

**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'enseignement Supérieur**  
**et de la Recherche scientifique**



**Centre Universitaire d'EL-Oued**  
**Institut des Sciences et de Technologies**



**Mémoire de Fin d'Etude**  
**Présenté pour l'obtention du diplôme de**  
**LICENCE ACADEMIQUE**

**Domaine : Sciences et de Technologies**  
**Filière: Génie procédé**  
**Spécialité: Génie procédé**

## **Thème**

Les matériaux composites  
préparation et caractérisation

**Encadreur :**  
Mr.A.BOUGHAZAL

**Rédiger par:**  
Benmebrouk Samia  
Doudou Dalila

Saison de l'université 2011 / 2012

# REMERCIEMENTS

*Nous remercions du fond du cœur allah, le tout puissant, qui nous a accordé la force, la volonté et le courage a fin de mener à bout ce travail.*

*Nous remercions vivement A. BOUGHÉZAL pour nous avoir confié ce travail et pour son aide, sa patience, ses encouragements et ses conseils précieux.*

*Nos vifs remerciement à tous ceux qui nous ont aidé de loin ou de près.*

*Nous tenons à remercier monsieur le président et les membres du jury qui ont accepté de juger ce travail.*

# DÉDICACE

*Je dédie ce modeste travail aux êtres les plus chers :*

*Ma chère maman*

*Ma cher père*

*Mes frères*

*Mes sœurs*

*Toute ma famille*

*Et à tous mes amis*

**Samia Benmebrouk**

# DÉDICACE

*Je dédie ce modeste travail aux êtres les plus chers :*

*Ma chère maman*

*Ma cher père*

*Mes frères*

*Mes sœurs*

*Toute ma famille*

*Et à tous mes amis*

***Dalila Doudou***

# **SOMMAIRE**

<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>01</b>
------------------------------------	-----------

## **Chapitre I :les polymères**

<b>I.1. Historique.....</b>	<b>02</b>
<b>I.2. Définition.....</b>	<b>02</b>
<b>I.3. Les différents types de polymères .....</b>	<b>02</b>
<b>I.3.1. Les thermoplastiques .....</b>	<b>03</b>
1. Le polychlorure de vinyle (PCV).....	03
2. Le polyéthylènes (PE) .....	03
3. Le polypropylène (PP) .....	03
4. Le polystyrène (PS).....	04
5. Le polycarbonate (PC) .....	04
<b>I.3.2.Les thermodurcissables.....</b>	<b>04</b>
1. Les polyuréthanes (PUR) .....	04
2. Les phénoplastes (PF) .....	04
3. Les aminoplastes (MF) .....	04
<b>I.3.3. Les élastomères .....</b>	<b>04</b>
<b>I.4. Les Caractéristiques.....</b>	<b>05</b>
<b>I.4.1. Principes de structure .....</b>	<b>05</b>
<b>I.4.2. Domaines d'état .....</b>	<b>05</b>
<b>I.4.3. Comportement mécanique .....</b>	<b>06</b>
<b>I.4.4. Elaboration des polymères .....</b>	<b>06</b>
<b>I.4.5. Polymérisation en chaîne .....</b>	<b>07</b>
<b>I.4.6. Polymérisation radicalaire .....</b>	<b>07</b>
<b>I.4.7. Polymérisation ionique .....</b>	<b>07</b>
<b>I.4.8. Masse molaire .....</b>	<b>07</b>
<b>I.4.9.Masse molaire moyenne .....</b>	<b>08</b>

## **Chapitre II :les fibres végétales**

II. 1. Définition.....	09
II. 2. Les différents types de charge.....	10
II. 2.1. Tige .....	11
1. Lin .....	11
2. Chanvre.....	11
II. 2.2. Feuille .....	12
1. Sisal.....	12
2. L’abaca.....	12
II. 2.3. Graine.....	12
1. Coton.....	12
2. Kapok .....	12
II. 2.4. Fruit.....	12
1. Coco.....	12

## **Chapitre III : Les matériaux composites**

III. 1. Définition .....	13
III. 2. Structure et composite.....	14
III. 3. Les matrices organiques .....	14
III. 4. Les renforts .....	14
III.4.1. Les différentes natures de renforts.....	14
III.4.1.1. Fibres minérales ou organiques .....	14
A. Fibre de verre.....	14
B. Fibre de carbone .....	15
C. Fibre aramide .....	15
D. Fibre de PE.....	15
III.4.1.2. Les fibres naturelles.....	16
III. 5. Les grands procédés de transformation .....	16
III. 6. Domaines d’application.....	16

## **Chapitre I : Etude expérimentale**

<b>I.Produits et matériels utilisés.....</b>	<b>17</b>
<b>I.1. Produits .....</b>	<b>17</b>
<b>I.1.1. Le polychlorure de vinyle (PVC) .....</b>	<b>17</b>
<b>I.1.2. La fibre végétale.....</b>	<b>17</b>
<b>I.1.3. Le solvant.....</b>	<b>17</b>
<b>I.2. Matériels.....</b>	<b>17</b>
<b>I.3. Méthode de préparation .....</b>	<b>18</b>
<b>I.3.1. Préparation de la fibre.....</b>	<b>18</b>
<b>I.3.2. Préparation de la solution de polymère.....</b>	<b>18</b>
<b>I.3.3. Préparation des composites.....</b>	<b>19</b>
<b>I.4. Obtention des films.....</b>	<b>19</b>
<b>I.4.1. Structures et état des films de composites préparés.....</b>	<b>19</b>
<b>I.4.2. Test de dureté .....</b>	<b>20</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>21</b>
<b>Références bibliographiques .....</b>	<b>22</b>

# **Introduction générale**

### **Introduction générale :**

Un composite est un matériau constitué d'au moins deux éléments, matrices et renfort (charge), il comporte donc les propriétés caractéristiques de ces deux éléments, la matrice, généralement une résine polymérique lui confère la flexibilité et la souplesse tandis que le renfort améliore sa rigidité et sa dureté.

L'utilisation des matériaux composites ne cesse de croître et les domaines d'application se multiplient d'un jour à l'autre. Cependant, le problème de dégradation et donc les exigences de l'environnement sont en faveur de l'utilisation des composites à base de fibre végétale et c'est dans ce sens que notre travail a été réalisé.

