

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES DE MASTER ACADÉMIQUE

Filière : Génie des procédés

Option : Génie des procédés des matériaux

Thème

Le bitume de NAFTAL Propriétés et Caractéristiques

Présenté par

1- BOUCHENTOUF Hiba...

2- SELMA Aboubakr Essedik

Soutenu le 30 /06/ 2024 devant le jury composé de :

Président :	MEKIBES Zohra	Grade MCB	Université de Mostaganem
Examineur :	MEZOUAGH Amina	Grade MCB	Université de Mostaganem
Rapporteur :	MELLOUK Senia	Grade MCA	Université de Mostaganem

Année Universitaire 2023/2024

Remerciements

Remercions surtout Dieu qui nous a encouragés à acquérir des connaissances et qui nous a aidés à mener à bien mon travail.

Les travaux qui font l'objet de ce rapport ont été réalisés au niveau de (Company Naftal Branche commercialisation, centre bitumes))

Nous tenons tout d'abord à remercier notre encadrante Mme «Mallouk Senia»

Pour son aide, ses conseils et ses encouragements et à qui nous souhaitons l'étendre, nous exprimons notre profonde gratitude pour nous avoir guidés et pendant

Cette thèse est complétée à la fin de l'étude. Nous n'avons pas trouvé les mots justes pour exprimer toute notre gratitude.

Sincères remerciements aux membres du jury qui nous ont fait l'honneur d'accepter de juger notre travail.

Nous adressons également nos sincères remerciements aux professeurs du département d'ingénierie

Méthodes : Faculté des Sciences et Technologies, Université Abdelhamid Ben Badis, Mostaganem. Nous adressons également nos sincères remerciements à M. (Directeur de la société Naftal) « LATROUCH MUSTAPHA »

Merci à tous ceux qui ont répondu à nos questions et nous ont aidé remettre.

Sommaire :

Résumé	
Liste des figures	08
Liste des tableaux	08
Liste des abréviations	08
Tableau des symboles	09
Introduction général	11
Chapitre I : La raffinerie NAFTAL	12
I Introduction	13
II La raffinerie d'ARZEW	13
II.1. Les directions dans NAFTAL	15
II.2. Raffinage du Pétrole	15
II.2.1. La distillation	15
II.2.2. La conversion	16
II.2.3. L'amélioration	16
II.3. Le bitume	17
III. Applications routières	17
III.1 Rôle du bitume dans la chaussée	18
III.2. Particularités des couches dans la chaussée	18
Chapitre II LE BITUME, MODIFICATIONS ET CARACTÉRISATIONS	4
I Genèse, constitution et caractéristiques du bitume	19
I.1. Origine	19
I.2. Constitution du bitume	21
II Modification du bitume	25
II.1. Les bitumes fluidifiés et émulsions	25
II.1.2. Les émulsions de bitume	25
III. Caractérisation des bitumes	26
III.1. La pénétrabilité.	26
III.2. Le point de ramollissement bille et anneau.	27
III. 3. L'indice de pénétrabilité	28
III.4. La densité relative	28
III.5. La perte de masse au chauffage	28

III.6. Le point d'éclair	28
III.7. Le point de feu	29
III.8. La ductilité	29
III.9. La teneur en paraffine	29
III.10. Le point de fragilité FRAASS	30
III.11. La solubilité.....	30
IV. Qualité, normes et spécifications	30
Chapitre III : PARTIE PRATIQUE	34
I. Composition des bitumes	35
II. Caractérisation de deux bitumes	35
I.1. Pénétrabilité	35
I.2. Le point de ramollissement (méthode de Bille et Anneau).....	36
I.3. La densité du bitume	37
I.4. Résultats et Interprétation	37
III. Quantité de gravier	37
III.1. Extraction à chaud KUMAGAWA	37
III.1.1 Mode opératoire	39
III.1.2. Calculs	39
III.1.3. Résultats et Interprétations	40
Bibliographie.....	41
Conclusion Générale	42

Liste des figures

Figure I.1 : Colonne de distillation du pétrole	
Figure I.1 : Colonne de distillation du pétrole	
Figure I.2 : Structure d'une chaussée	
Figure II.1 : Procédé de production du bitume	
Figure II.2 : Dispositif de mesure de la pénétrabilité	
Figure II.3 : Dispositif de mesure du point de ramollissement	
Figure II.4 : Dispositif de mesure du point de fragilité FRAAS	
Figure II.5 : Différentes unités d'émulsions	
Figure II.6 : Les étapes de la source jusqu'à la livraison	

Liste des tableaux

Tableau II.1 : : Composition élémentaire chimique des bitumes	
Tableau III.1 : Résultats de l'extraction KUMAGAWA	
Tableau III.2 : composition des bitumes	

Liste des Abréviations

BTP : Bâtiment et Travaux Publics	1
LCTP : Laboratoire Central des Travaux Publics	1
TBA : Température Ball Ring.....	24

Tableau de symbole

Symbole		Unité
T	Température	°C
P	Poids	G
TBA	Température bille anneau	°C
D	La densité	g/Cm ³
Σ	La surface spécifique	m ² /Kg
G	% d'éléments > 6,3	Mm
S	0,315 < % d'éléments < 6,3	Mm
s	0,08 < % d'éléments < 0,315	Mm
f	0,08 < % d'éléments < 0,315	Mm

Introduction

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Dans le vaste domaine des matériaux industriels, les bitumes occupent une place centrale et polyvalente. Constitués principalement d'hydrocarbures, ces composés complexes revêtent une importance fondamentale dans de multiples secteurs, de la construction à l'ingénierie chimique. Leur histoire remonte à des millénaires, lorsque les civilisations anciennes découvrirent les propriétés adhésives et imperméabilisantes des goudrons naturels pour sceller les structures et protéger les embarcations. Depuis lors, les avancées technologiques et l'évolution des processus industriels ont considérablement élargi le champ d'application des bitumes.

Bien qu'issu d'un produit fossile, le bitume est un matériau durable, inerte, sans impact sur l'environnement et recyclable. En France, les nouvelles routes intègrent ainsi 10 à 30 % d'enrobés recyclés, mais il est en théorie possible de recycler 100 % des enrobés, ce qui permet de réduire de moitié l'utilisation de bitume dans le nouveau mélange.

Aujourd'hui, les bitumes sont omniprésents dans notre quotidien, sous des formes variées et souvent méconnues. Leur utilisation la plus visible se trouve dans la construction et l'entretien des routes, où ils servent de liant essentiel pour assembler les agrégats et assurer la durabilité des revêtements routiers. Cependant, leur influence va bien au-delà des autoroutes et des rues urbaines. Les bitumes sont également largement employés dans l'industrie de la construction pour imperméabiliser les toitures, sceller les joints et renforcer les structures contre les infiltrations d'eau et les dommages liés aux intempéries.

Les enrobages routiers sont des compositions constituées de quelques 95% en masse de granulats dispersés dans une matrice de bitume de 5% comme liant. La performance de tels matériaux composites dépend directement des propriétés du liant hydrocarboné^[1].

En parallèle, les bitumes jouent un rôle crucial dans de nombreux processus industriels, où leurs propriétés thermiques et chimiques spécifiques en font des matériaux de choix pour la fabrication de produits chimiques, de lubrifiants et même de cosmétiques. Leur capacité à former des films adhésifs et résistants à l'eau en fait des candidats idéaux pour les revêtements protecteurs, les mastics et les adhésifs industriels. La diversité des bitumes est remarquable, reflétant leur origine naturelle ou synthétique, leur composition chimique variée et leurs propriétés physiques distinctes. Des bitumes lourds extraits des sables bitumineux aux bitumes modifiés utilisés pour améliorer les performances des revêtements routiers, chaque type possède des caractéristiques uniques qui les rendent adaptés à des applications spécifiques.

L'objet de cette étude est de caractériser deux bitumes, un algérien et un autre importé de l'Italie. Le troisième bitume vénézuélien est pris à titre comparatif.

