

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE MINISTERE DE
L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE
MECANIQUE

N° :



FILIERE : MECANIQUE

OPTION : GENIE DES MATERIAUX.

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de :

MASTER

Par : **KHALIL SEMATI**

Thème

**ELABORATION ET CARACTEISATION D'UN
COMPOSITE UNIDIRECTIONNEL FIBRES
NATURELLES-EPOXY**

Soutenu devant le jury composé de:

NOM et Prénom	Grade	Qualité
BENARIOUA.Y	PROF	Président
BENHAMADOUCHE. L	MAA	Encadreur
BEDDA. A	MAA	Examineur

Année universitaire : 2020 /2021

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
الْحَمْدُ لِلَّهِ الَّذِي
بَدَأَ خَلْقَ الْإِنسَانِ
مِنْ طِينٍ مِمَّا يَخْتَارُ
ثُمَّ عَلَّمَهُ الْقُرْآنَ
وَجَعَلَ مِنْهُ أَتَقْوَى
وَجَعَلَ مِنْهُ أَتَقْوَى
وَجَعَلَ مِنْهُ أَتَقْوَى

Remerciements

Tout d'abord, je remercie le bon dieu, le clément et miséricordieux qui m'a donnée du courage et la patience pour réaliser ce modeste travail.

J'adresse également mon vif remerciement à :

Mes chère parents pour l'affection et le soutien morale durant mes années d'études et pour l'éducation qu'ils m'ont prodigué; avec tous les moyens et au prix de tous les sacrifices qu'ils ont consentis à mon égard, pour le sens du devoir qu'ils m'ont enseigné depuis notre enfance.

"Que dieu nous les gardes".

Mon encadreur Mm. BENHAMADOUCHE.L pour ses aides précieux et sa coopération le long de cette période.

Mes remerciements vont également à tous les professeurs du département de génie mécanique Et surtout

Mm .MOUSSAOUI. N

Ainsi que toutes personnes ayant de près ou de loin contribuées à l'élaboration de ce présent mémoire.

Merci

Khalil semati

Dédicaces

*On voudrait dédier ce modeste travail à tous ceux qui sont chers à nos cœurs,
qui ont pris soin de nous et qui ont tout sacrifié pour nous, nos chères
mamans.*

*A nos papas qui nous ont soutenus tout le long de nos cursus scolaire et
universitaire et qui ont su donner tant d'efforts pour notre bien et réussite.*

A nos frères et sœurs qui sont chers à nos cœurs.

À toute la famille semati.

À tous nos amis qui nous ont accompagnés Le long de nos cursus.

À tous nos professeurs de l'école primaire à l'université.

À tous ceux qui sont chers à nos cœurs.

Liste des Figures

Figure I.1	Structure d'un matériau composite	3
Figure I.2	Constituants d'un composite	4
Figure I.3	Différents types de matrices	4
Figure I.4	les trois types de renfort	5
Figure I.5	Fibre de verre	9
Figure I.6	Fibre de carbone	10
Figure I.7	Fibre d'aramide	10
Figure I.8	Classification des fibres naturelles et quelques exemples	11
Figure I.9	Le coton	13
Figure I.10	Le lin	14
Figure I.11	Le chanvre	14
Figure I.12	(a) les bras de grappe (b) Les fibres	15
Figure I.13	Alfa	15
Figure I.14	Plante de diss à l'état naturel	15
Figure I.15	Autres fibres	16
Figure I.16	Représentation schématique des différentes couches de la paroi cellulaire	17
Figure I.17	Disposition hélicoïdale des fibrilles de cellulose dans une fibre végétale	18
Figure I.18	Représentation de la cellulose	19
Figure I.19	Structures chimique de l'hémicellulose xylane	20
Figure I.20	Représentation de la molécule de pectine	20
Figure I.21	Structure de la molécule de lignine	22
Figure I.22	Structure et modèle moléculaire de l'acide palmitique	22
Figure I.23	Exemple de défaut structural sur une fibre de lin	23
Figure II.1	Les quatre zones des racines de palmier	30
Figure II.2	Le Fibrillium et son emplacement dans le palmier	30
Figure II.3	La couronne du palmier	31
Figure II.4	Schéma d'unepalme	31
Figure II.5	Des pétioles secs	31
Figure II.6	Le Rachis	32
Figure II.7	Les Epines	32
Figure II.8	Les Folioles	33
Figure II.9	Les Spathes	33
Figure II.10	Les Grappes	34
Figure II.11	celles rejetées après la récolte des dattes	34
Figure II.12	ne coupe transversale du bois de différentes parties de palmier	35
Figure II.13	Comparaison des paramètres structuraux des fibres de palmier dattier	35
Figure II.14	la valeur du module de Young des fibres de palmier dattier en fonction du diamètre de fibre	37

FigureII.15	L'effet du traitement par le NaOH sur (a) La résistance à la traction, (b) Le module de Young du bois de palmier dattier	37
FigureII.16	La conductivité thermique de différentes parties de palmier dattier.	39
FigureII.17	(a) courbe moyenne contrainte-déformation des DPF (b) Le module d'Young du DPF en fonction du diamètre de la fibre.	41
FigureII.18	Effet de la durée de traitement de la soude sur la résistance à la traction de DPF (5% de solution de NaOH à 100 °C.	41
FigureII.19	Propriétés mécaniques pour certaines fibres végétales	42
FigureIII.1	Les différents types de bois renouvelable du palmier dattier	48
FigureIII.2	Les différents types de bois constituant le déchet du palmier dattier	48
Figure III.3	Fibres extraites	49
Figure III.4	Préparation de solution NaOH	50
Figure III.5	Préparation de solution permanganate potassium	50
Figure III.6	Préparation de la résine.	51
FigureIII.7	Moule pour éprouvette de traction des composites monofilaments.	52
FigureIII.8	Les composites préparés.	52
FigureIII.9	Les éprouvettes	52
FigureIII.10	Mesure de la densité	53
FigureIII.11	éprouvettes de traction,	54
FigureIII.12	machine des tractions	55
FigureIII.13	Eprouvette soumis à la traction.	56
FigureIV.1	Evolutions de la force en fonction de la variation d'extension d'une fibre palmier dattier traitées de Brute.	60
FigureIV.2	Evolutions de la force en fonction de la variation d'extension d'une fibre palmier dattier traitées de NAOH.	60
FigureIV.3	Evolutions de la force en fonction de la variation d'extension d'une fibre palmier dattier traitées de KMnO4.	61
FigureIV.4	Comparaison des courbes types contrainte-déformation des différents composites avec la résine Vinylester.	61
FigureIV.5	Comparaison de l'allongement pour différentes fibre avec la résine Vinylester.	62
FigureIV.6	Comparaison des courbes types contrainte-déformation des différents composites avec la résine Polyester.	62

FigureIV.7	Comparaison de l'allongement pour différentes fibre avec la résine Polyester.	62
FigureIV.8	Comparaison des courbes types contrainte-déformation des différents composites avec la résine Epoxy.	63
FigureIV.9	Comparaison de l'allongement pour différentes fibre avec la résine Epoxy.	63
FigureIV.10	Comparaison des courbes types contrainte-déformation des différents la résine.	64

Sommaire

<i>Introduction générale</i>	<i>1</i>
<i>Chapitre I : Généralité matériaux composite a fibres végétales</i>	
<i>I.1. Introduction</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
<i>I.2. Définition des matériaux composites</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
<i>I.3. Les constituants des materiux composites</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
I.3.1.Matric	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
I.3.2.Renfort	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
I.3.3 Charges et additifs	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
1. Charges	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
2. Additifs	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
<i>I.4. Diffèrent types de matrices</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
I.4.1. Résines thermodurcissables	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
I.4.2. Résines thermoplastiques	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
I.4.3. Résines thermostables	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
I.4.4. Matrices céramiques	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
I.4.5. Matrice métallique	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
<i>I.5. Different types de renforts</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
I.5.1 Fibres de verre	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
I.5.2. Fibres de carbone	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
I.5.3. Fibres d'aramide	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
<i>I. 6. Fibres naturelles</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
<i>I. 7. Classification des fibres naturelles</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
<i>I. 8. Les fibres végétales</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
I.8.1. Définition des fibres végétales	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
I.8.2.Classification des fibres végétales	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
I.8.3. Différentes fibres végétales	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
a. Le Coton	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
b. Le Lin	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
c. Le Chanvre	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>

<i>d. Palmier</i>	Erreur ! Signet non défini.
<i>e. Alfa</i>	Erreur ! Signet non défini.
<i>f. Diss</i>	Erreur ! Signet non défini.
<i>g. Le Jute</i>	Erreur ! Signet non défini.
<i>h. Le Kapok</i>	Erreur ! Signet non défini.
<i>i. La Ramie</i>	Erreur ! Signet non défini.
<i>j. L'abaca</i>	Erreur ! Signet non défini.
I. 8.4. Structure de la fibre végétale	Erreur ! Signet non défini.
I. 8.5. Composition chimique de la fibre végétale	Erreur ! Signet non défini.
1) La cellulose	Erreur ! Signet non défini.
2) Les hémicelluloses	Erreur ! Signet non défini.
3) Les pectines	Erreur ! Signet non défini.
4) La lignine	Erreur ! Signet non défini.
5) Les cires	Erreur ! Signet non défini.
I. 8.6. Caractéristiques physiques et mécaniques des fibres végétales	Erreur ! Signet non défini.
I. 8.7. Propriétés mécaniques de la fibre végétale	Erreur ! Signet non défini.
I. 8.8. Avantages et inconvénients	Erreur ! Signet non défini.
I. 9. Conclusion	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre II Composite à fibres de palmier

<i>II.1. Historique</i>	Erreur ! Signet non défini.
<i>II.2. Généralités sur le palmier dattier</i>	Erreur ! Signet non défini.
<i>II.3. Description morphologique du palmier dattier</i>	Erreur ! Signet non défini.
II.3.1. Les Racines	Erreur ! Signet non défini.
II.3.2. Le Tronc	Erreur ! Signet non défini.
II.3.3. Fibrillium	Erreur ! Signet non défini.
II.3.4. La Couronne	Erreur ! Signet non défini.
II.3.5 La Palme	Erreur ! Signet non défini.
II.3.6. Le Pétiole	Erreur ! Signet non défini.
II.3.7. Le Rachis	Erreur ! Signet non défini.
II.3.8. Les Epines	Erreur ! Signet non défini.

II.3.9. Les Folioles.....	Erreur ! Signet non défini.
II.3.10. Les Spathes	Erreur ! Signet non défini.
II.3.11. Les Grappes	Erreur ! Signet non défini.
II.3.12. Les Pédicelles	Erreur ! Signet non défini.
<i>II.4. Propriétés du bois de palmier dattier.....</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
II.4.1. Propriétés Morphologiques.....	Erreur ! Signet non défini.
II.4.2. Propriétés chimiques.....	Erreur ! Signet non défini.
II.4.3. Propriétés mécaniques.....	Erreur ! Signet non défini.
II.4.4. Propriétés physiques	Erreur ! Signet non défini.
II.4.5. Propriétés thermiques et diélectriques	Erreur ! Signet non défini.
<i>II.5. Sous-produits de palmier dattier</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
II.5.1 Sous-produits de palmier dattier et leurs applications..	Erreur ! Signet non défini.
II.5.2. Estimation du tonnage du palmier dattier et de leurs sous-produits	Erreur ! Signet non défini.
<i>II.6. Les travaux réalisés sur les fibres du palmier dattier.</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
<i>II.7. Conclusion.....</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
Références bibliographiques	Erreur ! Signet non défini.

Chapitre III Etude expérimentale et analyse

<i>III.1. Introduction.....</i>	<i>48</i>
<i>III.2. Matériaux utilisés.....</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
III.2.1 Résines polymères.....	Erreur ! Signet non défini.
1. Résine polyester insaturée	Erreur ! Signet non défini.
2. Résine vinylester	Erreur ! Signet non défini.
3 Résine Epoxy	Erreur ! Signet non défini.
III.2.2. Bois de palmier dattier.....	Erreur ! Signet non défini.
III.2.3. Produits chimiques utilisés.....	Erreur ! Signet non défini.
<i>III.3. Procédure expérimentale</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
III.3.1. Méthodes d'extraction de la fibre.....	Erreur ! Signet non défini.
III.3.2. Traitements chimiques des fibres	Erreur ! Signet non défini.
1. Préparation des solutions chimiques	Erreur ! Signet non défini.

