



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



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

Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme  
de Master académique en

Filière : **Industrie pétrochimique**

Spécialité : **Génie du Raffinage**

Présentée par : Biaz Malak

Chaalal Ahlam

*Thème*

---

## **Valorisation des polymères naturels dans la modification du bitume routier**

---

Soutenu le, 15/06/2023

### **Devant le Jury :**

Mr. Ladeg Soufyane	Président	M.C.B	Univ-Tissemsilt
Mm. Mahroug Hanane	Encadrante	M.C.B	Univ-Tissemsilt
Mr. Bekki Hadj	Co-encadrant	M.C.A	Univ-Tiaret
Mr. Bendahman M. Amine	Examineur	M.C.A	Directeur de l'incubateur
Mm. Mokhtar Djamila	Examinatrice	M.A.A	Univ-Tissemsilt
Mr. Khelifi Mohamed	Examineur	Ingénieur	GBS-Belhocine Tiaret

**Année universitaire : 2022-2023**

# Remerciements

Avant tout, nous remercions Allah le tout puissant de nous avoir donné, le courage, la volonté, la patience et la santé durant toutes ces années d'étude et que grâce à lui ce travail a pu être réalisé.

Nous tenons à adresser nos vifs remerciements à notre promotrice **Dr. H. Mahroug** qui nous a soutenu tout au long de ce travail. Sa compétence, sa disponibilité, sa gentillesse et son dévouement ont été pour nous un soutien pour la réalisation de ce travail.

Nos remerciements aussi s'adressent à **Mr. H. Bekki** qui nous a aidés pour faire les analyses dans le *laboratoire des routes dans la faculté du génie civil de Tiaret*.

Nos sincères remerciements à **Dr. S. Ladeg** de nous avoir fait l'honneur de jury ce travail en tant que président de jury. Nous remercions également **Mm. D. Mokhtar et Mr. M.A Bendahman, l'ingénieur de Groupe GBS Belhocine-Tiaret** pour consacrer son temps précieux à examiner ce manuscrit.

Nous remercions également les responsables du *laboratoire d'application des électrolytes et des polyélectrolytes organiques (LAEPO)-université de Tlemcen* pour l'acceptation de notre demande des analyses XRF, DRX, ATG et d'IRTF.

Nous exprimons toute notre gratitude aux enseignants qui nous ont enseigné durant les années de ce cursus de licence et master.

Finalement, Nous souhaitons adresser nos remerciements à nos parents, à nos frères et sœurs qui, à nos amis et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

# SOMMAIRE

Liste des abréviations et des symboles	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale .....	01

## Chapitre 1. Etude bibliographie

1.1 Généralité sur le bitume .....	03
1.1.1 Introduction sur le bitume .....	03
1.1.2 Origine et fabrication de bitume .....	03
1.1.3 Bitume en Algérie .....	05
1.1.4 Composition de bitume .....	06
1.1.5 Classification des bitumes .....	06
1.1.6 Structure physico-chimique .....	07
1.1.7 Structure colloïdale du bitume .....	09
1.1.8 Composition rhéologique des bitumes purs.....	11
1.1.9 Propriétés du bitume .....	11
1.1.10 Les applications du bitume.....	12
1.2 Les polymères.....	14
1.2.1 Définition des polymères .....	14
1.2.2 Architectures des polymères .....	14
1.2.3 Types des polymères .....	15
1.2.4 Caractéristiques et propriétés des polymères .....	16
1.2.5 Définition et méthodes de la polymérisation.....	17
1.2.6 Types des polymères.....	19
1.2.7 Cristallinité des polymères .....	21
1.2.8 Les applications des polymères .....	21
1.3 Modification du bitume par les polymère.....	22
1.3.1 L'objectif de la modification avec les polymères.....	22
1.3.2 Les types de polymères utilisés dans la modification du bitume .....	22

1.3.3 Mécanisme de modification du bitume par les polymères .....	24
1.3.4 Structure microscopique du bitume modifié par les polymères .....	25
1.3.5. Domaines d'utilisation .....	25

## **Chapitre 2. Matériels et méthodes**

2.1 Préparation des bitumes modifiés PMB.....	26
2.1.1 Généralité sur la cellulose utilisée .....	26
2.1.2 Généralité sur l'amidon utilisée .....	27
2.1.3 Généralité sur le carton utilisée .....	27
2.1.4 Protocol expérimental de la modification .....	28
2.2 Les techniques de caractérisation chimique et thermique utilisées .....	29
2.2.1 Analyse par Fluorescence des Rayons-X (XRF) .....	29
2.2.2 Infra-Rouge a Transformé de Fourier (IRTF) .....	30
2.2.3 Diffraction des Rayons-X (DRX) .....	31
2.2.4 Banc kofler .....	31
2.2.5 Analyse thermogravimétrique (ATG) .....	32
2.3 Les essais de la pénétrabilité pour le bitume pur et les PMBs .....	32
2.3.1 Préparation de l'échantillon .....	33
2.3.2 Détermination de la pénétrabilité .....	33
2.4 Les essais du point de ramollissement ou Essai Bille-Anneau .....	34
2.4.1 Préparation de l'échantillon .....	34
2.4.2 Détermination du point de ramollissement .....	35
2.5 Les essais de la ductilité .....	35
2.5.1 Préparation de l'échantillon .....	36
2.5.2 Détermination de la ductilité .....	36

## **Chapitre 3. Résultats et discussions**

3.1 Caractérisation chimique et thermique du bitume pur (Bit 40/50).....	37
3.1.1 La composition élémentaire par XRF .....	37
3.1.1 Caractérisation spectroscopique par IRTF.....	38
3.1.3 Stabilité thermique par ATG .....	39
3.2 Détermination des propriétés rhéologiques et confirmation de class de bitume pur .....	40
3.3 Caractérisation chimique et thermique des polymères .....	40
3.3.1 Caractérisation spectroscopique par IRTF de cellulose .....	40

3.3.2 Caractérisation spectroscopique par IRTF d'Amidon .....	41
3.3.2 Analyse par DRX .....	42
3.3.2.1 Analyse par DRX de cellulose .....	42
3.3.2.2 Analyse par DRX de Amidon .....	43
3.3.3 Stabilité thermique par Banc Kofler et ATG .....	44
3.3.3.1 Stabilité thermique par ATG de la cellulose .....	44
3.3.3.1 Stabilité thermique par ATG de l'amidon .....	44
3.3.3.3 Stabilité thermique par Banc Kofler de cellulose et l'Amidon .....	45
3.4 Analyse des mélanges PMB modifié par différents % en Amidon, Cellulose et Carton .....	46
3.4.1 Effet du pourcentage de la cellulose sur les propriétés du bitume .....	46
3.4.1.1 Essai de pénétrabilité .....	46
3.4.1.2 Essai de Bille et anneau (point de ramollissement) .....	47
3.4.1.3 Essai de ductilité .....	47
3.4.1.4 IRTF.....	48
3.4.2 Effet de % de L'Amidon sur les propriétés du bitume .....	49
3.4.2.1 Essai de pénétrabilité .....	49
3.4.2.2 Essai de Bille et anneau (point de ramollissement) .....	50
3.4.2.2 Essai de Ductilité .....	50
3.4.2.3 IRTF .....	51
3.4.3 Effet de % de Carton sur les propriétés du bitume .....	51
3.4.3.1 Essai de pénétrabilité .....	51
3.4.3.2 Essai de Bille et anneau (point de ramollissement) .....	52
3.4.3.3 Essai de ductilité .....	53
3.5. Business Model Canvas(BMC).....	54
3.6. Plan Financier.....	55
Conclusion Générale .....	56
Références bibliographiques .....	58
Résumé et mots clés.....	62
Abstract and keywords .....	62
الملخص والكلمات المفتاحية.....	62

## **LISTE DES ABREVIATIONS ET DES SYMBOLES**

ATG : Analyse Thermogravimétrique

AGU : Anhydroglucose

Bit : Bitume

Bit/cel : Bitume modifié par la cellulose

Bit/Star : Bitume modifié par l'amidon

Bit/cart : Bitume modifié par le carton

BMP ou PMB : Bitume modifié par polymère

Cel : cellulose

Cart : Carton

DRX : Diffraction des Rayons-X

DP : Degré de polymérisation

IRTF : Infra rouge à transformé de fourier

LH : Liaison hydrogène

Star : Starch ( amidon)

T(°C) : Température (en degré celsius)

TBA : Température de bille et anneau

VDW : Liaison type van der waals

XRF : Fluorescence des rayons X

## Liste des figures

<b>Fig.1-</b> Aspect visuel du bitume	<b>3</b>
<b>Fig.2-</b> Morceaux de bitume provenant de la mer morte	<b>4</b>
<b>Fig.3-</b> Gisement de en bordure Lake Asphaltète	<b>4</b>
<b>Fig.4-</b> Schéma de procédé de fabrication des bitumes	<b>5</b>
<b>Fig.5-</b> Schéma sur les différents types des polymères	<b>7</b>
<b>Fig. 6-</b> Séparation par familles chimiques des constituants du bitume	<b>7</b>
<b>Fig.7-</b> Structure de saturé	<b>8</b>
<b>Fig.8-</b> Structure des asphaltènes	<b>9</b>
<b>Fig.9-</b> Structure « SOL » « GEL »	<b>9</b>
<b>Fig.10-</b> Représentation de la structure colloïdale (Sol-Gel) du bitume	<b>10</b>
<b>Fig.11-</b> Classe de comportement du bitume	<b>12</b>
<b>Fig.12-</b> (a) Isolation bâtiment, (b) Béton bitumineux à l'émulsion	<b>13</b>
<b>Fig.13.</b> Structure des polymères	<b>14</b>
<b>Fig.14-</b> Architecture linéaire des polymères	<b>14</b>
<b>Fig.15-</b> Architecture ramifiées des polymères	<b>15</b>
<b>Fig.16-</b> Architecture réticulées des polymères.	<b>15</b>
<b>Fig.17-</b> La différence entre la polyaddition et la polycondensation	<b>18</b>
<b>Fig.18-</b> Schéma explicatif sur les deux types de polymérisation	<b>18</b>
<b>Fig.19-</b> Exemple d'un polymère naturel « l'amidon »	<b>19</b>
<b>Fig.20-</b> Exemple de polymère artificiel « caoutchouc »	<b>20</b>
<b>Fig.21-</b> Exemple de polymère synthétique « polystyrène »	<b>20</b>
<b>Fig.22-</b> les différents structure des polymères (semi- cristallin, amorphe et cristallin) dans le processus de cristallisation	<b>21</b>
<b>Fig.23-</b> Les élastomères thermoplastique et thermodurcissables	<b>23</b>
<b>Fig.24-</b> La structure colloïdale de bitume original (a) et PMB (b)	<b>24</b>
<b>Fig.25-</b> Microstructure d'un bitume-polymère	<b>25</b>
<b>Fig.26-</b> Représentation de la molécule de cellulose	<b>26</b>
<b>Fig.27-</b> (a)Aspect visuel de l'amidon ; (b) structure de l'amidon	<b>27</b>
<b>Fig.28-</b> Déchet de Carton	<b>28</b>
<b>Fig.29-</b> Montage de la modification	<b>28</b>
<b>Fig.30-</b> Principe de L' XRF (a) ; L'appareil utilisé (b)	<b>30</b>
<b>Fig.31-</b> schéma de l'interféromètre de Michelson, configuré pour la spectroscopie IRTF	<b>30</b>
<b>Fig.32-</b> (a)Appareil de DRX ;(b) Schéma général des expériences de diffraction sur monocristal	<b>31</b>
<b>Fig.33-</b> Appareil de Banc Kofler	<b>32</b>
<b>Fig.34-</b> Appareil d'ATG utilisé	<b>32</b>
<b>Fig.35-</b> (a) Goblet à remplir par l'échantillon ;(b) l'aiguille de pénétromètre	<b>34</b>
<b>Fig.36-</b> Dispositif bille-anneau utilisé	<b>34</b>

<b>Fig.37-</b> (a) Refroidissement de l'échantillon dans de l'eau glacée; (b) Le bécher sur la plaque chauffante	<b>35</b>
<b>Fig.38-</b> (a) Ductilimètre; (b) Moule et plaque du moulage	<b>36</b>
<b>Fig.39-</b> la translation du chariot	<b>36</b>
<b>Fig.40-</b> Spectre XRF du bitume pur	<b>37</b>
<b>Fig.41-</b> Spectre IRTF du Bit pur (40/50)	<b>39</b>
<b>Fig.42-</b> Spectre ATG du bitume pur	<b>39</b>
<b>Fig.43-</b> Spectre IRTF de cellulose	<b>41</b>
<b>Fig.44-</b> Spectre IRTF d'Amidon	<b>40</b>
<b>Fig.45-</b> Spectre DRX de cellulose	<b>43</b>
<b>Fig.46-</b> Spectre DRX de l'Amidon	<b>43</b>
<b>Fig.47-</b> Spectre ATG de cellulose	<b>44</b>
<b>Fig.48-</b> Spectre ATG de l'Amidon	<b>45</b>
<b>Fig.49-</b> Effet de % de la cellulose sur la pénétrabilité du bit pur	<b>46</b>
<b>Fig.50-</b> Effet de % de la cellulose sur le TBA du bit pur	<b>47</b>
<b>Fig.51-</b> Effet de % de la cellulose sur ductilité	<b>47</b>
<b>Fig.52-</b> Spectre IRTF des % de cellulose	<b>48</b>
<b>Fig.53-</b> Effet de % de l'Amidon sur la pénétrabilité de bit pur	<b>49</b>
<b>Fig.54-</b> Effet de %de l'Amidon sur le TBA du bit pur	<b>50</b>
<b>Fig.55-</b> Spectre IRTF des % de l'amidon	<b>51</b>
<b>Fig.56-</b> Effet de % de carton sur la pénétrabilité du bit pur	<b>52</b>
<b>Fig.57-</b> Effet de %de Carton sur le TBA du bit pur	<b>52</b>
<b>Fig.58-</b> Effet de %de carton sur Ductilité	<b>53</b>



## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b> -Analyse élémentaire d'un bitume	<b>6</b>
<b>Tableau 2</b> -Différent types de bitumes en fonction de la composition chimique	<b>10</b>
<b>Tableau 03</b> - les différentes origines des polymères naturels	<b>19</b>
<b>Tableau 04</b> -les divers masses et pourcentages du bitume et de l'additif de utilisée dans le chaque mélange PMB	<b>29</b>
<b>Tableau 05</b> -Dimensions normalisées des Gobelet	<b>33</b>
<b>Tableau 06</b> - Composition du bitume pur (40/50)	<b>38</b>
<b>Tableau 07</b> -Les bands caractéristiques du Bitume pur (40/50) avec leurs attributions	<b>39</b>
<b>Tableau 08</b> - caractéristiques du Bitume pur (40/50)	<b>40</b>
<b>Tableau 09</b> - Les bands caractéristiques de cellulose avec leurs attributions	<b>41</b>
<b>Tableau 10</b> - Interprétation de spectre IR de l'Amidon	<b>42</b>
<b>Tableau 11</b> - Résultats ATG, Perde de masse à 160°C (P160) (%) et la température de dégradation Td (°C)	<b>45</b>
<b>Tableau 12</b> -Températures de décomposition de l'additif utilisé	<b>45</b>
<b>Tableau 13</b> -Les résultat de ductilité des mélanges Bit/star	<b>50</b>
<b>Tableau 14</b> - Le Business Model Canvas	<b>54</b>
<b>Tableau 15</b> - Montre les revenus et bénéfices de l'unité	<b>55</b>



**INTRODUCTION  
GENERALE**

## INTRODUCTION GENERALE

Les ingénieurs routiers rencontrent de nombreux problèmes dans la construction des routes. Au premier rang de ces problèmes figure le manque de matériaux de construction routière complète et efficace. Cela nécessite de valoriser les matériaux locaux ou d'importer autres matériaux adaptés au site, ce qui augmenterait les coûts de construction.

La route c'est la base de la communication, mobilisation et l'échange donc elle est considérée comme une base pour la population [1], Les routes contribuent à la croissance économique en facilitant la circulation et le transport. Pour cela, il est nécessaire de construire des routes qui résistent au trafic et aux poids lourds avec une bonne capacité d'adaptation aux changements climatiques [2].

Le bitume est le matériau principal dans l'élaboration des routes pour sa souplesse d'emploi, ses propriétés d'adhésivité, de plasticité, d'élasticité, d'insolubilité dans l'eau et d'inertie à de nombreux agents chimiques

Les bitumes sont utilisés dans plusieurs domaines d'application tels que les travaux public, l'isolation électrique, le moulage etc..., toute fois leur utilisation à grande échelle est dans l'enrobage routier dans lequel le bitume joue le rôle d'un liant pour lier les granulats. La performance de tels matériaux composites dépend directement des propriétés du liant hydrocarboné [3,4].

L'utilisation de bitume en techniques routières est devenu une telle généralité qu'elle impose à ce matériau issu du pétrole, un strict contrôle de ses propriétés,[5].

Les matériaux polymères occupent depuis longtemps une place importante dans l'industrie avec ces différentes formes et autres domaines de notre vie courante, leur production mondiale ne cesse qu'augmenter de nos jours. Les polymères ont prouvés leur efficacité dans la modification des bitumes purs, du fait de leur existence dans la plupart des déchets ainsi que leur disponibilité et l'abondance de certains polymères tel que les polymères naturels.

Les polymères sont ses produits chimiques qui sont utilisées dans plusieurs applications, ils sont formés par l'union des monomères avec des liaisons covalentes [6].

En général, une modification aux polymères renforce la consistance à chaud (diminution du fluage) et/ou améliore la souplesse à froid (diminution de la fragilité aux basses températures). Le gonflement du polymère par absorption d'huiles malténiques. Ceci se traduit par une augmentation de la viscosité de la phase bitumineuse. Le liant devient plus élastique et plus résistant à l'écoulement.

D'autre part, valoriser, c'est donner de la valeur à quelque chose, valoriser un déchet recoupe toute action qui permet d'en tirer de l'énergie, de trouver un nouvel usage à la matière qui le compose, de tirer une matière première utile à la fabrication du même bien et de trouver un nouvel usage qui permet à un déchet de redevenir utile.

