifs) et préparée à partir de molécules appelées monomères. Montre un exemple d'un polymère vinylique, l'un des plus importantes classes des polymères industriels. Dans l'unité de répétition, X est l'un des unités monofonctionnelles comme H, CH₃, Cl, et C₆H₅ (phényl).

IV-1-2-monomère :

Molécule de base qui réagit par des réactions dites de polymérisation. Le monomère peut être un composé organique insaturé, un composé organique comportant une ou des fonctions réactives. [7]

IV-2-Classification selon l'origine : [8]

Les polymères classés selon l'origine peuvent être :

- ✓ Des polymères naturels : ce sont des composés organiques formant la matière vivante, comme les protéines, les acides nucléiques, la cellulose, la chitin.
- ✓ Des polymères obtenus par modification chimique d'un polymère naturel, exemple: méthyl cellulose.
- ✓ Des polymères synthétiques: ce sont les matières plastiques, les élastomères, les fibres, les adhésifs.

VI-3-classification selon la structure chimique: [9]

La structure chimique des motifs permet une classification des composés macromoléculaires en homopolymère et copolymère.

VI-3-1-Les homopolymères : [10]

Les polysulfures ou thioplastes : ils possèdent des propriétés d'élasticité caout-choutique intéressantes. Sont insensible à l'eau, résistent aux huiles et essences à l'oxygène et la lumière solaire (donc au vieillissement naturel).

- les polypropylènes a tactiques : ils sont intéressants parce que disponibles à faible cout en tant que sous-produits des polypropylènes isotactiques mais leurs propriétés mécaniques, leurs compatibilité avec les bitumes et leur résistance à froid sont très médiocres.
- les polyisopropènes, les poly butènes et les polyisobutènes : ils ont des propriétés mécaniques comparables à celles du caoutchouc naturel.

VI-3-2-Les copolymères : [11]

Obtenus par association de motifs structuraux différents, les copolymères peuvent être diversifiés selon la nature des monomères mais aussi du type d'association permettant d'obtenir des copolymères statistiques, alternés, séquencés ou greffés.

Alors que les deux premiers sont , à l'instar des homopolymères, des systèmes homogènes a l'échelle de la chène macromoléculaire, les deux derniers, en revanche, sont des matériaux composés de phases de nature chimique différente ils auront alors des propriétés physiquo-mécaniques profondément différentes. Ainsi par exemple, les deux premières n'auront qu'une température de transition vitreuse, T_g , alors que les séquencés et les greffés en auront (2 spécifiques de chaque séquence), ce qui permet de combiner, dans un même matériau, les caractéristiques intrinsèques de toute une série de polymères différents.

IV-4-Classification selon le comportement thermique :

Il s'agit de l'ensemble des polymères qui ne sont ni du domaine des fibres, ni du domaine des élastomères. On distingue cependant les deux grandes familles suivantes : [7]

IV-4-1-les thermoplastiques :

Le Ramollissent sous l'effet de la chaleur, ils deviennent souples, malléables et durcissent à nouveau quand on les refroidit, ces matériaux conservent leurs propriétés et ils sont facilement recyclables. Leurs polymères de base sont constitués par des macromolécules linéaires reliées par des liaisons faibles qui peuvent être rompues sous l'effet de la chaleur ou de fortes contraintes, elles peuvent alors glisser les unes par rapport aux autres pour prendre une forme différente et quand la matière refroidit, les liaisons se reforment et les thermoplastiques gardent leurs nouvelles formes. [12]

IV-4-2-Les thermodurcissables :

Les matières thermodurcissables sont les produits dont la transformation conduit, par une réaction chimique, à des composés macromoléculaires tridimensionnels qui sont des matières thermodurcies ou thermorigides. Dans ce cas les chaînes de départ sont beaucoup plus courtes et plus réactives, ces chaînes vont se lier ensemble chimiquement, cette réaction conduit à des liens chimiques rigides et met en jeu toutes les molécules présentes pour former un réseau tridimensionnel. [13]

Deux seulement des quatre grandes familles industrielles de résines thermodurcissables sont utilisées pour les liants modifiés : les polyuréthanes et les résines époxy. Rappelons que ces polymères forment des réseaux tridimensionnels et sont obtenus par polyaddition d'une base et d'un durcisseur. [11]

IV-5-les types de modification par polymères :

Les polymères utilisés pour la modification des bitumes se divisent en deux groupes principaux, appelés comme élastomères et plastomères [14].

Au sein du groupe en élastomère, copolymères à blocs styrène butadiène styrène (SBS) ; au sein du groupe plastomère, éthylène-acétate de vinyle (EVA) et d'acrylate de butyle de l'éthylène (EBA) ont montré le plus fort potentiel lorsque mélangé avec du bitume de base [15,16].

Polymères sont habituellement fournis sous forme de granulés ou de poudre qui peut être diluée par la suite à la teneur en polymère requis par le mélange avec du bitume.

IV-5-1-Définition SBS :

SBS est un copolymère à blocs qui augmente l'élasticité de l'asphalte, et c'est sans doute le plus approprié polymère pour la modification des bitumes.

Certains auteurs affirment que la force et la résistance à la pénétration sont diminuées lorsque la température est plus élevée [17]. La flexibilité est augmentée à basse température

Copolymères SBS tirent leur force et leur élasticité physique et Croix de liaison des molécules dans un réseau tridimensionnel. Les blocs de polystyrène fin donnent la force au polymère tandis que les blocs de caoutchouteux matrice polybutadiène donnent le matériel sa viscosité exceptionnelle [18].

Lorsque SBS est mélangé de bitume, la phase élastomère du copolymère SBS absorbe les fractions de pétrole depuis le bitume et se gonfle neuf fois plus que son volume initial.

À la concentration appropriée de SBS, une phase polymère continue est formée tout au long de la CGP et modifie sensiblement les propriétés de base de bitume [19].

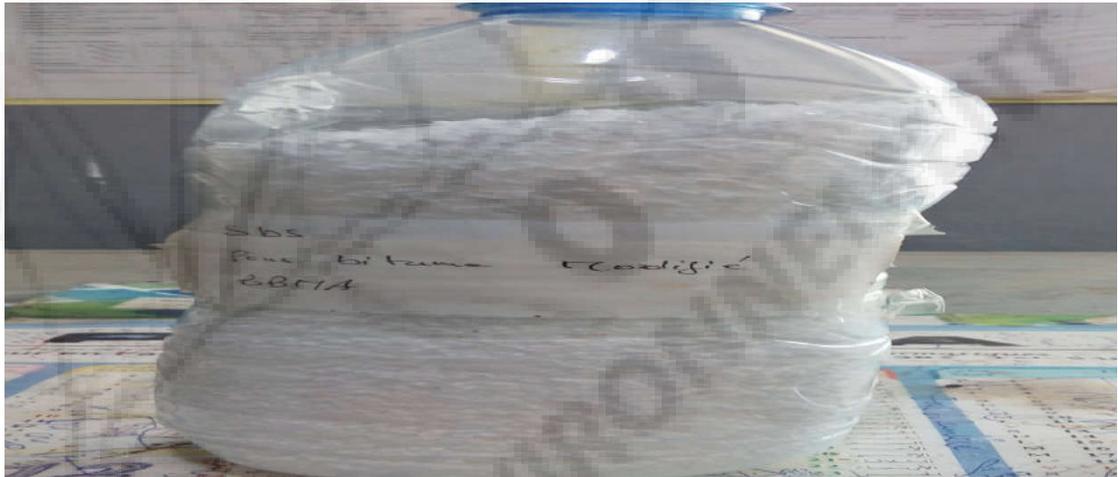


Fig.07-styrène butadiène styrène.

IV-5-2-Définition EVA :

Polymères à base d'EVA sont classés comme plastomère qui modifient le bitume en formant un réseau solide et rigide pour résister à la déformation. Leurs caractéristiques se situent entre celles de polyéthylène basse densité, semi rigide, translucide produit et ceux d'un matériau transparent et caoutchouteux semblable au PVC plastifié et certains types de caoutchoucs [20]. Ce type de polymères ont révélé comme bons modificateurs qui améliorent la déformation permanente et [21] de craquage thermique.

IV-5-3-Définition EBA :

EBA à base de polymères peut être utilisée dans une variété d'applications de la route. Ce type de polymère ne fournit pas de résistance aux impacts de basse température mais offre large compatibilité et stabilité thermique, même à des conditions de processus de polymères techniques haute température [22].