Notre mémoire se compose de deux parties, la première, contient trois chapitres théoriques et la deuxième expérimentale.

Le premier chapitre se focalise sur les polymères en générale, le deuxième traite le domaine de la fibre végétale. Le troisième chapitre est consacré aux composites.

La partie expérimentale est un travail préliminaire consiste en la préparation de la fibre végétale, la solution de polymère et les différents composites.

# ***Chapitre I***

***Les Polymères***

## I. Les polymères :

### I.1. Historique :

Les débuts de la production industrielle de produits en matière plastique remontent au milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle avec la fabrication d'articles de mode à base de cellulose et de caséine. Jusqu'au milieu des années 1920, d'importantes découvertes ont contribué au développement des matières plastiques. Le *bakélite* posa la première "pierre" dans le domaine de la production en grande série de pièces en matière thermodurcissable. Un développement remarquable, surtout pour les thermoplastiques, a été observé à partir de 1926 avec les travaux du chimiste allemand Staudinger. Une nouvelle impulsion importante pour le développement des matières plastiques survint à partir du milieu des années 1950 avec la conversion d'une matière première, le charbon, en dérivés pétrochimiques. On obtient, à partir des sous-produits, des fractions légères, dont l'éthylène. Les principaux thermoplastiques dérivés sont le polypropylène (PP), le polyéthylène (PE), le polystyrène (PS) et le poly(chlorure de vinyle) (PCV). En France, dans l'industrie des matières plastiques, les polymères synthétiques représentent aujourd'hui environ 17% de la production totale de l'industrie chimique [1].

### I.2. Définition :

Une polymère est une macromolécule obtenue par la répétition d'une unité constitutive comportant un groupe d'atomes liés par des liaisons covalentes.

Les premières matières plastiques (*celluloïd* et *bakélite*) apparurent pendant le dernier tiers du XIX<sup>ème</sup> siècle.

Au sens le plus large, se sont des matériaux organiques constitués de substances extraites du pétrole, du gaz naturel, du charbon ou d'autres matières minérales.

La chaîne macromoléculaire est constitutive [2].

✓ homopolymère : une seule unité constitutive



✓ copolymère : plus d'une unité constitutive



### I.3. Les différents types de polymères :

Les plastiques inventés au XXI<sup>ème</sup> siècle ont remplacé les matériaux traditionnels comme le bois ou le métal. Les recherches menées pour améliorer et diversifier leurs propriétés les destinent à de nombreuses utilisations. Les matières plastiques sont légères, hygiéniques, durables et faites sur mesure[3].

#### I.3.1. Les thermoplastiques :

Les thermoplastiques ramollissent sous l'effet de la chaleur. Ils deviennent souples, malléables et durcissent à nouveau quand on les refroidit. Comme cette transformation est réversible, ces matériaux conservent leurs propriétés et ils sont facilement recyclables. Leurs polymères de base sont constitués par des macromolécules linéaires, reliées par des liaisons faibles qui peuvent être rompues sous l'effet de la chaleur ou de fortes contraintes. Ils représentent 80% des matières plastiques[3].

##### 1. Le polychlorure de vinyle (PCV) :

Il est obtenu par la polymérisation des monomères de chlorure de vinyle  $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{Cl}$ .  
Ce polymère de formule  $-(\text{CH}_2-\text{CH}-\text{Cl})-$   
est issu d'une réaction chimique entre de l'éthylène et de l'acide chlorhydrique, en présence d'oxygène, Il peut être soit rigide soit souple selon les ingrédients qu'on lui incorpore.  
Le PVC rigide qui a un aspect lisse et dur est utilisé pour les tuyaux de canalisation.  
Le PVC souple qui recouvre certaines pièces comme les manches de pinces a un aspect brillant. C'est après le PE, le plastique le plus utilisé au monde. Il est largement employé dans l'industrie de l'ameublement et dans le bâtiment ou le génie civil[3].

##### 2. Le polyéthylène (PE) :

Le polymère le plus utilisé est le polyéthylène. C'est le matériau d'emballage par excellence[3].

##### 3. Le polypropylène (PP) :

Le deuxième polymère fort utilisé est le polypropylène. C'est un plastique dur. On le retrouve dans tous les matériaux de plomberie[3].

##### 4. Le polystyrène (PS) :

Le polystyrène est un plastique dur, cassant et transparent. C'est un produit industriel courant largement diffusé, offrant de très nombreux usages. On s'en sert pour les emballages[3].

**5. Le polycarbonate (PC) :**

Le polycarbonate est un matériau qui présente d'excellentes propriétés mécaniques et une bonne résistance thermique jusqu'à 120°C. On l'utilise pour la fabrication des casques de moto ou des boucliers de police. Comme il est très transparent, il sert aussi à la fabrication des CD et des DVD[3].

**I.3.2. Les thermodurcissables :****1. Les polyuréthanes (PUR) :**

Ce sont des matériaux dont les caractéristiques sont très variées avec une grande diversité de textures et de duretés. Les polyuréthanes sont les polymères les plus utilisés pour faire les mousses[3].

**2. Les phénoplastes (PF) :**

Dans ce groupe, une des plus anciennes matières plastiques connue est la Bakélite. Ce matériau providentiel a eu d'innombrables applications dans les domaines scientifiques et dans la réalisation d'objets : téléphones, postes de radio[3].

**3. Les aminoplastes (MF) :**

Ces produits résineux sont essentiellement utilisés en stratification sur des textiles plastifiés, les panneaux de bois agglomérés pour le mobilier de cuisine et les plans de travail[3].

**I.3.3. Les élastomères :**

Ces polymères présentent les mêmes qualités élastiques que le caoutchouc. Un élastomère au repos est constitué de longues chaînes moléculaires repliées sur elles-mêmes. Sous l'action d'une contrainte, les molécules peuvent glisser les unes par rapport aux autres et se déformer. Pour que le matériau de base présente une bonne élasticité il subit une vulcanisation. C'est un procédé de cuisson et de durcissement qui permet de créer un réseau tridimensionnel plus ou moins rigide sans supprimer la flexibilité des chaînes moléculaires[3].