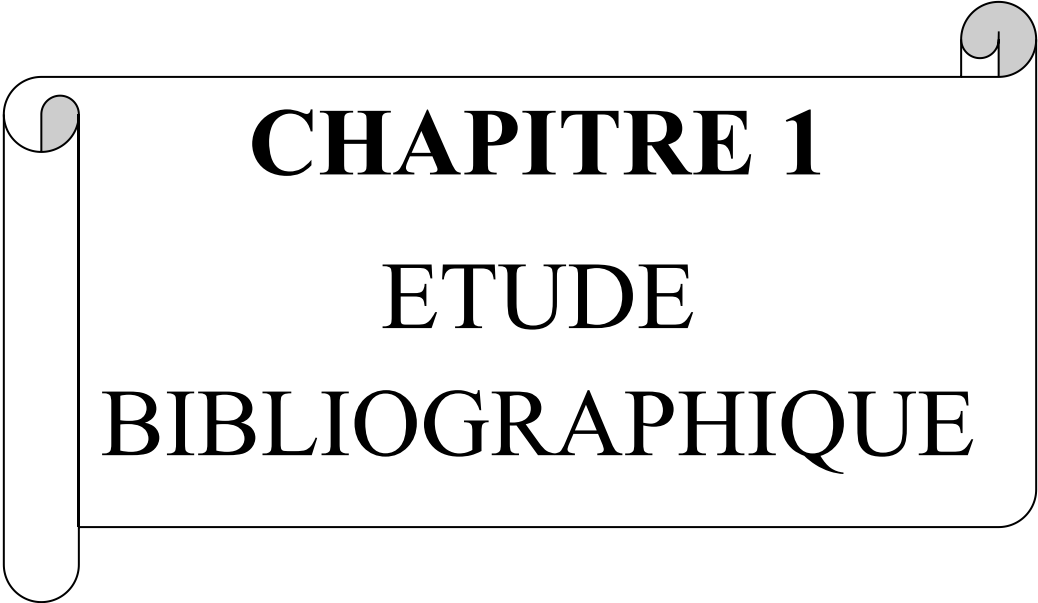
C'est pourquoi nous vous proposons le thème "**Valorisation des polymères naturels dans la modification du bitume routier**" qui nous intéresse dans la préparation des PMBs en utilisant des polymères naturels dont leurs effets sur les propriétés du bitume sont inconnues et non testées auparavant. Les polymères utilisés sont : amidon, cellulose, carton, dont notre objectif c'est de connaître l'effet de ses additives sur les propriétés chimiques et rhéologiques du bitume 40/50.

Afin d'atteindre notre but, le présent travail a été détaillé autour de trois chapitres comme suit :

**Le premier chapitre :** dans lequel nous avons effectué une étude bibliographique sur les propriétés physico-chimiques du bitume et des polymères ainsi que la modification de bitume avec des polymères et ses avantages.

**Le deuxième chapitre :** il représente le matériel et les méthodes utilisés pour la préparation et la caractérisation du bitume pur ; des polymères et des mélanges PMB. Il décrit l'ensemble des modes suivis dans cette étude ainsi que les techniques et les essais utilisés qui sont les essais de la pénétrabilité, de la ductilité et le point de ramollissement. Nous citons également les analyses d'Infra Rouge à transformé de Fourier (IRTF), la Fluorescence des rayons-X (XRF), la Diffraction des Rayons-X (DRX), le Banc de kofler et l'analyse thermogravimétrique (ATG).

**Le troisième chapitre :** dans le dernier chapitre, les résultats expérimentaux obtenus ont été donnés. Dans cette partie une discussion et interprétation des résultats achevés est représentée ce qui nous permet de bien atteindre notre objectif et connaître l'effet de chaque additif que ce soit les polymères (amidon et cellulose) ou bien le déchet (carton).



**CHAPITRE 1**  
**ETUDE**  
**BIBLIOGRAPHIQUE**

## 1.1 Généralités sur le bitume

### 1.1.1 Introduction sur le bitume

L'histoire du bitume remonte à la préhistoire et les plus anciens objets humains contenant du bitume connus à ce jour sont vraisemblablement vieux de 180 000 ans. Le bitume naturel a ainsi été utilisé généralement comme adhésif, en particulier pour le génie civil, dans des mortiers ou en tant qu'agent d'imperméabilisation [7]. Ainsi, les bitumes sont devenus des matériaux de haute technicité et il existe maintenant un certain nombre d'additifs commerciaux, minéraux ou organiques, chargés d'améliorer leurs propriétés.



**Fig.1-Aspect visuel du bitume**

Le **bitume** est un matériau hydrocarboné brun brillant qui change de viscosité avec la température (voir la Fig1). Contient du carbone et de l'hydrogène, de petites quantités d'oxygène, d'azote, de soufre et des métaux traces.

Le **bitume**, le goudron ou les deux sont connus comme des substances liant les hydrocarbures en combinaison avec des agrégats, fournissant aux matériaux encapsulés leurs principales propriétés de liaison permettant aux matériaux de coller ensemble [8].

En général, le bitume est souvent confondu avec le goudron de houille et l'asphalte, mais ils ne sont qu'un composant.

### 1.1.2 Origine et fabrication de bitume

Les bitumes comme un liant hydrocarboné ayant plusieurs origines naturels et industriels. A l'état naturel, comme le Trinidad ; certains roches, telles que les calcaires asphaltites sont des roches poreuses imprégnées d'une certaine quantité de bitume naturel. La plupart de ces calcaires

## Chapitre 01 : Etude bibliographique

asphaltites contiennent moins de 10% en poids de bitume, donc la production mondiale est très faible puisqu'elle ne dépasse pas 200 milles tonnes [9].



**Fig.2- Morceaux de bitume provenant de la mer mort**



**Fig.3-Gisement de en bordure Lake Asphaltète**

Pour fabriquer un enrobé d'une spécification donnée, la première condition est de choisir un pétrole brut assez lourd. Sur les quelque 1 300 pétroles bruts référencés dans le monde, Seuls 10 % sont sélectionnés par les compagnies pétrolières pour fabriquer du bitume [10].

Il existe quatre principales méthodes de fabrication du bitume :

### 1.1.2.1 La distillation

Il s'agit du processus physique d'évaporation des composants volatils, dans lequel la phase gazeuse est éliminée et condensée et reste au fond de colonne du bitume. Elle se pratique en deux étapes :

- **Distillation à la pression atmosphérique**

Ce procédé n'est utilisé que pour éliminer les produits légers (essence, kérosène, etc.). Le pétrole brut pré-décanté et dessalé est chauffé à des températures proches de 340°C Puis envoyé à la première colonne de fractionnement pour maintenir la pression Atmosphérique. Le produit récupéré en pied de tour est du "pétrole brut réduit".

- **Distillation sous vide**

Cette opération est nécessaire pour obtenir le produit lourd, qui est d'abord distillé sous pression Atmosphérique. Le fond de la colonne est ensuite envoyé en distillation sous vide, Inclut la séparation des différents composants en ajustant les paramètres : débit, pression et la température. Plus il est distillé, plus le bitume obtenu est dur et moins il est perméable.

### 1.1.2.2 Le désasphaltage

Ce procédé est utilisé en complément de la distillation. il comprend la fabrication d'asphalte Solubilité dans le solvant (propane ou butane) par fond de distillation sous vide. Le bitume désasphalté est généralement sensible à la température.

### 1.1.2.3 Le soufflage

Cette opération consiste à injecter de l'air dans le résidu de distillation sous vide la température est comprise entre 250 et 300°C. L'asphalte qui en résulte est appelé asphalte soufflé et est moins utilisé dans les travaux routiers, mais N'est plus utilisé comme scellant de construction.

### 1.1.2.4 Le craquage

Le craquage est un traitement des fonds de colonne sous vide à des hautes températures comprises entre 450 et 500°C et à des pressions allant de 2 à 25 bars. Ces bitumes n'ont pas d'application routière.

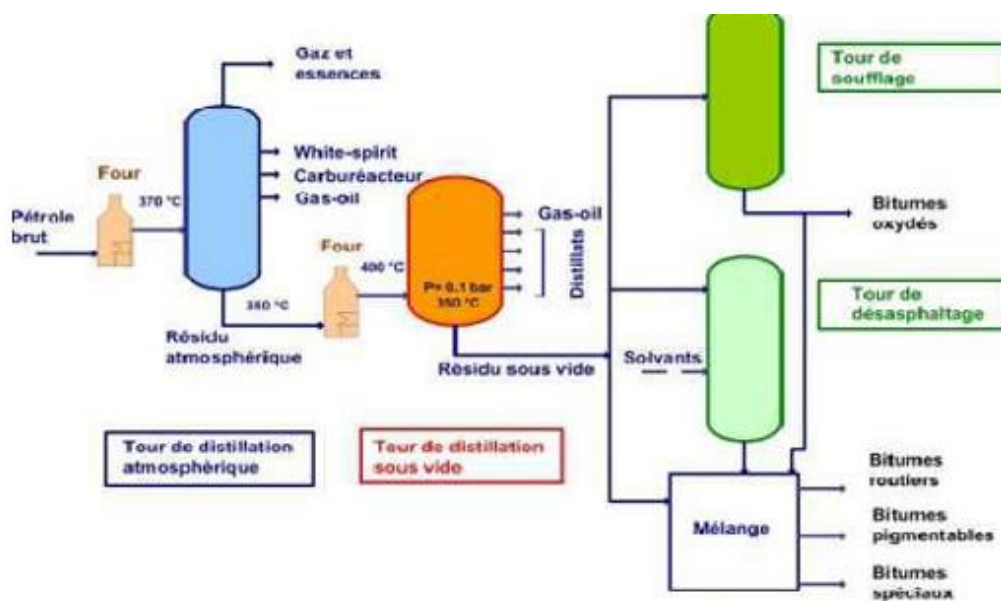


Fig.4- Schéma de procédé de fabrication des bitumes.

### 1.1.3 Bitume en Algérie

Comme d'autres pays émergents, l'Algérie connaît une croissance et Le développement de son activité économique crée une demande pour différents produits l'énergie monte [11]

La catégorie d'asphalte pure la plus utilisée dans la technologie routière algérienne 35/50(40/50) et 70/100 respectivement. Le pétrole algérien n'est pas assez dense pour extraire le



## Chapitre 01 : Etude bibliographique

---

bitume, Il est ensuite importé sous forme de matières premières : pétrole brut réduit, raffiné à Arzew et Skikda, ou produit fini : asphalte pur.

Le bitume 35/50 est fabriqué à la raffinerie d'Arzew par soufflage, il est destiné aux Enrobés à chaud.

Le 70/100 est fabriqué à Skikda par la distillation sous vide.

Département Bitume : responsable de l'approvisionnement, de l'exploitation et Entretien des équipements, promouvoir et vendre les produits, dans le respect des normes et Des normes internationales sont nécessaires.

### 1.1.4 Composition de bitume

Le bitume généralement est constitué d'un mélange très complexée d'hydrocarbures et la composition élémentaire est fortement dépendante à l'origine de son brut et techniques de raffinage. L'analyse élémentaire met en évidence ses constituants que montre sur ce tableau ci-dessous :

**Tableau 1-Analyse élémentaire d'un bitume**

Eléments	Carbone	Hydrogène	Soufre	Azote	Oxygène	Vanadium	Nickel
	Pourcentage massique (%)					Ppm : part par million	
Teneur	80 - 87	8-12	1-9	0-1,5	0,5-1.5	10-2000	20-200

Ainsi que des traces de métaux (Fe, Ca, Ti, Mg, Na, Co, Cu, Sn, Zn). Les mélanges hydrocarbonés de bitume ont des masses molaires et des structures chimiques variées, la taille de ces molécules varie de quelques nanomètres à quelques dixièmes de micromètres pour les grandes tailles.

### 1.1.5 Classification des bitumes [12]

Il existe plusieurs classifications de bitume qui dépend fortement de mode d'obtention et de domaine d'application. Ces principales classifications sont regroupées dans l'organigramme donné par la figure 5.

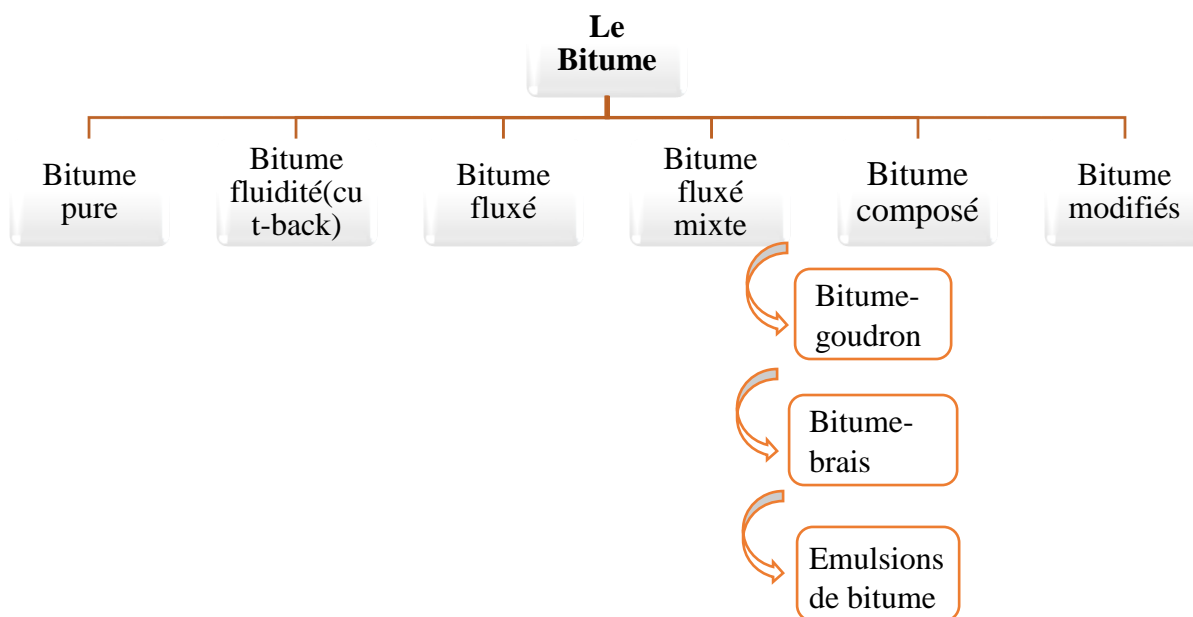


Fig.5- Schéma sur les différents types des polymères

### 1.1.6 Structure physico-chimique

Le bitume est un mélange d'hydrocarbure est composé en moyenne de 80 à 85 % de carbone , 10 à 15% d'hydrogène , d'oxydène , 2 à 3% d'oxygène et en faible quantité ,du soufre , de l'azote et divers métaux à l'état De traces[13].

Malgré la complexité du matériau, La gunillas a proposé une formule brute moyenne pour les monomères d'asphaltènes :  $C_{74}H_{87}NS_2O$ .

L'utilisation, comme solvant sélectif, d'un hydrocarbure léger en grand excès, permet de fractionner un bitume en deux parties (Fig.6):

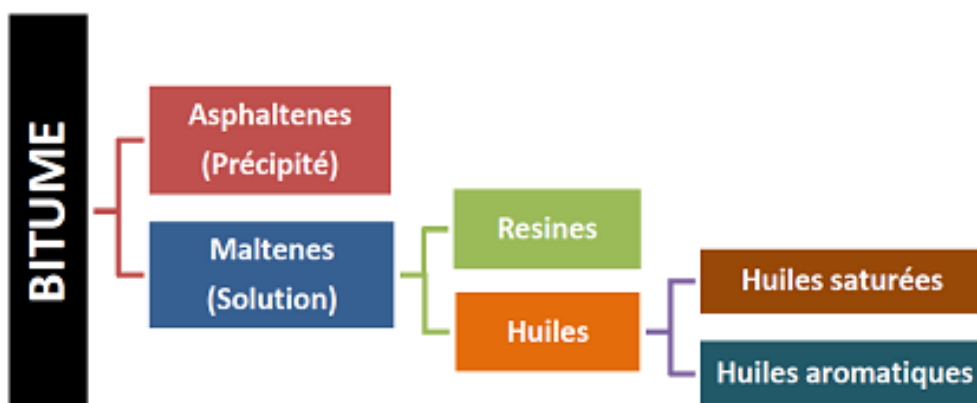
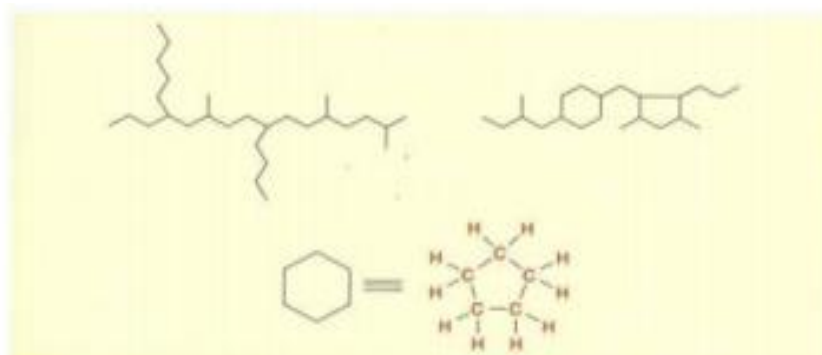


Fig. 6-Séparation par familles chimiques des constituants du bitume

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

**Les saturés :** sont des huiles incolores ou légèrement jaunâtres composées principalement de molécules paraffinées et de cycles naphthéniques (Fig7). Elles représentent généralement moins de 10% d'un bitume. Leur masse moléculaire est de 300 à 2000 g/mole.



**Fig.7-Structure de saturé**

**Les résines :** sont des solides noirs qui fondent par chauffage et représentent environ 10% du bitume routier. Elles sont caractérisées par de nombreuses ramifications, ce sont des systèmes condensés de cycles aromatiques, naphthéniques et hétérocycliques.

Les résines présentent une plus grande proportion de composés aromatiques que les huiles. Leurs molécules sont plus grosses et la proportion des hétéroatomes est plus élevée. La courbe de distribution de leur masse moléculaire s'étale de 500 à 50 000 g/mole. Leur taille est comprise entre 1 et 5nm.

**1.1.6.2 Les asphaltènes :** Ils peuvent représenter jusqu'à 30 % du bitume. C'est la fraction précipitée, elle est constituée par des corps de poids moléculaire très élevé se présentant sous la forme d'un corps solide et noirâtre, cassant, à point de ramollissement élevé. Le pourcentage des asphaltènes sera d'autant plus élevé que le bitume sera plus dur (Fig. 8).

Il n'y a pas de discontinuité entre maltènes et asphaltènes, le fractionnement obtenu dépendant du solvant employé

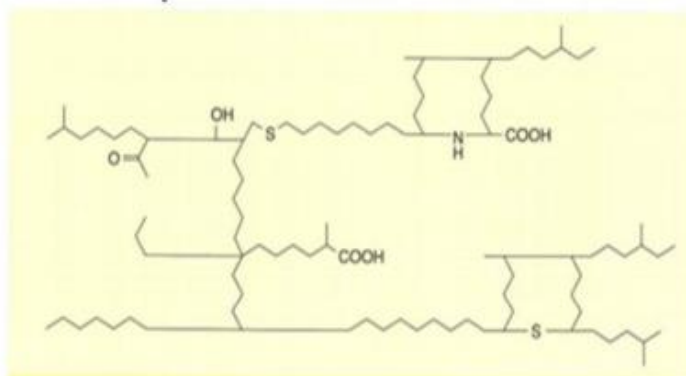


Fig.8-Structure des asphaltènes.

### 1.1.7 Structure colloïdale du bitume

L'ensemble des asphaltènes et des maltènes forme un système colloïdal constitué par

La structure du bitume est en générale dépendante de sa composante Chimiques, du faite que plusieurs recherches ont étaient établies et trois modèles de structure sont proposés(Fig.9) :

#### 1.1.7.1 Structure de type 01 « SOL »

Concentrés dans un milieu de dispersion fortement structuré par des résines, les asphaltènes n'interagissent pas dans ce cas, et à température ambiante le comportement du liant est de type SOL.

#### 1.1.7.2 structure de type 02 « GEL »

Cette structure est caractérisée par un état de gel, assuré par une charpente bitumineuse, qui forme à température normale un réseau de bain de coagulation dans un milieu de dispersion faiblement structuré par de la résine.