IV-5-4-type polymère caoutchouc :

Le caoutchouc est une matière plastique qui fait partie de la famille des élastomères, c'est-à-dire qu'elle est capable d'une très grande déformation et qu'elle reprend sa forme initiale dès que l'on relâche la contrainte. Le caoutchouc ne fond pas lorsque qu'on le chauffe. Les éléments qui le composent peuvent provenir de la nature, en récoltant la sève de l'hévéa brésiliens, appelée aussi

latex, qui pousse désormais surtout en Asie. Il fait partie des tout premiers plastiques que l'homme a maîtrisés. [23] Le caoutchouc peut être produit de deux façons. Naturellement ou artificiellement Il contient deux types de caoutchouc :

IV-5-4-1-caoutchouc synthétique :

Le caoutchouc synthétique est un matériau polymérique artificiel qui est produit par la polymérisation de divers précurseurs à base de pétrole connus sous le nom de monomères. Le caoutchouc synthétique le plus communément disponible est le styrène –butadiène, synthétisé à partir de la copolymérisation du styrène et du 1,3-butadiène. Certains des autres polymères de caoutchouc synthétique sont produits par polymérisation de monomères tels que l'isoprène (2-méthyle-1,3 butadiène), le chloropénie (2-chloro1,3-butadiène) et l'iso butylène(méthyl propène) quantité d'isoprène pour la réticulation. Ces polymères sont mélangés avec d'autres monomères dans des proportions différentes pour modifier leurs propriétés physiques, chimiques et mécaniques.

Il existe une vaste gamme de variétés de caoutchouc synthétique dont les propriétés varient d'un type à l'autre. Certains des caoutchoucs synthétiques les plus importants avec leurs propriétés sont énumérés ci-dessous. [24]



Fig.08-caoutchouc synthétique.

IV-5-4-2-Le caoutchouc naturel :

Le caoutchouc naturel est un polymère de masse moléculaire élevée et un élastomère aux propriétés viscoélastiques. Il est insoluble dans de nombreux solvants tels que l'eau, l'alcool, l'acétone, les acides dilués et les alcalis. Mais, il est soluble dans l'éther, le disulfure de carbone, le tétrachlorure de carbone, l'essence et la térébenthine. Le caoutchouc naturel brut possède une faible résistance à la traction et une résistance à l'abrasion. [25]



Fig.9-caoutchouc naturel.

Notre travail précise ce polymère qui est les grignons d'olive :

IV-6-Les grignons d'olive :

IV-6-1-Définition :

Les grignons d'olive sont un sous-produit du processus d'extraction de l'huile d'olive composé des peaux, des résidus de la pulpe et des fragments des noyaux. Les grignons sont les résidus solides résultant de l'extraction d'huile, alors que les résidus liquides sont dénommés margines.



Fig.10-les grignons d'olive.

IV-7-Les enrobés bitumineux

IV-7-1-Définition :

Un enrobé bitumineux est le mélange de granulats et d'un liant hydrocarboné. Les granulats utilisés couramment sont des fines (passant inférieur à $63 \mu\text{m}$), des sables et des gravillons qui constituent ce qu'on appelle le squelette granulaire. Le matériau ainsi constitué est caractérisé par sa courbe granulométrique. [26] La cohésion du squelette granulaire est assurée par le bitume. Cependant, le pourcentage de bitume contenu dans l'enrobé bitumineux joue également un rôle très important. Dans un premier temps, couplé aux fines, il lubrifie le squelette granulaire et permet le compactage du matériau. La teneur en bitume dans un enrobé peut atteindre une valeur optimale. En dessous de cette valeur, une augmentation de la teneur en bitume entraînera une augmentation

du module de l'enrobé. Au-delà de la teneur optimale, une augmentation de la teneur en bitume ne servirait qu'à combler les vides contenu dans l'enrobé et son module aurait tendance à diminuer. [27]

IV-7-2-Méthode de formulation : [28]

Dans un cadre général, une formulation se définit comme étant une méthode regroupant un ensemble de trois éléments ou piliers plus ou moins liés.

L'objectif principale d'une formulation est de déterminer une composition optimale de granulats, de liants et aussi de vides afin d'atteindre les performances visées. En plus de cet objectif, elle vise aussi à assurer la fabrication de matériaux aptes à :

- une mise en œuvre correcte in situ.
- Satisfaire les exigences de durabilité structurelle.
- Satisfaire les exigences de qualité de la chaussée.

IV-7-3-Méthode de Marshall : [29]

Cette méthode à été développée dans les années 30 par Bruce Marshall. Elle vise à choisir la teneur en liant pour une certaine densité du mélange qui satisfait à une stabilité minimale et un fluage évoluant dans un intervalle d'acceptation.

IV-7-3-1-Détermination de la stabilité et du fluage :

Une fois compactés les échantillons sont soumis à un essai de stabilité et fluage. La stabilité est la force maximale que peut supporter l'échantillon et le fluage est la déformation plastique qui s'ensuit. C'est deux valeurs sont en quelque sorte ses mesures permettant de prévoir la performance de l'enrobé.



Référence

- [1] : jeuageogemallok –ing-les enrobés bitumineux Tome1.
- [2] : [LCPC, 1994] LCPC. Conception et dimensionnement des structures de chaussée. Guide Technique, LCPC-SETRA ,1994.
- [3] : Ait Mokhtar K, Influence de l’affinité liant hydrocarboné granulat sur les caractéristiques des mélanges hydrocarbonés, thèse de Magister, FGC/USTHB, 1994.
- [4]; [6] : étude de comportement projet de fin d’étude: moussa SARR.
- [5] ; [7]: Bernard ; institut français du pétrole(IFP).
- [8] ; [14] : Dron,R; bestougeff,M ; vainovitch,IA ; contribution à l’étude des états structuraux des bitumes, rapport de recherche LPC n° 75.
- [9] : Lesueur ; D,Rhéologie,2,1 ;2002 ;sauterey,R,irastorza-Berbet,D ;Depetrinr,A ;ossola,MF.
- [10] : Lesueur,D ;planche,P ;bull.liaison.Labo.P et Ch.229,3,Nov-Déc.2000.
- [11] : Brulé,B ;Rev.gén.routesaérodr ;75 ;7 ;21.Janvier 1998.
- [12] : JF.corté,H.Dibendetto matériaux routiers bitumineux 1 ;description et propriétés des constituant ;ed la voisier,2005.
- [13] : Kennel,B ;Rev.liaison.Labo.P et Ch,numérospecialV,P 73,décembre 1977.
- [15] : Groenzin,H,Mullins,O,J.phys.chem.A,103,11237, 1999.
- [16] : Bion ; Y ; structure colloïdale des bitumes .Relation entre composition structure-comportement-rapports des Laboratoires .série physique et chimie , PC-4 ;Juin 1984.
- [17] : Groenzin, H ; mullins ;O.C ;pétroleum.Sci.andTechnology ;19(1et2) ;863 ;2001.
- [18] : Badre,S ;goncalves,C.C ;Norinaga,K ;Gustavson,Mullins,O.C ;Fuel,85,1,2006.
- [19] : Brule.B,Liants modifiés par les polymères pour les induits et enrobés spéciaux rapport les laboratoires ,PC,Fév.1986,P.8.
- [20] : mémoire pour obtenir le titre de docteur de l’institut national polytechnique de toulouse : par :nadinetachon.
- [21] : Exposé du 1^{er} année master module raffinage du pétrole 2016.
- [22] : www.bitume.info/mission.Jsp.
- [23] : Rabah Amel, Reiki zahia « optimisation de bitumes oxydé sur les matières étanchéités » > mémoire de fin d’étude en vue de l’obtention du diplôme de master en ingénierie biomoléculaire université des sciences et de technologie d’Oran Mohamed Boudiaf (2013/2014).
- [24] : liants bitumes- polymères de la fabrication à la mise en œuvre en enrobés : influence de la nature du bitume sur leur propriétés mécaniques, leurs micromorphologies et leur stabilité thermique « Anne Dony » > décembre 1991.
- [25] : F. Vérhée and J.-L. Delorme, “Enrobés classiques et à module élevé : Bilan de comportement des enrobés à module élevé,” Bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussées, vol. 172, pp. 43–46, 1991.