Deux laboratoires d'analyses, un laboratoire de NAFTAL et un laboratoire de travaux public ont été visités dans le cadre d'un stage de fin d'études afin de caractériser les deux bitumes et déduire leurs propriétés. Des essais de pénétrabilité, point de ramollissement, densité, ... ont été réalisés. Une extraction à chaud KUMAGAWA a été effectuée pour déterminer la teneur du gravier dans un bitume routier.

L'étude est répartie en 3 parties

- Une vue générale sur la raffinerie NAFTAL
- Généralités sur le bitume
- Une étude pratique.

[1] A.Dony., «liants bitumes polymères : la fabrication à la mise en œuvre en enrobés : influence de la nature du bitume sur leurs propriétés mécanique, leur micromorphologie et leur stabilité thermique», études et recherches des laboratoires des ponts et chaussées 1991.

Chapitre I : La raffinerie NAFTAL.

LA RAFFINERIE NAFTAL

I. Introduction

L'Algérie à l'instar d'autres pays émergents, connaît aujourd'hui un développement de ses activités économiques qui fait, que la demande en différents produits énergétiques est en forte progression, de ce fait, la Société Nationale (NAFTAL), leader sur le marché Algérien, est chargée de la distribution et de la commercialisation des produits pétroliers dont le bitume, matière essentielle pour la construction routière, les travaux d'étanchéité et d'isolation (BTP) sur le marché national. NAFTAL avec son expertise est devenue un fournisseur incontournable pour les grands projets de travaux publics et assure un service global sur toute la chaîne logistique depuis la source d'approvisionnement jusqu'au chantier garantissant ainsi une qualité irréprochable. NAFTAL est certifiée par des organismes de contrôle LCTP agréés par le ministère de travaux publics.

II. La raffinerie d'ARZEW

La raffinerie d'Arzew, filiale à 100% de SONATRACH, d'un capital de 15.650.000000000DA, a été réalisée dans le cadre du premier plan quinquennal entre 1970 et 1973, troisième raffinerie du pays après celles d'Alger et de Hassi Messaoud, chargée de la distribution des produits pétroliers sur le marché Algérien. Elle a été conçue pour traiter :

- Le pétrole brut de Hassi Messaoud ;
- Le brut réduit importé pour la production des bitumes, afin de satisfaire les besoins de consommation en carburants, lubrifiants et bitumes du marché national et exporter les produits excédentaires (Naphta, Kérosène, Gasoil) ;
- Créer des industries en aval.

La raffinerie d'Arzew traite 2.5 millions de tonnes par an de pétrole brut saharien et 280000 tonnes de pétrole importé, pour une capacité annuelle de production :

- 15 000 tonnes de propane ;
- 70 000 tonnes de butane ;
- 70 000 tonnes d'essence super ;
- 490 000 tonnes d'essence normale ;
- 160 000 tonnes de naphta ;
- 120 000 tonnes de kérosène ;
- 980 000 tonnes de gazole ;
- 550 000 tonnes de fioul BTS ;

- 70 000 tonnes de fioul HTS ;
- 160 000 tonnes de lubrifiant ;
- 70 000 tonnes de graisse ;
- 4000 tonnes de paraffines ;
- 120 000 tonnes de bitumes routiers ;
- 20 000 tonnes de bitumes oxydés. [2]

II.1. Les directions dans NAFTAL

NAFTAL est dotée de :

- Une Direction de distribution chargée de l'approvisionnement, de l'exploitation et la maintenance des équipements, de la promotion et la vente des produits, selon les normes et spécifications internationales requises.
- Une Direction Technique / Développement est chargée de la maintenance du matériel, des installations, des études et du développement technologique de l'activité.
- Quinze centres opérationnels dont 06 centres portuaires (Alger, Mostaganem, Béjaïa, Skikda, et Annaba) et 09 centres intérieurs (Ain-Defla, El Eulma, Ghardaïa, Touggourt, Batna, Ain Sefra, In Salah, Tamanrasset, OEB) dotés par des installations de stockages, répondant ainsi à la demande du marché national. . [2]

II.2. Raffinage du Pétrole

Le pétrole, dit aussi Naphte dans l'antiquité, est une huile minérale naturelle, de couleur très foncée, d'une densité variant de 0.8 à 0.95, composé essentiellement d'hydrocarbures. Le pétrole tout comme le charbon, se forme par la décomposition de résidus organiques vivants se transformant en pétrole par processus chimiques sur des millions d'années.

Avant son utilisation et afin de lui apporter des qualités supplémentaires, le pétrole doit être raffiné en plusieurs étapes : [2]

II.2.1. La distillation

La distillation, 1^{ère} étape du raffinage du pétrole, consiste à séparer les différentes molécules en fonction de leur poids. Le pétrole est chauffé à haute température dans une colonne de distillation afin de former différentes couches (voir figure I.1) [2] :

- En bas de la colonne de distillation : les molécules les plus lourdes comme le bitume.
- Au milieu : Concentration des coupes dites moyennes (Diesel, Fioul domestique, Kérosène).
- En haut : les molécules les plus légères telles que le gaz ou l'essence.

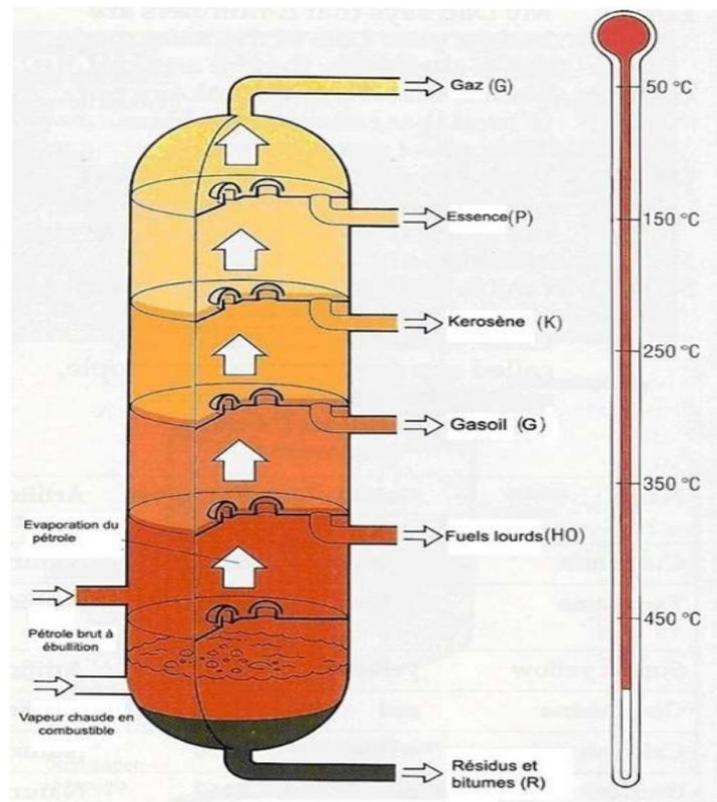


Figure I.1. Colonne de distillation du pétrole

II.2.2. La conversion

Cette étape transforme les molécules lourdes en produits plus légers. Elle permet ainsi d'obtenir de l'essence, du kérosène, du diesel ou du fioul domestique. Différentes méthodes utilisées, notamment le craquage catalytique et l'hydrocraquage : le premier sert à décomposer les molécules lourdes sous l'effet d'un catalyseur et sous très haute température (500°C environ) le second permet de produire du gazole sans soufre grâce à l'ajout d'hydrogène. [2]

II.2.3. L'amélioration

Elle sert à éliminer les impuretés présentes dans le pétrole raffiné tels que les composants acides, corrosifs ou néfastes pour l'environnement, on obtient ainsi un produit de meilleure qualité et respectant les normes en vigueur, ainsi l'amélioration permet par exemple de réduire la teneur en soufre du fioul grâce à l'hydrodésulfuration, le lavage à la soude est également effectué pour le kérosène et les gaz butane et propane, afin de débarrasser ces produits des mercaptans. [2]

II.3. Le bitume

La gamme du bitume commercialisé par NAFTAL est comme suit :

- Les Bitumes purs : Matériau thermoplastique visqueux et élastique, de couleur marron à noire et solide à température ambiante. Fabriqué par procédé à chaud (mélange de gravillon, sable, d'air et de matières complémentaires liées par du Bitume.
- Les Bitumes oxydés : En faisant passer de l'air dans des conditions contrôlées, ce type de bitume a l'avantage de conserver ses propriétés et résister aux variations de température.
- Les cut-back (Bitumes fluidifiés) : Mélanges de Bitume et de kérosène pour les rendre plus fluides et faciliter ainsi leur manipulation et leur application. Ils se différencient par leurs viscosités (600/400, 250/150, 1/0) et par leurs champs d'application.
- Les Emulsions : sont des dispersions fines de globules de Bitume dans un savon constitué d'eau, de tensioactif et d'acide. Ses caractéristiques permettent une bonne substitution au cut-back pour des avantages d'ordre écologique, économique et technique.