2. <i>Traitements chimiques des fibres de palmier</i>	Erreur ! Signet non défini.
III.3.3. Elaboration des composites modèles	Erreur ! Signet non défini.
1. <i>Préparation de la résine (résine polyester et viylester et époxy)</i>	Erreur ! Signet non défini.
2. <i>Préparation des matériaux composites</i>	Erreur ! Signet non défini.
III.4. <i>Les méthodes de caractérisation</i>	Erreur ! Signet non défini.
III.4.1. Caractérisation physique	Erreur ! Signet non défini.
1. <i>Détermination de la densité</i>	Erreur ! Signet non défini.
2. <i>Détermination de la section des fibres</i>	Erreur ! Signet non défini.
III.4.2. Caractérisation mécanique	Erreur ! Signet non défini.
1. <i>Caractérisation des fibres</i>	Erreur ! Signet non défini.
2. <i>Caractérisation des composites</i>	Erreur ! Signet non défini.
III.5. <i>Paramètres d'études de traction</i>	59
III.6. <i>Conclusion</i>	60

Chapitre IV Résultats et Discussion

IV. 1. <i>Introduction</i>	62
IV. 2. <i>Densité</i>	62
IV. 3. <i>Caractéristiques de la fibre</i>	63
• Brute	63
• NaOH	63
• KMnO₄	64
IV. 4. <i>Caractéristiques des composites modèles</i>	65
• Vinylester	65
• Polyester	66
• Epoxy	66
• Non traité	67
Conclusion Générale	69

Introduction générale

De nos jours, les Matériaux composites se sont énormément développés et impliqués dans de nombreux secteurs : aéronautique, automobiles, bâtiment... Toutefois face à des contraintes économiques et environnementales toujours plus exigeantes, l'utilisation de renforts cellulosiques et lignocellulosiques (fibres végétales) dans les composites à matrice organique apparaît aujourd'hui comme une alternative de choix. L'intérêt pour ces fibres réside notamment dans leurs bonnes propriétés spécifiques : biodégradabilité, abondance, caractère renouvelable et faible coût. La recherche sur le sujet s'est ainsi fortement dynamisée au cours de ces dernières années et un certain nombre de produits commencent à apparaître sur le marché (balustrades, bardage, palettes, fenêtres...). De nouvelles applications et des composites plus performants sont déjà anticipés, mais les connaissances restent insuffisantes et des études doivent être menées afin de mieux comprendre certains mécanismes.

Plusieurs fibres naturelles ont été proposées comme substituant aux fibres classiques parmi lesquelles le chanvre, le lin, le jute, le palmier

Nous nous intéresserons dans ce mémoire aux fibres de palmier dattier qui constitue l'une des richesses végétales les plus abondantes, restent peu exploitées. En effet, les travaux annuels d'entretien des palmiers génèrent des quantités importantes de déchets composés essentiellement de palmes qui peuvent être utilisés comme renfort fibreux dans les composites.

Le souci de l'environnement, qu'il s'agisse de limiter l'utilisation de ressources limitées ou de gérer l'élimination des déchets, a poussé à recycler les matériaux à la fin de leur vie utile. Comme on le sait, les sacs de palmier à la fin de leur durée de vie seront considérés comme des déchets ; de plus, les fibres de palmier restantes ne sont pas encore réutilisées de manière efficace.

C'est dans ce contexte qu'entre notre contribution. Le renfort utilisé dans notre travail est les sacs de palmier usagés qu'on a recyclés pour élaborer des matériaux composites.

Ce mémoire est subdivisé en quatre chapitres :

Le premier chapitre : est réservé aux généralités sur les matériaux composites, ses éléments constitutifs, les différents procédés de mise en forme, ensuite leur domaine d'utilisations, est des généralités sur les fibres végétales, classification des fibres végétales, Caractéristiques des fibres végétales.

Le deuxième chapitre : nous présentons le palmier dattier en termes de la morphologie et de la composition chimique et les travaux réalisés sur le bois de palmier dattier.

Le troisième chapitre : les appareils et les différentes méthodes expérimentales de caractérisation seront exposées. Nous commençons d'abord par les protocoles de caractérisations morphologique, physicochimique, thermique et mécanique de la matière première utilisée. Puis par la présentation de la mise au point d'un procédé d'élaboration des plaques à base d'une variété des particules de bois de déchet de palmier, et en fin par les protocoles de caractérisation des échantillons préparés.

Les chapitres quatre : est consacré à la présentation résultats.

Cette étude est achevée par une conclusion générale résumant les principaux résultats obtenus et donnant quelques perspectives à cette étude.

Chapitre I

**Généralité matériaux
composite a fibres végétales**

I. 1. Introduction

Les matériaux composites sont de plus en plus utilisés dans l'industrie. Aujourd'hui, ils occupent une place majeure parmi les matériaux car ils 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. Les matériaux composites sont utilisés dans de nombreux domaines tels que le domaine de transport, de sports et de loisirs, de bâtiment, ou encore de médecine. En chaque domaine d'application, les performances remarquables des matériaux composites sont à l'origine de solutions technologiques innovantes. [1]

I. 2. Définition des matériaux composites

La définition générale des matériaux composites est : "un matériau composite est constitué de l'assemblage d'au moins deux matériaux non miscibles (mais ayant une forte capacité d'adhésion) et de natures différentes, se complétant et permettant d'obtenir un matériau dont les performances globales sont améliorées, vis-à-vis d'un besoin spécifique, par rapport à celles de ses constituants élémentaires". Un matériau composite est constitué de différentes phases nommées "renforts" et "matrice". Chacun des deux constituants joue un rôle particulier dans la tenue mécanique du matériau. La matrice assure la cohésion entre les renforts de manière à recevoir toutes les sollicitations et répartir les efforts dans tout le matériau afin de protéger le renfort. Les renforts se présentent sous forme de fibres continues ou discontinues, leur rôle est d'assurer la fonction de résistance mécanique aux efforts, et confère à la matrice des propriétés qu'elle ne possède pas seule. L'arrangement des fibres, leur orientation permet de renforcer les propriétés mécaniques de la structure. [2]

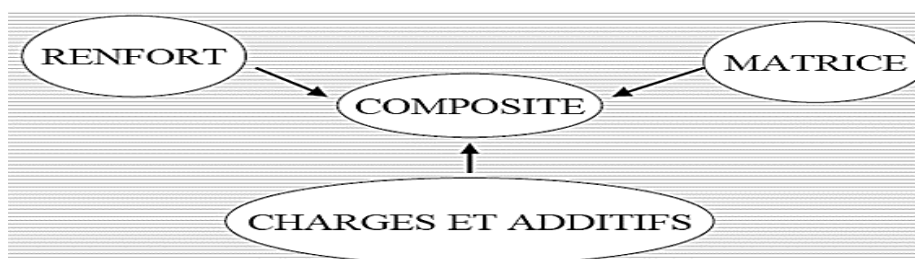


Figure I. 1 : Structure d'un matériau composite. [3]

I. 3. Les constituants des matériaux composites

Nous présentons les différents types d'éléments constituant un matériau composite employé dans l'industrie. Pour un matériau composite plastique c'est l'association de deux constituants qui sont les renforts et les matrices le renfort .Se présente sous forme de fibres continues ou discontinues dont le rôle est d'assurer la résistance mécanique du matériau composite. La matrice assure la protection chimique et la répartition de la charge mécanique appliquée à la structure Ces deux éléments constituant principaux reçoivent des additifs ou charges qui sont des produits qui peuvent être incorporés à la résine pour lui conférer des caractéristiques particulières ou en réduire le coût (catalyseur, durcisseur etc....). [4]



Figure I. 2 : Constituants d'un composite

I. 3. 1. Matrices

Dans un matériau composite, le terme matrice désigne la matière solide qui entoure les renforts pour former une masse compacte. Le premier rôle de la matrice est de maintenir les renforts dans une forme compacte et de donner la forme voulue au produit final. Elle sert également à protéger les fibres contre l'abrasion et un environnement agressif, contrôler le fini de surface et assurer le transfert de charges entre les fibres. Le solide formant la matrice peut être d'origine métallique, céramique ou polymère [5].

La matrice a pour rôle de :

- Lier les fibres de renforts.
- Répartir les contraintes.
- Apporter la tenue chimique de la structure.
- Donner la forme désirée au produit fin.

On distingue différents types de matrices (Figure 1. 3) :

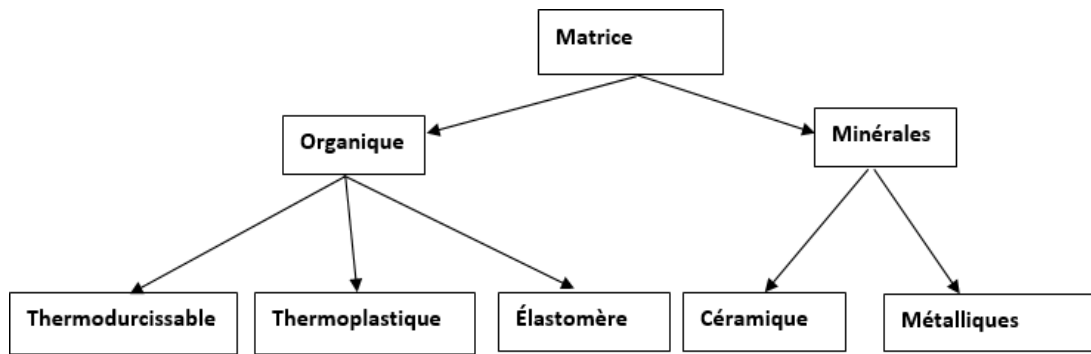


Figure I. 3 : Différents types de matrices. [6]

I. 3. 2. Renforts

C'est le principal porteur constitutif dans le composite (forme, volume). Il confère aux composites leurs caractéristiques mécaniques : rigidité, résistance à la rupture, dureté. Ces renforts permettent également d'améliorer certaines des propriétés physiques : comportement thermique, tenue en température, tenue au feu, résistance à l'abrasion, propriétés électriques, etc. Les caractéristiques recherchées pour les renforts sont des propriétés mécaniques élevées, une masse volumique faible, une bonne compatibilité, pour les résines, une facilité de mise en œuvre, un faible coût. [7]



Figure I. 4: les trois types de renfort. [8]

I. 3. 3. Charges et additifs

1. Charges

Minérales (verre, carbone, talc etc.), métalliques (aluminium etc.) ou organiques (farine de bois), les charges améliorent la rigidité et l'adhésivité des matières plastiques mais agissent également sur leur résistance chimique, leur isolation électrique et thermique. Leur proportion par rapport à la résine peut aller de 1 % à 300 % selon l'effet voulu. Un avantage important d'un grand nombre de charges, surtout minérales, est d'ordre économique : elles sont moins chères que les polymères.

➤ Charges renforçantes

L'objet de l'incorporation de charges renforçantes est d'améliorer les caractéristiques mécaniques de la résine.

➤ Charges non renforçantes

Les charges non renforçantes ont pour rôle soit de diminuer le coût des résines en conservant les performances des résines, soit d'améliorer certaines propriétés des résines [9].

2. Additifs

Le nom additif (ou parfois « agent » suivi d'un terme) désigne une substance chimique souvent liquide ou en poudre, qui est en général introduite avant ou pendant la mise en forme du matériau, pour apporter ou améliorer une (ou parfois plusieurs) propriété(s) spécifique(s). Certains additifs sont très onéreux. L'incorporation en masse est faible, quelques % au maximum, à la différence d'une charge. Les additifs sont compatibles avec le système pour obtenir un mélange homogène, et stable aux conditions de mise en forme (en particulier à la température) et au cours du temps. Ils peuvent être utilisés pour obtenir un effet positif en phase de production, stockage, traitement, pendant et après la phase d'utilisation du produit [9].