Référence

- [26]: The bitumen industry - A global perspective. Production , chemistry, use, specification and occupational exposure. Asphalt Institute & Eurobitumen, 2011.
- [27]: J.-F. Corté and H. D. Benedetto, Matériaux routiers bitumineux 1. Lavoisier, 2005.
- [28]; [31]: livre 1 produits pétroliers schémat de fabrication; P.294-295 :Jean-pierre-Wavquier(institut français du pétrole(IFR)).
- [29]: thèse: Andrea THEMELI; pour obtenir le grade de : Docteur de l'Université de Strasbourg.03 juillet 2015
- [30]: Guessabi N, Etude de l'influence du déchet plastique sur le comportement à la traction indirecte des enrobés bitumineux modifiés, thèse de Magister, FGC/USTHB, 2011.
- [32]: cour, Mme H.berdaa ; module: raffinage du pétrole. Décembre 2017.
- [33]: Such, C; Ramond, G; Bull. Liaison. Labo. P et Ch., **200**, 3, 1995.
- [34]: Such, C; Ramond, G; Rev. gén. Routes aérod; **730** , 57, juin 1995.
- [35]: J.F. Corté, H. Di Benedetto,
Matériaux routiers bitumineux 1, description et propriétés des constituants, ed. Lavoisier, 2005
- [36]: Kennel, M., Bull. Liaison. Labo. P et Ch., **numéro spécial V**, p 73, décembre 1977
- [37]: Brion, Y ; Structure colloïdale des bitumes. Relations entre composition structure-comportement-Rapports des Laboratoires, Série Physique et Chimie, **PC-4**, juin 1984
- [38]; [43]; [40]: Mastrofini, D ; Scarsella, M ; Fuel, **79**, p 1005, 2000.
- [39]; [13]: thèse de Mme Nadine tachon « nouveaux types de liants routiers à hautes performances, a teneur 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.
- [41]: Ramond, G., Such, C; Bull. Liaison. Labo. P et Ch., **168**, 65, juillet-août 1990.
- [42]: Marvillet, J., Verschaeve, A ; Contribution à l'étude de l'évolution des bitumes à l'enrobage, Eurobitume, 1981.
- [44]: Brûlé, B ; Rev. gén. Routes aérod; **711**, 18, octobre 1993.

Description de la zone 10 des bitumes :**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.
- **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]

Tableau 04- Caractéristiques du BRI [2]

Test	Méthode	Norme
Densité 15/4	ASTM D4052-96	0.9700 Min
Viscosité à 50 °C	ASTM D445-96	800/1800 Cst
Point d'écoulement °C	ASTM D97-96	+12
BSW	ASTM D95-93 ASTM D473-81	0.2 Max
Teneur en Asphaltènes % Pds	IP 143-84	8 Min
Teneur en sulfure % Pds	ASTM D2622-94	4 Max
Point de flashe	ASTM D93-96	>= 110

V-1-Unité de production de bitume routier (Unité 14) : [2]

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

Le bitume 40/50 est le produit principal de cette unité, ces spécifications sont représentées dans le tableau I-2.

Tableau 05-Spécifications du bitume 40/50

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

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/cm², 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 oil 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^2) 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.



Fig.11-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 :

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 (H₂S) 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.

b. 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.

c. 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.

d. Circuit de vapeur de soufflage :

Au sommet de la colonne, il y a deux injections de vapeur qui introduisent de la vapeur 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.

e. 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 14K4.





Chapitre v

Description du schéma technologique



Référence

[1] : Projet professionnel de fin de formation Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur Spécialisé Raffinage &Pétrochimie ; Réalisé par: Suivi par: M. Belkacem AOUED, M. Hadj Messaoud REBIHA. février.2016.

[2] : Manuel opératoire de la zone 10 de la raffinerie d'Arzew.



Problématique :

Vu l'importance du bitume dans des applications très diverses tels que le domaine routier, on lance cette étude pour améliorer ses caractéristiques physico-chimiques et rhéologiques par l'incorporation de quelques quantités des deux types différents de polymères l'utilisation de bitume en technique routière a imposé à ce matériau issu du pétrole un strict contrôle de ses propriétés. Pour se faire des recherches scientifiques ont été faites et se font toujours, afin de trouver une meilleure formule pour avoir un bitume qui soit performant dans toutes les conditions de trafic et de climat, en faisant appel à la modification du bitume ou dans le cas des routes bitumineuses par ajout de polymère. Ce travail consiste à modifier un bitume de classe 40 /50 en utilisant le styrène butadiène styrène SBS, à teneurs de 2% du poids du bitume routier, et malaxer le mélange dans des conditions bien précises de température et du temps de malaxage variant de 1 heure à 2 heures et les grignons d'olives 0.333% et malaxé pendant 24 heures à une vitesse d'agitation de 300tr/min et une température de $180^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$.

Introduction :

Matériaux du bitume avec une qualité de pénétration de 40/50 a été utilisé comme matériau de base pour la modification. Détails sur ses propriétés technologiques et la composition chimique.

Il ya un agent modificateur, à une substance polymérique ou non polymérique.

L'objectif de notre travail c'est préparé deux mélanges de différents polymères avec le bitume routier (40/50) pour modifier les propriétés physiques et améliorée la qualité de notre mélange pour obtenue un bitume modifié.

VI-1- Les principes des appareils pour détermine les caractéristiques des bitumes :

Il ya quatre des appareils d'essais pour déterminer les caractéristiques des bitumes telle que :

VI-1-1-Le ramollissement : norme ASTM D 36

Une bille d'acier d'une masse déterminée est placée sur une prise d'essai du produit, contenue dans un anneau de métal de dimensions normalisées.

La température à la quelle la prise d'essai devient assez molle pour que la bille, ayant pénétré le produit bitumineux, tombe enveloppée de celui-ci d'une hauteur déterminée, correspond au point de ramollissement.



Fig.12-l'appareille de ramollissement.

VI-1-2-La pénétration : norme ASTM D 5

L'échantillon est fondu (si on débuté à la température ambiante) et refroidi sous des conditions contrôlées. La pénétration est mesurée avec un pénétromètre à l'aide d'une aiguille normalisé, est appliquée à l'échantillon dans des conditions spécifiques.



Fig.13-l'appareille de pénétration.

VI-1-3-La ductilité : norme ASTM D 113

Est mesurée par l'allongement, à l'instant précis de sa rupture d'une éprouvette de forme déterminée que l'on étire à une vitesse et à une température normalisée.



Fig.14-l'appareille de la ductilité.

VI-1-4-Point de flashe : norme ASTM D 92

L'objectif d'essai contenu dans le vase ouvert, est chauffé à l'abri des courants d'air, progressivement et sans interruption, d'une manière telle que sa température augmente de 5 à 6°C par minute, au moment on l'inflammation des rappers se produit sous l'influence d'une flamme de veilleuse, la température est relevée. Cette température au correspond au point d'éclaire recherché.



Fig.15-l'appareille de point de flashe.

VI-2-Partie expérimentale

VI-2-1-Etude bitume/grignon d'olive :

Notre 1^{ère} partie consiste à réaliser un mélange de bitume/grignon d'olive et de constater les changements obtenus sur les caractéristiques initiales du bitume routier, en faisant appel aux essais de caractérisation des bitumes.

Le bitume sera mélangé avec 0.333% de grignon d'olive et malaxé pendant 24 heures à une vitesse d'agitation de 300tr/min et une température de $180^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$.

VI-2-1-1-Identification des grignons d'olives :

- Marron foncé.
- C'est une déchée.
- Provenance : polymère de Tizi-Ouzou.

VI-2-1-2-Identification du bitume routier :

- C'est un bitume de classe 40/50.
- Provenance : raffinerie d'Arzew.
- Densité : 1.042 gr/cm^3 .
- La pénétrabilité à l'aiguille à 49°C .
- Le point d'éclair à 256°C .
- Le point de ramollissement à 48.5°C .

VI-2-1-3-Identification des bitume/grignon d'olive :

- La pénétrabilité à l'aiguille à $32\text{à}34^{\circ}\text{C}$.
- Le point d'éclair à 258°C .
- Le point de ramollissement à $52\text{à}62^{\circ}\text{C}$.
- La ductilité 64cm.

D'après les résultats obtenus le bitume utilisé représente bien les caractéristiques d'un bitume routier (40/50).