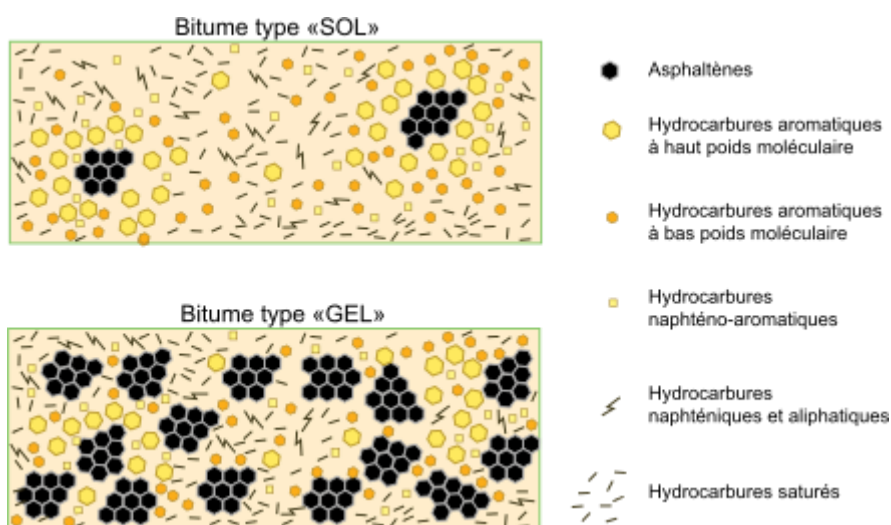


Fig.9-Structure « SOL » « GEL »

### 1.1.7.3 Structure de Type 03 « SOL – GEL »

Les asphaltènes baignent dans le milieu de dispersion, et la résine est plus structurée par rapport au type « GEL », alors que les asphaltènes sont moins structurés que le type « SOL » (Fig. 10). Les micelles d'asphaltène interagissent pour former des agrégats, mais le squelette structurel n'est pas complètement continu. Ce type correspond à la plupart des enrobés routiers. C'est le type "sol-gel", caractérisé par un équilibre complexe entre la partie huileuse du gel mou et les micelles d'asphaltènes (peptisées par la résine) en interactions plus ou moins fortes.

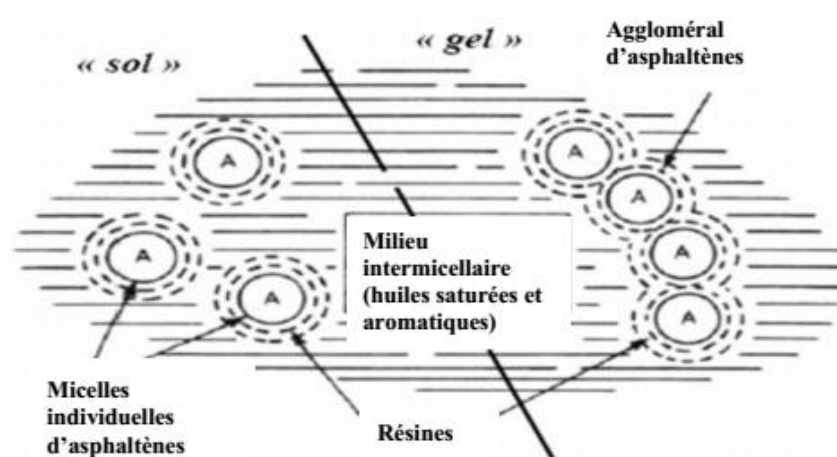


Fig.10- Représentation de la structure colloïdale (Sol-Gel) du bitume.

Cet équilibre colloïdal peut être écrit sous la forme [14] :

Molécules  $\rightleftharpoons$  micelles  $\rightleftharpoons$  agglomérats

Les différents types de bitumes en fonction de la composition chimique sont présentés dans Tableau suivant :

Tableau2 -Différent types de bitumes en fonction de la composition chimique

Types de bitumes	(%) en masse	(%) en masse	(%) en masse
	Asphaltènes	Résines	Huiles
GEL	>25	<24	>50
SOL	<18	>36	<48
GEL SOL	21 à 33	30 à 34	45 à 49

### 1.1.8 Comportement rhéologique des bitumes purs

- Le principal type de comportement de l'enrobé peut être facilement identifié en fonction de l'amplitude de déformation  $|\epsilon|$  et de la température  $T$ , pour un taux de déformation fixe. On distingue [15] :
- Dans les régions fragiles et ductiles, la résistance à la traction  $\sigma$  peut être mesurée.
- Rupture fragile, caractérisée par la ténacité  $Kc$  ou l'énergie de rupture  $Gc$  (mécanique linéaire de la rupture).
- Comportement élastique linéaire, caractérisé par les modules  $E$  et  $G$ .
- Domaine viscoélastique linéaire, caractérisé par des modules complexes  $E^*$  et  $G^*$ .
- Comportement purement visqueux (Newtonien), caractérisé par une viscosité  $\eta$ .
- Pour des déformations de quelques pourcents, le champ ou comportement est fortement non linéaire.

### 1.1.9 Propriétés des Bitumes

Le bitume est le principal matériau de choix pour la construction de routes en raison de sa polyvalence et de ses propriétés telles que l'adhésivité, la plasticité, l'élasticité, l'insolubilité dans l'eau et l'inertie vis-à-vis de nombreux produits chimiques.

#### 1.1.9.1 Réactivité

En général, le bitume est chimiquement inerte vis-à-vis de la plupart des composés bien qu'étant des hydrocarbures, les aromatiques peuvent réagir notamment avec l'oxygène. Du bitume soufflé ou oxydé est également produit dans ce type de réaction. À côté de ces les réactions d'oxydation et de condensation se produisent à température  $>160$  °C en présence de  $H_2S$  [16]. Les acides contenus dans les résines bitumineuses sont Il est également vulnérable à certaines attaques de base.

#### 1.1.9.2 Adhésivité

Le bitume agit comme une colle de très bonne qualité qui crée un lien entre les agrégats. Adhère à la plupart des pierres. Cette viscosité Méthode agressive en combinant d'une manière ou d'une autre fermement des agrégats secs et propres Passif, permettant une résistance au délestage par l'eau, attaque chimique. Seuls les produits chimiques dérivés du pétrole tels que le kérosène Le diesel peut endommager l'asphalte.

## Chapitre 01 : Etude bibliographique

### 1.1.9.3 Cohésion

L'asphalte ne le fait pas, même avec une certaine charge en surface. Ne pourrait pas. La ductilité du bitume permet un écoulement lent dans le mélange. Éclatement, mais sa ténacité assure une résistance adéquate sous l'action des contraintes traction.

### 1.1.9.4 Viscoélasticité

Le bitume n'est ni un liquide newtonien ni un solide élastique. Entre en fonction de la température et de la charge appliquée. Donner de la viscoélasticité Propriétés mécaniques de souplesse et de résistance par rapport au bitume. Cependant, ce personnage est avant tout En fonction de la température et de l'origine du bitume.

En première approximation, le bitume peut être considéré comme solide ou liquide visqueux à haute température ( $> 80^{\circ}\text{C}$ ), liquide viscoélastique ou solide à  $0^{\circ}\text{C}$  C'est un solide élastique qui est cassant à  $80^{\circ}\text{C}$  et cassant à basse température en dessous de  $0^{\circ}\text{C}$ . Comportement du bitume Les températures suivantes ont été données. (Fig.11)

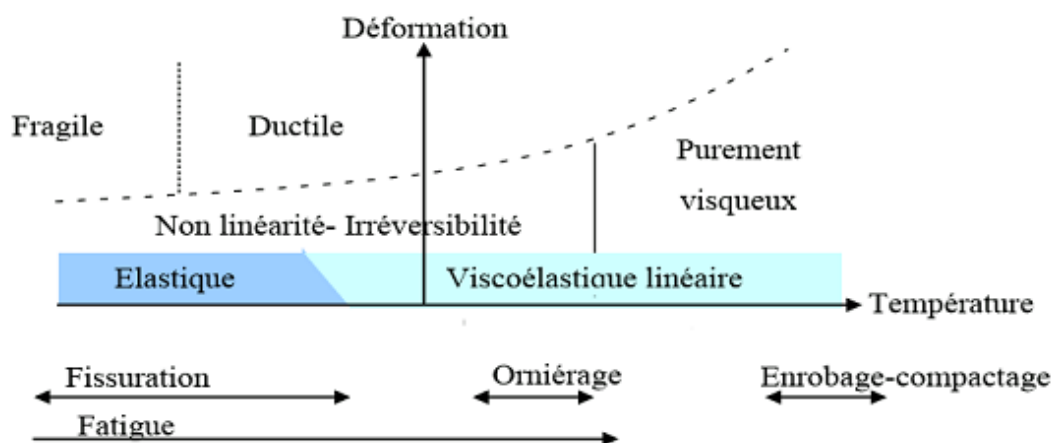


Fig.11-Classe de comportement du bitume.

### 1.1.10 Les Application du bitume

#### 1.1.10.1 Application routières

La plupart des mélanges bitumineux routiers. La couche de roulement et la couche de liaison sont aujourd'hui utilisées en matériaux bitumineux. Il faut noter que la conséquence, de l'évolution du trafic routier (plus lourd et canalisé), on use des bitumes de plus en plus durs, de classe 40/50 plutôt que le traditionnel 50/70.

### 1.1.10.2. Application hydrauliques

Les performances du bitume en matière d'étanchéité sont connues depuis la plus haute Antiquité. Pour les applications hydrauliques, les bitumes peut être utilisé pur ou sous forme de membranes bitumineuses préfabriquées, d'asphalte coulée ou d'enrobés. On peut voir encore aujourd'hui des ouvrages hydrauliques à base de bitume vieux de 3 000 ans, telles les digues du Tigre, à Assur, en Mésopotamie, encore en bon état.

### 1.1.10.3. Application industrielles

Les utilisations industrielles du bitume, c'est-à dire autres que routières et hydrauliques, sont multiples et variées. Elles font souvent appel à des produits spécifiques. On cite des exemples les plus consommables au bitume : Bâtiments, ouvrages d'art, trottoirs. Etanchéité par membranes bitumineuses dont les bitumes-polymères répondent à ces exigences.

Le bitume peut entrer dans de nombreuses autres applications, parmi lesquelles on peut citer : peintures, encres et vernis, l'insonorisation des pièces d'automobiles (amortissent des vibrations), l'industrie du caoutchouc (facilité de démoulage), l'enduction de papier d'emballage (étanchéité), l'isolation électrique et piles électriques (résistivité électrique).

Il est également utilisé dans les condensateurs (constante diélectrique), la face inférieure de moquettes (amortissement et collage), les condensateurs (constante diélectrique), la face inférieure de moquettes (amortissement et collage), l'agriculture (germination accélérée grâce à un tapis d'émulsion biodégradable, le "mulch"), les pigeons d'argile (propriétés mécaniques) et enfin les raisses spéciales utilisées dans des conditions de température et de pression très élevées (laminoirs) [17].



Fig.12-(a) Isolation bâtiment, (b) Béton bitumineux à l'émulsion.



## 1.2 Les polymères

### 1.2.1 Définition des polymères

Le mot polymère est dérivé de la racine grecque **poly-**, qui signifie **plusieurs**, et **mer**, qui signifie **partie** ou **segment**.

Un polymère est une substance composée de molécules qui ont de longues séquences d'une ou plusieurs espèces d'atomes ou groupes d'atomes liés les uns aux autres par des liaisons primaires, généralement covalentes [ 18,19].

Les monomères sont la base de formation des polymères, constitués d'une seule molécule [20].

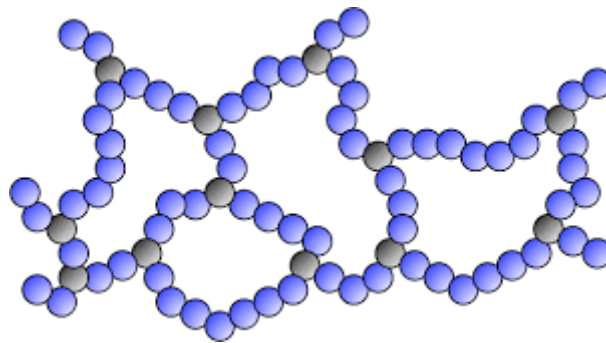


Fig.13.Structure des polymères.

### 1.2.2 Architecture des polymères

D'après Les polymères peuvent présenter différents structure, parmi ces structures il y'a [19,20] :

#### 1.2.2.1 Polymères linéaires

Sont caractérisé par un enchainement simple dans une seule direction seulement et aussi la présence de liaisons covalentes et secondaires.

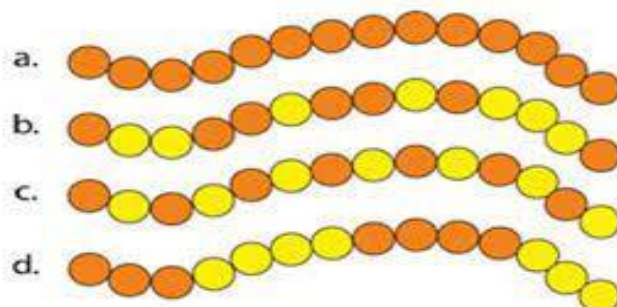


Fig.14-Architecture linéaire des polymères.

### 1.2.2.2 Polymères ramifiés

Ces chaînes peuvent se créer lors de la polymérisation par l'union des chaînes homopolymères et copolymères avec d'autres chaînes.

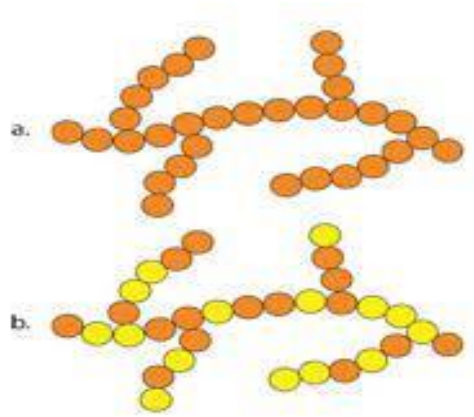


Fig.15-Architecture ramifiées des polymères.

### 1.2.2.3 Polymères réticulés

Se fait au cours de la polymérisation, par la formation des liaisons chimiques en différents directions donc ils sont transformés en 3D, (Fig.16) montre cette structure :

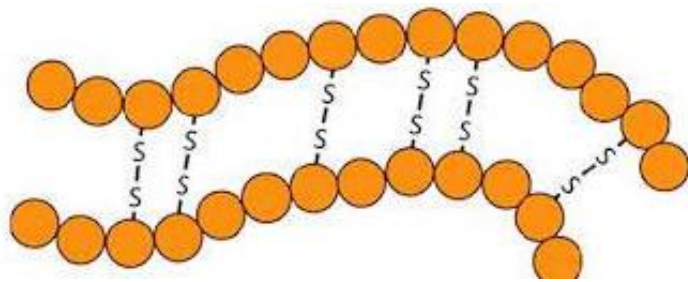
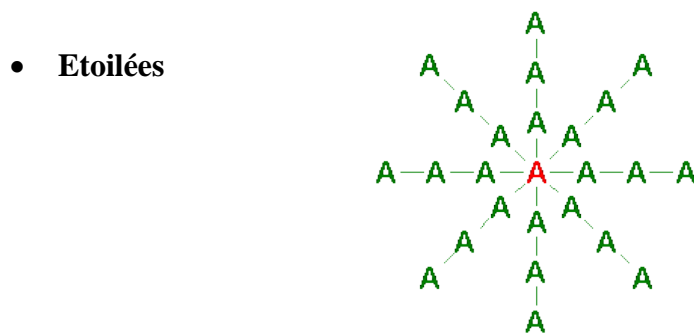
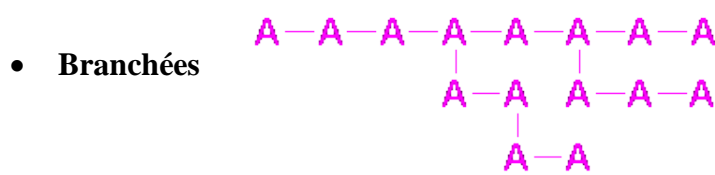


Fig.16-Architecture réticulées des polymères.

## 1.2.3 Types des polymères

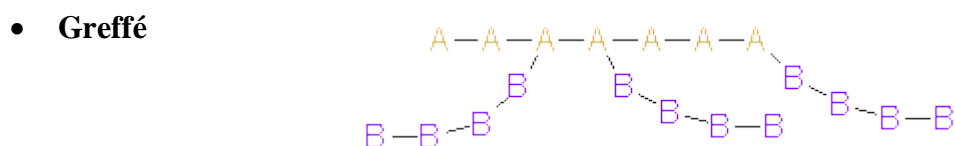
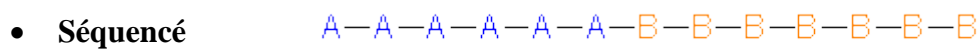
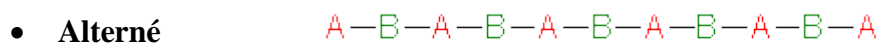
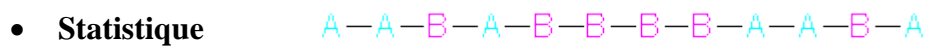
### 1.2.3.1 Homopolymères

Est un polymère dérivé d'une espèce de monomère, leur structure peut représenter par de multiples répétitions d'un seul type d'unité répétitive qui peut contenir une ou plusieurs espèces d'unités monomères, il existe 3 types de homopolymères [19].



### 1.2.3.2 Copolymères

Est un polymère dérivé de plus d'une espèce de monomère, les molécules de ce type contiennent deux ou plusieurs types différents d'unités répétées, il existe différents modes pour les polymères [19].



### 1.2.4 Caractéristiques et propriétés des polymères

Les polymères présentent différentes caractéristiques physiques et mécaniques, dans ce cadre il existe 3 types de polymères selon leurs propriétés [20, 21, 22].

#### 1.2.4.1 Polymères thermoplastiques

En peut dire qu'une macromolécule est thermoplastique s'il soumit à une température, qui permet de passer à un état souple après un état dur sans transformation dans la composition chimique du polymère, On cite comme exemple : ABS (Acrylonitrile butadiène styrène), PAN (polyacryloitrile), PEEK (polyétheréthercétone) ... etc. [23]

#### 1.2.4.2 Polymères thermodurcissables

Caractérisé par des liaisons tridimensionnelles 3D, à cause de l'augmentation de la température et la formation des liaisons fortes et covalentes le polymère devient plus dur et ne peut plus être souple. On cite comme exemple : EP (polyépoxyde), PF (phénol- formaldéhyde) et certaines polyimide et polystère insaturé [23].

#### 1.2.4.3 Elastomère

Sont caractérisé par une structure partiellement tridimensionnelle, parmi les élastomères il y'a : EPDM (éthylène –propylène –diène monomère), NBR (nitrile butadiene rubber) et IR (polyisoprène synthétique) [23].

### 1.2.5 Définition et méthodes de la polymérisation

La polymérisation c'est une réaction chimique qui se produit par la réaction de groupes fonctionnels en molécules de n'importe quelle taille pour former des molécules combinées de plus grande taille capables d'une réaction plus poussée [24].