Les additifs se trouvent en faible quantité (quelque % et moins) et interviennent comme

- ✓ Lubrification et agents de démoulage
- ✓ Pigments et colorants
- ✓ Agents anti-retrait
- ✓ Agents anti-ultraviolet

Lubrification et agents de démoulage : ces additifs ont pour objet de faciliter le façonnage de la résine et réduire la tendance de la résine à adhérer aux moules, aux mandrins, etc.

Pigments et colorants : les pigments sont des produits insolubles se présentant sous forme de poudre soude paillettes. Ils sont obtenus à partir d'oxyde de soude sels métallique. A partir de ces pigments, il est possible d'obtenir des pâtes colorantes constituées de dispersions de pigments dans une pâte, pour une utilisation aisée. Les colorants sont des composés organiques solubles dans un solvant adapté.

Agents anti-retrait et agents de fluage : la polymérisation des résines conduit à une diminution des distances interatomiques du monomère initial. Il s'ensuit un retrait de la résine polymérisée, qui peut aboutir à un mauvais état de surface, à un gauchissement ou à des microfissurations des pièces moulées. Bien que l'incorporation des charges à la résine en limite le retrait, il est souvent nécessaire d'ajouter des produits spécifiques anti-retrait, qui diminuent ou annulent le phénomène de retrait. Ces produits améliorent également l'écoulement de la

matière dans certain es techniques de moulage. Ce sa gents anti-retrait sont généralement des produits à base thermoplastiques ou d'élastomères, se présentant sous forme de poudre ou en solution dans du styrène.

Agents anti-ultraviolets : ils ont pour fonction de protéger les résines de d'action des rayons ultraviolets contenus dans le rayonnement solaire. Le principe de ces agents est d'absorber le rayonnement ultraviolet et d'éviter ainsi une détérioration prématurée de la résine par rupture de liaisons atomiques ou par passage à un état excité qui favorise l'oxydation.

I. 4. Diffèrent types de matrices

I. 4. 1. Résines thermodurcissables

Les principales résines thermodurcissables utilisées dans la mise en œuvre des matériaux composites sont par ordre décroissant en tonnage :

Les résines polyesters insaturées : polyesters condensés, vinylesters, dérivés allyliques, etc.,

Les résines de condensation : phénoliques, aminoplastes, furaniques, etc...,

Les résines époxydes.

I. 4. 2. Résines thermoplastiques

La famille des résines thermoplastiques (on parle de "plastiques") est très vaste, et peut être séparée en plastiques de grande diffusion et plastiques techniques (ou technopolymères). Les plastiques de grande diffusion sont mis en œuvre soit par injection pour obtenir des objets moulés, soit par extrusion pour obtenir des films, des plaques, des tubes, des profilés, etc. Les plastiques techniques sont généralement mis en œuvre par injection.

Parmi les résines thermoplastiques, nous citerons : le polychlorure de vinyle, le polyéthylène, le polypropylène, le polystyrène, le polyamide, le polycarbonate, etc. L'intérêt des thermoplastiques réside dans leur faible coût, résultant à la fois de matières premières disponibles et des procédés de fabrication. Toutefois, ce faible coût est lié à des propriétés mécaniques et thermomécaniques faibles. Nous donnons ci-après quelques caractéristiques pour le polypropylène et polyamide.

Les divers thermoplastiques peuvent être renforcés par des fibres et font partie alors des matériaux composites. Cependant, dans le domaine des composites, les résines thermoplastiques ont un développement limité, du fait de la nécessité de faire appel à des transformations à hautes températures de produits solides.

I. 4. 3. Résines thermostables

Les résines thermostables se distinguent des autres résines, précédemment considérées, essentiellement par leurs performances thermiques qui conservent leurs propriétés mécaniques pour des températures plus élevées que 200 °C. Dans la pratique nous retrouvons pour ces résines les deux grandes familles des résines thermoplastiques et thermodurcissables.

Les résines thermostables sont développées surtout dans les domaines de l'aviation et de l'espace, où les laboratoires cherchent à mettre au point de nouvelles résines. Parmi les résines thermostables, les résines bismaléimides et polyimides sont les plus utilisées.

Les résines bismaléimides sont des résines dont le réseau est élaboré à des températures de 180 à 200°C. Les procédés de moulage sont identiques à ceux des composites à matrice thermodurcissable de type polyester ou époxyde.

Les résines polyimides sont apparues sur le marché vers 1970. Ce sont des résines à hautes résistance thermique, mais de prix est très élevé. Ces résines permettent d'obtenir des composites de résistances supérieure à la résistance de l'aluminium, à 250°C. [10]

I. 4. 4. Matrices céramiques

Les matériaux utilisés sont les carbures de silicium et de carbone. Ils sont utilisés pour la fabrication des pièces qui subissent des contraintes d'origine thermique et leur coût est très élevé [11].

I. 4. 5. Matrice métallique

L'utilisation des matrices métalliques est encore actuellement en grande partie à un stade préindustriel. Plusieurs matériaux composites tels que ; l'Aluminium et ses alliages, Nickel, Titane, présentent une bonne conductibilité électrique et thermique, une bonne tenue à des températures élevées et de plus ils possèdent de bonnes caractéristiques mécaniques transverses. Leur fabrication conduit à des coûts très élevés [12].

I. 5. Différents types de renforts

I. 5. 1. Fibres de verre

Le verre sous forme massive est caractérisé par une très grande fragilité, attribuée à une sensibilité élevée à la fissuration. Par contre, élaboré sous forme de fibres de faibles diamètres (quelques dizaines de micromètre), le verre perd ce caractère et possède alors de bonnes caractéristiques mécaniques. Les fibres de verre sont élaborées à partir d'un verre filable, appelé verre textile, composé de silice ; alumine, chaux, magnésie, etc. Ces produits peu coûteux, associés à des procédés assez simples d'élaboration, confèrent aux fibres de verre un excellent

rapport performances/prix, qui les place de loin au premier rang des renforts utilisés actuellement dans les matériaux composites. [2]

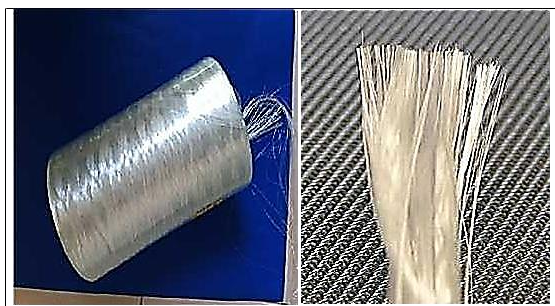


Figure I. 5 Fibre de verre.

Suivant leurs compositions, différents types de verres filables peuvent être obtenus (tableau 1). Dans la pratique, les verres de type E constituent la presque totalité du tonnage de verre textile produit actuellement. Les autres verres, représentant globalement une faible quantité (environ 1%) sont réservés à des applications spécifiques : Le verre D, à hautes propriétés diélectriques, pour la construction de matériel électronique de télécommunications. Le verre C, résistant aux agents chimiques pour les couches superficielles des structures particulièrement exposées sur le plan chimique. Les verres R et S, à caractéristiques mécaniques élevées pour la réalisation de structures à hautes performances mécaniques

Tableau. I. 2: Différents types de verres filables.

Type	Caractéristiques generals
E	A usage général; bonnes propriétés électriques
D	Hautes propriétés diélectriques
A	Haute teneur en alkali
C	Bonne résistance chimique
R, S	Haute résistance mécanique

I. 5. 2. Fibres de carbone

Les fibres de carbone possèdent de très bonnes caractéristiques mécaniques d'autant plus que leur masse volumique est faible (généralement inférieure à 2000 Kg/m³). Il faut noter que les fibres de carbone ont une excellente tenue en température, en atmosphère non oxydante. En effet, leurs caractéristiques mécaniques sont maintenues jusqu'à 1500 °C environ.

Cette propriété a conduit à développer des composites fibres de carbone/matrice de carbone, à hautes tenue thermique, utilisés dans les tuyères de fusée, les plaquettes de freins (camion, avions), les éléments de fours, etc. ces matériaux, revêtus d'une couche protectrice anti-oxydante, trouvent également des applications en atmosphère oxydante dans le domaine spatial : bords, tuiles, etc. [13]



Figure I. 6. Fibre de carbone

Le produit de base est le fil contenu ou stratifil carbone, constitué de monofilaments de carbone (par exemple : 500, 1000, 3000, 6000, 10000, etc. filaments) assemblés sans torsion. Ces stratifils peuvent être utilisés directement pour les procédés de fabrication de composites par pultrusion ou par enroulement filamentaire. Les stratifils peuvent être également tissés pour obtenir des rubans, des tresses, des tissus unidirectionnels ou multidirectionnels, des tissus hybrides (verre- carbone, Kevlar- carbone) etc. Ces diverses formes peuvent éventuellement être préimprégnées.

I. 5. 3. Fibres d'aramide

Les fibres aramides à caractéristiques mécaniques élevées sont généralement connues sous le nom de “KEVLAR”, nom commerciale de la fibre. Les fibres aramides sont des fibres polyaramides ou polyamides aromatiques. Les caractéristiques mécaniques des fibres aramides sont reportées dans le tableau 4 pour des monofilaments. Sur fils multifilaments, les caractéristiques sont généralement plus faibles. Leur utilisation est limitée par diverses faiblesses des matériaux composites à fibres aramides:

- ✓ Résistances faibles à la compression, à la flexion.
- ✓ Sensibilité au cisaillement

Ces faiblesses sont généralement attribuées à une mauvaise adhérence fibre-matrice. Pour y remédier, des ensimages adaptés sont développés. [14].

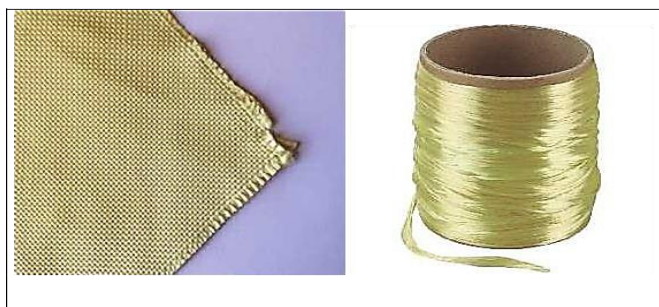


Figure I. 7. Fibre d'aramide

I. 6. Fibres naturelles

Les fibres naturelles sont des fibres organiques d'origine animale ou bien végétales ou bien des fibres minérales. Les fibres végétales sont couramment utilisées car ce sont les fibres les plus disponibles. Leur structure complexe est assimilable à celle des matériaux composites renforcés par des fibrilles de cellulose disposées en hélice. [15]

I. 7. Classification des fibres naturelles

On peut subdiviser les fibres naturelles en trois grands groupes selon leur origine :

Les fibres végétales : qui comprennent les fibres provenant des poils séminaux de graines (coton, kapok) ; les fibres libériennes extraites de tiges de plantes (lin, chanvre, jute, ramie) ; les fibres dures extraites de feuilles (sisal), de troncs (chanvre de manille), d'enveloppes de fruits (noix de coco).

Les fibres animales : qui proviennent des poils, telle que la toison animale, et des sécrétions telle que la soie.