VI-2-1-4-La réalisation du bitume/grignon d'olive :

D'autre part, nous avons posée une quantité de sable dans un cristalliseur afin de garder la température d'un mélange (la distribution de la température au tour d'un mélange). A température est égale 150°C nous avons chauffé notre sable. **(Voir annexe II-1)**

Dans une plaque chauffante; et après un certain temps de chauffage compté de sable, nous avons pris notre béccher qui contient le bitume. **(Voir annexe II-2)**

Puis nous avons ajoutée les grignons d'olive peu à peu avec une vitesse très faible (1.5 à 2 min), à une température fixée (180°C). **(Voir annexe II-3)**

Enfin, quand la quantité des grignons d'olive sera finie nous avons élevée la vitesse d'agitateur aux valeurs maximale pondent 24h pour obtenu un mélange miscible.

(Voir annexe II-4)

D'après les analyses des caractéristiques des bitumes routiers et modifiés au niveaux de laboratoire de la raffinerie d'Arzew, les résultats obtenus sont réunies dans les tableaux suivants :

✓ **Pur le point de ramollissement :**

Tableau 06- Résultat de point de ramollissement.

Temps	Bitume routier (40/50)	Bitume modifié
1	47	52
2	48	54
3	49	57
4	46	60
5	47	62

✓ **Présentation graphique :**

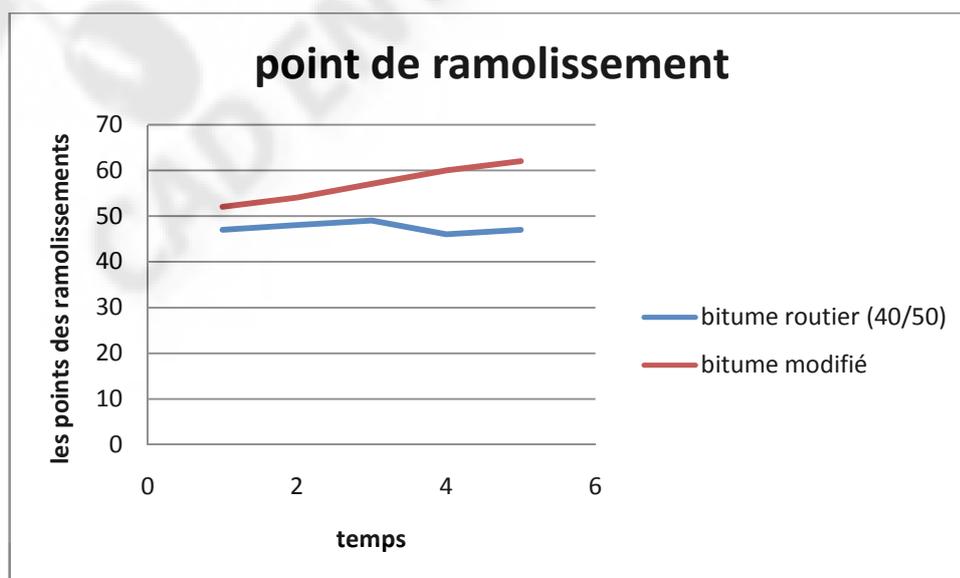


Fig.16-variation du point de ramollissement en fonction de temps.

✓ Pour le point de pénétrabilité :

Tableau 07- Résultat de point de pénétrabilité.

Temps	Bitume routier (40/50)	Bitume modifié
1	49	32
2	47	33
3	48	34
4	45	32
5	50	32

✓ Présentation graphique :

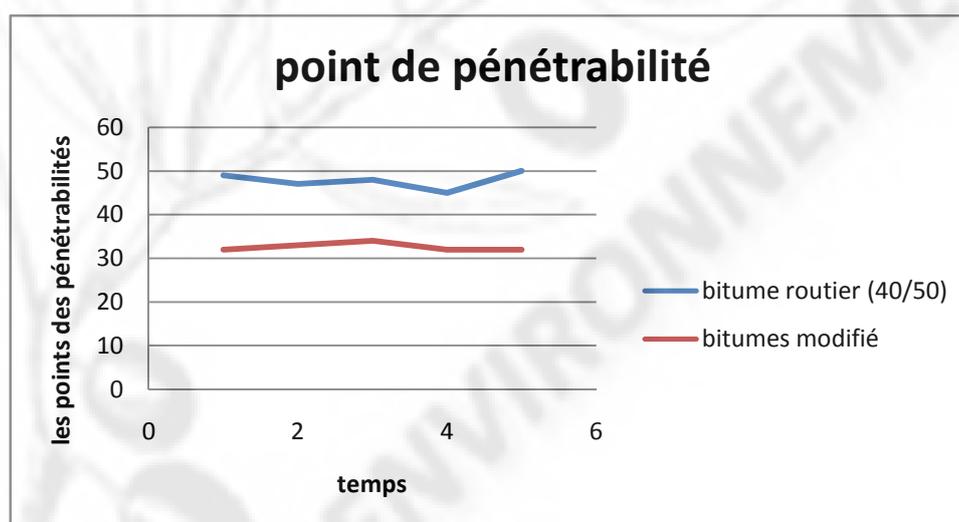


Fig.17-variation de point de pénétration en fonction de temps.

VI-2-2-Etude bitume/SBS :

Notre 2^{ème} partie consiste à réaliser un mélange de bitume/SBS et de constater les changements obtenus sur les caractéristiques initiales du bitume routier, en faisant appel aux essais de caractérisation des bitumes.

Le bitume sera mélangé avec 2% de polymère(SBS) et malaxé pendant 2 heures à une vitesse d'agitation de 300 tr/min et une température de $180^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

VI-2-2-1-Identification du Styrène –Butadiène-Styrène :

- Provenance : polymère Tiaret.
- C'est une bulle.
- Blanche et sans odeur.

VI-2-2-2-Identification du bitume routier :

- C'est un bitume de classe 40/50.
- Provenance : raffinerie d'Arzew.
- Densité : 1.042 gr/cm³.
- Détermination de la pénétrabilité à l'aiguille à 49°C.
- Détermination du point d'éclair à 256°C.
- Détermination du point de ramollissement à 48.5°C.

VI-2-2-3-Identification du bitume modifié (bitume/SBS) :

- La pénétrabilité à l'aiguille à 23-35°C.
- Le point d'éclair à 260°C.
- Le point de ramollissement à 80-87 °C.
- La décutilité à 67cm.

D'après les résultats obtenus le bitume utilisé représente bien les caractéristiques d'un bitume routier (40/50).

VI-2-2-4-La réalisation du bitume/SBS :

D'autre part, nous avons posée une quantité de sable dans un cristalliseur a température est égale 150°C nous avons chauffée notre sable.

Ensuite, nous avons chauffé le bitume dans une béccher sur une bien sable jusqu'à la température l'essai 180°C ± 5°C.

Puis nous avons ajoutée le SBS peu à peu avec une vitesse très faible (1.5 à 2 min), à une température fixée 180°C.

Après déterminée la quantité de SBS en bitume, ont une augmentation de la vitesse d'agitateur a 300tr/min pour malaxé notre mélange, jusqu'à ce que nous obtenir un mélange homogène.

D'après les analyses des caractéristiques des bitumes modifiés au niveaux de laboratoire de la raffinerie d'Arzew, les résultats obtenus sont réunies dans les tableaux suivants :

✓ **Pour le point de ramollissement :**

Tableau 08- Résultat de point de ramollissement.

Temps	Bitume routier (40/50)	Bitume modifié
1	47	80
2	48	82
3	49	87
4	46	84
5	47	83

✓ **Présentation graphique :**

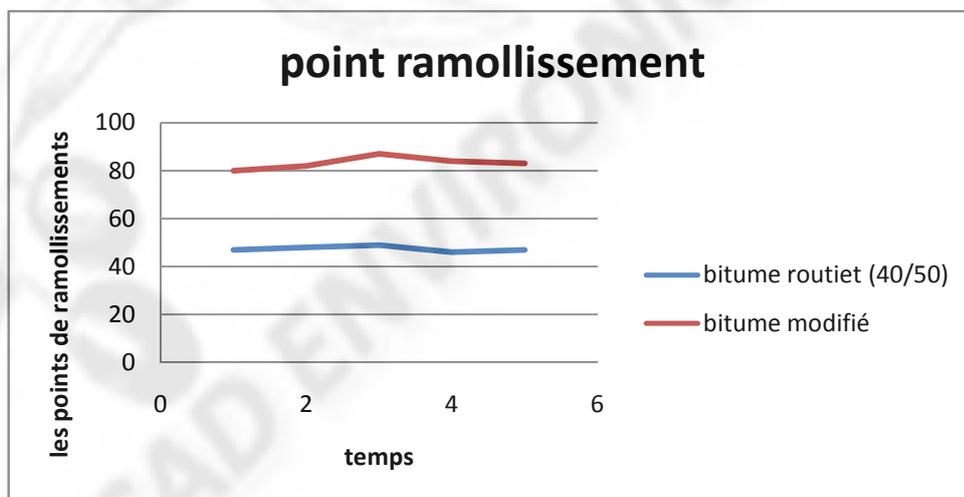


Fig.18-variation de point de ramollissement en fonction de temps.