Le bitume est stocké dans des réservoirs isolés caractérisés par un système de chauffage.

Ils sont en acier inoxydable et entourés de différents types de couches de protection. Un réservoir d'huile thermique a un circuit fermé de tuyaux au fond du réservoir dans lequel circule l'huile thermique chauffée. Les tuyaux dégagent de la chaleur par conduction et convection, chauffant ainsi le bitume qui se trouve à l'intérieur du réservoir. Les systèmes d'huile thermique de qualité sont conçus pour chauffer le produit de façon homogène assurant les conditions parfaites de stockage. [2]

III. Applications routières

Les matériaux bitumineux, employés depuis le début du XX^e siècle pour le revêtement des chaussées très circulées (couche de roulement), ont vu leur utilisation étendue à partir des années 1960-70 à la constitution des couches d'assises (couche de liaison, couche de base).

Aujourd'hui, en construction neuve, les matériaux traités avec un liant bitumineux représentent pratiquement la totalité des couches de roulement des chaussées revêtues et ils offrent une solution de plus en plus prisée pour les couches d'assises des chaussées à moyen et fort trafic. De même, la totalité des opérations d'entretien et de rénovation des chaussées revêtues fait appel aux liants bitumineux. [2]

L'évolution du trafic routier, en particulier l'accroissement des contraintes engendrées par les poids lourds, et les exigences accrues dans le domaine de la sécurité et du confort, auxquelles s'ajoutent aujourd'hui des considérations liées à la préservation des ressources et à la protection de l'environnement, expliquent cette montée en puissance d'un matériau dont les qualités d'économie à la production, de facilité de mise en oeuvre et de durabilité à l'usage ne sont plus à démontrer.

III.1 Rôle du bitume dans la chaussée

Le pouvoir collant du bitume en fait un matériau de construction essentiel, bien qu'il n'entre qu'en faible proportion (4 à 7 % en masse) dans la plupart des mélanges bitumineux routiers. Il contribue par ses propriétés viscoélastiques au comportement mécanique de la structure de la chaussée. Il en assure également l'étanchéité du fait de son insensibilité à la plupart des agents chimiques usuels, en particulier l'eau. Une chaussée, est une structure constituée d'une ~~pile~~ ^{plusieurs} couches sur le sol support (Figure (I.2))^[2]:

- Couche de fondation ;
- Couche de base ;
- Couche de liaison ;
- Couche de roulement. [2]

III.2. Particularités des couches dans la chaussée

Chaque couche a sa particularité et son rôle dans le corps de la chaussée. La couche de roulement et la couche de liaison sont aujourd'hui habituellement réalisées en matériaux bitumineux.

- La couche de base, traditionnellement réalisée en matériaux non traités, fait de plus en plus largement appel aux liants bitumineux. [2]

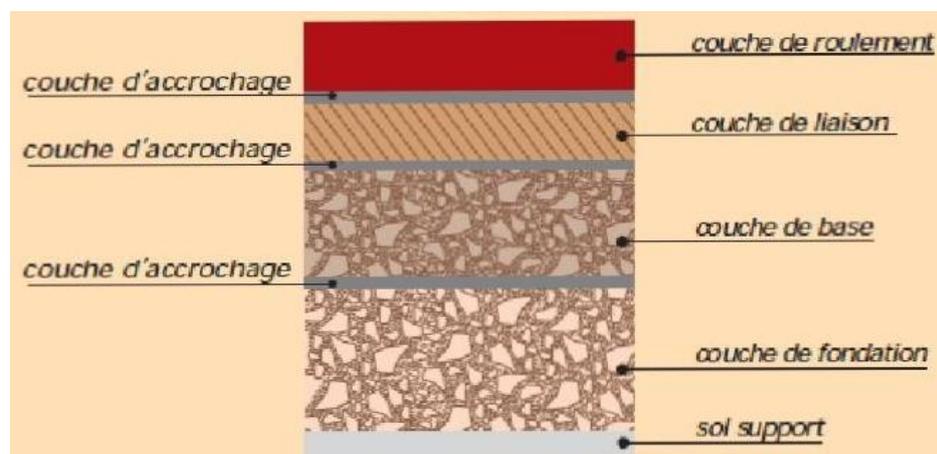


Figure I.2. Structure d'une chaussée

Il faut noter que, en conséquence de l'évolution du trafic routier (plus lourd et canalisé), on utilise des bitumes de plus en plus durs, de classe 35/50 plutôt que le traditionnel 50/70 ou le 70/100. Pour certaines applications, en particulier les graves-bitume, structurantes des couches inférieures... pour chaussées à trafic lourd, l'emploi de bitumes 15/25 et même 10/20, n'est plus une exception.

- **Le sol support.**

Le sol support est généralement surmonté d'une couche de forme (non hydrocarbonée) pour former un ensemble appelé plateforme support de chaussée. Cette dernière sert, comme son nom l'indique, de support au corps de chaussée et sert aussi de réglage afin d'obtenir une meilleure horizontalité.

- **La couche de fondation.**

La couche de fondation est constituée généralement de matériaux non traités aux liants hydrocarbonés. Elle répartit les pressions sur le support et atténue les déformations dues au trafic routier.

- **La couche de base (grave-bitume).**

La couche de base en grave-bitume est la première couche liée par un bitume, au-dessus de la couche de fondation, c'est elle qui donne la rigidité (module) à la structure de la chaussée. À la différence des couches supérieures, elle ne subit pas des efforts de compression mais de traction.

- **La couche de liaison.**

La couche de liaison fait appel à des bitumes durs (35/50) ou spéciaux antiorniérants. Elle renforce la structure de la route, grâce à une bonne résistance à la déformation provenant de la nature du bitume et de son épaisseur. La couche de liaison est conçue pour être recouverte par une couche de surface.

- **La couche de roulement.**

La couche de roulement ou de surface, qu'on appelle aussi couche d'usure, est généralement constituée d'un enrobé bitumineux d'épaisseur (3 à 7 cm), formulé spécialement avec une teneur de 5 à 6% de bitume.

Elle doit répondre aux exigences du trafic dans une optique de sécurité et de confort.

- **La couche d'accrochage.**

La couche d'accrochage joue un rôle important dans la tenue des chaussées, elle assure le collage des différentes couches entre elles. C'est elle qui transmet les contraintes mécaniques induites par les véhicules depuis la couche de surface jusqu'à la couche de base, de façon à ce que l'ensemble des couches se comporte comme un massif homogène. La couche d'accrochage est posée sous forme d'émulsion réalisée à partir de bitumes purs ou modifiés par des polymères

exempts de tout fluidifiant ou de fluxant afin de conserver une consistance suffisante. [2]

Chapitre II : LE BITUME, PROPRIÉTÉS ET CARACTÉRISATIONS.

LE BITUME, PROPRIÉTÉS ET CARACTÉRISATIONS

I. Genèse, constitution et caractéristiques du bitume

I.1. Origine

Le bitume, à l'origine, est une substance naturelle renfermée dans certaines roches, elle est, aujourd'hui, un produit industriel de forte valeur ajoutée technologique, fabriqué à la demande à partir de certains pétroles bruts. Il existe plusieurs variétés de bitumes, leurs constitutions et leurs caractéristiques reflètent celles des pétroles dont ils sont issus et des procédés techniques avec lesquels ils ont été fabriqués.