Les fibres minérales : La fusion puis le fibrage de divers minéraux permet de produire des fibres ou des laines minérales plus ou moins denses et stables. Il existe deux types de fibres minérales : celles qui sont directement issues de roches (exemples : amiante, wollastonite, sépiolite) et celles qui sont artificiellement produites à partir de minéraux (exemples : fibre de verre ou laine de verre produites à partir de la silice, laine de roche, fibre céramique réfractaire, fibre d'alumine). Les minéraux recherchés pour produire des fibres le sont pour leurs qualités d'inertie chimique et/ou thermique, parfois pour leurs propriétés optiques ou piézoélectriques mais d'abord pour leurs propriétés vitrifiantes. [16]

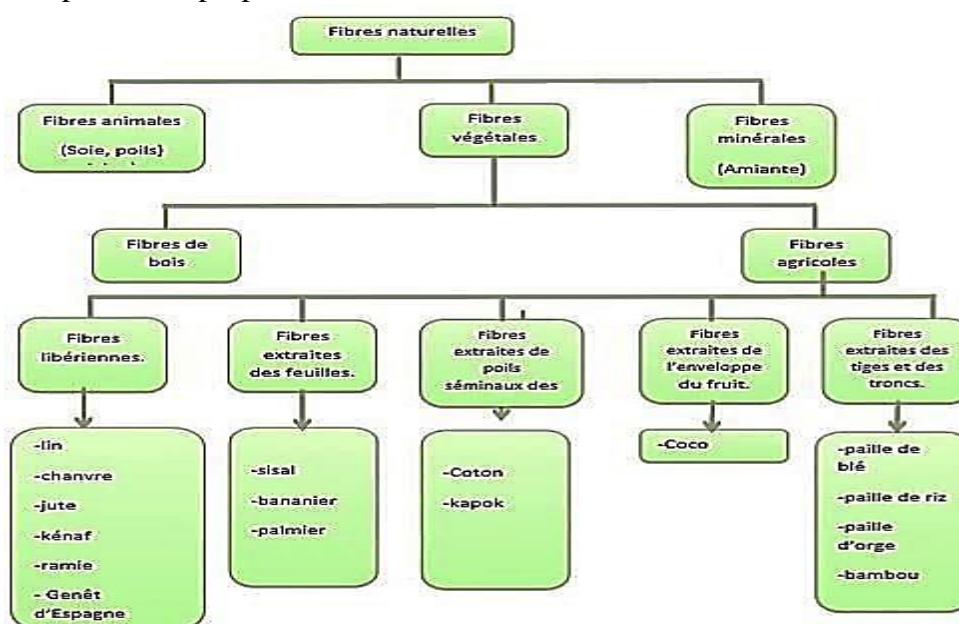


Figure I. 8. Classification des fibres naturelles et quelques exemples [17].

I. 8. Les fibres végétales

I. 8. 1. Définition des fibres végétales

Les fibres végétales dites encore fibres lignocellulosiques, sont des structures biologiques fibrillaires composées de cellulose, hémicelluloses et de lignine. En proportion relativement faible d'extractibles non azoté, de matière protéique brute, de lipide et de matières minérales. Les proportions de ces constituants dépendent énormément de l'espèce, de l'âge et des organes de la plante.

Les fibres végétales sont considérées comme élément de différenciation, elles peuvent limiter les répercussions environnementales liées à la fabrication et à l'utilisation des plastiques et répondre à l'épuisement des ressources fossiles. Ainsi les composites renforcés par les fibres végétales peuvent présenter des aspects [18] (Environnementaux, Economiques, Technologiques).

I. 8. 2. Classification des fibres végétales

Les fibres végétales sont classées en trois groupes suivants [19].

Les fibres végétales peuvent être classées selon l'organe dont elles sont issues, dans ce cas elles comprennent : fibres de tiges (Kénaf, jute, lin, ramie) ; et de feuilles (Sisal, abace, paille de graminée) ; les fibres provenant des poils séminaux de graines (coton, kapok) ; d'enveloppes de fruits (noix de coco).

Les fibres peuvent être classées suivant leur teneur en cellulose, en hémicellulose et en lignine. On distingue alors les fibres ligneuses (dures et rigides telles que celles provenant du Développement de bio-composites à base de fibres végétales et de colles écologiques bois et les fibres non ligneuses (douces et souples dérivées de végétaux non ligneux souvent annuels tels que le jute et le sisal).

Une troisième classification peut se faire suivant la longueur :

- ✓ Les fibres longues et douces (fibres libériennes)
- ✓ Les fibres longues, dures et rigides (provenant des feuilles et des troncs d'arbres)
- ✓ Les fibres courtes, dites encore étoupes, elles sont associées aux fibres longues.

I. 8. 3. Différentes fibres végétales

Les fibres végétales sont de plus en plus utilisées comme renfort dans les matériaux de constructions. Elles constituent en effet une ressource renouvelable, naturellement biodégradable, et disposant de nombreuses qualités mécaniques et hydriques. Les plus utilisées sont les fibres libériennes, comme le Kénaf, le jute, la ramie, le palmier et surtout le chanvre et le lin [20].

a. Le Coton

Fibre naturelle d'origine végétale, la plus utilisée dans le monde (50%)

Producteurs : Etats-Unis, CEI (Russie et pays voisins) Chine, Inde et Egypte

Fort impact écologique : Utilisation de beaucoup d'eau, d'engrais et de pesticide.



Figure I. 8. Le coton [21]

Composition : 87% de cellulose.

Section : forme de haricot.

Diamètre : 20 à 40 micromètres.

Propriétés chimiques du coton : semblables à celles de la cellulose.

Propriétés physiques du coton : bonne résistance mais élasticité médiocre liés au fort degré de cristallinité des microfibrilles de la cellulose.

b. Le Lin

Le lin est utilisé depuis l'antiquité. Par exemple en Egypte il servait entre autres à confectionner les bandelettes imputrescibles qui enveloppaient les momies.

Il est issu des tiges de lin. Le lin est anallergique, isolant et thermorégulateur. Le lin est formé de cellulose.

Propriétés chimiques : les mêmes que le coton Propriétés physiques et textiles :

Bonne résistance mécanique en raison d'une plus grande cristallinité des fibres et la disposition des microfibrilles dans l'axe de la fibre.

Fibre lourde qui donne du tombant au tissu.

Faible élasticité

Grande finesse : se froisse facilement.

Moins bonne affinité tinctoriale que le coton car l'épaisseur des parois de la fibre empêche une bonne pénétration du colorant.



Figure I. 9. Le lin [22]

c. Le Chanvre

Utilisé depuis l'antiquité (4700 av JC), il est originaire des versants himalayens de l'Inde. Formé à partir des tiges et est constitué de cellulose. Constitué 85% de cellulose, sa section est polygonale mais le canal central est plus important que celui des fibres de lin.

Diamètre : 10 à 50 micromètres

Propriétés physiques et textiles :

Hydro régulateur : Il dispose d'une forte perméabilité à la vapeur d'eau ce que le rend particulièrement adapté aux constructions ouvertes à la diffusion.

Thermo régulateur : conserver une température constante.

Isolant acoustique

Ecologique.

Bonne capacité d'absorption de l'humidité.



Figure I. 10. Le chanvre [23].

d. Palmier

Dans un palmier dattier on trouve quatre types de fibres : les feuilles, rachis, les bras de grappe et les mats naturels. Les bras de grappe sont d'un coût négligeable car elles sont récupérées lors de la récolte des dattes générale au mois de décembre. Aux vues que l'Algérie possède plus 18 millions de palmiers dattiers, ces tiges sont en abondance en Algérie, elles sont soit jetées ou brûlées chaque année après l'entretien et la récolte des palmiers (Figure I. 11).



Figure I. 11. (a) les bras de grappe (b) Les fibres.

e. Alfa

Est une plante herbacée (Graminées) d'Afrique du Nord et d'Espagne (ou spart) utilisée pour la fabrication de cordages, d'espadrilles, de tissus grossiers, de papier, tapis, paniers. D'une façon générale, la fabrication d'objets en fibres végétales se nomme sparterie.



Figure I. 12. Alfa

f. Diss

Le diss connu sous le nom scientifique (*ampélodesmos mauritanicus*), appelé en Italie (Disa) et en Espagne (Carritx), il appartient à la famille des graminées (Figure I. 13). C'est une plante répandue dans l'Afrique du nord méditerranéenne et les régions sèches de la Grèce à l'Espagne. En France, on la trouve dans les départements des Alpes-Maritimes, du var, du corse du sud et de l'Hérault. Cette plante était utilisée auparavant dans la réalisation des habitations anciennes de ces régions en raison de ses qualités mécaniques, l'utilisation de ces fibres est limitée à la confection des couffins, à lier les branches de vignes ou à la confection des balais cantonniers.



Figure I. 13. Plante de diss à l'état naturel

g. Le Jute

La fibre de jute est surnommée la Fibre d'Or. Car elle est de bonne qualité et possède des reflets brillants.

Le jute prospère dans les terres tropicales situées à faible altitude ayant un taux d'humidité entre 60 et 90%. La fibre de jute est longue, douce, brillante cependant est très rêche et donc désagréable à porter. Fibre très fine par rapport aux autres.

Composé de cellulose 65,2% Diamètre : 16 micromètres.

h. Le Kapok

Fibre végétale extraite du fruit de plusieurs arbres tropicaux. Fibre très légère et non tissable possède de bonnes qualités thermiques mouillable et à la réputation de flotter à la surface de l'eau sans s'immerger.

i. La Ramie

Elle est extraite de l'écorce de l'ortie de Chine. Ce sont des fibres longues et brillantes aux propriétés identiques au lin et au coton.

Composé de cellulose 99%

Diamètre : 50 micromètres

Brillance et de résistance comparable à la soie. Bonne capacité à absorber l'humidité.

j. L'abaca

L'abaca ou chanvre de manille est un bananier textile (Musacées) 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.



Figure I. 14. Autres fibres

I. 8. 4. Structure de la fibre végétale

La fibre végétale est composée de plusieurs parois parallèles à l'axe de la fibre et disposée en couche superposée dans le sens radiale. Ces différentes couches qui forment la

lamelle mitoyenne, la paroi primaire et la paroi secondaire. Ces dernières bordent un lumen de diamètre variable suivant l'espèce. La paroi secondaire est composée de trois couches de microfibrilles (S1, S2, S3) figure (I. 15).

Chaque fibre se présente sous la forme d'un composite multicouches dans lequel la lignine joue le rôle d'une matrice enrobant l'élément structurant très rigide qu'est la cellulose. [24]

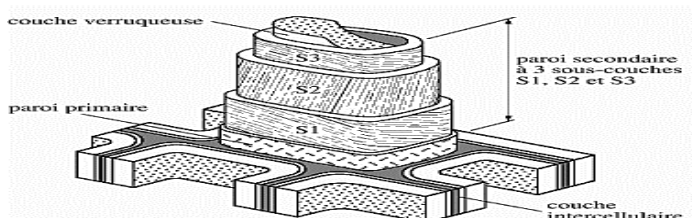


Figure I. 15. Représentation schématique des différentes couches de la paroi cellulaire. [25]

I. 8. 5. Composition chimique de la fibre végétale

Dans une fibre végétale, les propriétés physiques, mécaniques et thermiques sont principalement déterminées par la composition chimique, la structure, la dimension des cellules, le pourcentage de cellulose, l'angle microfibrillaire, ainsi que la section et le degré de polymérisation [26].

Les principaux composants des fibres naturelles sont : la cellulose, les hémicelluloses et les lignines. Elles contiennent aussi des protéines, des extractibles et certains composés inorganiques en faibles proportions.

Chaque fibre se présente comme un biocomposite multicouche dans lequel la lignine joue le rôle d'une matrice enrobant l'élément structurant très rigide qu'est la cellulose (voir figure I.2). Elle est assimilable à un matériau composite renforcé par des fibrilles de cellulose, la matrice étant principalement composée d'hémicellulose et de lignine [27]. La lignine constitue la matrice et l'hémicellulose joue le rôle d'agent comptabilisant entre ces deux composants. Les fibrilles de cellulose sont orientées en hélice suivant un angle nommé angle microfibrillaire [26] (Figure I. 16).

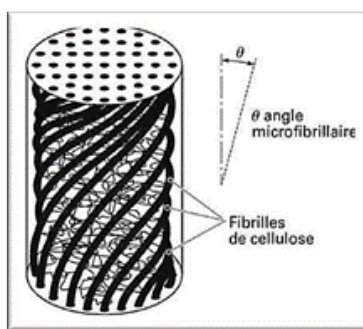


Figure I. 16. Disposition hélicoïdale des fibrilles de cellulose dans une fibre végétale [28].