✓ Pour le point de pénétrabilité :

Tableau 09- Résultat de point de pénétrabilité.

Temps	Bitume routier (40/50)	Bitume modifié
1	49	25
2	47	27
3	48	31
4	45	23
5	50	35

✓ Présentation graphique :

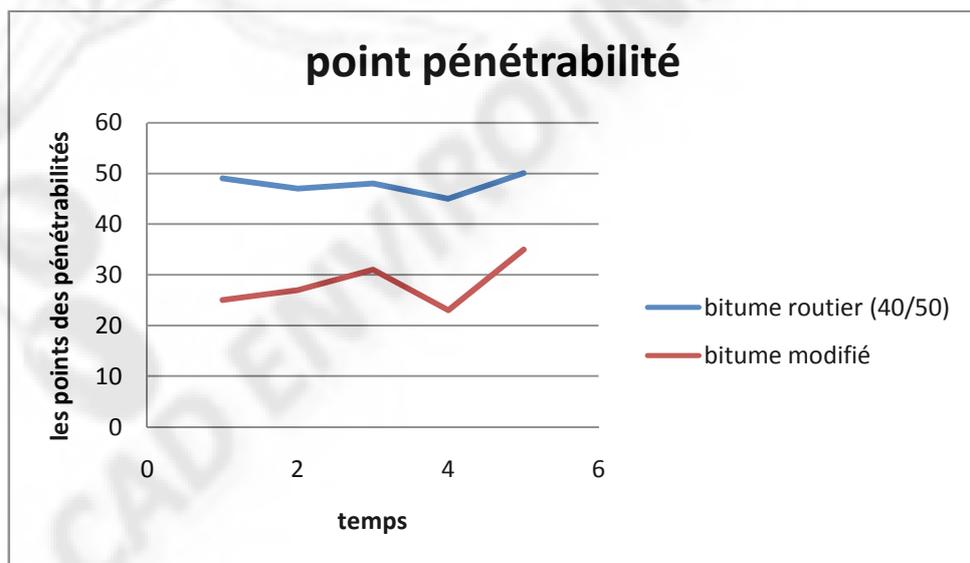


Fig.19- variation de point de pénétration en fonction de temps.

VI-2-3-Etude bitume modifié/agrégat :

VI-2-3-1-Le mélange bitume modifié/agrégat

Nous avons préparée un mélange (des agrégats / bitume modifiée), afin d'obtenir un enrobée modifiée, nous avons passée par les étapes suivants :

1^{ère} étape : nous avons mesurées les différentes classes des agrégats (0/3,3/8,8/15) et le bitume modifiée (**Voir annexe III-1**)

2^{ème} étape : puis chauffée notre mélange dans une étuve à 167°C pendant 2h, après 2s la fixation de l'étuve à 140 °C. (**Voir annexe III-3**)

3^{ème} étape : nous avons malaxée notre mélange dans un malaxeur pendant 3 min (**voir annexe III-4**) puis, divisée notre mélange en 4. (**Voir annexe III-5**)Chacun contient 1200g vers étuve.

4^{ème} étape: nous avant chauffée les 4 Gâchés pendant 30 min, puis nous les remplies avec le mélange vers le compactage avec un appareil (DAME MARSHAL) de 50 N dans les deux phases vers refroidissement de 2h à 3h, ces derniers sont démoulée avec un appareil (PRESSE DURIER) en KN. (**Voir annexe III-6**)

Elles sont reste 24h puis nous avons les mettant dans un bain marie pendant 30 min (**voir annexe III-7**) avant l'écrasement dans l'appareil de PRESSE DURIER avec une pièce fermée (**voir annexe III-8**), afin de lire l'essai Marshall. (**Voir annexe III-6**)

D'après les analyses des caractéristiques des enrobés modifiés au niveau de laboratoire de LTPO de Tiaret les résultats obtenus sont réunies dans les tableaux suivants :

✓ **les moyennes stabilités Marshall :**

Tableau 10-moyenne stabilité Marshall.

Les gâchés	Les enrobés non modifiés	Les enrobés modifiés
1	11.03	12.43
2	09.13	12.1
3	07.93	11.77
4	07.00	13.57

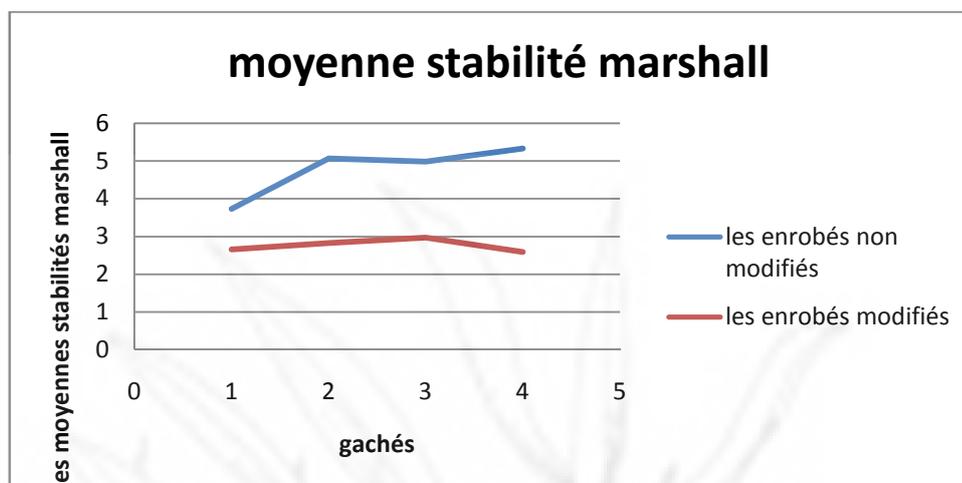
✓ **Présentation graphique :**

Fig.20-variation des moyennes stabilités Marshall en fonction des gachés.

✓ **Les moyennes fluages Marshall (1/10) :****Tableau 11-moyenne fluage Marshall.**

Les gâches	Les enrobés non modifiés	Les enrobés modifiés
1	03.73	02.66
2	05.07	02.83
3	04.98	02.97
4	05.33	02.59