## **I.4. Les Caractéristique :**

### **I.4.1. Principes de structure :**

Sous les termes matériaux polymères, matières plastiques sont définis, de façon générale, les matériaux constitués essentiellement d'enchaînement macromoléculaire organiques relativement simples. Ces matériaux peuvent être obtenus par synthèse ou par transformation de produits naturels. Le nombre d'atomes constitutifs des macromolécules est le plus souvent supérieure à 1000, les masses molaires varient généralement de  $10^4$  à  $10^7$  gr/mol. la plupart des polymères sont élaborés à partir d'un ou de deux types de monomères seulement. les composés macromoléculaires sont respectivement appelés homopolymère[1].

Les matières thermoplastiques, appelées simplement thermoplastiques, sont constituées de macromolécules linéaires ou ramifiées, liées entre elles physiquement. Ces matières sont solide à température ambiante. Elles se ramollissent à la chaleur jusqu'à un état plastique dans lequel elles se laissent comparativement plus facilement déformer[1].

Les matières thermodurcies également appelées thermodurs ou matières thermorigides, sont élaborées par réaction chimique entre plusieurs composant :

Une résine (prépolymère), un durcisseur et, le cas échéant, un accélérateur et d'autres additifs[1].

### **I.4.2. Domaines d'état :**

La notion domaine d'état exprime le fait que les propriétés d'un matériau varient peu dans un certain domaine de température, dans les condition de mise en forme ou d'usage.

Les propriétés du matériau peuvent être suffisamment bien définies dans un tel domaine. Cette remarque est valable aussi bien pour les grandeurs mesurables que pour les caractéristique.

moléculaires et structurales. Pour les plastiques, on peut distinguer les états fondamentaux suivants :

- ✓ état vitreux ou d'élasticité d'origine énergétique, ou état solide
- ✓ état caoutchoutique ou d'élasticité d'origine entropique
- ✓ état fondu ou liquide, ou écoulement[1].

### **I. 4.3. Comportement mécanique :**

Le comportement mécanique des matériaux est caractérisé par le type et l'amplitude de leur réponse aux forces extérieures appliquées et aux déformation en résultant. pour les matériaux polymères, ces réponse dépendent fortement de la température, mes aussi de la vitesse et de l'intensité du chargement[1].

**I.4.4. Elaboration des polymères :**

Les polymères peuvent être obtenus à partir d'un seul et même type de monomère. Ils peuvent aussi être synthétisés à partir de monomère de nature différente ou par réaction entre des oligomères ou des macromolécules. On obtient, par assemblage des unités constitutives, des structures linéaires, ramifiées ou réticulées tridimensionnelles. Les macromolécules formées possèdent des masses molaires généralement supérieures à  $10^4$  gr/mol[1].

Un polymère peut être formé de macromolécules physiquement liées ou chimiquement réticulées, (des interactions moléculaires agissent toujours entre les macromolécules réticulées, en complément des liaisons covalentes). Le degré de polymérisation représente le nombre d'unités monomère, d'une macromolécule, dans le cas d'une réaction à partir d'un type unique de monomère, ou d'unités constitutives répétitives, dans le cas d'une réaction à partir de plus d'un type de monomères. Les degrés de polymérisation suivants sont donnés à titre d'exemple : PC~80 à 160, PA 6~100 à 300, PVC~800, PS~1500 à 4000, PP~3500 à 35000 et PE~UHMW~200000[1].

La polymérisation est réalisée à partir d'un minimum de deux types de monomères, le polymère obtenu est un copolymère. Les propriétés des plastiques peuvent être directement influencées, voire plus ou moins contrôlées. Au cours d'une réaction de copolymérisation. Il est par exemple possible d'accroître. De cette façon, la tenue au vieillissement, la ténacité ou l'aptitude à la coloration du matériau[1].

**I.4.5. Polymérisation en chaîne :**

Les différents types de réactions de polymérisations en chaîne sont la polymérisation radicalaire, les polymérisations ioniques (anionique et cationique) et la polymérisation de coordination. Chacune de ces réactions se déroule en trois étapes : amorçage, propagation ou croissance, et terminaison. La première étape du processus, c'est-à-dire la réaction d'amorçage, correspond à la transformation d'un monomère en un centre actif (radical libre ou ion réactif).

Le centre actif, beaucoup plus réactif que le monomère, assure la croissance rapide de la chaîne moléculaire par addition successive de molécules monomères[1].

**I.4.6. polymérisation radicalaire :**

La polymérisation radicalaire est en général une réaction très rapide, en raison de la grande réactivité des radicaux libres qui propagent la réaction. Ce type de polymérisation est caractérisé par l'établissement d'un état quasi stationnaire de concentration des centres actifs est égale à la vitesse de leur disparition. Des formations des centres actifs est égale à la vitesse de leur disparition[1].

**I.4.7. polymérisation ionique :**

Les polymérisations ioniques requièrent généralement, pour la réaction d'amorçage, une énergie d'activation plus faible que la polymérisation radicalaire et peuvent par conséquent être réalisées à des températures nettement plus basses. Les polymérisations ioniques sont cependant moins utilisées industriellement que la polymérisation radicalaire parce que la qualité du produit dépend fortement des conditions réactionnelles et de la pureté des produit de départ[1].

**I.4.8. Masse molaire :**

La masse molaire d'une molécule est la somme des masses molaires atomiques des atomes contenus dans la molécule. Pour déterminer la masse molaire atomique d'un élément. Il faut trouver le rapport existant entre cette masse et celle, prise comme référence, de l'atome de carbone 12(isotope  $C^{12}$ ). Les composés de faible masse molaire, c'est-à-dire constitués d'un nombre d'atomes relativement faible par rapport aux macromolécules, ont une masse molaire définie[1].

**I.4.9. Masse molaire moyenne :**

L'interprétation des courbes de distribution étant souvent complexe, on définit de préférence la taille des macromolécules par des valeurs moyennes. La masse molaire moyenne en nombre  $M_n$  est déterminée à partir du nombre  $n_j$  de macromolécules pour chaque degré de polymérisation  $p_j$  correspondant (soit le produit  $n_j, p_j$ ). La somme de ces produit est rapportés à la quantité totale initiale  $N_0$  de monomères[1].