Les chaînes de cellulose sont rassemblées en structures basiques appelées microfibrilles avec des diamètres de 2 à 20 nm. Chaque microfibrille peut être considérée comme des chaînes de cristaux de cellulose liés par des zones amorphes. La composition des fibres naturelles varie selon leurs origines botaniques, les conditions climatiques, la maturité et le mode d'extraction. La composition chimique, la structure, les défauts et les dimensions des cellules des fibres sont les principaux paramètres qui conditionnent l'ensemble des propriétés des fibres notamment les propriétés mécaniques.

En règle générale, la résistance à la traction et le module d'Young des fibres croît avec l'augmentation de la teneur en cellulose [29].

Tableau. I. 3. Composition chimique (en %) de différentes fibres végétales [30]

Fibres	Cellulose	Hémicelluloses	Lignine	Pectine	Cire
Coton	85 - 90	5,7	0,7 - 1,6	0-1	0,6
Lin	71	18,6 - 20,6	2,2	2,3	1,7
Chanvre	70 - 74	17,9 - 22,4	3,7 - 5,7	0,9	0,8
Jute	61,1 - 71,5	13,6 - 20,4	12 - 13	0,2	0,5
Ramie	68,6 - 76,2	13,1 - 16,7	0,6 - 0,7	1,9	0,3
Sisal	66 - 78	10 - 14	10 - 14	10	2
Coco	32 - 43	0,15 - 0,25	40 - 45	3 - 4	-
Alfa	45	24	24	5	2

1) La cellulose

La cellulose est le constituant de base des cellules végétales, ce qui en fait la substance naturelle la plus importante dans les organismes vivants : environ 40% du carbone organique. C'est un polymère linéaire dont la masse molaire peut varier de 5.10^4 à $2,5.10^6$ g/mol [31].

D'un point de vue chimique, la cellulose est une molécule formée par une très longue chaîne stéréorégulière composée de maillons de glucose $C_6H_{12}O_6$ (Figure I.4) [32]. Les molécules cycliques de glucose adoptent la conformation "chaise", qui est plus stable que la conformation "bateau" [33].

Le nombre de monomères de glucose, ou degré de polymérisation (DP), varie selon l'espèce végétale [34].

La cellulose I (ou cellulose "native") correspond à la cellulose existant à l'état naturel. Sa masse molaire est de l'ordre de $1,5$ à $2,0.10^6$ g.mol⁻¹ ; les traitements qu'elle subit pour son extraction réduisent sensiblement cette valeur. Dans la cellulose pure, la structure moléculaire est presque parfaitement régulière car elle ne contient de défauts que dans une unité sur mille environ. Le centre de ces microfibrilles est très cristallin tandis que les chaînes de surface sont

de nature plus désordonnée et constituent des zones paracrystallines [35]. Les microfibrilles de cellulose sont donc constituées de zones cristallines parfaitement ordonnées et de zones amorphes, au contraire, totalement désordonnées.

La cellulose n'est pas hydrosoluble mais est fortement hydrophile, propriété qui est à l'origine, pour les fibres exploitées, de leur grand confort en tant que fibres textiles. Dans les conditions normales d'utilisation, elle peut contenir jusqu'à 70% d'eau plus ou moins liée. Le remplacement d'une partie des interactions inter-chaînes par des liaisons hydrogènes entre la cellulose et l'eau provoque une plastification du matériau et donc une diminution de ses caractéristiques mécaniques. Alors que la contrainte à la rupture des fibres de cellulose très cristalline peut atteindre 700 MPa à sec, elle peut perdre jusqu'à 30% de sa valeur en atmosphère humide. Toujours grâce à une grande cohésion, la cellulose est insoluble dans la plupart des solvants.

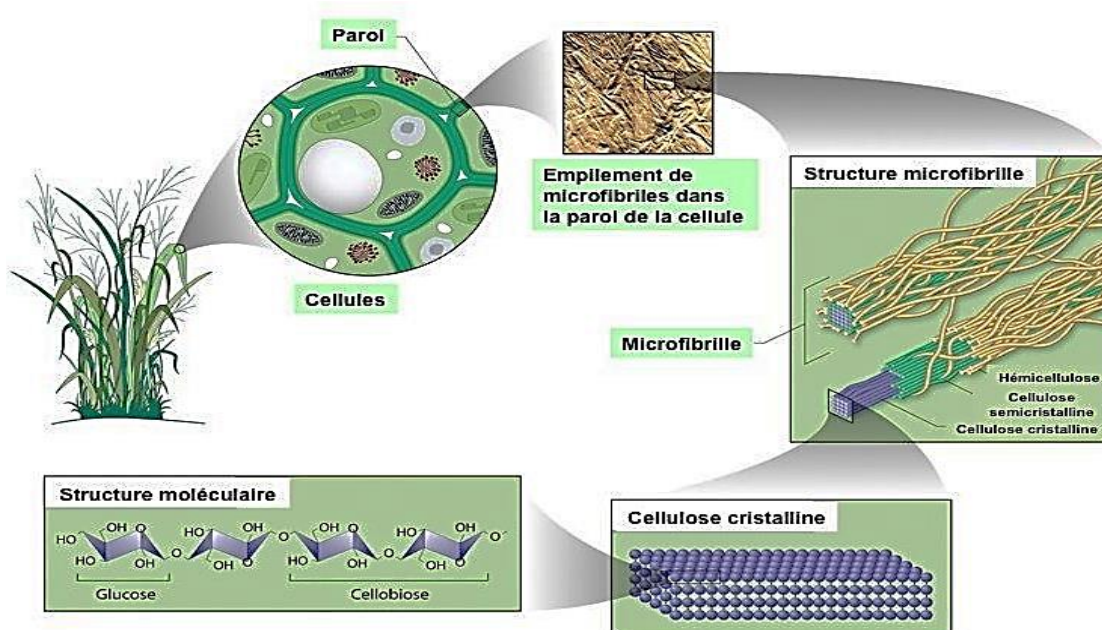


Figure I. 17. Représentation de la cellulose [36]

2) Les hémicelluloses

Les hémicelluloses constituent une classe de polymères amorphes présentant une grande diversité de structure. En effet, on appelle hémicellulose tout polysaccharide présent dans la paroi végétale n'étant ni cellulose, ni substance pectinique. Parmi eux, on retrouve les arabinanes, les xylanes, les galactanes, les mannanes, et les glucanes. Les hémicelluloses sont des polysaccharides complexes de faible poids moléculaire. Elles jouent un rôle fondamental dans le maintien d'une architecture pariétale organisée, liant les fibrilles de cellulose entre elles. Elles sont solubles dans l'eau et peuvent être extraites de la paroi des cellules végétales par des solutions alcalines. Elles ont un degré de polymérisation 100 fois plus petit que celui de la

cellulose native et une structure en forme d'hélice qui leur confère une certaine souplesse [30].

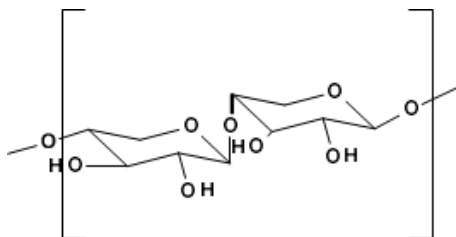


Figure I. 18. Structures chimiques de l'hémicellulose xylane [33]

3) Les pectines

Les pectines sont des polysaccharides complexes constitués d'un squelette principal d'acide galacturonique comportant des chaînes secondaires ramifiées. Certaines unités peuvent être méthylées rendant la molécule plus ou moins acide suivant le degré de substitution. Les pectines font parties des constituants des tissus végétaux et permettent le maintien de l'ensemble des cellules. Leurs actions dépendent des conditions ioniques du milieu [37].

Elles sont présentes dans la lamelle moyenne et la paroi primaire des cellules, présentes avec de moindres quantités que la cellulose et la lignine mais qui restent un élément d'une importance significative. Comme les hémicelluloses, elles permettent de maintenir la cohésion entre les cellules des tissus végétaux où elles jouent le rôle de ciment intercellulaire, responsables de la rigidité et de la cohésion. Elles sont associées à d'autres composants chimiques membranaires (cellulose, hémicellulose, lignine) par des liaisons physiques et/ou chimiques [30].

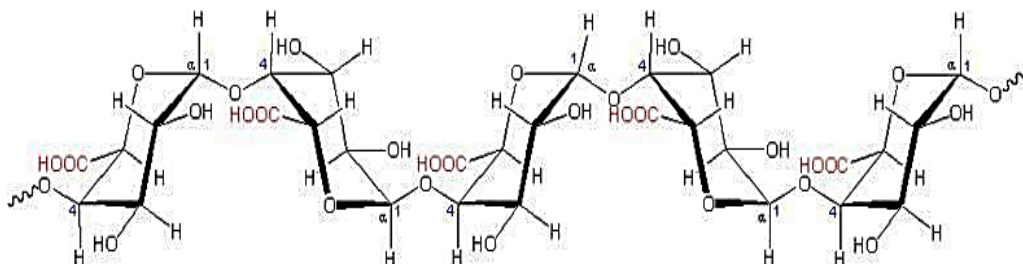


Figure I. 19. Représentation de la molécule de pectine [33]

4) La lignine

La lignine est le composant liant dans les tiges d'alfa et en général dans les plantes. C'est le liant entre les fibres formant des faisceaux ou des tiges. Sans la lignine, les tiges d'alfa n'existeraient pas. L'extraction des fibres consiste en la libération des fibres ultimes en dégradant les composants non-cellulosiques comme la lignine. L'élimination de la lignine est appelée la délignification.

Une structure de base (Figure I. 20) de la lignine existe avec deux groupes fonctionnels qui peuvent varier, ainsi réalisant plusieurs molécules différentes de lignine. Par conséquent en

réalité, le nom “la lignine” n’est pas correct car il s’agit de plusieurs molécules. Il est donc mieux de parler “des lignines”.

Les liaisons covalentes sont relativement fortes, conduisant à une bonne résistance biologique et chimique. C’est pour cela que l’élimination de la lignine afin d’obtenir des fibres d’alfa est difficile. Les propriétés mécaniques des lignines sont faibles [37].

La lignine est une macromolécule extrêmement hétérogène composée de polymères aromatiques. Elle représente, après les polysaccharides, le polymère naturel le plus abondant sur terre. Elle participe à la rigidité structurale des parois cellulaires et protège les plantes contre l’attaque des organismes pathogènes. La lignine est une molécule à trois dimensions composée d’unités de phényle propane [38].

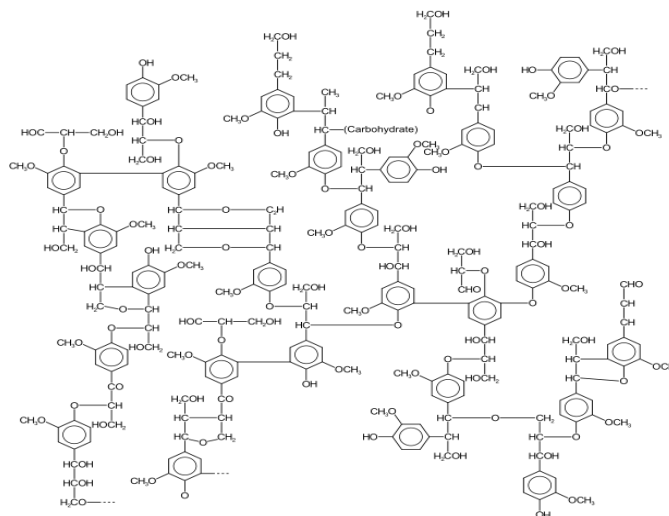


Figure I. 20. Structure de la molécule de lignine [30]

5) Les cires

Les cires sont des composantes des fibres végétales qui peuvent être extraites avec des solutions organiques. Elles sont constituées de différents types d’alcools insolubles dans l’eau et de plusieurs acides comme l’acide palmitique, l’acide oléagineux et l’acide stéarique (Figure I. 21) [39].

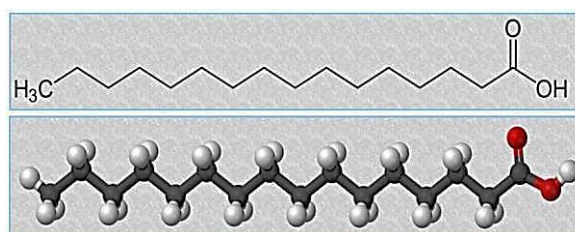


Figure I. 21. Structure et modèle moléculaire de l'acide palmitique [39].