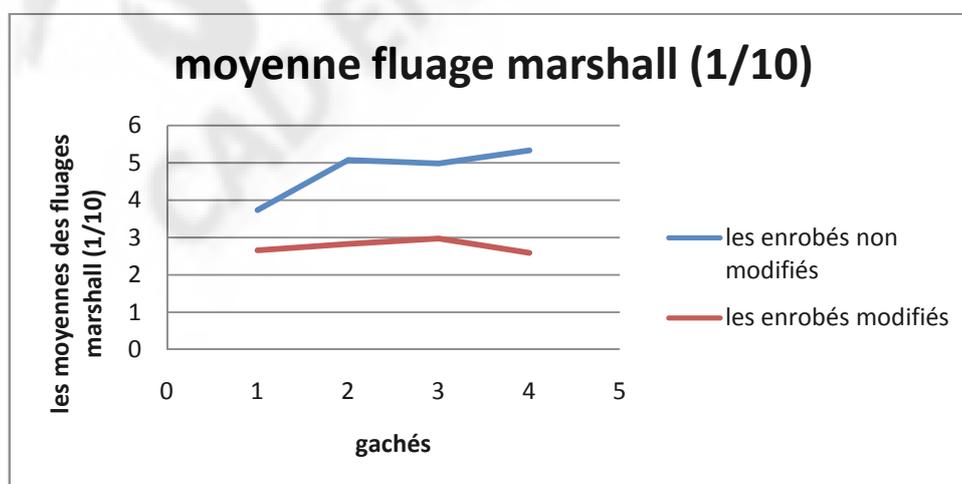
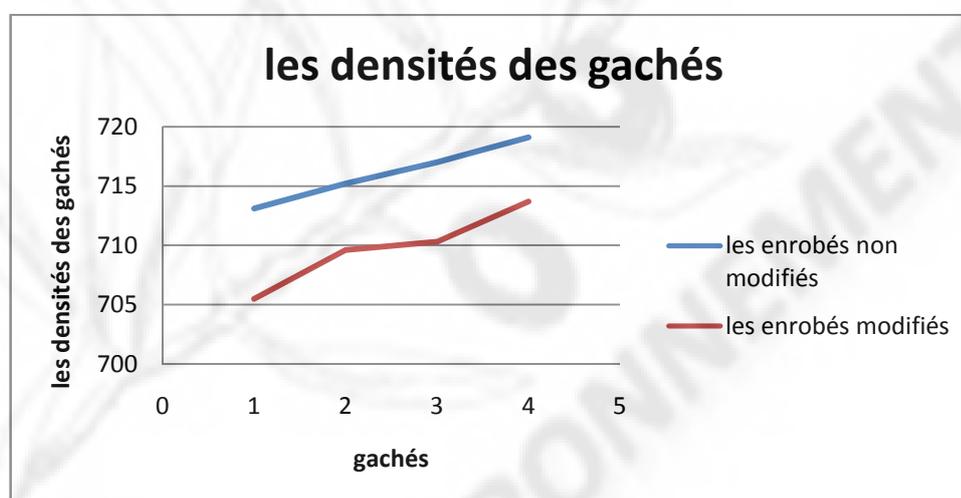
✓ **Présentation graphique :**

Fig.21-variation des moyennes des fluages Marshall en fonction des gachés.

✓ **Las densités des gâchés:****Tableau 12-**densités des gâchés.

Les gâches	Les enrobés non modifiés	Les enrobés modifiés
1	713.1	705.5
2	715.2	709.6
3	717.0	710.3
4	719.1	713.7

✓ **Présentation graphique****Fig.22-** variation des densités en fonction des gâchés.**VI-2-4-Interprétation des graphes :****1) Graphe N°01 :**

Ce graphe présente les variations de point de ramollissement en fonction de temps de deux types de bitume (40/50) modifié et routier.

On remarque que le point de ramollissement entre le bitume modifié et bitume routier sera changé.

2) Graphe N°02 :

Ce graphe présente les variations de point de pénétrabilité en fonction de temps de deux types de bitume (40/50) modifié et routier.

On remarque que le point de pénétrabilité de bitume modifié est démunies par rapport le bitume routier (40/50).

3) Graphe N°03 :

Ce graphe présente les variations de point de ramollissement en fonction de temps de deux types de bitume modifié et routier (40/50).

On remarque que le point de ramollissement entre le bitume modifié et le bitume routier se diffère.

4) Graphe N°04 :

Ce graphe présente les variations de point de ramollissement en fonction de temps de deux types de bitume modifié et routier (40/50).

On remarque que le point de pénétration de bitume modifié est démunie par rapporta le bitume non modifié (bitume routier 40/50).

5) Graphe N° 5 :

Ce graphe présente les variations de point de moyenne stabilité Marshall en fonction des gâches de deux types d'enrobé modifié et non modifié.

On remarque que les valeurs des moyennes stabilités Marshall des enrobés non modifiée sont au dessous de celles des enrobés modifiés.

6) Graphe N°6 :

Ce graphe présente les variations de point de moyenne fluage Marshall en fonction des gâches de deux types d'enrobé modifié et non modifié.

On constate que les valeurs des moyennes de fluages Marshall des enrobés non modifiée croissent par rapport aux enrobés modifiés.

7) Graphe N°07 :

Ce graphe présente les variations de point de densité en fonction des deux types d'enrobés.

On remarque que les valeurs des densités des enrobés non modifiée en croisent par rapport les enrobés modifiés.

VI-2-5-Discussion et résultats :**1. Pour le bitume avec grignon d'olive :**

De constat des résultats relatifs aux différents essais d'identification physique des deux types d'enrobés, nous permettons de dire que le temps pris pour atteindre le point de ramollissement est plus élevé pour le bitume modifié à celui du bitume routier.

Par contre, le temps consommé pour avoir le point de pénétrabilité du bitume modifié est plus court que celui du bitume de classe (40/50).

2. Pour le bitume avec SBS :

Les résultats de la même identification montrent que les temps d'atteindre les points de ramollissement et de pénétrabilités sont élevés par rapport au bitume routier, mais la seule différence c'est que les valeurs du bitume avec SBS sont fortement croissantes par rapport à ceux du bitume avec les grignons d'olive.

Quant aux performances mécaniques (Essais Marshall), nous avons constaté que l'enrobé avec grignon d'olive a présenté une nette amélioration dans la stabilité Marshall et réduction remarquables dans la déformation (fluage) par à celles d'enrobés routier à titre d'indication, nous constatons qu'au niveau de la formulation N°04, la stabilité Marshall d'est passée de 7KN pour l'enrobé non modifié à 14KN pour l'enrobé à base grignon d'olive, avec une diminution de 5.33mm pour l'enrobé non modifié à 02.59mm pour celui à la base grignon d'olive.

Pour l'enrobé avec le SBS, nous n'avons pas pu réaliser la formulation, faute que le temps pris pour la réalisation d'une formulation ordinaire tourne autour d'une vingtaine à tentiaire de jours.

C'est pour cela, le temps alloué par les services du LTPO Tiaret a permis de réaliser uniquement des deux formulations celle d'enrobé normale, et d'enrobé à base de grignon d'olive.

Puisque les caractéristiques physique du bitume modifier changée, Alors les caractéristiques chimiques automatiquement changés, qui obtenue par les analyses spectroscopique.

Conclusion :

Pour conclure, dans notre étude, les caractéristiques physique du mélange bitumes/polymère changée par rapport du bitume de classe (40/50).

Alors les résultats finale que nous avons pris de côté physique du mélange bitume/grignon d'olive et le bitume/SBS changée d'après les analyses suivant :

- l'augmentation de point de ramollissement (TBP : la température de bille annaux), le point de flashe, la ductilité et la diminution de point de pénétrabilité par rapport les analyses des bitumes non modifiés (bitume routier 40/50).

Afin de jugée notre travail, nous avons essayée leur application au niveau du terrain, donc les analyses que nous avons pris lesquelles :

- l'augmentation des moyennes stabilités Marshall, la densité et la diminution des moyennes fluages Marshall par rapport les analyses des enrobés non modifiés.

Selon les spécifications utilisées dans le domaine des travaux publics la stabilité Marshall doit pas descendre au dessous de 10KN avec un fluage ne de passant pas les 4mm. Ce qui nous permis de dire, que cette modification avec les grignons d'olives peut être une solution très efficace dans le cas des enrobés classiques qui présentent des médiocres performances mécaniques. D'après ces résultats nous avons estimées que l'étude physique, mécanique et chimique de bitume modifiée par ces polymères changée par rapport le bitume de classe 40/50.

Chapitre I V

Etude expérimentale



Partie théorique

CONCLUSION GENERALE

La route est le principal vecteur de communication et d'échange entre la population et même des nations en plus du rôle essentiel qu'elle joue dans l'intégration des activités économique à la vie locale.

La variation et la mauvaise qualité des bitumes sur le marché constituent un handicap de taille pour la recherche de la qualité des revêtements bitumineux où les moyens de contrôle de la qualité sont insuffisants.

Aujourd'hui, pour avoir des revêtements de bonne qualité, il est indispensable d'étudier toutes les caractéristiques des bitumes et celles des enrobés.

Ainsi, l'étude qui a été faite sur le comportement des bitumes utilisés en enrobés nous a permis d'apporter des essais sur les points suivants:

- Les résultats d'études de la caractérisation des bitumes à l'aide des essais physiques ont montré que les bitumes modifiées Bitume /grignon d'olive et bitume/SBS sont conformes aux spécifications.
- Cependant, il reste à étudier le vieillissement surtout à long terme et la rhéologie des bitumes, afin de prédire le comportement dans le temps des couches de roulement même après plusieurs années de circulation et sous climat chaud.
- L'étude de ces caractéristiques permettra de maîtriser les problèmes de fluage et de déformation au cours du temps.
- Le type de bitume et le dosage en bitume sont des paramètres qui influent directement sur les caractéristiques Marshall et Duriez.
- Le traitement des données Marshall et Duriez au laboratoire montre que les enrobés sont réalisés avec le bitumes modifiée.
- Les résultats nous permettent enfin de dire que le bitume modifié Bitume /grignon d'olive et bitume/ SBS peuvent être utilisés pour la fabrication d'enrobés.