# ***Chapitre II***

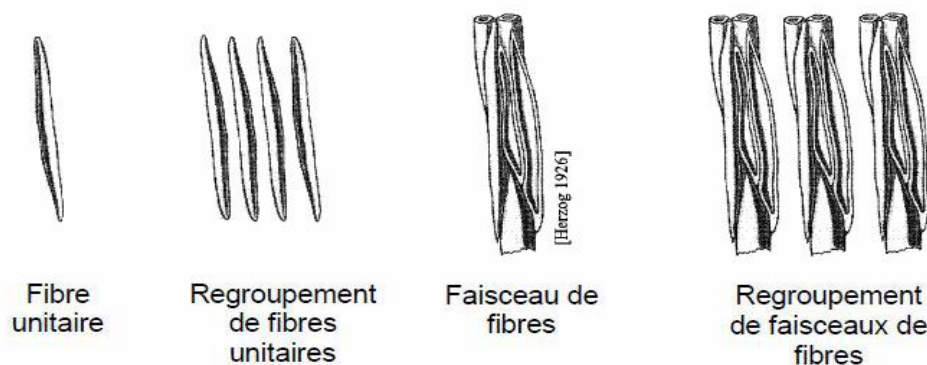
*Les fibres végétale*

## II. Les fibres végétales :

### II. 1. Définition :

Une fibre végétale est une expansion cellulaire morte qui est principalement composée de cellulose, d'hémicelluloses, de lignine et de pectines. Elle est soit isolée soit regroupée avec d'autres en un faisceau.

Il est primordial de ne pas confondre fibre unitaire (ou fibre élémentaire) et faisceau de fibres. Une fibre unitaire correspond à une cellule élémentaire fibreuse, qui regroupée avec d'autres forme un faisceau de fibres, le lien interstitiel entre les fibres unitaires étant composé principalement de pectines et d'hémicellulose (figure 1). Ce sont généralement ces faisceaux de fibres qui sont communément appelés « fibres végétales ».



**figure II.1 :les différentes formes de fibres[4].**

Une fibre végétale est caractérisée par sa finesse et sa forme allongée par rapport à son diamètre la plupart des fibres végétales mesurent entre 10 et 150 mm de long pour un diamètre de 10 à 50 mm un soit un rapport longueur sur diamètre compris entre 10 et 100 mm[4].

Les plantes se composent d'éléments qui peuvent résister aux charges. Ces éléments apparaissent souvent sous la forme de matériaux composites à base de fibres. Le bois ou les tiges des graminées se composent par exemple de fibres de cellulose, imprégnées de la lignine, de la pectine et de l'hémicellulose. Plusieurs de ces composites à base de fibres naturelles présentent des propriétés mécaniques, susceptibles d'être utilisées dans les domaines techniques. Certes, leur utilisation pour la construction d'éléments structuraux à base de surfaces irrégulières est limitée par leur faible capacité à être déformées[5].

Le renforcement des matières plastiques à l'aide de fibres végétales diminue les problèmes d'élimination, car les matériaux à base de fibres végétales sont plus faciles à recycler ou à brûler que les matériaux à base de fibres de verre. Lorsque des matières plastiques biodégradables sont renforcées à l'aide de fibres végétales, ces matières restent biodégradables et peuvent également être utilisées dans des situations où elles sont soumises à des charges. Les fibres de chanvre utilisées jusqu'ici affichent un potentiel de renforcement qui n'est pas entièrement exploité, car les fibres se présentent en faisceaux. De ce fait, il est impossible d'obtenir une distribution homogène des fibres dans la matrice. Le dégommage des faisceaux de fibres libère les fibres élémentaires, avec lesquelles il est possible d'obtenir un effet de renforcement, presque aussi performant qu'avec les fibres de verre. Ainsi, la résistance à la traction d'une matière plastique biodégradable a pratiquement pu être doublée grâce à son renforcement par 27% de fibres de chanvre dégommées. Le renforcement a également multiplié par quatre la rigidité de la matière.

On pourrait encore améliorer les propriétés mécaniques des matières en augmentant la longueur moyenne des fibres de chanvre qui composent l'élément structural. Pour ce faire, il faudrait développer de nouveaux procédés de fabrication permettant de ménager les fibres. Un taux de fibres croissant n'apporte pas uniquement une augmentation des propriétés mécaniques, mais accélère également la décomposition biologique du matériau composite dans la terre. De cette manière, il est possible de déterminer le processus de décomposition des éléments structuraux en fonction des applications[5].

## **II. 2. Traitement de la charge végétale :**

Les fibres récoltés sont lavées avec de l'eau pour éliminer les contaminants et la saleté adhérente. Par la suite, elles sont séchées à l'air libre pendant 7 jour Puis exposé au soleil pendant 3 jours set à température ambiante. Ensuite elles sont coupées en longueur de 1cm. Cette opération est suivie d'un broyage. Le principe de broyage consiste à écraser les fibres sans détruire les fibrilles. Les fibres obtenues sont ensuite tamisées pour l'enlèvement des composés organiques volatils. Enfin, elles sont cardées pour être douces et séparées. Après ce prétraitement deviennent une fibre végétale sous la forme de poudre fines.

### II.3. Les différents types des fibres végétales :

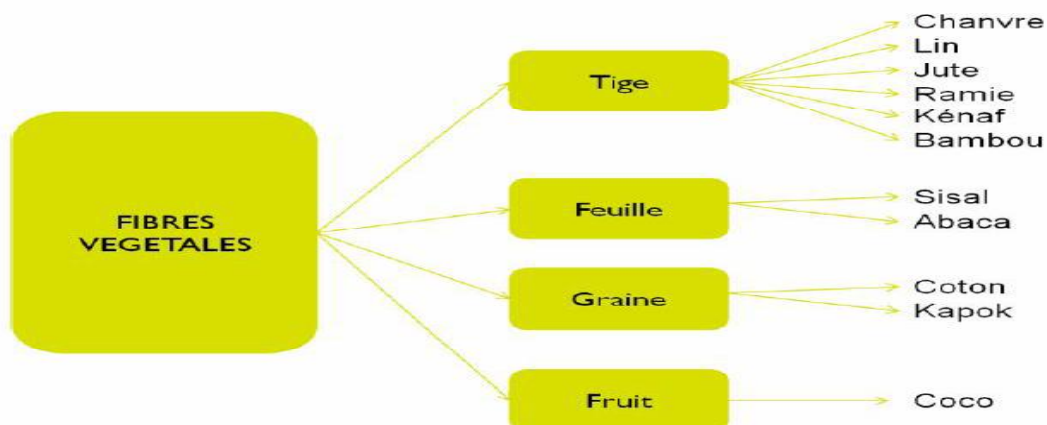


Figure II.2 : Origines des fibres végétales produites dans le monde[6].