L'usage du bitume remonte à l'aube de l'histoire et les récits de l'Antiquité sont riches en références à ce matériau, les anciens Egyptiens se servaient pour calfater les embarcations, construire les édifices, préparer les momies^[1]...

Les Grecs et les Romains, qui en connaissaient l'usage, l'avaient baptisé respectivement Asphaltos et Bitumen. Les deux mots existent encore aujourd'hui sous des formes très proches (asphalte, bitume) dans les langues occidentales.^[1]

En français, le mot bitume désigne à l'origine un produit dérivé du pétrole, présent à l'état naturel sous forme suintante (Mexique, Venezuela, Trinidad...), dans des dépôts sous forme d'amas ou en imprégnation dans des roches poreuses (Madagascar, Pont-du-Château en France...)^[1].

L'asphalte désigne, également, à l'origine, des roches calcaires, où le bitume est présent, généralement en proportion de 8 à 10 % et parfois plus.

L'asphalte et le bitume sont donc, à l'origine, des produits naturels associés à l'huile de pierre (pétrole). Les bitumes et les asphaltes naturels sont occasionnellement utilisés comme additifs pour enrichir le bitume, désormais obtenu par raffinage du pétrole.

Le bitume utilisé de nos jours est obtenu par traitement de certains pétroles bruts, appelés "bruts à bitume", dont il constitue la partie la plus dense et la plus visqueuse.

Sur environ les 1 300 bruts référencés dans le monde, seuls 10 % sont choisis pour donner du bitume.

I.2. Constitution du bitume

Le bitume est un matériau solide ou semi-solide dont la couleur varie du brun foncé au noir. Bien qu'étant l'un des matériaux thermoplastiques existant à l'état

naturel, il est aujourd'hui essentiellement produit dans les raffineries de pétrole par distillation atmosphérique puis sous – vide, C'est un mélange complexe d'hydrocarbures naturels non volatils de poids moléculaire élevé, appartenant en majorité aux groupes aliphatiques à chaînes linéaires ou ramifiées, naphthéniques ou cycliques et saturés. [4]

Ils contiennent le carbone, l'hydrogène, les métaux lourds comme le nickel, le vanadium, le silicium, le fer et des hétéroatomes comme le soufre, l'azote et l'oxygène comme le représente le tableau II.1^[C8] suivant :

Tableau II.1: Composition élémentaire chimique des bitumes

Élément	C	H	S	O	N
% massique	82-88	8-11	0-6	0-1,5	0-1

À la température ambiante, il est très visqueux, presque solide, et présente deux caractéristiques importantes : c'est un agglomérat à fort pouvoir adhésif, en particulier sur les minéraux destinés aux ouvrages, et il est totalement imperméable à l'eau. Ces propriétés sont exploitées dans la construction routière, sa principale utilisation, où il fournit le liant pour les enrobés, et dans diverses applications pour les travaux publics et l'industrie qui mettent principalement à profit son étanchéité pour les toitures, les terrasses ou les bassins. Du point de vue chimique, le bitume est classé en deux groupes :

- Les asphaltènes : Des macromolécules au poids élevé. Elles confèrent au bitume sa viscosité et constituent son principal composant ;
- Les maltènes : Ils se partagent en composants aromatiques et saturés et résines et confèrent au bitume ses propriétés de fluidité et de réticulation. Les résines ont un effet dispersant sur les asphaltènes et assurent la stabilité et l'élasticité du bitume.

A l'aide de solvants sélectifs, les constituants du bitume peuvent être séparés. Par précipitation à l'heptane normal, on recueille les asphaltènes insolubles. A la température ambiante, les asphaltènes se présentent sous l'aspect d'un corps solide, noir, cassant, à point de ramollissement élevé. Le pourcentage d'asphaltènes est d'autant plus élevé que le bitume est plus dur.

La fraction soluble dans l'heptane correspond aux maltènes, d'aspect huileux, que l'on

peut séparer en trois phases par passage sur une colonne chromatographique.

Une première élution à l'heptane normal permet de récupérer les huiles saturées. Une deuxième élution à l'aide de toluène conduit à récupérer les huiles aromatiques et naphthéno-aromatiques.

Une troisième élution au moyen d'un mélange toluène/méthanol permet d'extraire les résines.

Les bitumes purs sont fabriqués industriellement par raffinage de pétroles bruts en raffinerie. Le raffinage 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. Le pétrole brut est un mélange hétérogène d'hydrocarbures divers (molécules composées d'atomes de carbone et d'hydrogène). Ses composants doivent être séparés par distillation afin d'obtenir les produits finaux exploitables directement. On en distingue en général deux grands types (Figure II.1[4])^l :

- Les produits énergétiques, tels que l'essence, le diesel (gazole) ou le fioul ;
- Les produits non-énergétiques, tels que les lubrifiants, le bitume et les naphtas utilisés en pétrochimie.

À leur arrivée dans la raffinerie, les pétroles bruts sont stockés et séparés selon leur teneur en soufre. Celle-ci détermine les procédés de raffinage à utiliser. La distillation du pétrole brut est réalisée en deux étapes complémentaires :

- La distillation atmosphérique permet de séparer les gaz, les essences et le naphta (coupes légères), le kérosène et le gazole (coupes moyennes) et les coupes lourdes^[1.16] .

Les résidus des coupes lourdes subissent ensuite une distillation dite sous vide afin de séparer certains produits moyens.

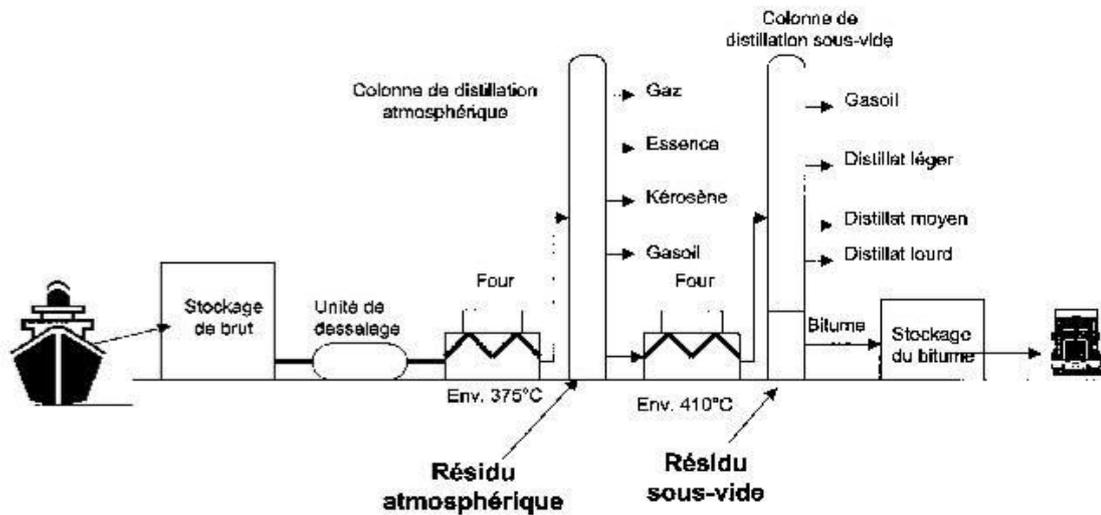


Figure II.1. Procédé de production du bitume

- La distillation sous vide : l'opération consiste à séparer sur le même principe que la distillation atmosphérique les produits lourds des résidus de produits moyens en les soumettant à une deuxième phase de distillation dite sous vide. La colonne plus petite est fermée puis dépressurisée, ce qui fait diminuer la pression. Les produits, alors plus volatils, ont une température d'ébullition plus faible permettant ainsi aux produits lourds d'être plus facilement récupérables. En haut de la colonne on récupère du gazole et à sa base du fioul lourd. Les résidus de cette distillation sous vide sont récupérés en vue de produire des lubrifiants. Les bitumes produits peuvent être utilisés tels quels ou servir de base à l'élaboration de bitumes de classes intermédiaires.