Cependant, pour éviter le vieillissement précoce, faciliter la mise en œuvre et réduire le coût des enrobés, il serait préférable d'utiliser le bitume modifié.

Lexique

Pétrole brut (BRI) : C'est une huile minérale naturelle combustible, à l'odeur noire, acre, très visqueuse, d'une odeur caractéristique d'une densité variant de 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 fini.

Distillation atmosphérique : La distillation atmosphérique c'est une première étape de raffinage pour transformer le pétrole en produit non fini à pression atmosphérique (1 ATM) avec une température ($T=370^{\circ}\text{C}$) pour donner les coupes suivantes : GPL ; LSRN ; HSRN ; Kérosène ; HGO ; LGO et enfin le résidu atmosphérique.

Hydrotraitement : C'est un procédé d'épuration qui a pour but l'élimination de soufre, d'azote, 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.

Distillation sou-vide : C'est une opération de séparation utilisée pour séparer le résidu sou-vide à température 330°C et pression 40 mmHg pour obtenir les résidus sous-vide, LVGO ; MVGO ; HVGO.

Bitume routier : Un bitume routier (paving bitument en anglais, strassenbau bitume en allemand) est un bitume utilisé pour l'enrobage des granulats destinés à la construction et l'entretien des routes et des structures assimilées.

Bitume modifié : Matériau bitumineux dont la composition a été modifiée chimiquement ou physiquement par l'addition de produits destinés à accroître ses performances. (SBS)

SBS : Caoutchouc synthétique composé de polymères : Styène, Butadiène, Styène. Confère notamment au bitume ses propriétés d'élasticité, de souplesse à froid, de résistance au fluage, et de durabilité.

Les granulats : C'est l'ensemble des sables, gravillons ou pierres concassées.

Formulation : C'est l'étude pour préparer le mélange des enrobés.

Marshall : C'est un appareil pour mesurer et déterminer les moyennes stabilités Marshall et les moyennes fluages Marshall utilisés pour les enrobés.

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

vieillessement: 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. L'allongement plastique qui précède la rupture diminue progressivement.

SHRP : Technique de caractérisation du bitume en fonction de ses caractéristiques rhéologiques et de la météorologie du lieu où il sera utilisé.

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...).

Maltènes : Famille de composés chimique du bitume, soluble dans le n-heptane, composée d'huiles saturées, d'huiles aromatiques et de résines polaires.

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

Granulats d'enrobés : fragments issus d'enrobés 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 contact directe avec les véhicules.

Essais Duriez : Essai qui détermine la résistance à la compression et la résistance aux dés enrobage d'un enrobé.

Liste des figures

Figure. 01 : Structure hypothétique des asphaltènes	11
Figure. 02 : la structure colloïdale d'un bitume routier.....	12
Figure.03 : séparation chimique des 4 familles de constituants du bitume.....	12
Figure.04 : bitume type gel.....	18
Figure.05 : Bitume type sol.....	18
Figure.06 : Observation microscopique d'un bitume polymère de type plastomère (à gauche :à matrice bitume continue ; au milieu : à matrice polymère continue ; à droite : à matrice mixte)	22
Figure.07 : styrène butadiène styrène.....	32
Figure .08 : caoutchouc synthétique.....	33
Figure .09 : caoutchouc naturel	34
Figure .10 : les grignons d'olive	34
Figure .11 : le système de vide.....	39
Figure .12 : l'appareille de ramollissement.....	43
Figure .13 : l'appareille de pénétration	43
Figure .14 : l'appareille de la ductilité	44
Figure .15 : l'appareille de point de flashe.....	44
Figure .16 : variation de point de ramollissement en fonction de temps	46
Figure .17 : variation de point de pénétration en fonction de temps.....	47
Figure .18 : variation de point de ramollissement en fonction de temps	49
Figure .19 : variation de point de pénétration en fonction de temps.....	50
Figure .20 : variation des moyennes stabilités Marshall en fonction des gâchés.....	52
Figure .21 : variation des moyennes des fluages Marshall en fonction des gâchés	52
Figure .22 : variation des densités en fonction des gashés.....	53

Liste des tableaux

Tableau 01- : Classes des bitumes définies selon leur pénétrabilité.....	17
Tableau 02- : Classes des bitumes définies selon leur pénétrabilité et TBP	17
Tableau 03- : composition chimique du bitume suivant son caractère rhéologique.....	19
Tableau 04- : Caractéristiques du BRI.....	36
Tableau 05- : Spécifications du bitume 40/50	37
Tableau 06- : Résultats de points de ramollissement.....	46
Tableau 07- : Résultat de point de pénétration	47
Tableau 08- : Résultats de points de ramollissement.....	49
Tableau 09- : Résultat de point de pénétration	50
Tableau 10- : moyenne stabilité Marshall.....	51
Tableau 11- : moyenne fluage Marshall	52
Tableau 12- : les densités des gashés.....	53

CAD ENVIRONNEMENT

Nomenclatures

BRI : brut réduit important.

RSV : résidu sous vide.

LVGO : gasoil léger.

MVGO : gasoil moyen.

HVGO : gasoil lourd.

BMP : bitume modifié au polymère.

T525/T526 : bacs de stockage de BRI.

14G1A/b : pompe de charge de BRI.

E1 ; E2 ; E11 ; E12 ; E13 ; E14 : échangeur de chaleur.

RMN : résonance magnétique nucléaire.

SHRP: strategic highway research.

ASTM : société américaine pour les essais des matériaux

NF : norme algérien.

NF : norme européen.

DSV : distillation sous vide.

TBP : température de bulles annaux.

SBS : styrène butadiène styrène.

SBR : copolymère statistique.

SIS : styrène isoprène styrène.

EVA : éthylène acétate de vinyle.

EBA : acrylate de butyle éthylène.

PIB : poly iso butylènes.

PVC : plastique et certains types de caoutchouc.

PPA : propane précipité asphalte.

Recommandation

Les perspectives à donner à ce travail se résument en une planification dans la durée de travaux et qui portent sur deux axes distincts : Etudes sur le mélange optimal qui donnerai les meilleurs résultats selon le relief et les efforts qu'ils engendrent sur le plat (compression) et en montée ou descente (glissement du matériau) qui se résument en des études d'optimisation qui mènerai à choisir le mélange bitume/grignon d'olive pour des routes en tenant compte de la géographie (relief) de la température et du type de que subit la chaussée. L'ajout du grignon d'olive augmente considérablement les caractéristiques mécaniques du bitume et la durée de vie des routes.

D'après l'interprétation des graphes et leurs discussions, on a assuré que le problème n'est pas eu au niveau de caractéristiques physiques. Mais le problème est au niveau de compositions chimiques



RESUMET

Pour satisfaire les besoins en bitume, à l'échelle national .il nous à été confié d'étudiée l'évolution des performances d'unité de bitume.

Après avoir étudié le bitume et son utilisation en technique routière, nous avons cherché à substituer ou bien modifiée ce bitume par un polymère pour résoudre le problème des chaussées considéré comme élastique.

L'ajout du polymère au bitume, fait une modification selon leurs caractéristiques mécanique et physique.

En optimisant le taux des grignons d'olive et le SBS qui permet d'augmenté et valorisé les caractéristiques essentielle de bitume telle le point de ramollissent et pénétration.

Ce nouvel bitume sera utilisé dans la construction des enrobés pour l'application routiere.

Abstract

To meet the need for bitumen, at the national level we have been entrusted with studying the evolution of bitumen unit performance.

After studying bitumen and its use in road engineering, we have Sought to substitute or modified this bitumen with a polymer to solve the problem of pavements considered elastic.

The addition of the polymer to the bitumen makes a modification according to their mechanical and physical characteristics.

By optimizing the rate of olive pomace and SBS which allows increased and valued the essential characteristics of bitumen such as the point of soften and penetration.

This new bitumen will be used in the construction of asphalt for the road application.

ملخص

لتلبية الحاجة إلى الزفت، تم تكليفنا على المستوى الوطني بدراسة تطور الأداء لوحدة الزفت. بعد دراسة الزفت واستخدامه في هندسة الطرق، لدينا.