#### II. 3.1. Le tige :

##### 1. Le lin :

Le lin textile est la plante fibreuse la plus cultivée dans nos contrées. Cette plante annuelle (*Linum usitatissimum*) peut atteindre 1 mètre de hauteur. Sa culture se fait par semis en lignes à faible écartement (9 à 10 cm). La durée de végétation est de 120 jours. Notre pays possède un passé riche dans cette production. La filière est bien développée actuellement[7].

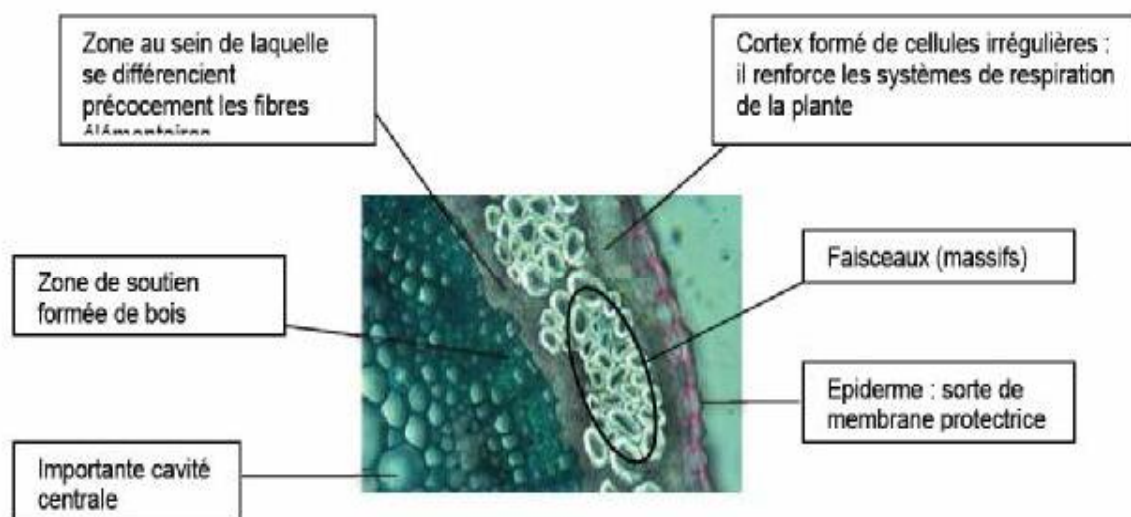


Figure II.3 : coupe transversale d'une tige de lin (institut technique du lin-France)[7].

**2. Le chanvre :**

D'origine chinoise, le chanvre n'est actuellement plus cultivé chez nous. Dans le passé, cette plante était importante pour nos régions, les premières utilisations étaient la pâte à papier. Ensuite, la fibre de bois, moins chère, a remplacé le chanvre et le lin dans la pâte à papier. Au 19ème siècle, les fibres servaient alors aux cordages des bateaux mais aussi à la fabrication de tissus. Les fibres importées (coton) et synthétiques (nylon,...) ont remplacé petit à petit le chanvre[7].

**II.3.2. Le feuille :****1. Sisal :**

fibre extraite des feuilles d'un agave originaire du Mexique et maintenant répandu autour du monde du genre Agave appartenant à la famille des Agavacées[8].

**2. L'abaca :**

L'Abaca ou chanvre de Manille est un bananier textile (*Musa textilis* Nee, Musaceae) qui pousse aux Philippines : les fibres dans les gaines foliaires forment un pseudo tronc très recherché pour la fabrication de cordages légers et insubmersibles, et aussi de rabanes, nappes, stores, vêtements[9].

**II.3.3. Graine :****1. Coton :**

fibre extraites des fruits des cotonniers, plantes cultivées en zone sub-tropicale à tropicale, du genre *Gossypium* appartenant à la famille des Malvacée[8].

**2. Kapok :**

Dans le kapok, *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn ou *Eriodendron anfractuosa* DC, (Bombacaceae), c'est la capsule qui fournit un duvet léger autour des graines. L'arbre est le kapokier[9].

**II.3.4. Fruit :****1. Coco :**

Dans la noix de coco, *Cocos nucifera* L. (Arecaceae ou Palmaea), fruit (drupe) du cocotier (palmier tropical) on utilise les faisceaux fibreux du mésocarpe. Ces fibres sont soumises à un rouissage, un battage, un cardage, un lavage et un séchage. La fibre de coco est grossière et raide. Une fois les fibres filées et tissées, on fabrique des cordages, paillassons, tapis brosse, tapis de cirque robustes et imputrescibles[9].

# ***Chapitre III***

*Les composites*

### **III. Matériau composite :**

#### **III.1. définition :**

Un matériau est dit composite lorsqu'il est constitué de deux ou plusieurs éléments distincts et non miscibles dont les qualités se combinent avec synergie pour réaliser des propriétés particulières en réponse à un besoin spécifique[10].

Un matériau composite est constitué d'une ossature appelée renfort qui assure la tenue mécanique et d'une protection appelée matrice qui est généralement une matière plastique (résine thermoplastique ou thermodurcissable) et qui assure la cohésion de la structure et la retransmission des efforts vers le renfort. Il existe aujourd'hui un grand nombre de matériaux composites que l'on classe généralement en trois familles en fonction de la nature de la matrice :

- les composites à matrices organiques (CMO) qui constituent, de loin, les volumes les plus importants aujourd'hui à l'échelle industrielle,
- les composites à matrices céramiques (CMC) réservés aux applications de très haute technicité et travaillant à haute température comme le spatial, le nucléaire et le militaire, ainsi que le freinage (freins céramique)
- les composites à matrices métalliques (CMM).