I. 8. 6. Caractéristiques physiques et mécaniques des fibres végétales

Généralement une fibre végétale est caractérisée physiquement par son diamètre sa densité et son teneur en eau et son pourcentage d’absorption d’eau. Et elle est caractérisée

mécaniquement par sa résistance à la traction, son élongation à la rupture et son module d'élasticité [40]. Le tableau. I. 4 représente les caractéristiques mécaniques de quelques fibres végétales.

Tableau. I. 4. Les caractéristiques mécaniques de quelques fibres Végétales

Fibre	Densité (g/cm ³)	Module de traction (GPa)	Résistance en traction (MPa)	Allongement (%)
Lin	1,5	28	345-1100	2.7-3.2
Jute	1.45	13-27	350-550	1,2-2,5
Chanvre	1,48	29-70	550-900	1,6-3,5
Ramie	1,5	20-70	550-900	1,6-4
kénaf	1,47	6-8	1580	2,7
Abaca	1,35	20	900	3,5
Sisal	1,45	9-20	400-700	2-14
Coco	1,15	4-6	130-120	15-40
Coton	1,5	5-12	300-800	3-10

I. 8. 7. Propriétés mécaniques de la fibre végétale

Il est très difficile de présenter un tableau qui répertorie toutes les propriétés des fibres lignocellulosiques. La grande variabilité constitutive et anatomique de la fibre végétale implique une variabilité de leurs propriétés mécaniques.

La faiblesse de la masse volumique des fibres végétales (1,2 à 1,5 g/cm³) confère à ces matériaux des propriétés mécaniques spécifiques intéressantes. Les fibres longues ont des contraintes en traction plus faibles que les fibres courtes, du fait que les premières ont de plus grandes probabilités de contenir des défauts de formation.

La cellulose cristalline est l'un des polymères ayant un module d'élasticité relativement plus élevé (90-137 GPa), comparé à celui de la fibre de verre qui est de 75 GPa.

Les fréquents défauts structuraux (Fig. I. 22) observés de la surface des fibres sont des conséquences de la grande variabilité de morphologie, de composition chimique, de structure et de comportement mécanique spécifique de ces fibres. Les caractéristiques mécaniques de quelques fibres végétales

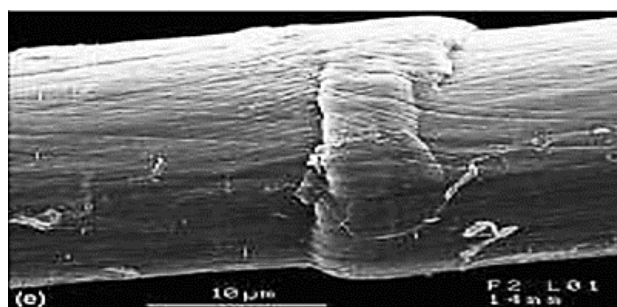


Figure I. 22. Exemple de défaut structural sur une fibre de lin [41].

Le tableau I. 5 ci-dessous présente les propriétés mécaniques des fibres naturelles en comparaison avec certaines fibres de renforcement conventionnelles.

Tableau. I. 5 : Propriétés mécaniques des fibres naturelles en comparaison avec des fibres de renforcement conventionnelles [42].

Fibre	Densité (g/cm ³)	Allongement (%)	Résistance à la traction (MPa)	Module de Young (GPa)
Coton	1.5-1.6	7.0 - 8.0	287–597	5.5-12.6
Jute	1.3	1.5 - 1.8	393–773	26.5
Lin	1.5	2.7 - 3.2	345–1035	27.6
Chanvre	–	1.6	690	–
Ramie	–	3.6-3.8	400–938	61.4-128
Sisal	1.5	2.0 - 2.5	511–635	6.4-22.0
Coco	1.2	30.0	175	4.0-6.0
Verre E	2.5	2.5	2000–3500	70.0
Verre S	2.5	2.8	4570	86.0
Aramide	1.4	3.3 - 3.7	3000–3150	63.0-67.0
Carbone	1.4	1.4 - 1.8	4000	230.0-240.0

I. 8. 8. Avantages et inconvénients

➤ *Avantages :*

- ✓ Faible cout.
- ✓ Propriétés mécaniques spécifiques importants (résistance et rigidité).
- ✓ Biodégradabilité.
- ✓ Non abrasif pour les outillages.
- ✓ Neutre pour l'émission de CO₂.
- ✓ Demande peu d'énergie pour être produite.
- ✓ Pas de résidus après incinération.
- ✓ Pas d'irritation cutanée lors de la manipulation des fibres.
- ✓ Bonne isolation thermique et acoustique.
- ✓ Ressource renouvelable.

➤ *Inconvénients :*

- ✓ Absorption d'eau.
- ✓ Faible stabilité dimensionnelle.
- ✓ Biodégradabilité.
- ✓ Faible tenu thermique (20 à 30°C max).
- ✓ Fibres anisotropes.
- ✓ Variation de qualité en fonction du lieu de croissance, de la météo.

I. 9. CONCLUSION

Les fibres naturelles présentent de nombreux avantages (faible coût, ressource renouvelable, biodégradabilité, propriétés mécaniques spécifiques importantes (résistance et rigidité). Comme tous les produits naturels, les propriétés mécaniques et physiques des fibres naturelles varient considérablement. Ces propriétés sont gouvernées par la composition chimique et structurale et dépendent du type de la fibre. La cellulose, le composant principal de toutes les fibres végétales, varie d'une fibre à une autre.

Références bibliographiques

- [1] **Berthelot J-M.** Matériaux composites. Editions Eyrolles, 2010
- [2] **Gornet L.** Généralité sur les matériaux composites. ECN, Centre Nantes, 2011.
- [3] **Ewa Rudnik.** Compostable Polymer Materials. Elsevier, p 21. 2008.
- [4] **Gornet L.** Généralité sur les matériaux composites. ECN, Centre Nantes, 2011.
- [5] **H. DJEMAI,** Contribution A L'étude De L'endommagement Dans Les Matériau Composites Sandwiches, Thèse De Doctorat, Université de Biskra, 2017.
- [6] Paris, C. (2011). Étude et modélisation de la polymérisation dynamique de composites à matrice therm durcissable (Doctoral dissertation).
- [7] **CHOUAIB. Aribi,** Etude comparative du comportement des différents matériaux composites (différentes matrices). Mémoire de magister, université de M'hamed Bouguera, Boumerdes. Algerie.
- [8] **R.G. Weatherhead** (1980). FRP Technology. Fibre Reinforced Resin Systems. Applied Science Publishers, Londres.
- [9] **Nurdina, A. K., Mariatti, M., & Samayamutthirian, P.** (2009). Effect of single- mineral filler and hybrid- mineral filler additives on the properties of polypropylene composites. Journal of Vinyl and Additive Technology, 15(1), 20-28.
- [10] Les résines polyimides sont apparues sur le marché vers 1970. Ce sont des résines à hautes résistance thermique, mais de prix très élevé. Ces résines permettent d'obtenir des composites de résistances supérieure, à 250 °C, à la résistance de l'aluminium.
- [11] **M. Troadec,** "caractérisation des interactions physico-chimique dans un matériau composite à base phyllo silicates, de chaux et de fibres cellulosiques », thèse doctorat école science et technologies, université de Limoges, décembre200.
- [12] **M. Laarej,** "Etude par spectroscopie RAMN et modélisation d'un Résine composite RTM», thèse de doctorat, Université Aboubakr Belkaid_ tlemcen, 2010.
- [13] Glossaire Matériaux Composites. Carma Actualisation octobre 2006.
- [14] **Rigal J-C. Negrier A,** Présentation des matériaux composites. Plastiques et Composites, Technique de l'ingénieur, 1991.
- [15] **A. Bouarissa,** Comportement mécanique d'un matériau fibre jute/époxy : Elaboration et caractérisation, mémoire de master, université de Boumerdes. 2013.
- [16] **CARMA,** "Glossaire des matériaux composites renforcés des fibres d'origine renouvelable", centre d'animation régional en matériaux avancés, Décembre 2006.
- [17] **J. E. G. Van Dam et H.L. Bos,** "Consultation sur l'impact environnemental des fibres naturelles dans les applications industrielles", Congrès de Food and Agriculture Organization (FAO), Rome, 2004, 263p
- [18] **D.HAMMICHE.** Effet D'un Nouvel Agent Comptabilisant Pvc-G-Ma Sur Les Performances Des Composites Polychlorure De Vinyle/Alfa, Thèse De Doctorat, Université A. Mira de Bejaia, 2013.
- [19] **Thakur, V. K., Thakur, M. K., & Gupta, R. K.** (2014). raw natural fiber-

- based polymer composites. *International Journal of Polymer Analysis and Characterization*, 19(3), 256-271.
- [20] **S. BOUHANK**, Elaboration de matériaux composites PVC/fibres de Genêt d'Espagne : Formulations et caractérisations, Thèse De Doctorat, Université de Sétif 1-, 2017
- [21] **Jean Marie**. Berthelot, Matériaux composites « comportement mécanique et analyse des Structure», édition TEC et DOC, 1999.
- [22] **Aucher, J.** (2009). Etude comparative du comportement composite à matrice
- [23] **Yan, L., Chouw, N., & Jayaraman, K.** (2014). Flax fibre and its composites—A review. *Composites Part B: Engineering*, 56, 296-317
- [24] **MWAIKAMBO (L.Y.) et ANSEL(M.P.)**. The effect of chemical treatment on the properties of hemp, sisal, jute and kapok for composite reinforcement. *die Angewandte* vol. 272, issue 1, p.108-116, décembre1999.
- [25] **Maya Jacob John, Sabu Thomas**; Rubber Nanocomposites: Preparation, Properties and Applications; Chapitre 8, Sabu Thomas and Ranimol Stephen (Ed), John Wiley & Sons Pte Ltd, 2010
- [26] **J. H. Meshram and P. Palit**, “Biology of Industrial Bast Fibers with Reference to Quality,” (in English), *Journal of Natural Fibers*, Article vol. 10, no. 2, pp. 176-196, Jan 2013
- [27] **Toupe JL**. Optimisation des propriétés mécaniques de composites à base de fibres naturelles: application à un composite de fibre de lin avec un mélange de polyéthylène/polypropylène d'origine post-consommation. 2015.
- [28] **Mohanty A, Misra Ma, Hinrichsen G**. Biofibres, biodegradable polymers and biocomposites: An overview. *Macromolecular materials and Engineering* 2000;276:1-24.
- [29] **Mustapha M**. Mise en œuvre, caractérisation et modélisation matériaux composites: Polymère thermoplastique renforcé par des fibres de DOUM. 2013.
- [29] **Borchani K**. Développement d'un composite à base d'un polymère biodégradable et de fibres extraites de la plante d'Alfa: Lyon; 2016.
- [30] **Dallel M**. Evaluation du potentiel textile des fibres d'Alfa (*Stipa Tenacissima L.*): Caractérisation physico-chimique de la fibre au fil: Université de Haute Alsace-Mulhouse; 2012.
- [31] **Dalila H**. Synthèse d'un nouvel agent de couplage PVC-g-MA et son utilisation dans les composites PVC/Alfa: Université de Béjaia-Abderrahmane Mira; 2010.
- [32] **Ragoubi M**. Contribution à l'amélioration de la compatibilité interfaciale fibres naturelles/matrice thermoplastique via un traitement sous décharge couronne: Nancy 1; 2010.
- [33] **Sedan D**. Etude des interactions physico-chimiques aux interfaces fibres de chanvre/ciment: influence sur les propriétés mécaniques du composite: Limoges; 2007.
- [34] **Joly N**. Synthèse et caractérisation de nouveaux films plastiques obtenus par acylation et réticulation de la cellulose: Limoges; 2003.
- [35] **Mitra G, Mukherjee P**. X-ray diffraction study of fibrous polymers. I. Degree of paracrystallinity—a new parameter for characterizing fibrous polymers. *Polymer* 1980;21:1403- 9.
- [36] **Kalia S**. Lignocellulosic Composite Materials: Springer; 2017.
- [37] **Privas E**. Matériaux ligno-cellulosiques:” Élaboration et caractérisation”: Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris; 2013.
- [38] **Do Thi VV**. Matériaux composites à fibres naturelles/polymère biodégradables ou non: Université de Grenoble; 2011.
- [39] **ACHOUR A**. Etude des performances des mortiers renforcés de fibres naturelles: valorisation des plantes locales 2017
- [40] **A. Bouarissa**, Comportement mécanique d'un matériau fibre jute/époxy : Elaboration et caractérisation, mémoire de master, université de Boumerdes. 2013.
- [41] **K.Charle, C.morvan, J.Bréard, JP.Jernot, M.Gomina**, ”Etude morphologique d'un composite naturel la fibre de lin” revue des composites et des matériaux avancées, Vol16, pp11-24,2006.