- سعيه لاستبدال أو تعديل هذا الزفت مع البوليمر لحل مشكلة الأرصفة المرنة.

- إضافة البوليمر إلى الزفت يجعل التعديل وفقا لخصائصها الميكانيكية والفيزيائية.

- باعتباره هو الذي يسمح بزيادة وقيمة الخصائص الأساسية للزفت من خلال تحسين معدل ثقل الزيتون و مثل نقطة التخفيف والتغلغل.

سيتم استخدام هذا الزفت الجديد في بناء الأسفلت لتطبيقه على الطريق .

Annexe III



Figure III-1-mesure de différente classe des agrégats.



Figures III-1- mesures les différentes classe des agrégats et le bitumes modifiée.

Annexe III



Figure III-3- chauffée le mélange dans une tuve à une température 167°C.

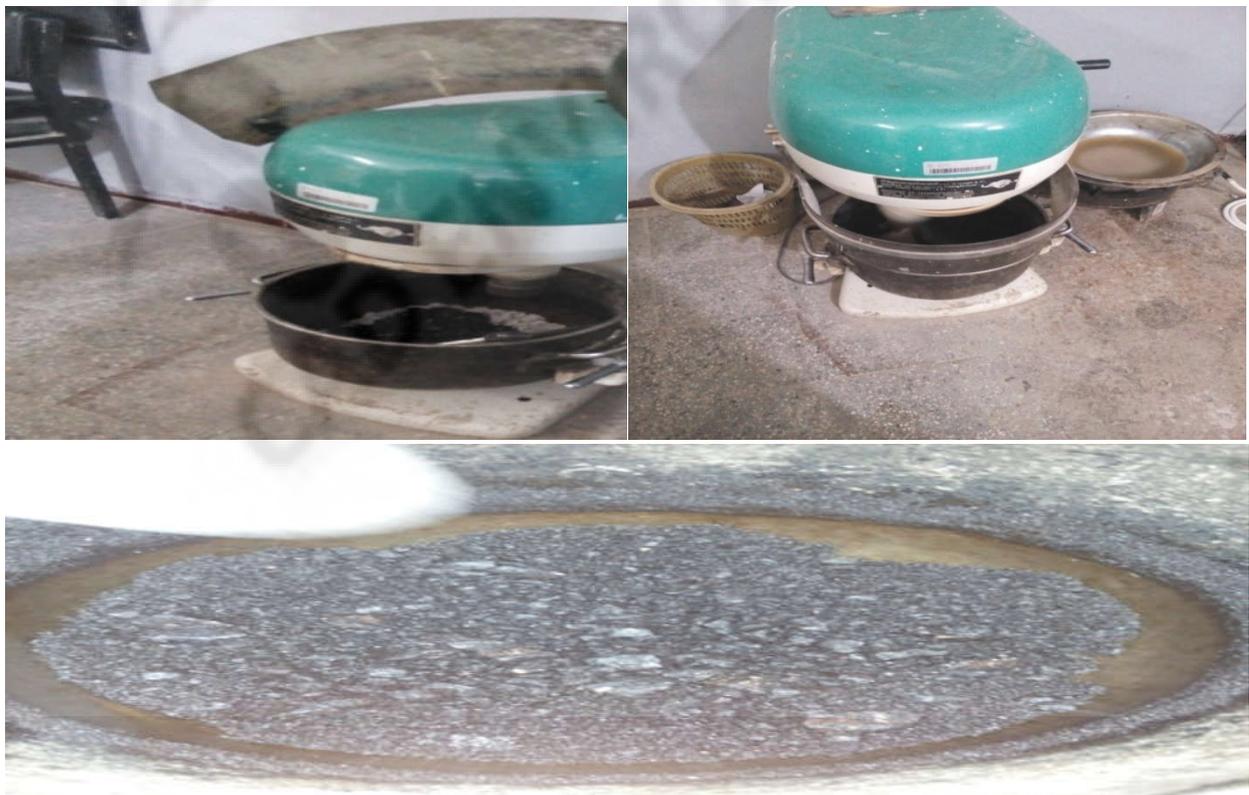


Figure III-4- malaxée le mélange après le chauffage.

Annexe III



Figure III-5- division le mélange en quatre.



Figure III-6- compacté le mélange à 50N on deux phases.



Figure III-6-mesure la densité de chaque gâché.

Annexe III



Figure III-7-bien marie.



Figure III-8- l'écrasement de mélange et lire l'aisées marshal.

Annexe II



Figure II-1-cristalliseur qui contient sable.



Figure II-2-bitume dessus de la plaque chauffage.

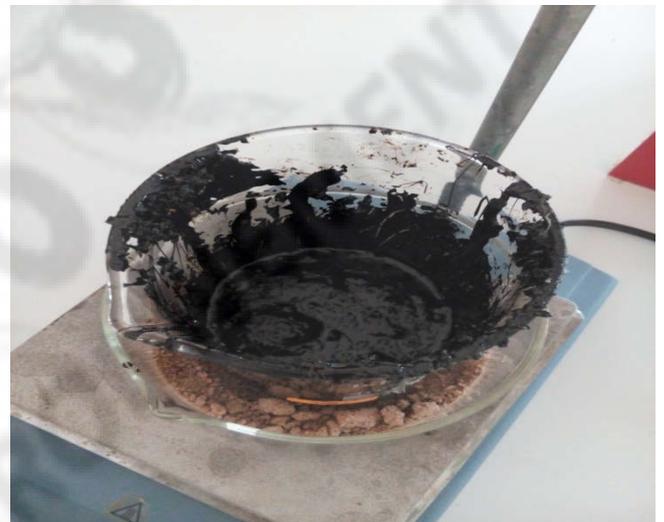


Figure II-3-mélange de bitume-grignon d'olive à faible agitation.

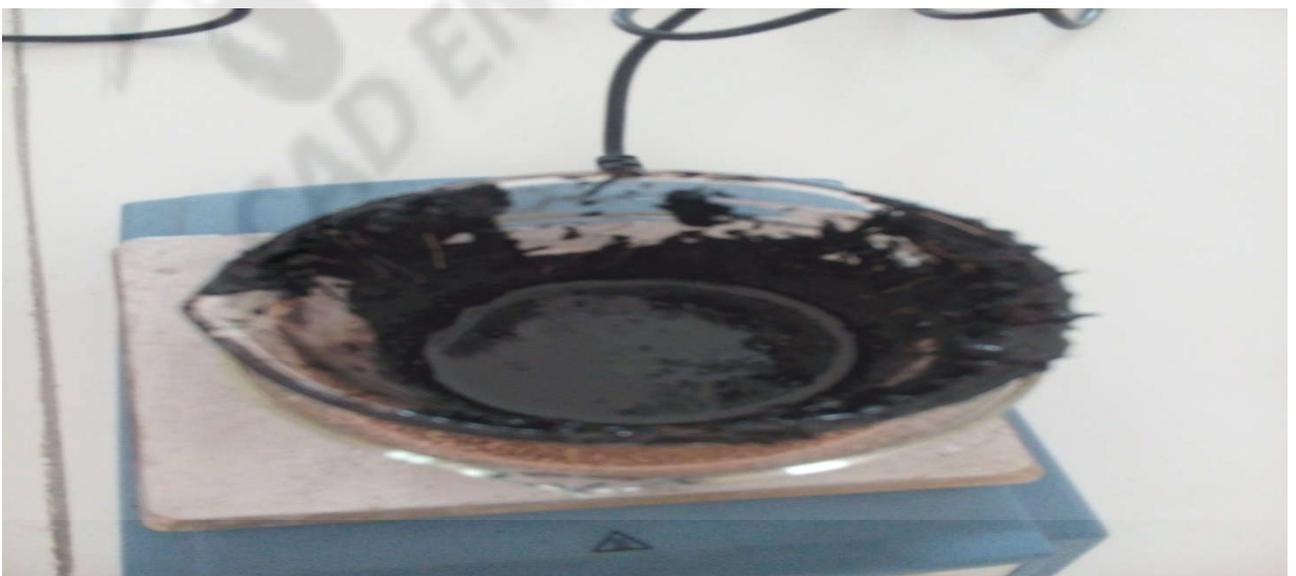


Figure II-4-mélange de bitume-grignon d'olive à vitesse de l'agitation très élevée.