Les composites trouvent leurs principales applications dans le transport aérien (civil et militaire), maritime et ferroviaire, le bâtiment, l'aérospatial ainsi que les sports et loisirs, notamment grâce à leur bonne tenue mécanique comparable aux matériaux homogènes comme l'acier et leur faible masse volumique[11].

Les matériaux composites disposent d'atouts importants par rapport aux matériaux traditionnels. Ils apportent de nombreux avantages fonctionnels : légèreté, résistance mécanique et chimique, maintenance réduite, liberté de formes. Ils permettent d'augmenter la durée de vie de certains équipements grâce à leurs propriétés mécaniques et chimiques. Ils contribuent au renforcement de la sécurité grâce à une meilleure tenue aux chocs et au feu. Ils offrent une meilleure isolation thermique ou phonique et, pour certains d'entre eux, une bonne isolation électrique. Ils enrichissent aussi les possibilités de conception en permettant d'alléger des structures et de réaliser des formes complexes, aptes à remplir plusieurs fonctions.

Dans chacun des marchés d'application (automobile, bâtiment, électricité, équipements industriels,...), ces performances remarquables sont à l'origine de solutions technologiques innovantes[12].

### III-2 Structure et composition :

Les matériaux composites, tels qu'ils sont définis précédemment, sont principalement constitués :

- d'une matrice, résine thermoplastique (TP) ou thermodurcissable (TD)
- d'une structure de renfort constituée de fibres, généralement de verre, de carbone, d'aramide ou de fibres naturelles (lin, chanvre, sisal) :
  - les fibres courtes peuvent être soit séparées, soit agglomérées sous forme de mats ;
  - les fibres continues peuvent être non travaillées (sous forme de mats) ou travaillées (tissées, tressées) pour obtenir des structures complexes telles que les toiles ou le taffetas.
- d'additifs, nécessaires pour assurer une adhérence suffisante entre le renfort fibreux et la matrice et de modifier l'aspect ou les caractéristiques de la matière à laquelle ils sont ajoutés.

### III-3 LES MATRICES ORGANIQUES

Les polymères thermodurcissables (TD) sont mis en forme et se polymérisent selon la forme souhaitée par une transformation irréversible. Les principales résines thermodurcissables sont

- les polyesters insaturés, très largement utilisés ;
- les résines époxy (ou époxydes) qui constituent la résine type des composites HP ;
- les résines phénoliques.

Les polymères thermoplastiques (TP), mis en forme par chauffage, durcissent au cours du refroidissement. La transformation est réversible. Les principales résines thermoplastiques utilisées dans les composites sont :

- le polypropylène (PP) ;
- les polyamides (PA) 6, 6-6, 12 ;
- le polyéther-éther-cétone (PEEK).

## III. 4. Les renforts

Les renforts contribuent à améliorer la résistance mécanique et la rigidité des matériaux composites et se présentent sous forme filamentaire, allant de la particule de forme allongée à la fibre continue qui donne au matériau un effet de résistance orientée.

### III.4.1. Les différentes natures de renforts

#### III.4.1.1. Fibres minérales ou organiques

##### a. Les fibres de verre :

Elles sont obtenues à partir de silice et d'additifs. Suivant les applications auxquelles elles sont destinées, les fibres de verre sont réparties en trois qualités :

- fibres E pour les composites de grande diffusion (GD) ;
- fibres D pour les applications dans la construction électrique (circuits imprimés) ;
- fibres R pour les composites de haute performance (HP).

L'utilisation des fibres de verre dans les composites est principalement limitée par :

- une rigidité insuffisante pour certaines applications (pièces de structure primaire en aéronautique),
- un vieillissement accéléré au contact prolongé de l'eau, des rayonnements UV.

#### b. Les fibres de carbone :

La production actuelle de fibres de carbone destinées aux renforts de composites s'établit à 3.000 tonnes/an. Elles sont principalement utilisées pour les composites « hautes performances » en aéronautique, en construction industrielle et dans les sports et loisirs. En dehors des secteurs de l'aéronautique et des sports et loisirs, l'utilisation très large des composites à fibres de carbone, est conditionnée par une réduction importante du prix actuellement observé pour les fibres les moins chères

#### c- La fibre aramide :

Elle est issue de la chimie organique des polyamides par synthèse chimique à basse température ; on la nomme souvent « Kevlar ». Les composites renforcés de fibres d'aramide offrent une bonne stabilité en température (jusqu'à 200°C en fonction de la matrice) mais souffrent d'une adhérence moyenne entre matrice et fibre, d'un prix encore trop élevé.

La production mondiale de fibres d'aramide atteint 40.000 tonnes/an, dont seulement 4.000 tonnes sont utilisées dans les composites.

#### d- Les fibres de polyéthylène haut ténacité

Elles présentent les avantages de la légèreté ( $d=0,95$  à comparer à celle de l'aramide  $d=1,44$ ) et d'une haute capacité de conversion de l'énergie cinétique en énergie thermique.

Les composites à fibres de polyéthylène se limitent aux applications balistiques et de blindage. Leur champ d'application est limité par leurs principales faiblesses :

- mauvaise résistance à la température (fluage dès 90°C ; l'aramide ne se dégrade qu'à 400°C) ;
- mauvaise adhérence entre les fibres et la matrice.

La production mondiale de fibres de polyéthylène haute ténacité représente 2.000 à 3.000 tonnes/an, dont moins de 200 tonnes sont utilisées dans les composites.

#### III.4.1.2. Les fibres naturelles

Elles pourront constituer une alternative intéressante aux fibres de verre grâce à leur plus grande recyclabilité (par incinération) lorsque leurs propriétés physiques seront mieux appréhendées. Les industriels développent des composites avec des fibres naturelles (lin, chanvre, mais également sisal). En outre :

- leurs propriétés mécaniques pourraient atteindre celles des fibres de verre (module de Young) ;
- la fibre se travaille très facilement avec les technologies du textile (tissage).

#### III. 5. Les grands procédés de transformation

Les procédés de mise en œuvre des matériaux composites sont plus nombreux que les techniques de transformation des métaux ; toutefois leur industrialisation est encore récente ce qui engendre de nombreuses difficultés quant à la prédictibilité des résultats.