[42] **G.Satyanarayana, G.C.Arizaga, F.Wypych**, ‘Biodegradable composite based on lignocellulosique Fibers- An overview ‘, progress in polymer Science, 34, pp 982-1021,

Chapitre II

Composite à fibres de palmier

II. 1. Historique

Les premiers vestiges du palmier fossile ont été trouvés dans une roche qui remonte au Miocène inférieur, il fut décrit sous le nom de *Phoenicites pallavicinii*, Plusieurs fossiles, appartenant au genre *Phoenicites* ont été trouvés en France, en Suisse, en Italie du Nord, et ont été dénommés *phoenix dactylifera fossilis*. [1]. Cependant, aucun vestige de *phoenix* n'a été trouvé, jusqu'à présent, dans l'aire actuelle de culture du palmier dattier ; ce qui explique l'hypothèse de Drude qui considère l'Europe comme le centre d'origine du genre *phoenix* [2]. Le palmier dattier fut introduit sur les côtes orientales de l'Afrique par les Arabes, bien avant les premiers voyages des navigateurs européens de XV^{ème} siècle [3]. A partir de son aire d'origine, la culture du dattier s'est répandue dans l'ancien continent. Vers l'Est, la culture du palmier dattier progressa de la basse Mésopotamie vers l'Iran, 2500 ans avant J.C, puis en direction de la vallée de l'Indus [3]. Vers l'Ouest, Depuis l'Egypte, la culture du palmier dattier a gagné la Libye d'où elle progressa dans différentes directions : vers le Maghreb, elle se développa en Tunisie dans le Djerid ; en Algérie dans le Souf, Ouest Rhir, le Tidikel, la Saoura et les Zibans ; au Maroc dans le Tafilalet et la vallée du Drâa ; et enfin en Mauritanie, dans l'Adrar mauritanien. [2]. Actuellement la culture du dattier s'étend dans l'Hémisphère Nord préférentiellement dans les régions arides et semi-arides chaudes [4].

Le palmier dattier a été dénommé *Phoenix dactylifera* L. par Linne en 1734. *Phoenix* dérive de Phoinix, nom du dattier chez les Grecs de l'antiquité, qui le considéraient comme l'arbre des phoeniciens ; *dactylifera* vient du latin *dactylus* dérivant du grec *dactulos* signifiant doigt, en raison de la forme du fruit [3]. D'après [5], le genre *Phoenix* comporte douze espèces. L'espèce *dactylifera* L. se distingue des autres espèces du même genre par un tronc long et grêle et par des feuilles glauques [6]. Selon [3], le palmier dattier est classifié comme suit :

Embranchement	Phanérogames.
Sous-embranchement.....	Angiospermes.
Classe.....	Monocotylédones
Groupe	Phoenocoides.
Famille	Arecaceae.
Sous-famille.....	Coryphoideae.
Genre	<i>Phoenix</i> .
Espèce.....	<i>Phoenix dactylifera</i>

II. 2. Généralités sur le palmier dattier

Phoenix dactylifera, ou **palmier dattier** est un ancien arbre fruitier, cultivé dans le monde depuis des siècles [7], rustique, s'acclimatant aux conditions maximales d'aridité dans le monde et représentant la source essentielle vitale de la population saharienne [8]. La distribution de cette espèce est dans la région afro-asiatique [7], elle représente l'élément principal de système oasis, vu que sa bonne tolérance aux conditions climatiques, l'intérêt alimentaire de ses fruits et l'usage multiple de ses sous-produits [9]. On distingue les deux sexes séparément avec palmier mâles et femelles, donc le Phoenix est une plante dioïque [7].

Selon les chercheurs, le palmier dattier est une source de matières premières pour des applications industrielles [7]. C'est dans cette logique que cette étude s'inscrit.

Le palmier comporte cinq types principaux du bois, celui de folioles, du rachis, du bois de tronc, de pétioles et de la grappe [7].

Cette étude est une revue bibliographique sur le palmier dattier. La première partie est consacrée à la morphologie du palmier, les sous-produits, les fibres et les variétés du palmier. La deuxième partie est consacrée aux travaux de recherche menés par les différents chercheurs, sur le palmier dattier.

II. 3. Description morphologique du palmier dattier

Le palmier dattier est aussi "*date palm*" en anglais, "*Nakhla*" en arabe, et "*Phoenix dactylifera. L*" en latin. Ce végétal est composé en générale d'un tronc unique non ramifié possédant au sommet une couronne de feuilles. En ce qui suit on va identifier les différents types de bois constituant le palmier dattier [23] :

II. 3. 1. Les Racines

Le système racinaire du palmier dattier est fasciculaire, les racines ne se ramifient pas et n'ont relativement que peu de radicelles. Le bulbe ou plateau racinal est volumineux et émerge en partie au-dessus du niveau du sol. Le système présent quatre zones d'enracinement [2] :

- **Zone 1** : Ce sont les racines respiratoires, localisées à moins de 0,25 m de profondeur qui peuvent émerger sur le sol.

- **Zone 2** : Ce sont les racines de nutrition, allant de 0,30 à 0,40 m de profondeur

- **Zone 3** : Ce sont les racines d'absorption qui peuvent rejoindre le niveau phréatique à une profondeur varie d'un mètre à 1,8 m.

- **Zone 4** : Ce sont les racines d'absorption de profondeur, elles sont caractérisées par un géotropisme positif très accentué. La profondeur des racines peut atteindre 20 m, (la figure II.1)

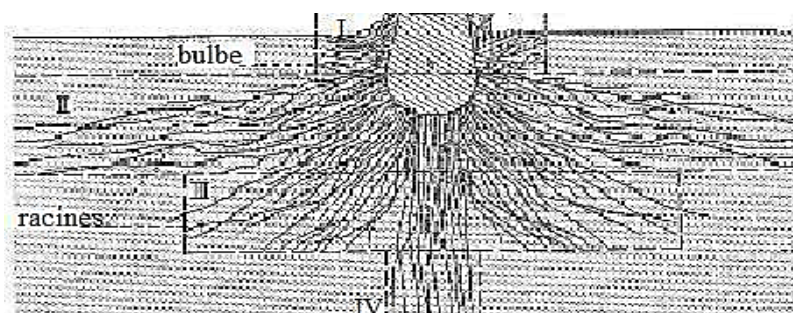


Figure II. 1. Les quatre zones des racines de palmier

II. 3. 2. Le Tronc

C'est aussi "*the Trunk*" ou "*the stem*" en anglais et "*Elgidhea*" en arabe. C'est un stipe généralement cylindrique, de 1 à 30 m de hauteur, très garni en lifs. Son diamètre est de 45 à 55 cm, son élongation s'effectue dans sa partie coronaire par le bourgeon terminal ou phyllophore [3]. Il reste couvert pendant de nombreuses années des bases foliaires des anciennes feuilles desséchées qui finissent par tomber.

II. 3. 3. Fibrillium

"*Fibrillum*" la même appellation est utilisé en Anglais, on l'appelle aussi fibres de surface de palmier dattier et "*Lif*" en Arabe. Le Fibrillum est la gaine de fibres qui entourent le stipe entre les bases des palmes. Il est constitué de la superposition de trois treillis, et a forme d'une plaque presque rectangulaire de longueur 300-500 mm et de largeur de 200-300 mm Le rôle écologique des fibres de surface de palmier est de renforcer le tronc et le protéger contre les chocs extérieurs et la chaleur du désert. Pendant l'entretien annuel des palmiers, chaque palmier peut se débarrasser d'environ 3 kg de Fibrillum [10].



Figure II. 2. Le Fibrillum et son emplacement dans le palmier.

II. 3. 4. La Couronne

L'ensemble des palmes vertes forment la couronne ou la frondaison du palmier dattier. On dénombre de 50 à 200 palmes chez un palmier dattier adulte [11]. Elles sont émises par le bourgeon terminal ou "phyllophore", pour cela, on distingue : la couronne basale formée par les palmes âgées, la couronne centrale formée par les palmes adultes et les palmes du cœur qui sont les palmes non ouvertes et les palmes n'ayant pas encore leurs tailles définitives [12]



Figure II. 3. La couronne du palmier

II. 3. 5. La Palme

La palme ou "*Palm*" en Anglais, "*Djérida*" en Arabe est une feuille pennée garnies des folioles régulièrement disposées en position oblique le long de la partie supérieure du rachis. Les segments inférieurs sont transformés en épines, plus ou moins nombreuses, et plus ou moins longues. Le nombre des palmes varie entre 30 et 150 palmes, disposées en spirale d'une longueur qui atteint 350 à 450 mm. Le palmier produit de 10 à 20 palmes par an selon les variétés et le mode de culture. Ces dernières vivent et demeurent vertes de 3 à 7 ans avant qu'elles deviennent sèches et inclinées puis elles seraient ôtées par taillage [12]

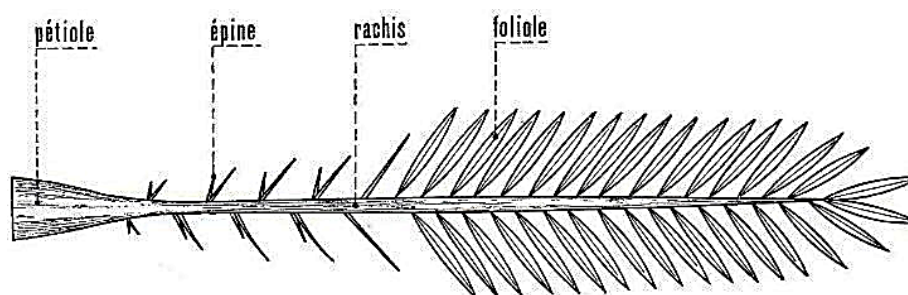


Figure II. 4. Schéma d'une palme [13]

II. 3. 6. Le Pétiole

Le pétiole ou "*Petiole*" en Anglais et "*Cornaq*" en Arabe. C'est la partie de la palme enfuie dans le Fibrillium, il est généralement large, son diamètre longitudinal atteint 30 cm, et sa longueur varie entre 25 et 50 cm selon l'espèce de palmier. Le pétiole contribue avec le Fibrillium dans le renforcement et la protection du tronc contre l'endommagement causés par

les animaux, les chocs extérieurs, et contre le climat difficile [14].



Figure II. 5. Des pétioles sec

II. 3. 7. Le Rachis

Le Rachis est "*Rachis*" en Anglais et "*Nasle*" en Arabe. C'est le bois de la partie épineux de la palme, il se situe entre la partie de foliole et la partie de pétiole. C'est un bois dur et dense par rapport au bois des autres deux parties. Il a une forme semi-cylindrique d'un diamètre qui peut atteindre 7cm et une longueur variée dans les palmes adultes entre 9 et 135.



Figure II. 6. Le Rachis

II. 3. 8. Les Epines

Les épines ou "*Thorns*" en Anglais et "*Chouques*" ou encore "*Sreb*" en Arabe. Les épines poussent sur les deux côtés du Rachis pour se déchirent par la suite en folioles, elles occupent d'environ 28% de longueur totale de la palme. La longueur des épines peut atteindre une valeur maximale de 24 cm par contre leur épaisseur ne dépasse pas 1cm. On nombre de 10 à 60 épines dans la palme distribuées individuellement ou dans des groupes de deux ou trois épines [14].