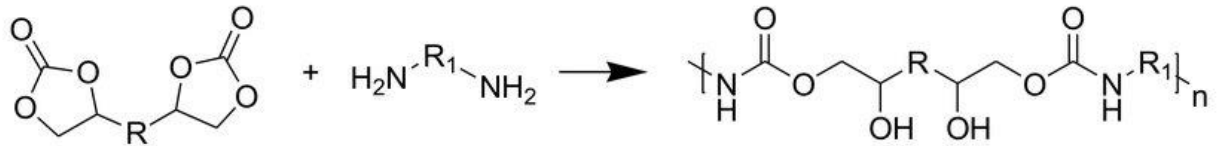
#### 1.2.5.1. Polymérisation par étape

Processus chimique permet la formation des trimères et dimères à la fin et caractérisé par deux types qui sont :

- **Polyaddition** : c'est une réaction chimique qui se fait sans l'élimination de petites molécules.
- **Polycondensation** : cette étape c'est le contraire de la première, donc il n'y a pas une suppression de petites molécules qui sont des molécules de base permis la formation des Polycondensats.

Afin de bien distinguer la différence entre les deux types de polymérisation, nous pouvons prendre les deux exemples représentés dans la figure 17. On peut voir clairement que la polyaddition est caractérisée par une réaction entre deux différents monomères qui conduit à l'élimination d'un co-produit (HOR).

Polyaddition



Polycondensation

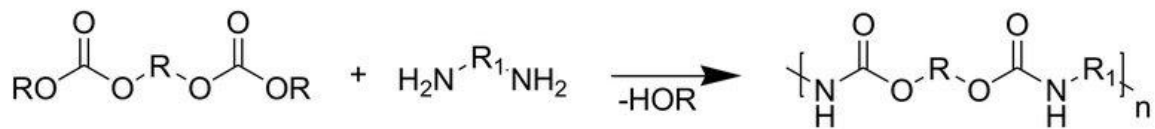


Fig.17-La différence entre la polyaddition et la polycondensation [26]

### 1.2.5.2 Polymérisation en chaîne

C'est un processus dans laquelle une molécule de monomère M est additionnée à un centre actif porté par la chaîne en cours de développement [25]

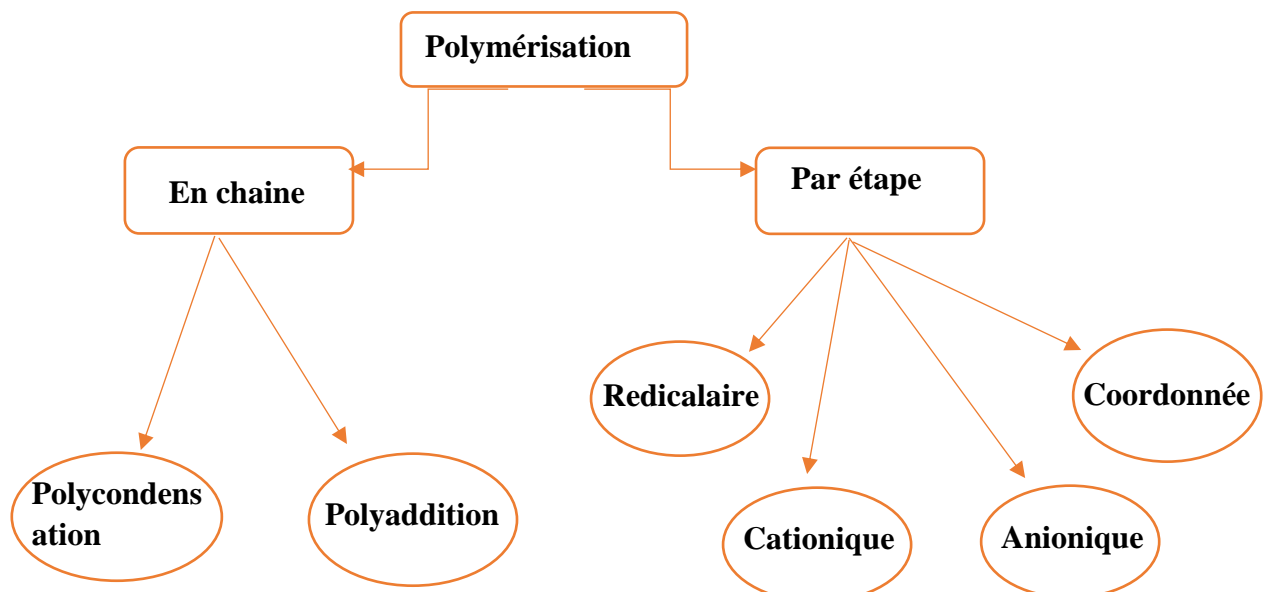


Fig.18-Schéma explicatif sur les deux types de polymérisation

## 1.2.6 Types des polymères

### 1.2.6.1 Polymères naturels

**Tableau 03 - les différentes origines des polymères naturels [24].**

<b>Origine végétale</b>	<b>Origine animal</b>	<b>Origine marine</b>	<b>Origine microbienne (champignons et bactéries)</b>
Amidon Pectine Gomme de guar Gomme Karaya Cellulose Gel d'aloé vera Inuline Gomme d'acacia	Chitine Alginates Psyllium Carraghénanes	Gélose Carraghénanes Alginates	Glycan Pullulane Dextran Géllan Gomme de xanthum

Les polymères naturels sont ceux qui sont présents dans ou créés par des organismes vivants (Tableau 03) ceux-ci incluent des polymères issus de ressources renouvelables qui peuvent être polymérisés pour créer des bioplastiques. [27, 28]. La figure 19 et la figure 20 représentent l'exemple de l'amidon et le caoutchous naturels.



**Fig.19-Exemple d'un polymère naturel « l'amidon ».**



**Fig.20-Exemple de polymère artificiel « caoutchouc ».**

### **1.2.6.2 Polymères artificiels**

Sont le résultat de la transformation des propriétés des polymères naturels par voie chimique. Par exemple dans le cas des dérivées cellulosiques dont la molécule de base est la cellulose et aussi le cas de caoutchouc naturel modifié.

### **1.2.6.3 Polymères synthétiques**

Sont des polymères fabriquées par l'homme et issues de la chimie du pétrole, les structures réalisées par la polymérisation sont proches de la structure du polymère naturel.

Exemple : polyéthylène (PE) et polystyrène (PS).



**Fig.21-Exemple de polymère synthétique « polystyrène ».**



## 1.2.7 Cristallinité des polymères

### 1.2.7.1. Polymères semi-cristallins

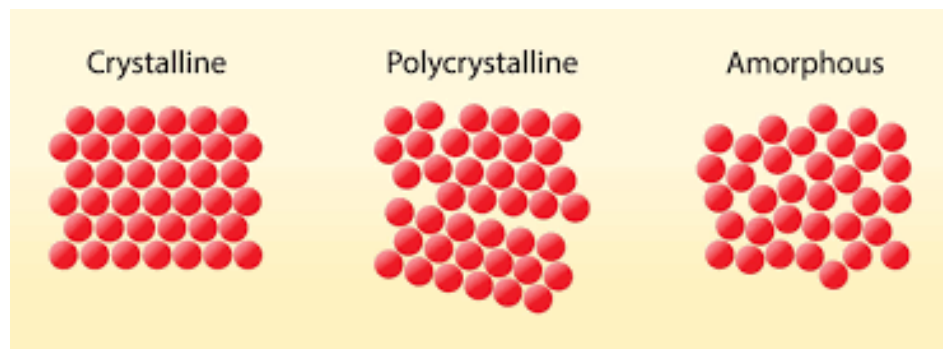
Sont caractérisé par un comportement thermique plus en plus complexe [28], ce type de polymère caractérisé par deux phases différentes: phase amorphe et phase cristallin qui est plus dense et rigide que la phase avant [30]. Aussi le taux de cristallinité est moins 100%.

### 1.2.7.2 Polymères amorphes

Le mot amorphe vient de la grecque et veut dire « sans forme » [18], les polymères peut être sont 100% amorphes dans certains conditions mais ne peut pas être 100% cristallins et contient aussi un remplissage avec des éléments semblables.

### 1.2.7.3 Polymères cristallins

Le polymère cristallin généralement composé de deux composants : cristallin et amorphe et pour que e polymère être cristallin il faut que le processus de cristallisation ne se fait pas lentement [20].



**Fig.22-les différents structure des polymères (semi- cristallin, amorphe et cristallin) dans le processus de cristallisation.**

## 1.2.8 Les applications des polymères

D'après [22], On trouve que les polymères sont très utilisables dans tous les domaines ; en peut citer comme exemple : l'industrie chimique (tuyauteries, cuves, revêtements...etc), l'agriculture (irrigation, arrosage, serres...etc), l'emballage alimentaire (pots de yaourt, briques de lait, boîtes à œufs...etc), l'emballage industriel (sachets et sacs, casiers, sacs poubelles...etc), l'industrie électrique et électronique (boîtiers, gainage de câbles, façades de téléviseurs...etc),le sports-loisirs (cannes à pêche, piscines, bandes magnétiques, DVD...etc) et le transports et en particulier (l'automobile, boucliers, carrosserie, planches de bord et réservoirs d'essence ).



## 1.3 Modification du bitume par les polymères

### 1.3.1 L'objectif de la modification avec les polymères

La modification du bitume par les polymères a été l'une des approches les plus populaires, donc c'est l'incorporation de polymères dans le bitume par mélange mécanique ou réaction chimique. [31]. Cette modification a l'objectif de l'amélioration de la résistance au vieillissement ainsi que l'amélioration des propriétés physiques et rhéologique du bitume pour que les routes être plus solides avec une valeur de stabilité Marshall courue. La modification a également l'objectif de rendre le bitume plus résistant à l'eau de pluie et à la stagnation de l'eau, Augmenter la liaison et une meilleure adhésion du mélange et de réduire la susceptibilité thermique et la déformation permanente (l'orniéage). [32].

L'interaction du bitume et les polymères permet le changement des propriétés du bitume qui sont la bonne adhésivité, bonne comportement rhéologique, bonne résistance au vieillissement, bonne stabilité de stockage, bonne cohésion, et le bonne élasticité.

### 1.3.2 Les types de polymères utilisés dans la modification du bitume

Il existe quatre types de polymères utilisées dans la modification du bitume [33, 34].

#### 1.3.2.1 Les polymères thermoplastiques

L'utilisation de plastomères comme polymères pour obtenir des PMB est apparue en conséquence des couts élevés des polymères styréniques et des phénomènes de dégradation dus à leurs instaurations. Au contraire, les plastomères polyoléfiniques ont un faible cout et une grande disponibilité présentent également une stabilité plus élevées que les styréniques.

L'ajout de polymère polyoléfines augmente généralement la rigidité du bitume et une bonne résistance à l'orniéage, pour ces raisons les plastomères occupent une place prépondérante dans les PMB dont ils présentent environ 15% du marché de référence.

Les principaux polymères englobé dans ce groupe sont : le polyéthylène(PE), le polypropylène(PP), l'éthylène acétate de vinyle(EVA), l'éthylène butyle acrylate(EBA) et le polychlorure de vinyle(PVC).

#### 1.3.2.2 Les élastomères thermoplastiques bitume modifié

Ils peuvent résister à une déformation permanente lors de l'étirement et se rétablissent élastiquement une fois la charge supprimé, les élastomères généralement utilisées comme modificateurs sont des copolymères séquencés de mono-ou di-oléfines.

Les excellentes propriétés signalées à plusieurs reprises, la dispersibilité relativement bonne dans le bitume (en fonction de la composition du bitume de base) et le cout acceptable ont rendu le SBS populaire comme modificateur de bitume. De nombreuses études ont montré que l'ajout de SBS au bitume augmente le point de ramollissement, diminue légèrement la pénétration, diminue la susceptibilité thermique, augmente la viscosité et diminue le point de rupture de Frass.

La modification du bitume peut se faire en ajoutant jusqu'à 7% d'élastomères et dans certains cas, différents polymères peuvent être utilisés simultanément.

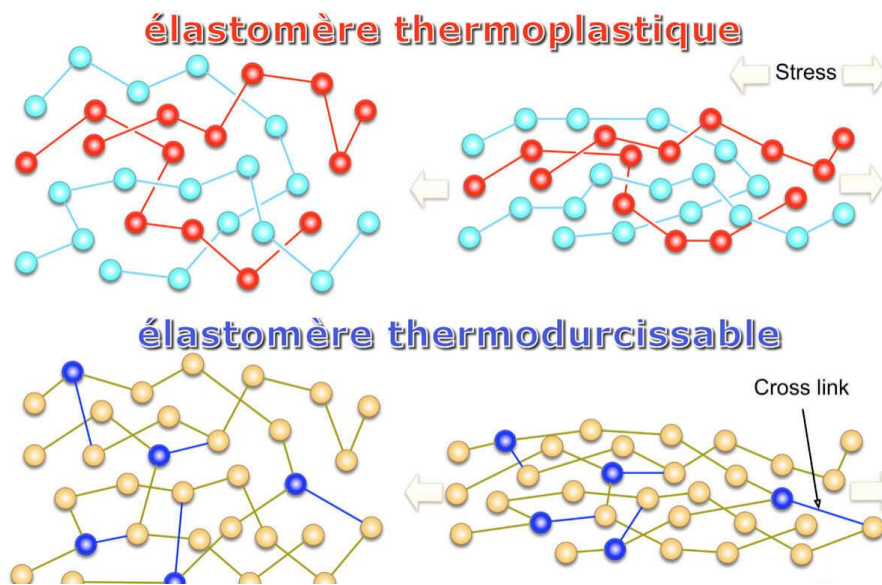


Fig.23-Les élastomères thermoplastique et thermodurcissables.

### 1.3.2.3 Thermodurcissables

Les plastiques thermodurcissables (TP) –deux composées liquides (résine et durcisseur) sont d'abord mélangés ensemble puis avec le bitume quelques secondes avant l'application en tant que revêtement de surface / enduit superficiel (utilisation principale) ou avant le mélange avec des granules pour la production d'enrobés à chaud (usage occasionnel). Les plastiques thermodurcissables sont des polymères qui se transforment en un état solide lorsqu'ils sont chauffés ou imposent une dureté.

Avant durcissement, les molécules de TP ont une structure linéaire, identique à celle des molécules thermoplastiques, mais la taille de leurs molécules est nettement plus petite. Les molécules de TP sont chimiquement actives. Ils contiennent soit des liaisons doubles (insaturées), soit d'autres groupes chimiquement actifs.

### 1.3.2.4 Caoutchoucs naturels et synthétiques

Ce type de polymères est englobe plusieurs types tels que polybutadiène, le polyisoprène, le butyle caoutchouc, le caoutchouc styrènebutadiène (SBC) et le polychloroprène, qui sont testées avec le bitume et dans ce terme en conclure que le caoutchouc naturels sert à la décomposition et à l'oxydation à cause de son grand poids moléculaires ; Les doubles liaisons contenues dans toutes les chaines entraînent une décomposition partielle du polymère par chauffage ou par oxydation.

On peut utiliser aussi le caoutchouc sous forme de poudre pour la meilleure dispersion dans le bitume.

### 1.3.3 Mécanisme de modification du bitume par les polymères

L'ajout d'un polymère à un bitume permet de produire une interaction entre les deux matériaux qui peut conduire à une modification des propriétés du bitume. Ça explique le gonflement des polymères dans le bitume, ce qui modifie la structure du matériau [35 ,36 ,37].

Parmi les conditions d'utilisations des polymères, il doit qu'ils être solubles et gonflables par la fraction huileuse légère du bitume.

Il existe deux phases :

- Une phase de polymère gonflé.
- Une phase de bitume regroupant en fait les constituants du liant n'intervenant pas dans la solvation et donc plus riche en résines et en asphaltènes que le bitume de base.

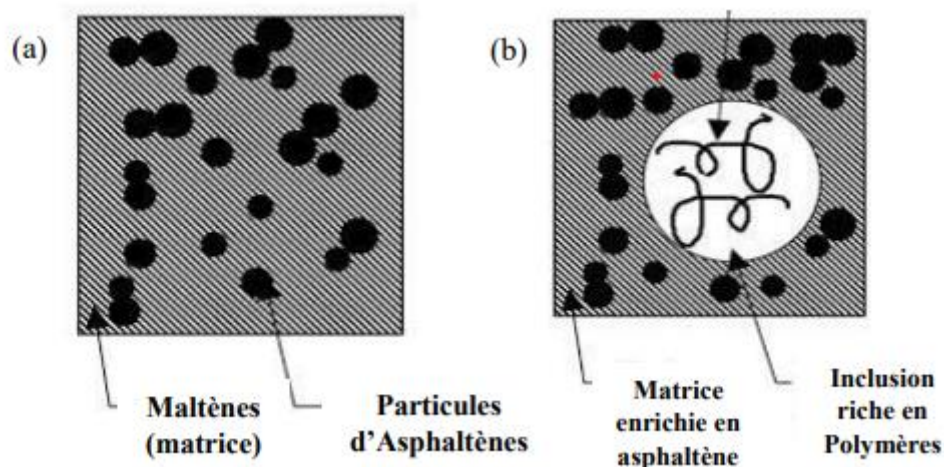


Fig.24-La structure colloïdale de bitume original (a) et PMB (b).

Le taux de dispersion des polymères dans le bitume est lié aux 3 paramètres :

**La taille de particules** : plus qu'elle est petit plus que la surface d'échange est important.

**La température** : la vitesse de diffusion du bitume dans les particules de polymères augmente avec la température.

**Le cisaillement** : plus la vitesse de malaxage et le temps sont importants, plus le polymère est mieux dispersé.

### 1.3.4 Structure microscopique du bitume modifié par les polymères

La structure microscopique du bitume modifié par les polymères est dépend de type de polymère utilisé, le pourcentage du polymère ajoutée, les conditions du mélange et de traitement et de la nature du bitume de base.

L'utilisation de la fluorescence par la lumière simulée UV, permet l'observation du structure microscopique bitumineuse. La phase bitumineuse ne montre aucune fluorescence évidente, toutefois, certains polymères dispersés, tels que les polystyrènes, produisait une fluorescence jaune verdâtre. L'examen d'un nombre de produits commerciaux a montré que plusieurs d'entre eux étaient sous forme de dispersion, fine ou poussière, de globules de polymère dans la phase continue du bitume. Avec l'augmentation de la concentration de polymère et de la durée de mélange, une inversion de phases peut se produire en causant une réelle modification de la structure du BMP et un changement important de ses propriétés [36].