D'un point de vue industriel, on distingue principalement :

- les procédés manuels de transformation ;
- les procédés de transformation par moulage ;
- les procédés de transformation en continu ;
- les procédés de fabrication de formes de révolution.

#### III.6. Domaines d'application des composites

Les matériaux composites sont utilisés dans beaucoup de domaines à savoir :

- La construction électrique ;
- Les équipements de sports et loisirs ;
- Dans le secteur médical ;
- La construction nautique ;
- La construction industrielle, la construction civile, le ferroviaire et l'automobile [13].

# ***Chapitre IV***

Etude expérimentale

**I. Produits et matériels utilisés****I. 1. Produits :**

**I. 1.1. le polychlorure de vinyle (PVC) :** le PVC utilisé produit par de Skikda, algerie.

✓ Formule générale :  $\sim (\text{CH}_2\text{-CHCl})_n\sim$ ;

✓ Masse molaire :  $M=30000 \text{ M}$  ;

✓ Degré de polymérisation : 970 à 1070 ;

✓  $65 < K_w < 67$  ;

✓ Viscosité apparente : 0.89 à 0.95 ;

✓ Densité : 1.16 ~ 1.35 ;

✓  $T_g= 50 \sim 80^\circ \text{C}$

**I. 1.2. la fibre végétale :** La fibre végétale utilisée est origine du palmier dattier (zone de culte oued souf). Le dattier est un palmier de 15 à 20 m de haut, au tronc cylindrique, le stipe, porte une couronne de feuilles.

Nom scientifique : Phoenix dactylifera.

**I. 1.3. le solvant :** Le tetrahydrofurane THF.

✓ Formule chimique :  $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}$  ;

✓ Masse molaire :  $M=72.11 \text{ g/mole}$  ;

✓ Densité : 0.886 ~ 0.889 ;

✓ Point d'ébullition : 65 -66.5°C ;

**I. 2. Matériels :**

✓ Fiole jaugée 200 ml ;

✓ Boite de pétrie ;

✓ Barreau aimanté ;

✓ Bécher ;

✓ Agitateur + plaque chauffant ;

✓ Balance ;

✓ Epruvette graduée ;

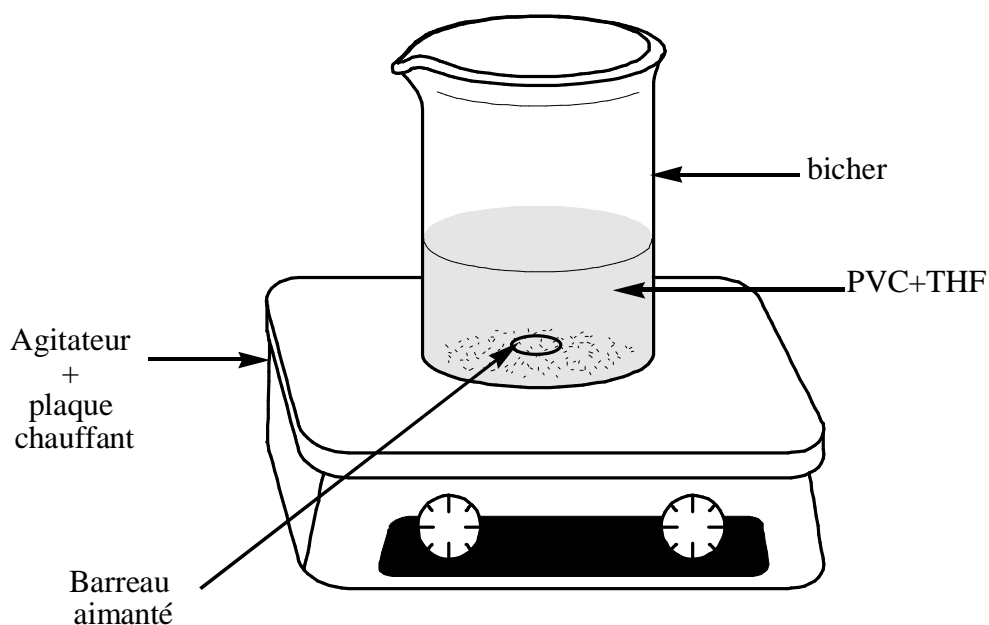
✓ Spatule.

**I. 3. Méthode de préparation :****I. 3.1. Préparation de la fibre :**

Les feuilles du palmier dattier sont séchées par exposition au soleil (après nettoyage), déchiquetés et broyés. La poudre obtenue est exposée encore une fois au soleil a fin d'éliminer au maximum l'humidité présente.

**I. 3.2. Préparation de la solution de polymère :**

10 gr de polymère (PVC) sont dissoutes dans 100 ml du solvant ( THF ) sous agitation continue à température ambiante jusqu'à l'obtention d'une solution homogène.



**Figure IV.1 :Schéma du mode opératoire**

### I.3.3. Préparation des composites :

Dans chacune des boîtes pétries, on met 20 ml de la solution et une quantité déterminée de poudre de la fibre végétale sous agitation.

La composition des composites préparés sont comme suit :

Composite 1 : 20ml de la solution + 0.2 gr de fibre

Composite2 : 20ml de la solution + 0.4 gr de fibre

Composite3 : 20ml de la solution + 0.6 gr de fibre

### I.4. Obtention des films :

Les films des composites sont obtenus par évaporation du solvant à l'air libre et à température ambiante.

#### I.4.1. Structures (de surface) et état des films de composites préparés :



*Image1 : PVC+ 0gr de fibre*



*Image2 : PVC+ 0.2gr de fibre  
(face arrière)*



*Image3 : PVC+ 0.2gr de fibre  
(face supérieure)*



*Image 4 : PVC+ 0.4gr de fibre  
(face sup.)*



*Image 5 : PVC+0.6 de fibre  
(face arr.)*



*image6 :PVC+0.6gr de fibre  
(face sup.)*

Des images sont prises pour démontrer l'état de surface et un test mécanique (dureté shore D) a été effectué par un duromètre sous une charge de 5kg à T° ambiante (disponible au niveau du laboratoire des polymères de l'UFA Sétif).