Certaines qualités sont fabriquées par soufflage ou rectification à l'air, d'autres, par désasphaltage de certaines bases au moyen d'un solvant sélectif. [2]

II. modification du bitume

Afin de modifier certaines propriétés physico-chimiques on ajoute des polymères ou des additifs

La combinaison de ces procédés permet d'obtenir une gamme variée de produits pouvant répondre aux exigences d'utilisations très différentes. Parmi cette gamme on note:

- **Les bitumes purs:** Actuellement, ils sont les plus communs des bitumes routiers, obtenus en raffinerie par distillation directe, sauf les plus durs pour lesquels on peut faire appel à la rectification à l'air ou au désasphaltage.

La plage de pénétrabilité, qui caractérise la dureté, varie de 50/70 à 160/220 pour les bitumes considérés comme mous, et de 10/20 à 35/50 pour les bitumes appelés durs sur les chantiers.

- **Les bitumes oxydés :** Les bitumes oxydés ou bitumes soufflés, réservés à des usages industriels, sont obtenus par injection de l'air dans une charge composée habituellement de distillats et de produits lourds provenant de la distillation sous vide. Cette réaction se fait à température élevée (280 °C) en moyenne, avec pour résultat un point de ramollissement très élevé.

À titre d'exemple, le bitume 100/40 a un point de ramollissement de l'ordre de 100 °C pour une pénétrabilité de 40 x 0,1 mm. Un bitume 35/50 (type sol) présente un point de ramollissement de l'ordre de 54 °C pour une pénétrabilité de l'ordre de 40 x 0,1 mm.

- **Les bitumes spéciaux :** Les bitumes spéciaux sont fabriqués au moyen de procédés et à partir de bases choisies afin de leur conférer des propriétés particulières les rendant aptes à certaines exigences plus rigoureuses imposées pour des applications routières ou industrielles spécifiques. Parmi celles-ci, on trouve les bitumes durs.
- **Les bitumes modifiés :** 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.
- **Les bitumes modifiés par des polymères :** Ce sont des bitumes purs modifiés par un ou plusieurs polymères organiques (élastomères ou plastomères). Ces bitumes apportent à l'enrobé bitumineux de hautes performances comme une faible susceptibilité à la température et aux temps de charge, une bonne résistance au fluage et à la fatigue, une bonne souplesse au

froid et un comportement élastique. Certains polymères favorisent la résistance au kérosène (bitumes anti-K). Les bitumes purs, modifiés et spéciaux s'utilisent à chaud, à des températures de l'ordre de 150 °C à 170 °C.

II.1. Les bitumes fluidifiés et émulsions

Ces trois types de bitume peuvent être transformés par ajout de fluidifiants ou de fluxants. Ils peuvent aussi être mis en émulsion. [2]

II.1.1. Les bitumes fluidifiés

On réduit la viscosité en ajoutant des fluidifiants comme le kérosène qui ramollissent le bitume, et permettent sa mise en oeuvre à une température légèrement supérieure à 100 °C. Certains bitumes fluidifiés peuvent être appliqués à température ambiante. L'usage routier de ces produits est en cours de disparition.

II.1.2. Les émulsions de bitume

L'émulsion est une dispersion très fine du bitume dans l'eau. Il existe deux catégories : Les émulsions anioniques et les émulsions cationiques. La stabilité de la dispersion est obtenue par l'ajout d'un tensioactif qui réduit la tension interfaciale eau / bitume et polarise les globules de bitume soit négativement (émulsion anionique), soit positivement (émulsion cationique). C'est la nature du tensioactif qui détermine la polarité de l'émulsion. Les émulsions de bitume peuvent être mises en oeuvre à température modérée (< 80 °C), voire à température ambiante. Les émulsions cationiques sont aujourd'hui les plus utilisées.

III. Caractérisation des bitumes

Les bitumes sont caractérisés par un certain nombre d'essais normalisés dont les plus pratiqués sont la pénétrabilité à l'aiguille et le point de ramollissement bille et anneau, qui permettent d'apprécier leur consistance.

III.1. La pénétrabilité.

Exprimée en dixièmes de millimètre (0,1 mm), La pénétrabilité mesure la pénétration, dans un échantillon de bitume, d'une aiguille dont le poids avec son support est de 100 g (Figure II.2)^[1], au bout de 5 secondes. La pénétrabilité la plus couramment utilisée est mesurée à 25 °C.

À une température donnée, plus le bitume est dur, plus sa pénétrabilité est faible.

Un bitume 20/30 est plus dur qu'un 35/50. Le plus mou est le 160/220 et le bitume pur 35/50 est le plus largement utilisé dans les revêtements routiers. [2]

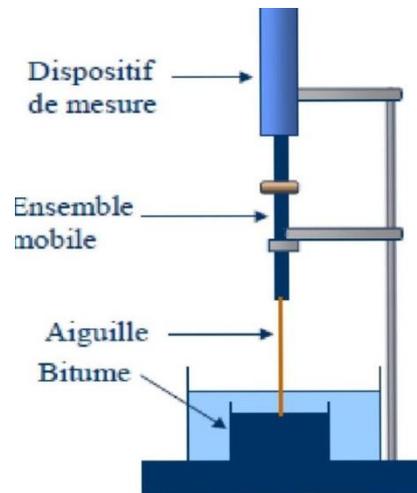


Figure II.2. Dispositif de mesure de la pénétrabilité

III.2. Le point de ramollissement bille et anneau.

Les bitumes n'ont pas de point de fusion précis ; leur consistance décroît progressivement lorsque la température s'élève. Pour cette raison, la détermination du point de ramollissement doit être faite en suivant une méthode bien définie, pour obtenir des résultats comparables. Une bille d'acier de 3,5 g et de 9,5 mm de diamètre est placée sur un petit disque de bitume posé sur un anneau de métal de 19 mm de diamètre (Figure II.3)^[1]. L'ensemble est chauffé à vitesse constante (5 °C/min). Le point de ramollissement bille et anneau (TBA) est la température à laquelle le poids de la bille imprime à l'échantillon une déformation verticale de 25 mm. [2]

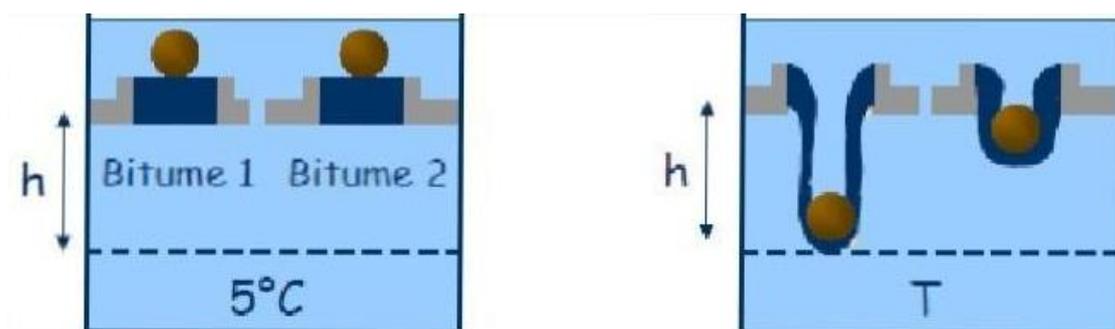


Figure II.3. Dispositif de mesure du point de ramollissement

III. 3. L'indice de pénétrabilité

La susceptibilité des bitumes, ou la variation de leur consistance en fonction de la température, est généralement caractérisée par un nombre appelé indice de pénétrabilité (IP). Deux méthodes sont utilisées pour déterminer l'indice de pénétrabilité :

- Indice de pénétrabilité déduit de la mesure de deux pénétrabilités.
- Indice de pénétrabilité déduit de la mesure du point de ramollissement

L'indice de pénétrabilité permet de classer les bitumes suivant leur susceptibilité à la température, plus il est élevé en valeur algébrique, moins le bitume est susceptible, ainsi, les bitumes très susceptibles à la température ont un indice fortement négatif, les bitumes de type distillation directe, moyennement susceptibles, ont un indice voisin de zéro, les bitumes soufflés, peu susceptibles ont un indice nettement positif. [2]