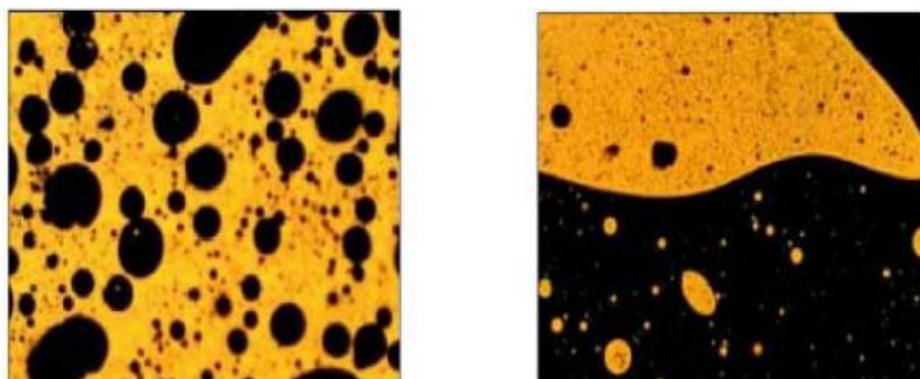


Fig.25-Microstructure d'un bitume-polymère

### 1.3.5 Domaines d'utilisation

D'après [38] on peut utiliser le BMP dans les domaines suivants : l'étanchéité, pneumatique, l'emballage, les appareils d'appuis, la peinture et vernis, les réseaux de transport d'énergie ou de fluides, les revêtements et les équipements routiers, la protection des ouvrages par peinture ou revêtement plastique, les gaines pour câble de haubanage ou de précontrainte, les films, les fibres textiles et matériaux composite.



**CHAPITRE 2**  
**MATERIELS ET**  
**METHODES**

## 2.1 Préparation des bitumes modifiés PMB

Le bitume a été modifié par addition des additifs suivant : **cellulose ; amidon et le carton.**

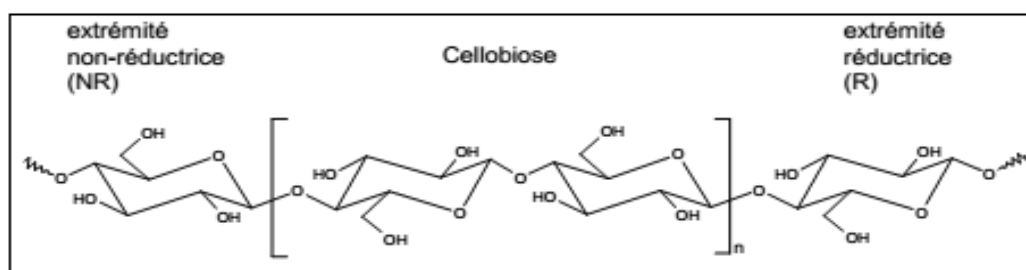
### 2.1.1 Généralité sur la cellulose utilisée

La cellulose est le polymère le plus abondant sur terre. Elle représente environ 50% de la biomasse et les végétaux en produisent 50 à 100 milliards de tonnes par an. Elle est le principal constituant de la paroi cellulaire des plantes et du bois (jusqu'à 95% dans les fibres de coton et de 40 à 55% dans le bois).

La cellulose (Fig.26) est un polysaccharide de la série des  $\beta$ -D-glucanes. Son motif répétitif est le cellobiose. Ce dernier est constitué de deux  $\beta$ -D-glucopyranoses (unité anhydroglucose ou AGU) dans leur conformation chaise  $4C_1$  et liés par une liaison glycosidique  $\beta(14)$  ce qui lui confère une structure linéaire contrairement à celle de l'amidon (les monomères glucoses de l'amidon sont liés par des liaisons  $\alpha(14)$  et  $\alpha(16)$ ).

L'extrémité réductrice (R) du polymère correspond à l'unité AGU dont le carbone anomérique n'est pas lié à une autre unité glucidique. Il existe donc un équilibre entre la forme hémiacétale et la forme aldéhyde réductrice minoritaire. L'unité glucose située à l'autre bout de la chaîne cellulosique est appelée extrémité non-réductrice (NR) car le carbone anomérique est engagé dans une liaison glycosidique  $\beta(14)$ .

De ce fait, il ne peut pas y avoir d'équilibre entre la forme hémiacétale et la forme aldéhyde [39]. Certaines réactions de dégradation commencent par l'extrémité réductrice.



**Fig.26- Représentation de la molécule de cellulose**

Le nombre d'unités AGU correspond au degré de polymérisation de la cellulose (DP). Il varie entre 400 et 14000. Le maximum est atteint pour la cellulose native (n'ayant subi aucun traitement). En moyenne, après traitement de purification, les celluloses possèdent un DP de 2500[40].

### 2.1.2 Généralité sur l'amidon utilisé

L'amidon est un polysaccharide naturel constitué d'unités glucose, se présentant sous la forme d'entités granulaires. Abondant et peu coûteux, il peut être extrait du blé, de la pomme de terre, de l'orange, du manioc, du riz, etc. Les amidons de céréales représentent la source d'amidons la plus importante. Selon son origine botanique, l'amidon natif se présente sous forme de grains, se caractérisant par leurs formes (sphères, ellipsoïdes, polygones, plaquettes, tubules). Leurs dimensions (diamètre de 0.1 à 200µm) et l'emplacement du hile [41].

L'amidon utilisé pour préparer le mélange bitume/amidon est un amidon de pomme de terre, fournis par Sigma Aldrich. Nous avons orienté vers ce choix car l'amidon est un polymère naturel, très abondant et de faible coût en comparant avec la plupart des polymères synthétiques ou naturels.

Afin de préparer le mélange bitume/star, nous avons suivi le même protocole et les mêmes conditions utilisés pour le mélange Bit/cellulose, nous avons utilisé quatre pourcentages.

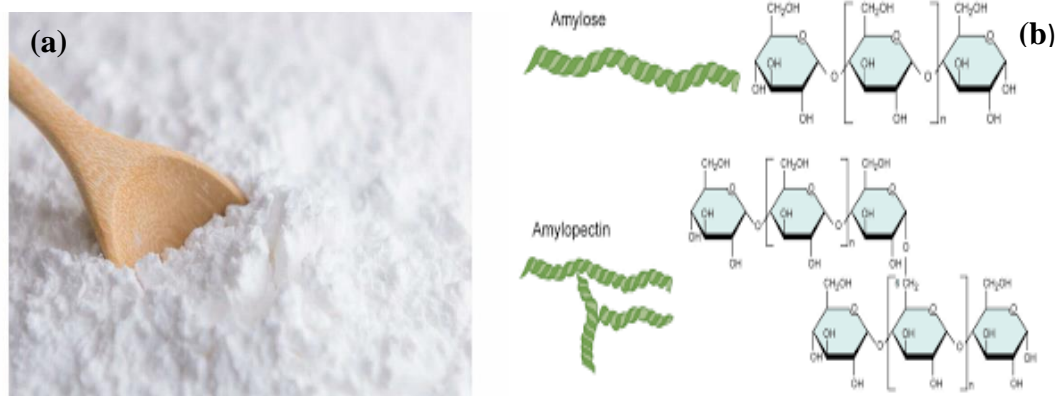


Fig.27-(a)Aspect visuel de l'amidon ; (b) structure de l'amidon

### 2.1.3 Généralité sur le carton utilisé

Un carton est un type d'emballage en carton ou en carton ondulé. Il est utilisé pour stocker et transporter divers biens tels que la nourriture, les boissons, l'électronique et les cosmétiques. Les cartons sont de différentes tailles et formes et sont généralement conçus pour être légers et durables.

Nous avons choisi le carton parce que produit riche en cellulose ; il est utilisé dans plusieurs domaines tel que L'emballage , stockage et L'isolation . Cette large utilisation conduit à la présence d'une quantité très importante des déchets. Le but de cette partie est de valoriser les déchets du carton par son utilisation dans la modification du bitume. Nous indiquons que cette partie est originale et qu'il y'a aucun travail à propos de la modification du bitume avec ces déchets.





**Fig.28-Déchet de Carton**

Afin de préparer le mélange bit/Cart, Nous coupons le carton en petits morceaux et le mettons dans de l'eau pendant une nuit à température ambiante, puis nous mélangeons le tout avec un mélangeur et passons de l'eau, nous avons suivi le même protocole et les mêmes conditions utilisés pour le mélange Bit/cellulose, nous avons utilisé quatre pourcentages.

#### **2.1.4 Protocole expérimental de la modification**

Dans cette modification, nous avons préparé 250g du PMB contenant différents pourcentages de l'additif (cellulose ou l'amidon ou le carton). Pour cela, nous avons tout d'abord chauffé le bitume pur dans l'étuve à 140°C pendant 4h.

Ensuite, dans des gobelets spéciaux résistants à la température, nous avons pesé les masses du bitume données par « Tableau 04 ».

Chaque gobelet a été mis directement dans une plaque chauffante à une température de 140 °C, dans lequel, nous avons ajouté une masse bien définie de la (cellulose ; amidon ou carton) selon le pourcentage désiré. Le mélange bitume/polymère a été malaxé à une vitesse de 1500 rpm pendant 1h15min (voir Fig.29).



**Fig.29-Montage de la modification**



**Tableau 4-les divers masses et pourcentages du bitume et de l'additif de utilisée dans le chaque mélange PMB**

		Mélange PMB ; Bitume/cellulose (Bit/cel)			
		Bit/cel-1	Bit/cel-2	Bit/cel-3,5	Bit/cel-5
<b>Cellulose(%)</b>	0	1	2	3,5	5
<b>m cellulose (g)</b>	0	2,5	5	8,75	12,5
<b>m bitume (g)</b>	250	247,5	245	241,25	237,5
		Mélange PMB ; Bitume/amidon (Bit/star)			
		Bit/star-1	Bit/star-2	Bit/star-3,5	Bit/star-5
<b>Amidon (%)</b>	0	1	2	3,5	5
<b>m Amidon (g)</b>	0	2,5	5	8,75	12,5
<b>m bitume (g)</b>	250	247,5	245	241,25	237,5
		Mélange PMB ; Bitume/carton (Bit/cart)			
		Bit/cart-1	Bit/cart-2	Bit/cart-3,5	Bit/cart-5
<b>Carton (%)</b>	0	1	2	3,5	5
<b>m carton (g)</b>	0	2,5	5	8,75	12,5
<b>m bitume (g)</b>	250	247,5	245	241,25	237,5

## 2.2 Les techniques de caractérisation chimique et thermique utilisées

### 2.2.1 Analyse par Fluorescence des Rayons-X (XRF)

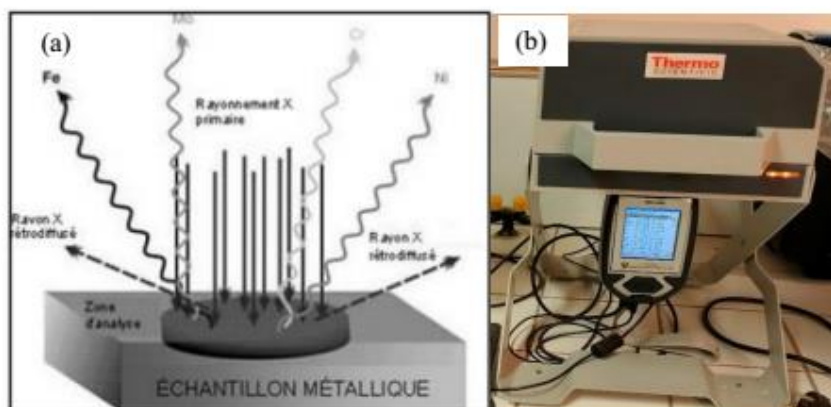
La spectrométrie de fluorescence X est une technique d'analyse élémentaire globale permettant d'identifier et de déterminer la plupart des éléments chimiques qui composent un échantillon. Cette technique peut être utilisée pour des matériaux très variés : minéraux, céramiques, ciments, métaux, huiles, eau, verres... sous forme solide ou liquide [42].

L'échantillon à analyser est placé sous un faisceau de rayons X. Sous l'effet de ces rayons X, les atomes constituant l'échantillon passent de leur état fondamental à un état excité. L'état excité est instable, les atomes tendent alors à revenir à l'état fondamental en libérant de l'énergie, sous forme de photons X notamment. Chaque atome, ayant une configuration électronique propre, va émettre des photons d'énergie et de longueur d'onde propres.

C'est le phénomène de fluorescence X qui est une émission secondaire de rayons X, caractéristiques des atomes qui constituent l'échantillon. L'analyse de ce rayonnement X secondaire

## Chapitre 02 : Matériels et méthode

permet à la fois de connaître la nature des éléments chimiques présents dans un échantillon ainsi que leur concentration massique.



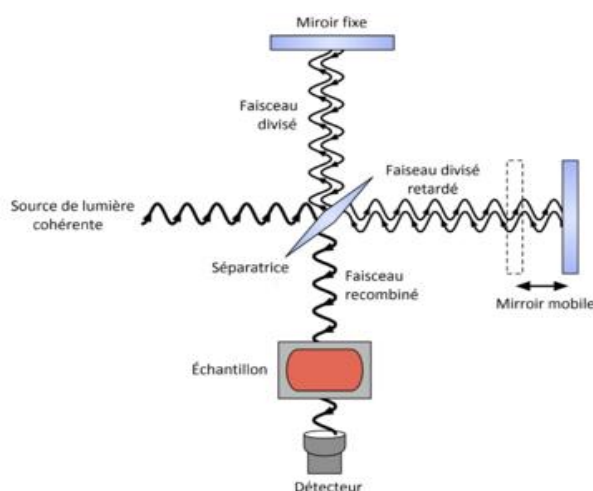
**Fig.30- Principe de L' XRF (a) ; L'appareil utilisé (b)**

L'appareil d' XRF utilisé dans ce mémoire est de type Thermo Scientific avec un détecteur XL3-9600 comme le représente Fig.30 (b).

### 2.2.2 Infra-Rouge a Transformé de Fourier (IRTF)

La spectrométrie infrarouge est une technique couramment utilisée dans les laboratoires d'analyses pour la caractérisation physico-chimique de matériaux organiques [43].

Spectroscopie infrarouge, général Il est utilisé pour l'analyse des composés organiques, mais est encore peu utilisé. Le domaine de la caractérisation des produits minéraux malgré les avancées technologiques survenues Qualité grandement améliorée Spectre infrarouge, particulièrement utilisé Transformée de Fourier pour le traitement signal.



**Fig.31- schéma de l'interféromètre de Michelson, configuré pour la spectroscopie IRTF**

Dans notre mémoire, l'appareil utilisé est de type JASCO 4200. La résolution utilisée est  $4 \text{ cm}^{-1}$  dans l'intervalle de  $400 \text{ cm}^{-1}$  à  $4000 \text{ cm}^{-1}$ .

### 2.2.3 Diffraction des Rayons-X (DRX)

La diffraction des rayons X sur monocristal est une technique puissante pour analyser les solides cristallins. Lorsque le matériau étudié est cristallin, l'analyse non destructive par diffraction des rayons X est une technique puissante pour résoudre de nombreux problèmes industriels et techniques : elle peut en effet être utilisée pour le suivi de production (contrôle qualité) dans les usines, cimenteries, usines de céramique, mais aussi dans l'industrie pharmaceutique. Cela sert notamment à vérifier que le produit est bien obtenu sous la forme cristalline souhaitée (polymorphisme), ou qu'une autre molécule de même formule moléculaire mais sous une forme différente n'a pas été produite (isomérisation) [44].

La diffraction des rayons X sur monocristal permet d'étudier les structures cristallines. La diffraction sur poudres est principalement utilisée pour l'identification de phases. C'est une méthode non destructive utilisée pour l'analyse qualitative et quantitative d'échantillons polycristallins. Cette technique est basée sur les interactions de la structure cristalline d'un échantillon avec des radiations de courte longueur d'onde. Lorsque les rayons X entrent en contact avec la matière.

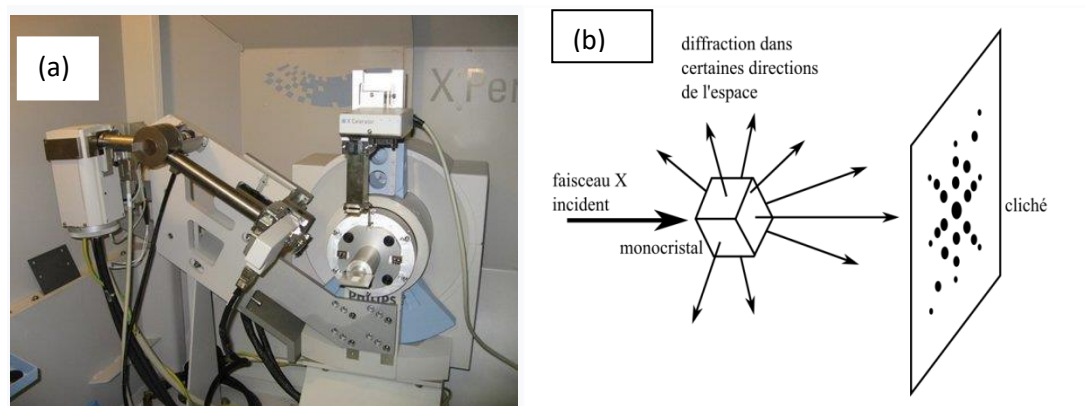


Fig.32-(a)Appareil de DRX ;(b) Schéma général des expériences de diffraction sur monocristal

### 2.2.4 Banc kofler

Le banc Kofler est un appareil de mesure permettant d'estimer la température de fusion et de dégradation d'une matière, développé par Adelheid et Ludwig Kofler. Il s'agit d'une plaque chauffante présentant un gradient de température, sur laquelle on déplace un échantillon pour la détermination du point de fusion de 50 à 260°C.

La substance est placée directement sur le banc sans aucun accessoire, lors du chauffage à partir d'un point donné sur la lame, un changement de texture apparaît dans l'échantillon, le curseur permet de lire directement le point de fusion ou de dégradation de cette substance.



**Fig.33- Banc Kofler LEICA VMHB**

### 2.2.5 Analyse thermogravimétrique (ATG)

L'ATG est une technique d'analyse thermique qui permet de suivre la dégradation thermique d'un produit en fonction de la température et du temps lorsque le matériau se décompose dans une atmosphère donnée. L'analyse thermogravimétrique consiste à mesurer au cours du temps la masse d'un échantillon soumis à une variation de température.

L'appareil utilisé dans notre mémoire est de marque LINSEIS STA PT 1600, selon une vitesse de chauffage de 10 °C/min.



**Fig.34-Appareil d'ATG utilisé**

## 2.3 Les essais de la pénétrabilité du bitume pur et du PMB

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

### Matériel utilisé

Pénétrromètre à bitume ; Etuve ; Récipient ; Gobelet ; Spatule.

#### 2.3.1 Préparation de l'échantillon

Pour l'ensemble des essais, les échantillons ont été préparés selon le mode opératoire décrit par H. BEKKI [45].

- Chauffer l'échantillon jusqu'à devenir suffisamment fluide pour pouvoir être versé.
- Agiter l'échantillon, ensuite le verser dans le Gobelet préchauffé. Pour les bitumes durs, on utilisera le gobelet A dont les dimensions sont données dans « Tableau 05 ».
- Protéger le Goblet et son contenu et laisser à T° ambiante (20° à 30°C) pendant 1h30min2h.
- Placer le Goblet dans une cuve de transfert et mettre le tout dans un bain marie de température 25°c pendant 1h30min à 2h30min (le gobelet doit être recouvert complètement avec l'eau du bain).
- La durée comprise entre la fin du coulage de l'échantillon dans le Gobelet et la mesure de la pénétrabilité ne doit pas dépasser 4h.