Les différentes images prises pour les films montrent que la transparence diminue en fonction de la quantité de fibre ajoutée et que les surface des composites contenant 0,2 et 0,6 gr de fibre sont meilleures que celle contenant 0,4 gr. Notons que tous les composites manifestent une certaine rigidité remarquable.

#### 1.4.2 Test de dureté D :

La figure VI-1 représente la variation d'une propriété mécanique effectuée sur les films des composites préparés, en fonction de la quantité de fibre ajoutée, on en déduit que les valeurs de la dureté instantanée sont supérieures aux valeurs de la dureté mesurées après 15 secondes, ceci peut être expliqué par la relaxation de chaînes du polymère malgré la présence de la fibre, on constate aussi une augmentation de la dureté par rapport au polymère seul, cela est dû à la présence de la fibre dans le polymère gênant ainsi la pénétration de l'aiguille.

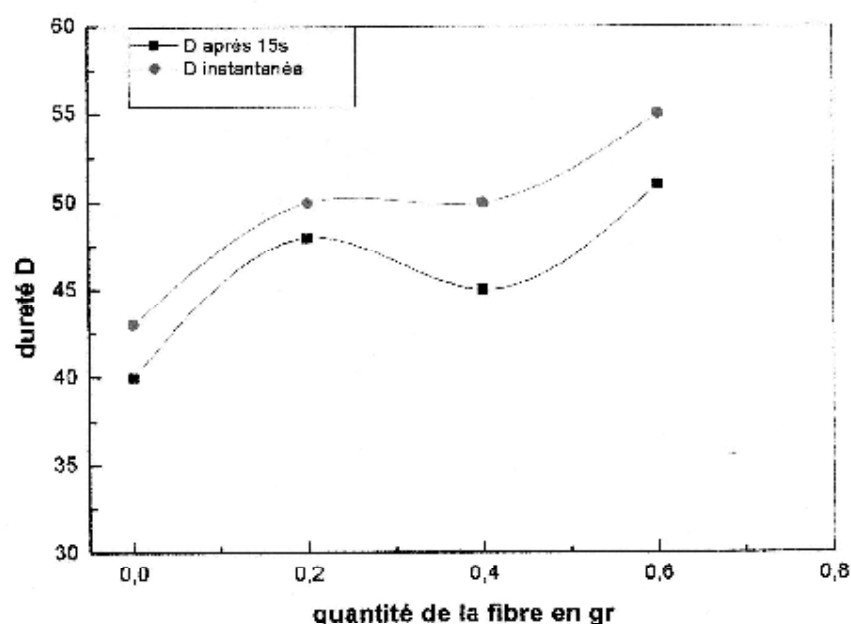


Figure IV-1 : Variation de la dureté shore D des films composites en fonction de la quantité de la fibre ajoutée

**Conclusion :**

Notre étude qu'est un début d'entrée dans le domaine des composites à fibres végétale, nous à permet de conclure que :

- les composites sont facilement préparés par notre méthode (en solution) ;
- les composites affichent une rigidité remarquable (test de dureté) ;
- les composites avec 0,4 gr de fibres affichent de mauvaises propriétés au niveau de la surface (texture).

# **Références** **bibliographiques**

## **Références bibliographiques :**

- [1] : G.W. EHRENSTEIN, F. MONTAGNE. matériau polymère. Hermes science publication, paris, 2000.
- [2] : M. FANTANILLE, G. P. VAIRON. Macromolécules. Plastiques. Paris, Techniques de l'ingénieur, AM 3041, 1986, p1-8.
- [3] : différents types de matières plastiques. Dossier enseignant. « voyage en industrie » cap sciences 2006.
- [4] : H. BEWA, A. ANJERS. Evaluation de la disponibilité et l'accessibilité de fibres végétales à usages matériaux en France, mars2011.
- [5] : A. KELLA. Matériau à base de fibre végétale, état de la technique et possible de développement, [http://www.canapa.info/Ch/info/fr/article\\_462.462.html](http://www.canapa.info/Ch/info/fr/article_462.462.html), lundi 15 septembre 2003.
- [6] : fibres et renforts végétaux, BP 601, F10901 TROYES cedex 9, mars 2012.
- [7] : les fibres végétales en région wallonne les potentialités du chanvre et ses utilisation. Septembre 2004.
- [8] : Fibres végétales. production industrielle de chanvre extraits du journal FR3 régional. Wikimedia Fondation. 2010.
- [9] : Les textiles d'origine végétale. Tous droits réservés - Biologie et Multimédia - Université Pierre et Marie Curie - UFR de Biologie. Dernières modifications. 23 mai 2005.
- [10] : Matériaux composites. Domaines d'application Matériaux constituant le polyester. Les résines, les fibres de verre, les gel-coats, <http://apreghen.pagesperso-orange.fr/composite.html>.
- [11] : Matériaux composites, Dossier du ministère de l'économie des finances et de l'emploi, [http://fr.wikipedia.org/wiki/Mat%C3%A9riau\\_composite,24/03/2009](http://fr.wikipedia.org/wiki/Mat%C3%A9riau_composite,24/03/2009).
- [12] : L. Berreur. L'industrie française des matériaux composites. 17 décembre 2001.

## Résumé :

L'utilisation des matériaux composites ne cesse d'augmenter et les recherche s'amplifient d'un jour à l'autre. Dans ce contexte vient notre travail, espérant qu'il porte un plus, il consiste en l'utilisation d'une fibre végétale (origine du palmier dattier) très disponible dans notre région (Oued Souf) comme renfort à une matrice de polymère (le PVC dans notre cas). Les films préparés par évaporation du solvant (le THF) doivent être caractérisés afin de connaître leurs propriétés.

**Mots clés :** polymères, matériaux composites, fibre végétale, polymères en solution.

## ملخص

ان استعمال المواد المركبة ما فتئ يتزايد و البحوث في هذا الميدان في تطور مستمر . يأتي عملنا في هذا السياق و هو يتمثل في اضافة الالياف النباتية المستخرجة من سعف النخيل الى نوع من المبلمرات الا و هو PVC و يكون الخلط بالإذابة. العينات المتحصل عليها اخذت لسطحها صور كما قمنا بقياس صلابتها.

**كلمات مفتاحية** المبلمرات, المواد المركبة, الالياف النباتية.