III.4. La densité relative

Du point de vue performance, la densité n'est pas très importante, elle est utile dans les calculs des formulations des enrobés. Mesurée à l'aide d'un pycnomètre à 25°C, elle est voisine de l'unité pour tous les bitumes à la température de 25°C, elle décroît sensiblement quand la température augmente. [2]

III.5. La perte de masse au chauffage

Les bitumes sont généralement maintenus à l'état liquide lors de leurs stockages, ce qui nécessite un chauffage continu. La perte de masse au chauffage reproduit l'oxydation et les pertes de matières volatiles qui apparaissent lors des stockages, surtout prolongés. L'essai consiste à chauffer un échantillon de bitume à 163 °C pendant 5

heures et procéder à deux mesures :

- La variation du poids de l'échantillon, elle est en générale inférieure à 1% ;
- La chute de la pénétrabilité (toujours inférieure à 30%). [2]
-
-

III.6. Le point d'éclair

Pour éviter les incendies et les explosions des cuves de stockage, le bitume doit être stocké à une température inférieure à sa température d'inflammation, d'où la nécessité de déterminer cette température. Il doit être stocké à 30°C au moins en dessous de son point d'éclair, appelé aussi point d'inflammabilité CLEVELAND.

Le point d'éclair du bitume placé dans une coupe ouverte, est la température minimale à laquelle il faut le porter à une vitesse déterminée pour que les vapeurs émises s'allument spontanément en présence d'une flamme.

III.7. Le point de feu

Si après avoir atteint le point d'éclair, on continue à chauffer le bitume en vase ouvert, celui-ci brûle de plus en plus longtemps après avoir été enflammé. La température à laquelle le bitume brûle pendant 5 secondes au moins et sans interruption est le point de feu du bitume.

III.8. La ductilité

La ductilité d'un bitume désigne sa capacité de résister à l'étirement, en d'autres termes sa capacité de

se déformer plastiquement sans se rompre. Cet essai consiste à mesurer l'allongement, à l'instant précis

de sa rupture, d'une éprouvette de forme déterminée que l'on étire en général à une vitesse de 50 mm à

la minute et à une température de 25° C. Les appareils ne permettant pas de mesurer un allongement

supérieur à 100 cm, valeur atteinte par la plupart des bitumes mous, on se contente en général d'indiquer

une ductilité de 100. [2]

III.9. La teneur en paraffine

La présence d'un taux élevé de paraffine dans le bitume, lui fait perdre en parti, certaines de ses caractéristiques recherchées (ductilité, élasticité, plasticité...); la détermination du taux de paraffine est basée sur son insolubilité à -20°C , dans un mélange à volume égal d'alcool et d'éther.

La teneur en paraffine est exprimée en pourcentage par rapport au poids du bitume total, et doit être inférieure à 4,5%. [2]

III.10. Le point de fragilité FRAASS

Le point de fragilité FRAASS est un indicateur permettant de caractériser la fragilité du bitume à basse température. Un film mince de bitume de 0,5 mm d'épaisseur, déposé sur une lame d'acier,

est soumis à des flexions répétées à températures décroissantes ($1^{\circ}\text{C}/\text{min}$), dans des conditions opératoires d'essais bien définies jusqu'à rupture (Figure II.4). Le point de fragilité FRAASS est la

température à laquelle le film de bitume se fissure. Cette température est généralement de -10°C . [2]

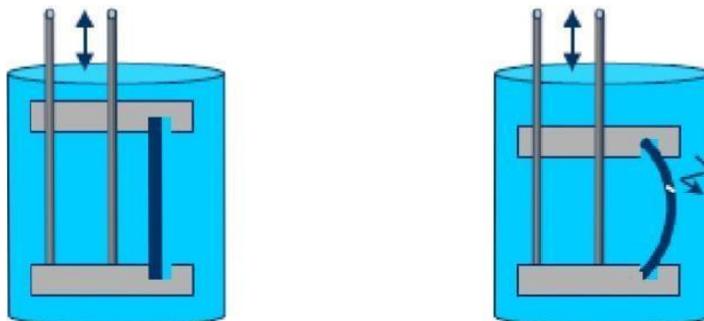


Figure II.4. Dispositif de mesure du point de fragilité FRAAS

III.11. La solubilité

La solubilité d'un bitume est définie comme étant le pourcentage de matière soluble dans certains solvants (sulfure de carbone, tétrachlorure de carbone, trichloréthylène, ...). En cas de contestation, le solvant de référence reste le sulfure de carbone

IV. Qualité, normes et spécifications

Le bitume, dit-on, est la seule partie durable du baril de pétrole brut. Alors que les autres produits pétroliers, carburants, combustibles ou lubrifiants ont une durée de vie très courte.

Le matériau de construction qu'est le bitume doit pouvoir conserver ses qualités pendant des dizaines d'années. C'est pourquoi il exige autant de soins lors de sa fabrication, compte tenu aussi de la diversité de ses utilisations, tant dans le domaine des produits routiers que dans celui de l'hydraulique, de l'étanchéité et de multiples autres applications industrielles. Satisfaire à cette exigence impose des contraintes de qualité, formalisées dans des spécifications nombreuses et précises.

Les bitumes sont des produits industriels répondant à des spécifications définies par des normes homologuées, qui sont le résultat d'un long effort d'unification effectué d'abord dans les cadres nationaux.

La première d'entre elles, EN 12597, définit tous les liants hydrocarbonés d'origine pétrolière.

Bien qu'ils soient issus d'un produit naturel d'origine organique, le pétrole brut, dont les caractéristiques sont diverses; les bitumes et les produits bitumineux mis sur le marché doivent présenter des qualités définies et constantes.

Les spécifications qui définissent ces qualités portent sur les propriétés

physicochimiques intrinsèques du bitume et sur ses performances, en tant que liant destiné à être incorporé dans un matériau complexe (enrobé, enduit superficiel, etc.) destiné à diverses applications (route, étanchéité, industrie). Elles ont pour but de déterminer les valeurs limites de certaines caractéristiques : consistance, viscosité, adhésivité, solubilité, point de rupture, résistance au vieillissement et d'autres spécificités propres au fabricant.

La maîtrise de la qualité commence bien avant la fabrication proprement dite, avec l'analyse des pétroles bruts. Tous les bruts ne sont en effet pas également utilisables pour la production de bitume, puisque 10 % environ des 1300 variétés de pétroles connues sont des bruts à bitume. [2]

NAFTAL commercialise une gamme de produits tels que :

- Les Bitumes purs : Matériau thermoplastique visqueux et élastique, de couleur marron à noir et solide à température ambiante. Fabriqué par procédé à chaud (mélange de gravillon, sable, d'air et de matières complémentaires liées par du Bitume ;
- Les Bitumes oxydés : Les bitumes oxydés par passage de l'air dans des conditions contrôlées, ce type de bitume a l'avantage de conserver ses propriétés et résister aux variations de température.
- Les Bitumes fluidifiés (cut-back) : des mélanges de Bitume et kérosène pour les rendre plus fluides et faciliter ainsi leur manipulation et leur application. Il existe trois grades de bitumes fluidifiés se différenciant par leurs viscosités (600/400,250/150,1/0) et par leur champ d'application.
- Les Emulsions : Les émulsions de bitume sont des dispersions fines de globules de bitume dans un savon constitué d'eau, de tensioactif et d'acide. Ces caractéristiques permettent une bonne substitution au cut-back pour des avantages d'ordre écologique, économique et technique. La figure II.5 montre la répartition des unités d'émulsions à travers le pays. [2]