**Tableau 5-Dimensions normalisées des Gobelet**

<b>GOBELETS</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
DIAMETRE (mm)	55	55
PROFONDEUR (mm)	35	57

#### 2.3.2 Détermination de la pénétrabilité

- Placer la cuve de transfert, contenant le gobelet, sur le plateau du pénétromètre.
- Déplacer l'aiguille chargée (charge totale 100g+0,1g) pour qu'elle affleure exactement la surface de la prise d'essai.
- Déplacer le comparateur de telle sorte que la tige soit juste en contact avec la porte -aiguille. Libérer l'aiguille pendant 5s+0,1s et la bloquer aussitôt.
- Mesurer ensuite la profondeur d'enfoncement au 1/10ème de mm.
- Effectuer 3 mesures en des points différents de la surface de la prise d'essai ,distants d'au moins 10 mm les uns des autres et du bord du gobelet.

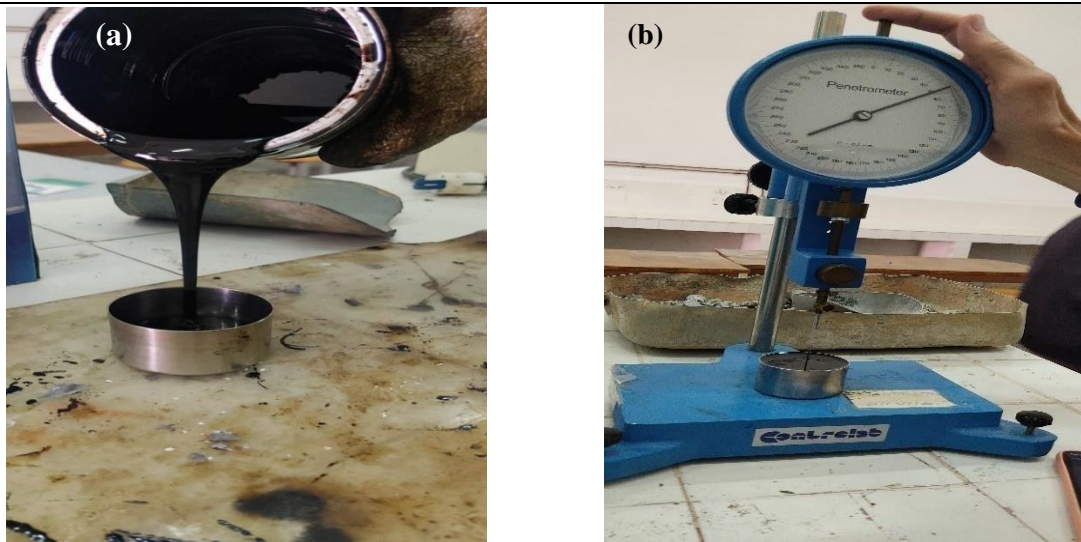


Fig.35- (a) Goblet à remplir par l'échantillon ;(b) l'aiguille de pénétromètre

## 2.4 Les essais du point de ramollissement ou Essai Bille-Anneau

Les essais bille-anneau servent à la détermination de la température de ramollissement des bitumes et des liants bitumineux. Le point de ramollissement est la température à laquelle la prise du matériau devient assez moue pour que la bille, ait pénétré dans le produit bitumineux.

### Matériel utilisé

Dispositif bille-anneau (Fig.36); Bécher en verre ; Etuve ; Thermomètre ; Spatule ; Pince.

#### 2.4.1 Préparation de l'échantillon

- Chauffer l'échantillon lentement. Ne pas dépasser plus de 110°C.
- Verser l'échantillon dans 2 anneaux eux-mêmes préchauffés à la même température.
- Pendant cette opération, les anneaux reposent sur une plaque enduite d'un mélange de glycérine et de dextrine pour éviter l'adhérence du produit.
- Laisser refroidir pendant 30 min. Puis, enlever l'excès de produit par arasement, en utilisant une spatule ou un couteau légèrement chauffé.



Fig.36- Dispositif bille-anneau utilisé



### 2.4.2 Détermination du point de ramollissement

- Assembler l'appareillage avec les anneaux d'échantillon.
- Placer le bécher, rempli d'eau distillée, dans de l'eau glacée (Fig.37(a)) pour le refroidir jusqu'à  $5^{\circ}\text{C} \pm 0.1^{\circ}\text{C}$ .
- Maintenir le bécher pendant 15min à une température de  $5^{\circ}\text{C}$ , en le plaçant si nécessaire dans de la glace fondante.
- A l'aide d'une pince, placer des billes dans chacun des dispositifs de centrage.
- Placer le bécher sur la plaque chauffante (Fig.37(b)).
- La température devra être augmentée uniformément de  $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ , l'augmentation de température doit être régulière pendant toute la durée de l'essai.
- Noter la température indiquée par le thermomètre au moment où le liant bitumineux qui entoure la bille touche la plaque inférieure.

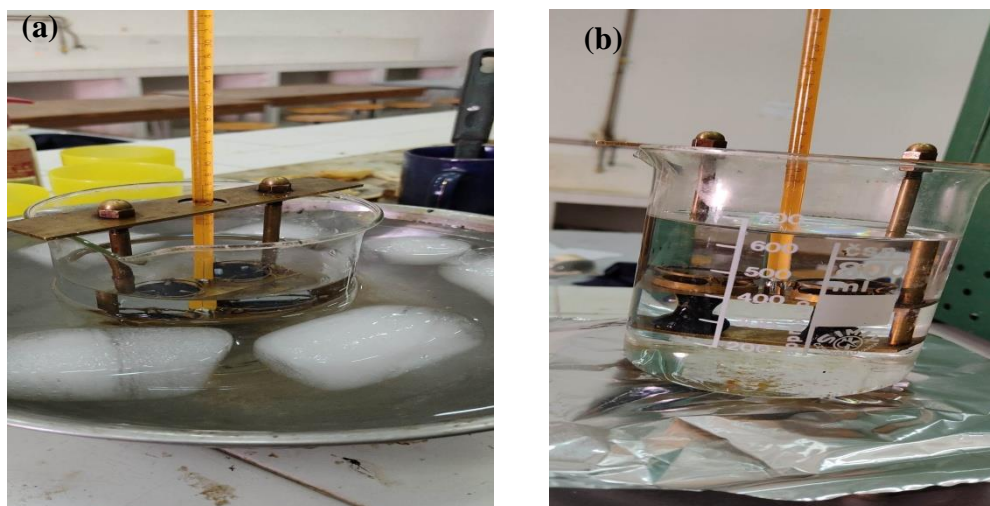


Fig.37- (a) Refroidissement de l'échantillon dans de l'eau glacée; (b) Le bécher sur la plaque chauffante

### 2.5 Les essais de la ductilité

La ductilité est une caractéristique du matériau qui lui permet de s'allonger sans se rompre. L'essai consiste à mesurer l'allongement, à la rupture, d'une éprouvette de forme déterminée et étirée à une vitesse et une température normalisées.

#### Matériel utilisé

Ductilimètre (Fig. 38 (a)) ; Moule et plaque de moulage (Fig. 38 (b)) ; Etuve ; Thermomètre ; spatule.

## Chapitre 02 : Matériels et méthode

### 2.5.1 Préparation de l'échantillon

- Chauffer l'échantillon jusqu'à ce qu'il devienne fluide.
- Appliquer un enduit sur la plaque et les surfaces interne du moule en utilisant un mélange de 50% de glycérine et 50% de dextrine pour éviter l'adhérence du produit.
- Placer le moule sur une surface plane, puis le moule sur la plaque.
- Remplir le moule à ras bord de l'échantillon.

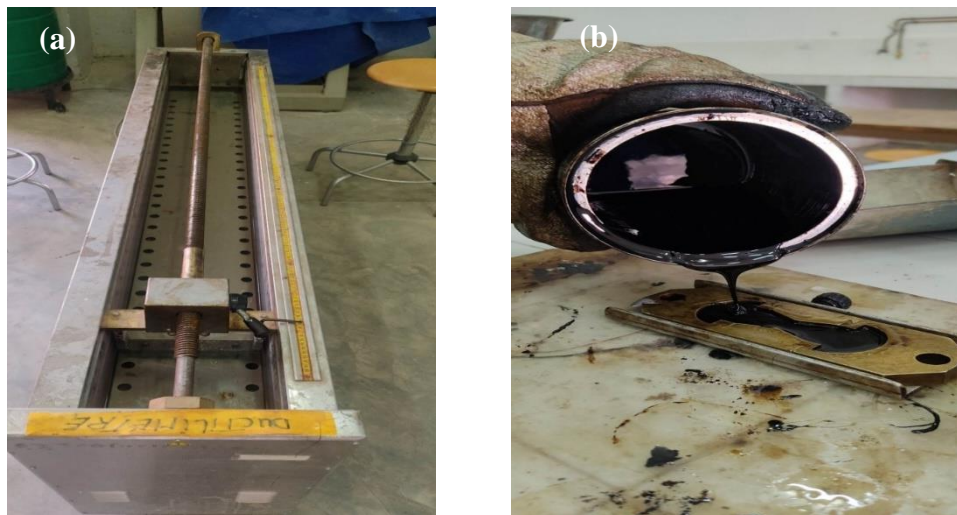


Fig.38-(a) Ductilimètre; (b) Moule et plaque du moulage

### 2.5.2 Détermination de la ductilité

- Mettre en marche le bain thermostatique, la température doit être réglée à 25°C.
- Placer l'éprouvette dans le bain pendant 1h30 min.
- Enlever la plaque et poser l'éprouvette sur les ergots de la machine.
- Mettre en translation le chariot, les deux pattes du moule s'éloignent à vitesse constante, jusqu'à rupture de l'éprouvette. L'éprouvette doit constamment baigner dans l'eau durant l'essai
  - Au moment de la rupture, arrêter la translation du chariot puis mesurer en cm la distance d'allongement.



Fig.39-La translation du chariot



3.5 Business Model Canvas(BMC)

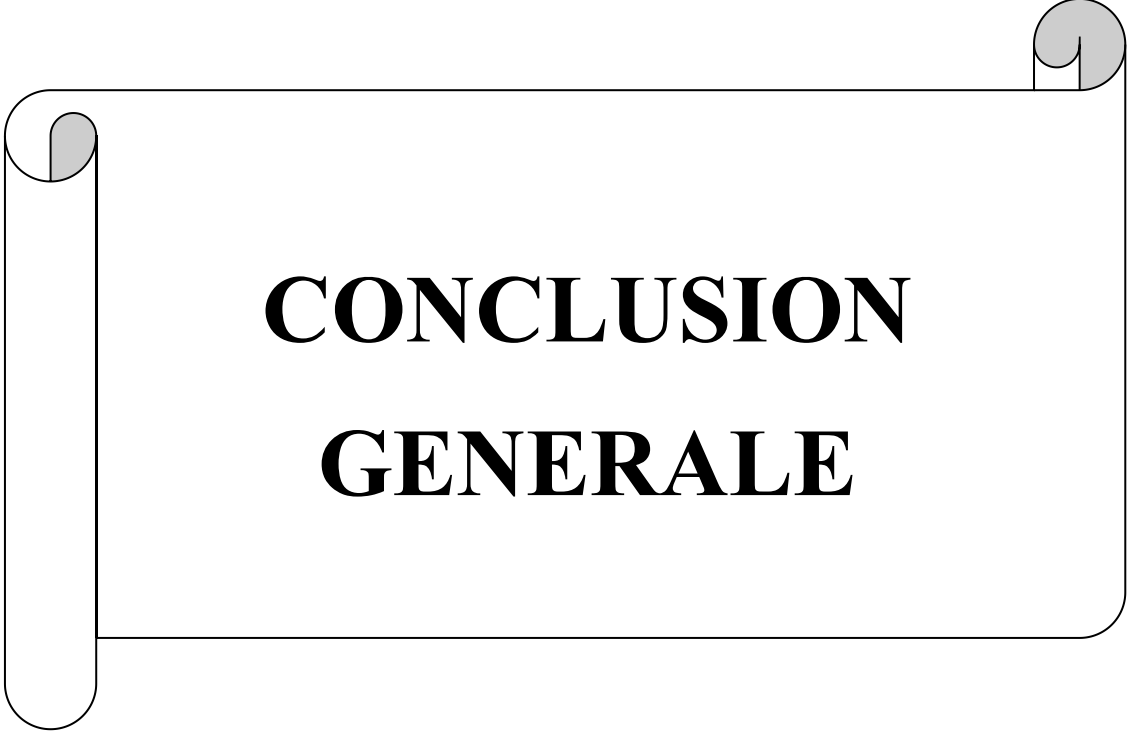
Tableau-14. BMC de Bit-Green

<p><b>Partenaires clés</b></p> <p>Raffinerie d'Arzew          Entreprise spécialiste en récupération et recyclage des déchets          Amidonnerie de Maghnia-Tlemcen          Fournisseur des polymères-polymères naturels en particulier-issus de sources renouvelables. ANEM          Fournisseur des produits chimiques          Les institutions de recherche et université de l'Ouest, Tissemsilt          Entreprise de construction routière :          Entrepreneurs et constructeurs          Les promoteurs d'infrastructures à grande échelle par exemple les autoroutes.          Direction de l'environnement          Partenaire techniques          Fournisseur d'équipements et de technologies</p>	<p><b>Les activités clés</b></p> <p>Fabrication des bitumes modifiés aux polymères PMBs          Recyclage des déchets de carton d'emballage ; ainsi que d'autre source comme les déchets de la menuiserie de bois ; déchets d'ouate de la cellulose.          Optimisation du processus de la modification pour obtenir les propriétés souhaité          Etude de la compatibilité de l'additif avec le bitume          Evaluer la qualité, la disponibilité et la rentabilité de polymère/additif          Tests de contrôle de qualité et réalisation des essais de laboratoires pour les PMBs afin d'évaluer les caractéristiques clé tels que la viscosité, densité, pénétrabilité, TBA, ductilité, l'adhérence ainsi que le vieillissement à long terme          Collaboration et projet pilote          Marketing et ventes par des publicités en ligne et la participation à des événements          Assistance technique et formation : fournir une assistance technique et des conseils aux clients lors de la mise en œuvre des PMBs</p>	<p><b>Offre -Proposition de valeur-</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Production des PMBs de propriétés recherchées et améliorées par rapport au bitume purs</li> <li>• Amélioration de la performance et de la durabilité des revêtements routiers.</li> <li>• Fournir une infrastructure routière capable de supporter de fortes charges de trafic, de résister au vieillissement, à la fissuration et à l'orniérage.</li> <li>• Durabilité et responsabilité environnementale.</li> <li>• Promouvoir l'utilisation de polymères naturels dérivés de sources renouvelables et réduire la dépendance aux additifs à base combustibles fossiles ce qui minimise l'impact environnemental de la construction de routes.</li> <li>• Contribuer au développement de solutions d'infrastructure durables et respectueuses de l'environnement qui s'alignent sur les efforts mondiaux de réduction des émissions de carbone et de la préservation de l'environnement</li> <li>• L'offre de l'innovation et de progrès technologique ainsi que les collaborations et les partenariats</li> <li>• La satisfaction client et fournir un service client et un support technique pour assurer une mise en œuvre réussite.</li> </ul>	<p><b>Relation client</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• S'engager dans une écoute active et une communication efficace pour assurer une compréhension de leurs besoins</li> <li>• Fournir des mises à jour sur les développements de produits et les nouvelles formulations PMB et les nouvelles technologies</li> <li>• Fournir une assistance technique et support tout au long de la mise en œuvre.</li> <li>• Intégration des commentaires des clients dans les processus de développement et d'amélioration des formulations.</li> </ul> <p><b>Canaux</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Force de vente directe : employant une équipe de vente</li> <li>• Plateforme en ligne et commerce électronique : développement d'un site web professionnel</li> <li>• Distributeurs et revendeurs</li> <li>• Salons et expositions de l'industrie</li> </ul>	<p><b>Segments clientèle</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Organismes gouvernementaux algériens : exp : ministère des transports</li> <li>• Entreprises et entrepreneurs de construction de routes</li> <li>• Développeurs d'infrastructure comme les promoteurs immobiliers</li> <li>• Organisation durables et environnementales</li> <li>• Bureaux d'ingénierie et de conseil. Exp, Entreprise d'essais de matériau et de contrôle de la qualité</li> </ul>
<p><b>Structure de coûts</b></p> <p>Fixe machine, local, Stocker, pompes, dépenses administrative</p> <p>Variable matière premier, salaire, électricité, transport</p>		<p><b>Flux de revenus</b></p> <p>La vente de PMBs</p> <p>Possibilité de vente des déchets recyclés</p>		

## 3.6 plan financier

### Tableau 15- Plan financier

<b>Moyenne approximative des coûts</b>		
Article	Quantité/nombre	Valeur DZD
Bitume	20 T	1 600 000 (prix d'acht par T = 80000)
Carton	700 Kg	7000 ( 1kg = 10 DA )
Consommation de gasoil pour chaudière	Par trimestre	40 000
Consommation Electricité + eau	Par trimestre	120 000
Salaire des travailleurs	12	12 x 50 000 à la moyenne
Autre dépense	Par mois	50 000
<b>Bénéfices/Retour unique</b>		
Prix de vente bit 40/50	/	Selon DCP, peut aller jusqu'à prix d'achat*30%
Prix bit 40/50	1 T	96 000 DA ( <b>prix de vente</b> )
Prix bit/cart-3,5 (Net)	1 T	77 550
Prix bit/cart-3,5	1 T	94 500 ( <b>prix de vente</b> )
Bénéfices mensuels	300 T	5 061 000
<b><i>Bénéfice mensuels net</i></b>	<b><i>300 T</i></b>	<b><i>5 004 000</i></b>
<b><i>Bénéfices quotidien</i></b>	<b><i>10 T</i></b>	<b><i>166 800</i></b>
<b><i>Bénéfices annuelle</i></b>	<b><i>3 600 T</i></b>	<b><i>60 882 000</i></b>



**CONCLUSION**  
**GENERALE**

## CONCLUSION GENERALE

Le but de ce travail que nous avons fait dans ce mémoire est de modifier le bitume algérien 40/50 en valorisation des polymères naturels qui sont l'amidon et la cellulose. Nous intéressons également à l'étude de l'effet du carton sur la bitume pur qui à son tour contient un pourcentage important de la cellulose.

Les tests standards qui ont été utilisés au niveau du laboratoire sont : la pénétrabilité de l'aiguille, température de ramollissement (TBA) et la ductilité ainsi que méthodes de caractérisation chimiques et thermiques suivantes : FTIR, XRF, ATG, DRX et les tests par banc Kofler pour déterminer la température de la dégradation.

A travers les tests que nous avons effectués et les résultats que nous avons obtenus, nous pouvons tirer les conclusions suivantes :

Pour l'XRF, nous avons constaté que le bitume utilisé était un bitume pur dont le pourcentage des éléments organiques « C, O, H, N » est de 94,71 %. Le bitume contient aussi un pourcentage significatif du soufre de 4,814%. Les résultats XRF ont également montré l'existence des éléments en traces tels que Cl, Si, Al, Cr... ce qui est en bon accord avec la composition connue dans la littérature.