-
-

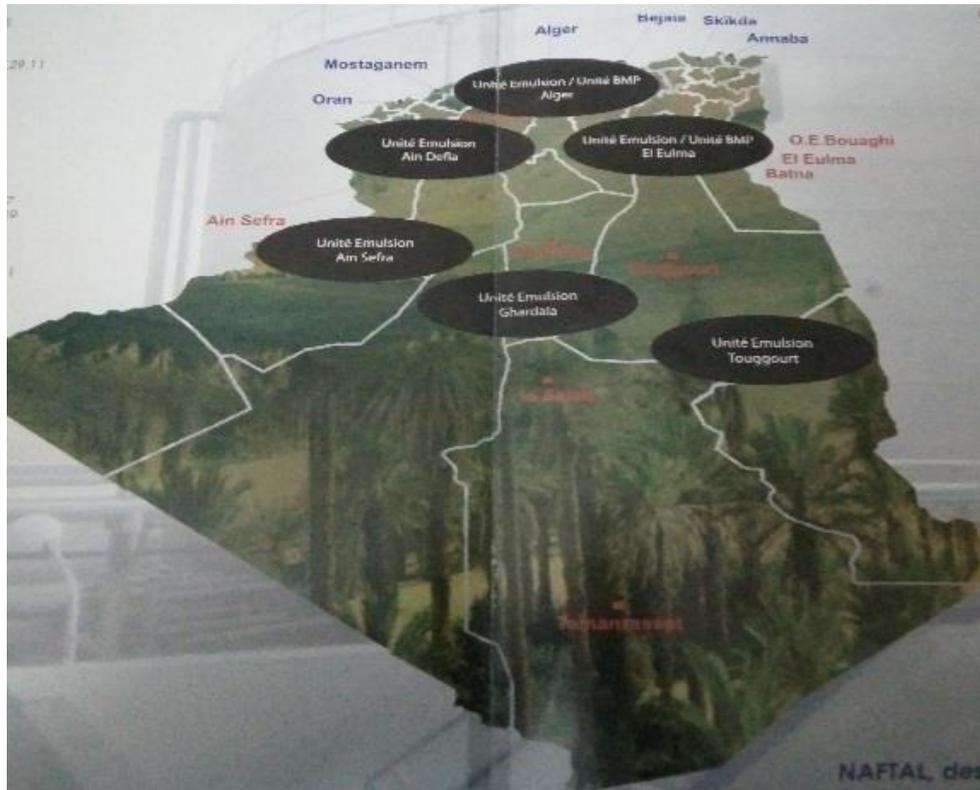


Figure II.5. Différentes unités d'émulsions

La figure II.6 montre les étapes de passage du bitume depuis la source d'approvisionnement jusqu'à la livraison.



Figure II.6. Les étapes de la source jusqu'à la livraison

Chapitre III : Partie pratique.

PARTIE PRATIQUE

Les bitumes sont souvent soumis à un certain nombre d'essais normalisés dont les plus pratiqués sont la pénétrabilité à l'aiguille, le point de ramollissement par la méthode de bille et anneau et la densité, afin de permettre d'apprécier leurs consistances.

L'objet de cette étude est, en premier lieu, analyser deux bitumes différents :

- Un bitume algérien (Bit1)
- Un bitume italien (Bit2)

Suite à ces analyses, une étude comparative est effectuée entre les deux bitumes et entre un bitume provenant de Venezuela (Bitv) dont la composition et les caractéristiques sont trouvés dans la littérature, afin de déduire quelques caractéristiques des deux bitumes.

En second lieu et afin de déterminer la quantité de gravier mélangé au bitume routier, une quantité de bitume déposé sur une route et analysée.

I. Composition des bitumes

Le tableau III.1 illustre la composition des deux bitumes

Tableau III.1. composition des bitumes

Bitume	Asphaltènes (%)	Résines (%)	Huiles Aromatiques (%)	Huiles saturées (%)
Bit1	15-25	10-15	45-55	15-20
Bit2	10-20	10-20	40-50	20-30
Bitv	20-30	10-30	40-50	10-20

II. Caractérisation de deux bitumes

II.1. Pénétrabilité

La norme NFEN1426 spécifie la méthode de la pénétrabilité à l'aiguille pour déterminer la consistance des bitumes et des liants bitumineux. Ce mode opératoire courant s'applique pour les pénétrabilités inférieures ou égales à 330 x 0,1mm, mais pour les pénétrabilités supérieures à cette valeur, jusqu'à 500 x 0,1mm, des conditions opératoires différentes sont prévues. On rappelle que la pénétrabilité est la mesure de la profondeur d'enfoncement d'une aiguille dans l'échantillon sous une charge de 100 g pendant 5 sec (voir figure II.2).

Mode opératoire ^[5] :

- Prélever un échantillon de bitume homogène et non contaminé de bitume ;

- Procéder au chauffage du matériau à 180°C pour le liquéfier ;
- Remplir soigneusement un récipient de matériau et le laisser à température ambiante (25°C) pendant 1 h 30 min.
- Placer l'échantillon sous l'appareil de pénétrabilité et abaisser lentement l'aiguille jusqu'à ce que sa pointe coïncide puis libérer rapidement le porte aiguille pendant 5 sec.
- Prendre la valeur de la profondeur laissée par l'aiguille avec une précision de 1/10^{ème} de mm.
- Répéter l'opération et prendre la moyenne de 3 valeurs

II.2. Le point de ramollissement (méthode de Bille et Anneau)

Le point de ramollissement est la température à laquelle un produit bitumineux atteint un certain degré de ramollissement dans des conditions normalisées. Un disque de bitume est coulé dans un anneau de 19 mm de diamètre interne, une bille en acier de masse 3,5 g de diamètre 9,5 mm est placée sur cet anneau (voir figure II.3). L'ensemble est placé dans un bécher rempli d'eau à 5°C (eau et glace), on élève la température à un taux de 5°C par min, le disque de bitume se ramollit et lorsque la bille le traverse, on note l'indication du thermomètre.

Mode opératoire :

- Mélanger le bitume à une température de 180°C.
- Remplir l'anneau avec le bitume et laisser refroidir pendant 30 min.
- Après refroidissement on enlève l'excédant de liant à l'aide d'une lame chauffée pour que chaque échantillon soit à niveau.
- Assembler l'appareillage avec l'anneau, le thermomètre et le guide en position correcte et remplir le bécher avec de l'eau distillée et la glace, maintenir pendant 15 min à température de 5°C.
- Placer la bille au centre du guide.
- Élever la température avec un gradient de 5°C par minute.
- Noter la température quand la bille touche le fond. Si cette température est supérieure à 80°C, substituer l'eau par la glycérine, cette dernière est chauffée à une température de 30°C.

II.3. La densité du bitume

Elle est en fonction de la température, elle est déterminée à l'aide d'un densimètre

Mode opératoire :

- Peser la masse du pycnomètre propre et vide : m_0
- Remplir le pycnomètre avec de l'eau distillée et peser l'ensemble : m_1
- Peser le pycnomètre + échantillon : m_2
- Peser l'ensemble (Pycnomètre + eau + échantillon): m_3
- Déterminer la masse volumique (ρ_0) de l'eau à cette température dans un volume de référence.
- À l'aide de cette dernière ainsi que la masse d'eau distillée calculée, on calcule le volume précis du pycnomètre.
- Les analyses ont été réalisées au niveau du Laboratoire des Travaux Publics de l'Ouest (LTPO).

II.4. Résultats et Interprétation

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau (III.1) suivant :

Bitume	Pénétrabilité (0.1mm)	Point de Ramollissement	Densité
Bit1	46	51	1,030
Bit2	48	51	1,031
Bitv	13	64	1,400

D'après les résultats obtenus dans le tableau III.1, on remarque que le bitume algérien et le bitume italien ont pratiquement les mêmes, ce qui pourrait indiquer une qualité comparable en termes de densité et de résistance thermique, mais avec une légère différence dans la pénétrabilité ce qui explique son choix dans l'importation.

Conformément à l'annexe C, les deux bitumes Bit1 et Bit2 sont des bitumes purs, le bitume vénézuélien Bitv présente une faible pénétrabilité et une forte densité comparée aux deux bitumes c'est l'un des bitumes durs. On distingue ainsi cinq types de bitume allant du plus dur aux plus identifiés par les classes : 20/30 ; 35/50 ; 50/70 ; 70/100 et 180/220 ^[7].

III. Quantité de gravier

Parmi les méthodes utilisées pour recouvrir une route de bitume est le gravillonnage. Il s'agit de l'épandage d'une fine couche de bitume chaude. Sur celle-ci, on verse des graviers qui pourront se coller au bitume. La réalisation de ce terrassement routier peut être faite en mono

couche ou encore en double couche. Autrement dit, une couche de gravier est recouverte de bitume et à nouveau recouverte de plus petits graviers.

Avec le gravillonnage, l'utilisation de la couleur naturelle du gravillon donne un excellent caractère esthétique au revêtement. Il a une bonne durée de vie et est très lisse, ce qui permet aux motos et aux voitures de circuler librement. Aussi, l'eau peut circuler très facilement, ce qui donne encore plus de visibilité. Par ailleurs, en matière de prix, il laisse beaucoup à désirer.

III.1. Extraction à chaud KUMAGAWA

L'essai consiste à déterminer la teneur en liant (bitume) d'une prise d'essai de matériaux enrobés comprenant les opérations de base suivantes :

- 1- Extraction du liant par dissolution dans un solvant chaud,
- 2- Séparation de la matière minérale et de la solution de liant,
- 3- Détermination de la quantité de liant par différence ou récupération du liant.
- 4- Calcul de la teneur en liant (bitume) soluble.

L'extracteur KUMAGAWA a l'avantage de pouvoir être utilisé à des **températures bien supérieures** et d'être **moins encombrant** grâce à la cartouche incorporée dans le porte-ballon (Figure III.1). Il est souvent utilisé sur des mélanges **d'hydrocarbures en pétrochimie**.

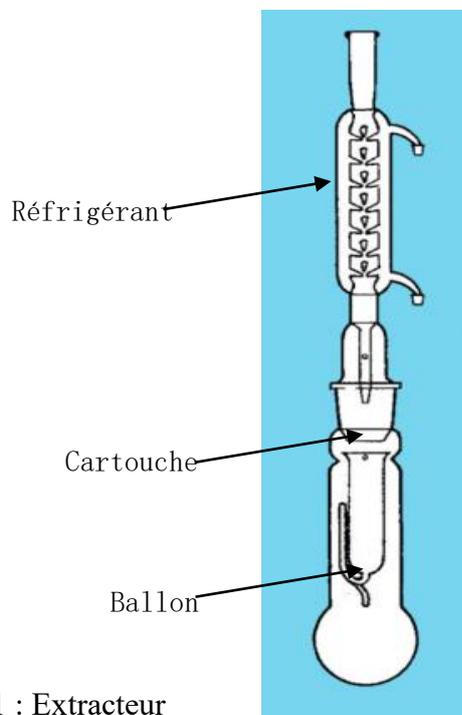


Figure III.1 : Extracteur

KUMAGAWA

III.1.1. Mode opératoire :

- Sécher la cartouche à l'étuve à 120°C jusqu'à poids constant soit P_1
- Introduire dans la cartouche la quantité de matériau enrobé et peser le tout soit P_2
- Peser le poids de la prise d'essai $P_3 = P_2 - P_1$
- Remplir le ballon jusqu'à moitié avec toluène et placer la cartouche dans son panier à l'intérieur du ballon
- Monter le décanteur et le collier de serrage, adapter le réfrigérant et l'alimenter en eau
- Brancher le chauffe ballon, régler la température en cours d'essai de telle sorte que l'enrobé soit complètement immergé dans le solvant sans que celui-ci ne déborde de la cartouche
- Lorsque le solvant coule clair, arrêter l'extraction jusqu'à égouttage total de la cartouche puis remettre en marche. L'extraction est terminée lorsque le solvant coule à nouveau clair
- Laisser refroidir l'appareil et égoutter la cartouche, retirer la cartouche de l'extracteur et la placer dans une étuve ventilée à 120°C jusqu'à l'obtention d'un poids constant P_4

III.1.2. Calculs

- a- Le poids du matériau désenrobé :

$$P_5 = P_4 - P_1$$

- b- Le poids du liant

$$P_6 = P_3 - P_5$$

- c- La teneur en liant par rapport aux granulats

$$P_7 = (P_6 / P_5) \cdot 100$$

- d- La teneur en liant par rapport à l'enrobé

$$P_8 = (P_6 / P_3) \cdot 100$$

- e- La surface spécifique du mélange (m^2/Kg)

$$\Sigma = 0,25 G + 2,3 S + 12 s + 135 f$$

Avec :

G : % d'éléments > 6,3 mm

S : 0,315 < % d'éléments < 6,3mm

s : 0,08 < % d'éléments < 0,315 mm

f : % d'éléments < 0,08 mm

III.1.3. Résultats et Interprétations

Les résultats d'extraction KUMAGAWA réalisée sur le bitume algérien Bit1 sont regroupés dans le tableau III.2

Tableau III.2 / Résultats de l'extraction KUMAGAWA

P₁(g)	P₂(g)	P₃(g)	P₄(g)	P₅(g)	P₆(g)	P₇(%)	P₈(%)
26,7	390,1	363,4	373,4	346,7	16,7	4,81	4,59

L'extraction KUMAGAWA du bitume algérien bit1 a été réalisée au laboratoire de Travaux public de la commune de Ain sidi Cherif de la wilaya de Mostaganem

[12] Dr semcha.A, 2019 «MEMOIRE DE MASTER en Génie Civil» (Formulation et Caractéristique d'un Béton Bitumineux à base des Matériaux d'Adrar).

Bibliographie :

[1] : Donny, Anny.,1991. Liant bitume-polymère de la fabrication à la mise en œuvre en enrobe. Influence de la nature du bitume sur leurs propriétés mécaniques, leur morphologie et leur stabilité mécanique. LCPC : c1.ISSN 1160-976 ;

[2] : Laboratoire bitumes Ain Sefra 206

[3] :

[4] : centre bitumes Mostaganem, NAFTAL spa, Société de commercialisation et de distribution des produits pétroliers.

[5] : Bekki, H., 2017. Les essais de laboratoire de routes. Manuel de TP. Office des publications universitaires. Tiaret. Algérie. Edition : 2.03.5751 ;

[6] : Laboratoire des travaux publics de l'ouest unité Oran The shell bitumes handbook SIXTH EDITION

[7] Fethiza, A., 2021. Contribution à l'étude du comportement des bitumes modifiés par l'association du NBR et de déchets plastiques. Thèse de doctorat. USTHB, Alger, Algérie ;

Sites web :

<https://www.yvelines.gouv.fr/contenu/telechargement/12283/79393/file/8+2+BITUME+2.pdf>

www.yvelines.gouv.fr

<https://www.yvelines.gouv.fr/contenu/telechargement/12283/79393/file/8+2+BITUME+2.pdf>

www.yvelines.gouv.fr



Essai: Kumagawa N°=3
Entreprise: SARL EGV
Carrière: CG-001
Classe de bitume: 40/50
Fraction: BBSG 0/14
Destination: BB 0/14

La masse de prise d'essai sèche avant extraction, exprimée en grammes (g)- M1	150,00
La masse de prise d'essai sèche après extraction, exprimée en grammes (g)- M2	141,00

Conclusion Générale :

En conclusion, les bitumes représentent bien plus que de simples composés chimiques utilisés dans la construction et l'industrie. Leur histoire millénaire, leurs propriétés polyvalentes et leur large gamme d'applications en font des matériaux indispensables à notre société moderne. Que ce soit pour assurer la solidité des routes, protéger les structures contre les éléments ou faciliter la fabrication de produits chimiques, les bitumes continuent d'être au cœur de nombreux processus industriels et de projets d'ingénierie.

En fin de compte, les bitumes représentent un domaine fascinant où la science, la technologie et l'ingénierie se rencontrent pour répondre aux défis complexes de notre époque. Leur exploration et leur compréhension approfondies sont essentielles pour garantir une utilisation responsable et judicieuse de ces précieux matériaux, tout en assurant un avenir durable pour les générations à venir.