Le bitume utilisé est conforme à la classe 40/50, et il est de bonnes propriétés selon les tests de la pénétrabilité, ramollissement et ductilité. La modification de ce bitume pour obtenir les PMBs a été réalisée à l'aide d'une méthode simple par chauffage de ce dernier à 160°C et l'ajoute d'une masse bien définie de l'additif pour obtenir les mélanges Bit/cel ; Bit/Star ; Bit/cart. Les analyses ont montrés que les polymères utilisés sont amorphes selon la DRX et ils ont une bonne stabilité thermique comme le montre l'ATG.

La caractérisation de bitume 40/50 par IRTF nous servir à déterminer les bandes de transmittance caractéristiques dans le bit 40/50 et les PMBs ou les résultats montrent que tous les mélanges ont le même profil IR ce qui montre que les mélanges obtenus sont principalement des mélanges physiques assurés par des liaisons hydrogènes.

Quant à la pénétrabilité, les résultats ont montré que le bitume modifié est plus dur que le bitume de base, c'est le cas avec Bit/Star ; Bit/cel, Bit/cart (à 1 %, 2 %, 3,5 % et 5 %).

Les résultats du TBA de tous les PMB sont généralement entre 52-57°C et ce qui conforme avec la norme NF EN 1427. D'après les résultats qu'on a trouvés sur la ductilité, les résultats sont bons car ils sont dans les normes internationales (NF EN 13398). ***On note que 3,5% de tous les mélanges ont donné de bons résultats, par rapport aux autres pourcentages.***

En fin, nous pouvons déduire que le degré d'influence dépend non seulement du type et des propriétés du polymère, mais également dépend de la quantité du polymère ajouté et de la compatibilité entre le polymère et le bitume de base. Comme suite de ce travail, nous recommandons de valoriser les déchets dans la modification de bitume notamment ceux qui sont riches en polymères naturels qui sont moins toxique et non couteux en comparant aux polymères synthétiques.

## Références bibliographique

- [1] Bensaada, A., Haddadi, S. 2016. Etude de l'influence de l'ajout des déchets plastiques alimentaires sur les comportements rhéologiques du bitume routier. 4ème Séminaire International Innovation et Valorisation en Génie Civil et Matériaux de Construction, Tunisie, 4 p.
- [2] Makhoulf, R., Eelarbi Eddani Y. 2014. Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de magistère
- [3] Xing, C., Jiang, W., Li, M., Wang, M., Xiao, J., Xu, Z. 2022. Application of atomic force microscopy in bitumen materials at the nanoscale: A review. *Construction and Building Materials*, 342, 128059.
- [4] Dony, A. 1991. Liants bitumes-polymères-de la fabrication à la mise en œuvre en enrobés: influence de la nature du bitume sur leurs propriétés mécaniques, leur micromorphologie et leur stabilité thermique no. CR15.
- [5] Olard, F., Di Benedetto, H., Eckmann, B. 2004. Rhéologie des bitumes: Prédiction des résultats des tests de fluage BBR à partir des résultats de module complexe. *Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées*, 252-253, 3-1.
- [6] Kulkarni Vishakha, S., Butte Kishor, D., Rathod Sudha, S. 2012. Natural polymers—A comprehensive review. *International journal of research in pharmaceutical and biomedical sciences*, 3(4), 1597-1613.
- [7] Lesueur, D. 2002. La rhéologie des bitumes: Principes et modification. *Rhéologie*, 2, 1-30.
- [8] Guillaume, G. 2020. Introduction aux Enrobés Bitumineux E.B Rapport technique. École de Technologie Supérieure de Montréal.
- [9] Sarr, M. 2002-2003. Étude du comportement des bitumes utilisés en enrobés denses au Sénégal. Projet de fin d'études, Département Génie Civil, École Supérieure Polytechnique de Thiès, Université Cheikh Anta Diop.
- [10] Fethiza, A. B. 2021. Contribution à l'étude du comportement des bitumes modifiés par l'association du NBR et de déchets plastiques Thèse de doctorat.
- [11] Tadjer, A. I., Sidjilani, C. 2020. Valorisation des déchets plastiques dans la fabrication des bitumes routiers thèse de doctorat, faculté des sciences appliquées département génie civil.

- [12] Kahina, I. 2010. Modification de Bitumes par des Matériaux Polymères Dégradés à Base de Polyéthylène Basse Densité PEBD et de Copolymères éthylène et d'Acétate de Vinyle EVA Thèse de doctorat, Université de Béjaia-Abderrahmane Mira.
- [13] Bekki, H., 2017. Les essais de laboratoire de routes. Manuel de TP. Office des publications universitaires. Tiaret. Algérie. Edition: 2.03.5751 ; 43.44.45p ;
- [14] Haddadi, S. 2007. Influence de la poudrette de caoutchouc sur le comportement au fluage des enrobés bitumineux Thèse de doctorat, Alger.6p ;
- [15] Olard, F., Di Benedetto, H., Eckmann, B. 2004. Rhéologie des bitumes: Prédiction des résultats des tests de fluage BBR à partir des résultats de module complexe. Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées, 252-253, 3-15.
- [16] Tachon, N. 2008. Nouveaux types de liants routiers à hautes performances, a teneur en bitume reduite par addition de produits organiques issus des agroressources Thèse doctorale.18
- [17] Bouldin, M. G., Collins, J. H., Berker, A. 1991. Rheology and microstructure of polymer/asphalt blends. Rubber chemistry and technology, 64(4), 577-600.
- [18] Derardja, A. 2019/2020. Propriétés physico-chimiques et mécaniques des polymères. Université Batna 2, Faculté de Technologie, Département de Mécanique 10.
- [19] Young, R. J., Lovell, P. A. 2011. Introduction to polymers. CRC press.
- [20] Zhao, Y. 2008. Chimie des polymères. Angewandte Chemie International Edition, 47, 4986.
- [21] Coppens, T., De Decker, J., Debruycker, V., Guissart, C., Lavendomme, R., Ozkan, A., Van Overmeir, L., Verhaegen, F. 2010. Les polymères. Présentation lors de l'événement Sciences en vie du 22 au 28 mars 2010. Service de Sciences des Polymères.
- [22] Mansouri N., Chapitre 01 structure des polymères et leur classification 1-8.
- [23] Chapitre 03 les polymères pp 4
- [24] Dotson, N. A., Galvan, R., Laurence, R. L., Tirrell, M. 1996. Polymerization process modeling. John Wiley & Sons.
- [25] Ouassini, M. B. M. 2015. Étude Des Polymères Par Dynamiques Moléculaire. p. Université des Sciences et de la Technologie d'Ora. pp 123.
- [26] Tiwari, P., Panthari, P., Katare, D. P., Kharkwal, H. 2014. Natural polymers in drug delivery. World J. Pharm. Pharm. Sci, 3(9), 1395-1409.

- [27] John, M. J., Thomas, S. Eds. 2012. Natural polymers: composites Vol. 1. Royal society of chemistry.
- [28] Kulkarni, V. S., Butte, K. D., Rathod, S. S. 2012. Natural Polymers - A Comprehensive Review. International Journal of Research in Pharmaceutical and Biomedical Sciences, 3(4), 1597.
- [29] Letoffe, J. M., Champion-Lapalu, L., Martin, D., Planche, J. P., Gerard, J. F., Claudy, P. 2000. Analyse thermique de bitumes routiers modifiés par des polymères. Bulletin - laboratoires des ponts et chaussées, 13-20.
- [30] Lusseau, C., Prensier, J.-L. 2004. Définitions structure des polymères et taux de cristallinité Annexe. In Conception des pièces en plastique pour éviter les défauts géométriques .pp 1-2.
- [31] Zhu, J., Birgisson, B., & Kringos, N. 2014. Polymer modification of bitumen: Advances and challenges. European Polymer Journal, 54, 18-38.
- [32] Jidoumou, M. M., Bizimana, B. 2022. Elaboration et caractérisation du bitume algérien 40/50 modifié par divers polymères.ppp 18-38.
- [33] Porto, M., Caputo, P., Loise, V., Eskandarsefat, S., Teltayev, B., Oliviero Rossi, C. 2019. Bitumen and bitumen modification: A review on latest advances. Applied Sciences, 9(4), 742.
- [34] Solomatnikova, O. 1998. Comportement rhéologique et propriétés cohésives et adhésives des liants bitumineux ;Master's thesis, Université Laval. pp. 12-23.
- [35] Jidoumou, M., Bizimana, B. 2022. Elaboration et caractérisation du bitume algérien 40/50 modifié par divers polymères ; Mémoire de master, Université de Tissemsilt, Département des sciences et de la technologie. p. 73.
- [36] Kemassi, N. 2019. Bitume Hautement Modifiés par Polymère (HiMA): Influence des polymères sur la viscosité des liants - Étude de cas: D0234 Thèse doctorale, Université Kasdi Merbah Ouargla. p. 85.
- [37] Dony, A. 1991. liants bitumes-polymères-de la fabrication à la mise en œuvre en enrobés: influence de la nature du bitume sur leurs propriétés mécaniques, leur micromorphologie et leur stabilité thermique. (No. CR15). p. 181.
- [38] Bellaouar, N., & Meddah, M. 2019. Etude sur les Caractéristiques Physico-chimique du Bitume Modifié par Polymère SBS Thèse doctorale, Université Ghardaïa.p 77.
- [39] Pérez, S., Mazeau, K. 2005. Conformations, structures, and morphologies of celluloses. Polysaccharides: Structural diversity and functional versatility, 2.p 41-68.
- [40] Nevell, T. P., Zeronian, S. H. 1985. Cellulose chemistry and its applications.p 15-29.



- [41] Averous, L., Moro, L., Dole, P., Fringant, C. 2000. Properties of thermoplastic blends: starch–polycaprolactone. *Polymer*, 41(11), 4157-4167.
- [42] Thirion-Merle, V. V. 2014. Spectrométrie de fluorescence X. Circulation et provenance des matériaux dans les sociétés anciennes. Editions des archives contemporaines, Collection Sciences Archéologiques, ISBN: 9782813001634.
- [43] Farcas, F., Touzé, P. 2001. La spectrométrie infrarouge à transformée de Fourier IRTF. Une méthode intéressante pour la caractérisation des ciments *Bull. Lab. Ponts Chaussées*, 230, 77-88.
- [44] Aronica, C. 2010. La diffraction des rayons X. *l'actualité chimique*, (346), 24.
- [45] Bekki, H., 2017. Les essais de laboratoire de routes. Manuel de TP. Office des publications universitaires. Tiaret. Algérie. Edition: 2.03.5751;
- [46] Maheswari, C. U., Reddy, K. O., Muzenda, E., Guduri, B. R., Rajulu, A. V. 2012. Extraction and characterization of cellulose microfibrils from agricultural residue–Cocos nucifera L. *Biomass and bioenergy*, 46, 555-563.
- [47] Zhao, H., Holladay, J. E., Kwak, J. H., Zhang, Z. C. 2007. Inverse temperature-dependent pathway of cellulose decrystallization in trifluoroacetic acid. *The Journal of Physical Chemistry B*, 111(19), 5295-5300.
- [48] *Joseph. P. V, Joseph. K, Thomas. S, Pillai. C. K. S, Prasad. V. S, Groeninckx. G*, The thermal and crystallisation studies of short sisal fibre reinforced polypropylene composites, *Composites : partA* , 34, p.253-266, 2003.

### ملخص

يعتبر الزفت المكون الضروري لربط المواد المعدنية المكونة للطريق، يتميز الزفت بالخصائص اللزجة – المرنة، بالإضافة للخصائص الميكانيكية والحرارية المحدودة، و اختيار نوعية الزفت ترتبط بالتأكيد بالخصائص المناخية للمنطقة، وبسبب هذه الخصائص المناخية الجزائر اختارت الصنف (40/50) لبناء طرقها، حيث يتميز بكونه صلب، و لديه حساسية حرارية متوسطة إلى منخفضة لكن هذا الأخير وصل لحدوده في السنوات الأخيرة، هذا ما دفع الجزائر في السنوات الأخيرة بضرورة تحسين المواد الزفتية، وذلك بإضافة البوليمير التي تسمح بتقليل حساسيتها الحرارية والرفع من مرونتها وصلابتها.

الهدف من عملنا هو تحديد تأثير البوليمرات الطبيعية (النشا ، السليلوز) و الكرطون على خواص البيتومين ، وقد ثبت باختبارات الاختراق والليونة أن السلوك الريولوجي للبيتومين المعدل يختلف عن سلوك البيتومين الغير معدل , في دراستنا قمنا بتعديل مواد البيتومين بأربعة نسب (1 ، 2 ، 3.5 ، 5%) من البوليمرات الطبيعية. و لقد اظهرت التجارب التي اجريت بان نسبة 3.5 بالمئة ساهمت في زيادة صلابة و مرونة الزفت و كذا التقليل من الحساسية للحرارة له ، هذا التحسن يصاحبه تحسن في سلوك الزفت على مستوى الطريق.

**الكلمات الأساسية: البيتومين; البوليمرات الطبيعية; التعديل; الصلابة; الحساسية للحرارة.**

### Résumé

Le bitume est considéré comme le composant nécessaire pour lier les matériaux minéraux qui composent la route. Il est caractérisé par des propriétés viscoélastique, en plus de propriétés mécaniques et thermiques limitées. Le choix de la qualité de bitume est certainement lié aux caractéristiques climatiques de la région. Pour cela, l'Algérie a choisi la classe (40/50) pour construire ses routes. Afin d'améliorer les propriétés de bitume ainsi que de réduire leur sensibilité thermique et d'augmenter leur souplesse et leur dureté, les spécialistes et de puis quelques années, améliorent les matériaux bitumineux, en y ajoutant des polymères

L'objectif de notre travail est de déterminer l'effet des polymères naturels (amidon, cellulose) et du carton sur les propriétés du bitume, pour cela, la pourcentage de l'additifs a été étudié comme variable, d'où quatre pourcentage ont été utilisés (1%, 2%, 3,5%, 5%). Nous avons prouvé par des tests de pénétrabilité, TBA et de ductilité que le comportement rhéologique du bitume modifié diffère à celui du bitume non modifié.

Et les expérimentations menées ont montré que 3,5 % contribuaient à augmenter la dureté de l'enrobé, ainsi qu'à réduire sa sensibilité à la température. Cette amélioration s'accompagne d'une amélioration du comportement de l'enrobé au niveau de la rout

**Les mots clés : Bitume ; polymères naturels ; modification ; rigidité ; susceptibilité thermique**

### Abstract

Bitumen is considered the necessary component to bind the aggregates that make up the road. It is characterized by viscoelastic properties, in addition to limited mechanical and thermal properties. The choice of bitumen quality is certainly linked to the climatic characteristics of the region. For this, Algeria has chosen the class (40/50) to build its roads. In order to improve the properties of bitumen as well as to reduce their thermal sensitivity and to increase their flexibility and their hardness, the specialists and then a few years, improve the bituminous materials, by adding polymers.

The objective of our work is to determine the effect of natural polymers (starch, cellulose) and cardboard on the properties of bitumen, for this, the percentage of the additive was examined as variable, hence four percentages were used (1%, 2%, 3.5%, 5%). We proved by penetrability, TBA and ductility tests that the rheological behavior of modified bitumen differs from that of unmodified bitumen.

And experiments have shown that 3.5% contributes to increasing the strength of the mix, as well as reducing its sensitivity to temperature. This improvement is accompanied by an improvement in the behavior of the asphalt at the level of the rout.

**Key words: Road; Bitumen; natural polymers; modification; rigidity; thermal susceptibility**

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة تيسمسيلت

عنوان المشروع:

**Valorisation des polymères naturels dans la modification du  
bitume routier**

مشروع لنيل شهادة مؤسسة ناشئة في إطار القرار الوزاري 1275

صورة العلامة التجارية



الإسم التجاري

**BIT-GREEN**

السنة الجامعية

2023 \_ 2022

بطاقة معلومات:

حول فريق الاشراف وفريق العمل

فريق الاشراف:

فريق الاشراف	
المشرف الرئيسي :	التخصص: المواد المبلمرة و البيئية
محروق حنان	
مساعد مشرف :	التخصص: هندسة مدنية
بكي الحاج	

فريق العمل:

فريق المشروع	التخصص	الكلية
الطالبة: بياز ملاك	هندسة التكرير	العلوم و التكنولوجيا
الطالبة: شعلال احلام	هندسة التكرير	العلوم و التكنولوجيا

## فهرس المحتويات

المحور الأول: تقديم المشروع

المحور الثاني: الجوانب الابتكارية

المحور الثالث: التحليل الاستراتيجي للسوق

المحور الرابع: خطة الإنتاج والتنظيم

المحور الخامس: الخطة المالية

المحور السادس : النموذج الاولي التجريبي

## المحور الأول:

### تقديم المشروع

في السنوات الاخيرة اعتمد المهندسين على تعديل الزيت بالبولىميرات الاصطناعية ذات تكلفة عالية وجودة منخفضة والناج عنها مشاكل الطرقات كالتشقق والتاكل والضغط وتأثير العوامل الجوية عليها .

يعمل مشروعنا على تعديل الزيت بالبولىميرات الطبيعية و النفايات لتستخدم في تعبيد الطرقات و تحسين من خصائصه الريولوجية و من جهة اخرى تثمين النفايات ليكون الزيت صديق للبيئة و ذو اداء و جودة عالية.

### فكرة المشروع

في السنوات الاخيرة اصبح عمر الطرقات جد قصير و مشاكل الطرقات الكثيرة و الناتجة عن العوامل الجوية و الضغط الناجم عن الحركة المرورية و من جهة اخرى النفايات و بالخصوص الكرتون الذي اصبح سبيله الوحيد هو مدافن النفايات .

جاءت فكرة المشروع للحد من هذه المشاكل من خلال تعديل الزيت بالبولىميرات طبيعية و النفايات و تثمينها.

جاءت تسمية BIT-GREEN لان هذا الزيت معدل طبيعيا اي ببولىميرات طبيعية و النفايات لتحسين زيت الطرقات و محافظة على بيئة خضراء

كما جاء شعارنا بان الطرقات في ايادي امنة و بيئة خضراء , لاعطاء المساحات الخضراء نفس جديد و طرقات جيدة في بيئة جميلة

### 1. القيم المقترحة

**الحدائة :** يعتبر الزيت المعدل بالبولىميرات الطبيعية حلاً حديثاً و فعال لتعبيد الطرقات

**الأداء :** يتطلب هذا المشروع تعديل الزيت بالبولىميرات الطبيعية ذو جودة و أداء عالي و تحمل درجات الحرارة العالية تصل حتى  $57^{\circ}\text{C}$  و التحكم في اليونة و الصلابة من خلال نسب البولىميرات و تلبية توقعات العملاء

**السعر:** يمكن تقديم الزيت بسعر مناسب ومعقول عن ما هو موجود في السوق ليناسب العملاء

## 2. فريق العمل

يتكون فريق العمل من الطالبتين بياز ملاك و شعلال احلام السنة الثانية ماستر تخصص هندسة التكرير و استاذة مشرفة محروق حنان تخصص المواد المبلمرة والبيئية و مساعد مشرف الحاج بكي تخصص هندسة مدنية .

## 3. اهداف المشروع

**نسعى لتحديد أهداف المشروع التجارية والاقتصادية والبيئية والاستثمارية وهي:**

**التجارية:** تحقيق مبيعات عالية وزيادة الحصة السوقية للزيت المعدل طبيعيا . توسيع شبكة التوزيع والتسويق للمنتج في الأسواق المحلية والإقليمية والدولية. تحسين جودة وتنوع وابتكار المنتج لتلبية احتياجات ورضا الزبائن.

**الاقتصادية:** تخفيض تكلفة إنتاج و شحن الزيت . و الزيادة الربحية والعائد على الاستثمار للمشروع. توليد فرص عمل ودخل للعاملين في المشروع.

**الاستثمارية:** جذب المستثمرين والشركاء والجهات المانحة لتمويل ودعم المشروع. تحقيق نمو مستمر وتوسع في سوق الزيت . تحسين سمعة ومكانة المشروع.

**البيئية:** المحافظة على البيئة من التلوث و استغلالها الجيد .

## 4. جدول زمني لتحقيق المشروع :

استنادا على الهدف النهائي للمشروع بخطة عمل مدروسة من جميع الجوانب العملية والنظرية وتحديد الوقت لكل مهمة وبناء نتائج فرعية ورئيسية لكل مهمة نحو التطلع الى هدفنا المنشود ومنه اعتمدنا خطة عمل واضحة ومدروسة ومنه تم اعداد جدول زمني لتحقيق المشروع :

الوقت بالاشهر									الاعمال	
9	8	7	6	5	4	3	2	1		
							✓			دراسة جدوى شاملة
					✓					اختيار مقر و تحضير الوثائق الادارية
		✓								بناء مقر الوحدة
				✓						التجهيزات و المعدات اللازمة
					✓				اقتناء المكونات الاولية	
✓									بداية انتاج اول منتج	

### المحور الثاني: الجوانب الابتكارية





من حيث طبيعة الابتكارات نقول تختلف التحديات والفرص لتطوير هذا المشروع باختلاف نوع الزيت ومكان تطبيقه

**التفكير الابتكاري:** يمكن تحديد المشكلة بأن هناك حاجة إلى تعديل الزيت لتحسين من جودة الطرقات.

**ابتكارات السوق:** الزيت الذي نحن بصدد انجازه مختلف عن ما هو موجود في السوق مقاوم لضغط و لدرجات الحرارة العالية.

**الابتكارية المتزايدة:** يمكن تعديل الزيت ببوليميرات و نفايات اخرى القادرة على تحسين خصائصه اكثر ليصبح اكثر مقاومة لتشققات و عوامل الجوية المؤثرة على الطرقات

**الابتكارات الجذرية لهذا المشروع:** يمكننا تعديل و تطوير الزيت ليستعمل في مجالات اخرى ليستعمل في الاسقف و الجدران ذو جودة و اداء عالي و هي ابتكارات تقدم حولا جديدة ومختلفة و متطورة

**ابتكارات عدم التأكد في السوق:** تطوير الزيت بنفايات اخرى بانواعها تتيح التحسين من الخصائص الريولوجية للزيت و في معايير و مقاييس المناسبة

هذا مشروع يحمل الكثير من الابتكارات المستقبلية، حسب خلاصة هاته الابتكارات التي يتم العمل عليها في مشروعنا هي:

- تحسين من جودة الطرقات لتصبح اكثر تحمل لصدمات و الضغط و درجات الحرارة العالية
- تعديل الزيت و تطويره اكثر بنفايات اخرى و بوليميرات لتوفير خدمات اخرى في عدة مجالات

## المحور الثالث

### التحليل الاستراتيجي للسوق

السوق المستهدف هم الذين يبحثون عن منتجات تلبي احتياجاتهم و توفر لهم حلول فعالة و مستدامة كمؤسسات و المقاولين المختصين في تهيئة و صيانة الطرقات و يمكن توجيه الجهود التسويقية لهذه الفئة من خلال الإعلانات الرقمية و منصات التواصل الاجتماعي.

### شرائح العملاء

- وزارة النقل: الدوائر الحكومية المسؤولة عن التخطيط، تصميم وإنشاء و صيانة الطرق والطرق السريعة.

- شركات ومقاولو بناء الطرق: الشركات المتخصصة في المشاريع الإنشائية تاهيل و صيانة الطرق .
- مقاولو الهندسة المدنية: الشركات العاملة في تنفيذ المشاريع البنية التحتية للطرق .
- مطورو العقارات: الشركات العاملة في مشاريع التطوير المناطق الحضرية الكبيرة التي تتطلب بنية تحتية للطرق .
- إدارات الأشغال العامة: الوكالات المسؤولة عن إدارة وصيانة البنية التحتية العامة ، بما في ذلك الطرق والطرق السريعة.
- مبررات اختيار هذه الشريحة هي:

(1) أنها مستندة إلى بحث وتحليل للسوق والمنافسة والعملاء المحتملين

(2) أنها تستجيب للحاجات والتوقعات والاهتمامات المتغيرة للعملاء

(3) أنها تتوافق مع الأهداف والرؤية والقيم الاستراتيجية للمشروع

(4) أنها تساهم في تحقيق الفوائد الاقتصادية والبيئية والاجتماعية للمشروع

قياس شدة المنافسة

من خلال دراسات واستقصاءات علمية وإحصائية التي اجريناها في اعتماد مقاييس منافسة في مجال انتاج وصناعة الزفت المعدل المنافسون هم كل الشركات والمؤسسات التي تنتج أو تباع الزفت في الجزائر، أو تستورده من الخارج يمكنني ذكر بعض المنافسين :

**SARL HA.C.E**

هي أول شركة لزفت تحصل على شهادة في الجزائر. تأسست في عام 2000 ، تعمل هذه الشركة منذ ثلاثة عشر عامًا في سوق الأشغال العامة لمشغلي الطرق. وهي شركة حديثة تعمل على توحيد نفسها في أعمال الزفت.

**SOTREF,EURL**

هي شركة تاسست في 1997 تعمل هذه الشركة في سوق الزفت لأعمال الطرق والسكك الحديدية

**ETTR KERROUCHE ENTREPRISE DE TERRASSEMENT & TRAVAUX ROUTIERS,SARL**

هي شركة تاسست في عام 2002 تعمل هذه الشركة في سوق الزفت لاعمال الطرق و إصلاح الطرق والمسارات.

تحديد نقاط القوة والضعف للمنافسين في مجال انتاج و صناعة الزيت :

**\*سيتم تحديد هاته النقاط بناء على معايير الجودة والسعر والتوزيع والسمعة والابتكار\***

اسم المنافس	نقاط القوة	نقاط الضعف
SARL HA.C.E	- موجودة في السوق منذ ثلاثة عشر عاما - تقدم زيت باسعار تنافسية	- تعاني من مشاكل مالية وإدارية تواجه صعوبات في ترويج وتسويق لمنتجاتها على الصعيد الخارجي. وتفتقر الى الابتكارات
SOTREF,EURL	- تحظى بسمعة طيبة في السوق المحلية.	تعتمد على قنوات توزيع محدودة وغير فعالة غياب استراتيجيات ترويج واضحة وفعالة.
ETTR KERROUCHE ENTREPRISE DE TERRASSEMENT & TRAVAUX ROUTIERS,SARL	تستخدم استراتيجية ترويجية فعالة. تستهدف فئات مختلفة من العملاء	اصلاحات الطرق ذو المدى القصير و جودة منخفضة نوع ما

### الاستراتيجيات التسويقية:

هذه بعض الخطوات التي سأتبعها في الخطة التسويقية لمنتج الزيت المعدل بالبولىميرات الطبيعية :

- 1- ساعدد مزايا تنافسية لمنتجي ساستخدم طريقة (نقاط القوة والضعف والفرص و التهديدات) لتحليل بيئة السوق وتحديد ما يجعل منتجي مختلفا و افضل من المنافسين

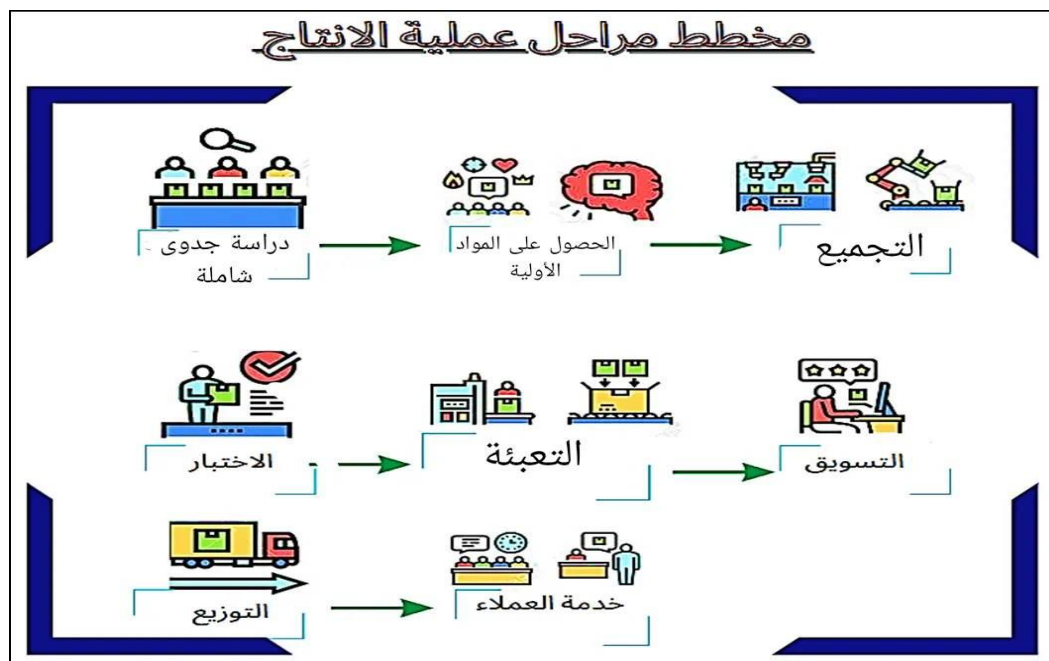
ساستخدم عبارات جذابة لظهار قيمة منتجي على سبيل المثال قد يكون الزفت المعدل بالبوليميرات الطبيعية هو الاول في الجزائر يقدم حلا صديقا للبيئة و بجودة و معايير عالية .

2- ساعدد قنوات التوزيع لمنتجي ساستخدم القنوات الالكترونية لبيع منتجي عبر الانترنت حيث انها توفر لي مزايا مثل الوصول الى جمهور اوسع داخل و خارج الجزائر و زيادة سرعة الوصول الى العملاء المهتمين بالزفت المعدل بالبوليميرات الطبيعية

3- ساعدد استراتيجية التسعير لمنتجي ساستخدم طريقة التكلفة بالاضافة الى الربح ( cost-plus pricing) لتحديد سعر مناسب لمنتجي يغطي تكاليف الانتاج و التوزيع و الترويج و يضمن هامش الربح معقول

4 - ساعدد استراتيجية الاتصال و ساستخدم موقع الويب الخاص بمشروع او صفحات التواصل الاجتماعي او البريد الالكتروني, لظهار مميزات منتجنا مع شهادات من العملاء السابقين.

#### المحور الرابع: خطة الإنتاج والتنظيم



عملية انتاج الزفت المعدل بالبوليميرات الطبيعية تتكون من عدة خطوات :

**دراسة جدوى شاملة:** تحديد طريقة اعداد المنتج و المواد المستخدمة

**الحصول على المواد اللازمة:** يتم شراء المكونات المختلفة المستخدمة في تعديل الزيت, وهي البوليميرات الطبيعية و الكرتون .

**التجميع:** يتم تجميع المكونات المختلفة و نقوم بخلط المكونات مع بعض في شروط الملائمة.

**التحليل:** يتم القيام بتحليل الازمة للمنتج لتأكد من صحة العمل و جودته و ما اذا كان موافق للمعايير .

**التعبئة:** يتم تعبئة المنتج في شاحنات مخصصة لزفت.

**التسويق:** بعد إنتاج الزيت المعدل بالبوليميرات الطبيعية ، يتم الترويج له وتسويقه عن طريق الإعلانات والحملات التسويقية على وسائل التواصل الاجتماعي والمواقع الإلكترونية وغيرها.

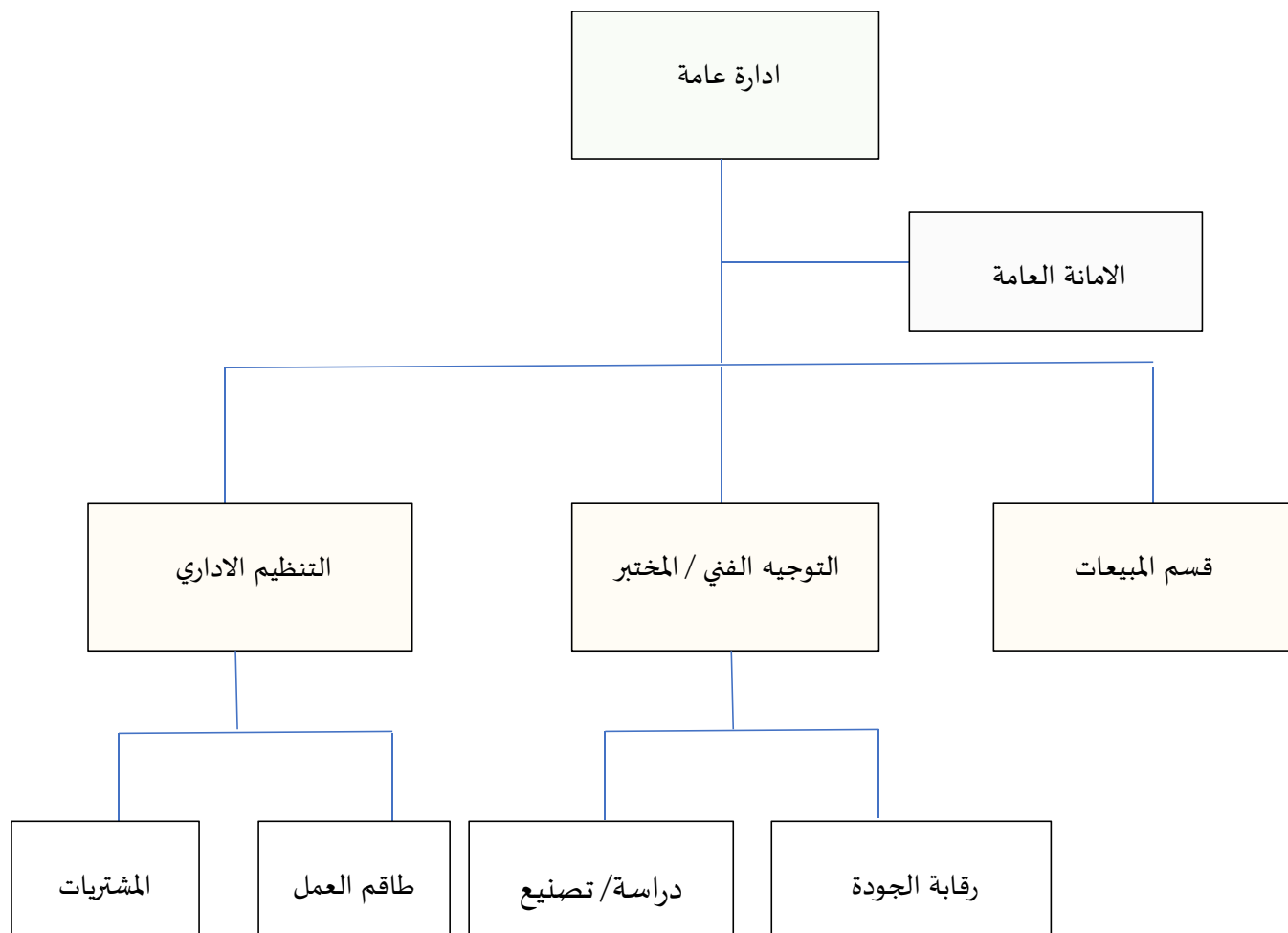
**التوزيع:** يتم توزيع الزيت المعدل بالبوليميرات الطبيعية على محطات اعادة تهيئة و صيانة الطرق المختلفة والموزعين والعملاء المباشرين.

**خدمة العملاء:** يجب تقديم خدمة ما بعد البيع والدعم الفني للعملاء، وذلك من خلال تزويدهم بالمعلومات اللازمة عن المنتج و المشامل التي يمكن حلها .

**-التحديثات:** يجب متابعة التطورات التقنية والإضافات الجديدة والتحديثات المستمرة في المنتج و تطويره أكثر.

**الإدارة:** يجب إدارة جميع العمليات المتعلقة بإنتاج الزيت المعدل بالبوليميرات الطبيعية بطريقة فعالة واستدامة، وذلك من خلال ادارة المواد و الالات الازمة والتكاليف وغيرها.

## المخطط الإداري لشركة Bit-Green



**PLAN FINANCIER    المحور الخامس: الخطة المالية**

<b>Moyenne approximative des coûts</b>		
Article	Quantité/nombre	Valeur DZD
Bitume	20 T	1 600 000 (prix d'acht par T = 80000)
Carton	700 Kg	7000 ( 1 kg = 10 DA )
Consommation de gasoil pour chaudière	Par trimestre	40 000
Consommation Electricité + eau	Par trimestre	120 000
Salaire des travailleurs	12	12 x 30 000  à la moyenne
Autre dépense	Par mois	50 000
<b>Bénéfices/Retour unique</b>		
Prix de vente bit 40/50	/	Selon DCP, peut aller jusqu'à prix d'achat*30%
Prix bit 40/50	1 T	96 000 DA ( <b>prix de vente</b> )
Prix bit/cart-3,5 (Net)	1 T	77 550
Prix bit/cart-3,5	1 T	94 500 ( <b>prix de vente</b> )
Bénéfices mensuels	300 T	5 085 000
Bénéfice mensuels net	300 T	5 028 000
Bénéfices quotidien	10 T	167 600
Bénéfices annuelle	3 600 T	61 174 000

### المحور السادس : النموذج الاولي التجريبي

يتم اعداد الزفت معدل الذي يحتوي على نسب مختلفة من مواد المضافة ( السليلوز النشاالكرطون )و ذلك بتسخين الزفت النقي في الفرن عند درجة حرارة و مدة زمنية معينة وبعدها إضافة كمية محددة من البوليمر وفقا للنسبة المطلوبة ويتم خلط المزيج للحصول على المنتج المراد.

يهدف النموذج الاولي لانتاج الزفت معدل يحقق التوازن المثالي بين التكلفة و الجودة عن طريق تبني تقنيات انتاج مبتكرة و استخدام مواد مضافة (بوليمر طبيعي ) حيث تكون افضل مقارنة بالمنتجات المتاحة في السوق.

#### خصائص الزفت المعدل بالبولىميرات الطبيعية

	X = % additif	PEN (0.1mm)	TBA (°C)	Ductilité (Cm)
<b>Bit/Cel-x</b>	1	41	52	90
	2	40.9	55	91
	<b>3,5</b>	<b>40</b>	<b>57</b>	<b>89</b>
	5	43.75	57	60
<b>Bit/Cart-x</b>	1	41.6	53	81
	2	34.2	53	106.4
	<b>3,5</b>	<b>39.2</b>	<b>54</b>	<b>84</b>
	5	40.9	55	138
<b>Bit/Amid-x</b>	1	40.2	53	+150
	2	40	55	+150
	<b>3,5</b>	<b>40.8</b>	<b>54</b>	<b>+150</b>
	5	40.8	57	+150