Figure II. 7. Les Epines

II. 3. 9. Les Foliolles

Les Foliolles ou "*Leaflets*" en Anglais et "*Saâf*" en Arabe. Les folioles sont les petites feuilles dispersées sur les deux côtés de palme. Elles ont un épiderme recouvert d'un enduit cireux et une forme pointue aux extrémités. L'adhérence avec la palme se fait sous différents angles selon la variété du palmier. La partie occupée par les folioles représente 65% de longueur totale de la palme, elle contient des folioles individuelles et des folioles regroupés en deux, trois, quatre ou en cinq. La longueur des folioles et leur largeur dépendent de la variété du palmier et de l'entretien qu'il a subi et des conditions environnementales. Les folioles peuvent avoir une longueur qui variée entre 15 et 85 cm et sa largeur entre 1 et 6 cm. Par contre le nombre de folioles dans une palme varie entre 120 et 240 selon la taille et la maturité de la palme [12, 14].



Figure II. 8. Les Foliolles

II. 3. 10. Les Spathes

La Spathe ou "*Spathe*" en Anglais et "*Eldjof*" en Arabe. C'est une enveloppe qui recouvre une inflorescence avant son développement et qui se déchire automatiquement pendant la maturation. La spathe est de forme lenticulaire aplatie aux extrémités. Sa surface extérieure est brune, ferme et polie, et celle de l'intérieure est jaune et très lisse. La spathe femelle diffère de la spathe male ; elle est plus longue et plus large que celui du male. Donc, on trouve des spathes mesurant de 25 à 100 cm de longueur. Généralement, le palmier male "*Dokkar*" produit des spathes plus que le palmier femelle "*Nakhla*", il donne de 10 à 30 spathes

par ans par contre la femelle ne donne que 6 à 18 spathes par ans et parfois elle ne donne rien durant l'année [12, 10, 15].

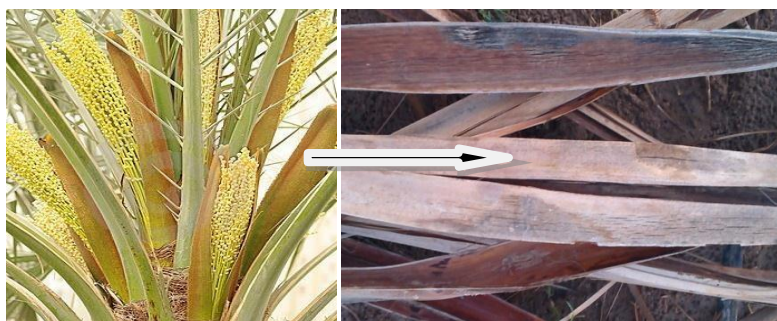


Figure II. 9. Les Spathes

II. 3. 11. Les Grappes

La Grappe ou le régime est "*Bunch*" en Anglais et "*Ardjoune*" ou "*Adhak*" en Arabe. Il est constitué par une tige principale qui se ramifie en pédicelles. Sur le même régime, la maturation des fruits est échelonnée. Le palmier émet 6 à 20 grappes mesurant de 25 à 200 cm de longueur et 4 à 8 cm de largeur. Le nombre de fleurs est de 20 à 60 par épillet donnant par la suite 20 à 60 fruits [15].

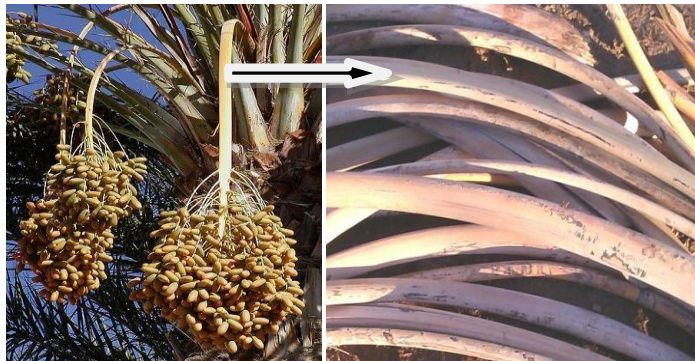


Figure II. 10. Les Grappes

II. 3. 12. Les Pédicelles

Les Pédicelles sont "*Pedicels*" en Anglais et "*Chamarikh*" en Arabe. Ils sont un ensemble des pédicules provenant du même régime, ils sont constitués de deux parties ; une partie supérieure lisse et droite et une partie inférieure sinueuse sur laquelle les dattes sont alignées. Chaque grappe donne de 20 à 150 pédicelles mesurant de 10 à 100 cm [10, 15].



Figure II. 11. Les Pédicelles rejetées après la récolte des dattes

II. 4. Propriétés du bois de palmier dattier

II. 4. 1. Propriétés Morphologiques

Les coupes transversales du bois de différentes parties de palmier dattier rapportées dans la littérature [16] montrent qu'il y a une différence entre les diamètres de lumen des parties de bois étudiées (figure II. 12). Néanmoins, elles représentent la même texture et la même structure interne. En effet, la structure est poreuse formant des vaisseaux conducteurs de l'eau et d'autres liquides. Ce sont de longs tubes, dont la paroi intérieure présente des épaissements qui vont entraîner la formation des disques ou des rainures de dispositions variées (figure 12 (a)). Ces tubes sont supposés être responsables du pouvoir hydrophile des fibres végétales [18].

La morphologie des fibres de fibrillium a été étudiée par plusieurs auteurs [18]. Sa longueur varie entre 100 et 500 mm tandis que son diamètre varie entre 0,1 et 1 mm ce sont des fibres larges par rapport aux autres fibres végétales. Elles sont constituées de plusieurs fibres multicellulaires, chaque fibre multicellulaire contient un lumen central de diamètre 2-5 μm . Ceci justifie le rôle important joué par ce type de fibre pour protéger le tronc de la chaleur extérieure [15, 14]. En comparant la longueur moyenne des fibres du tronc, du rachis et de pétiole (figure 13), les fibres de tronc sont les plus longues et les fibres de pétiole sont les plus courtes. De même, le diamètre des fibres du tronc est plus large que celui des fibres de pétiole (quatre fois plus large). Dans un autre lieu, lorsqu'on le compare avec le diamètre des fibres de folioles, on trouve qu'il est plus de 4 fois plus large [17]. Cette différence en taille revient certainement à la nature de fonction de chaque organe dans le palmier dattier.

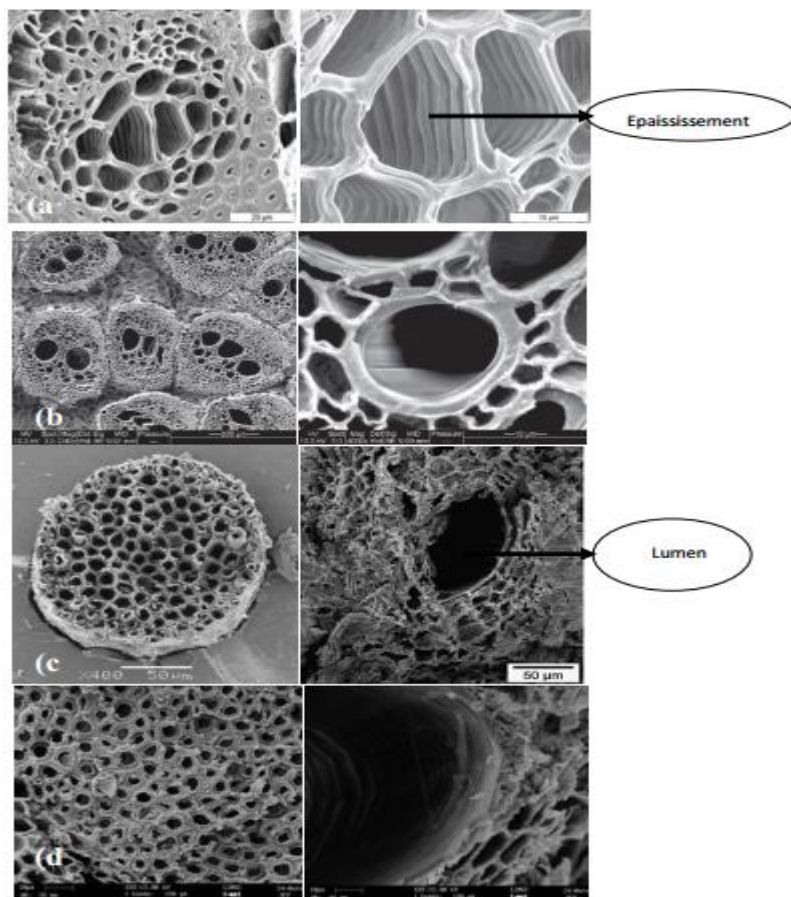


Figure II. 12. Micrographie d'une coupe transversale du bois de différentes parties de palmier dattier.

(a) Bois de foliole [17], (b) bois de rachis, (c) fibrillium, (d) bois de pétiole.

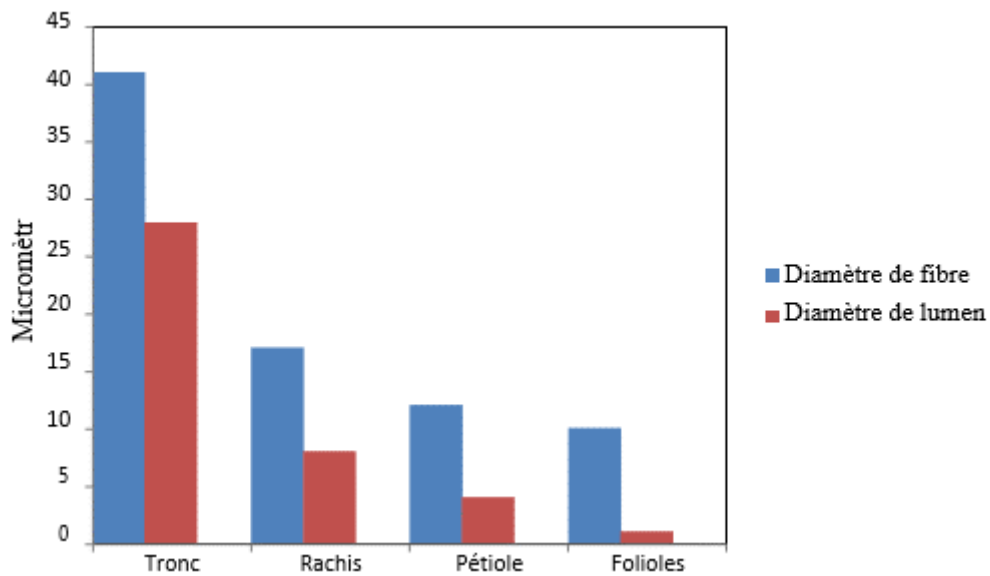


Figure II. 13 : Comparaison des paramètres structuraux des fibres de palmier dattier

II. 4. 2. Propriétés chimiques

Le bois de palmier dattier comme les autres fibres végétales est constituées de trois composants majoritaires : la cellulose, les hémicelluloses et la lignine. Le reste de la composition comprend les extractibles, les hydrosolubles et les cendres (matière minérale) [17]. Les teneurs en cellulose, hémicellulose et en lignine du bois de palmier dattier varient d'une variété à l'autre et dans la même variété elles dépendent de l'organe, de l'âge et de l'environnement de croissance du palmier dattier [19]. Toutefois, les proportions de chaque constituant rapportées dans la plupart des études concernant le même organe ne sont pas trop différentes. Le bois de palmier est très riche en lignine. Le taux moyen est de l'ordre de 27%, celui de cellulose est de l'ordre de 37% et celui de l'hémicellulose est de l'ordre de 28% [19].

II. 4. 3. Propriétés mécaniques

Le comportement mécanique du bois de palmiers dattiers et généralement celui des fibres végétales est fortement dépendant de plusieurs paramètres à savoir les constituants microstructuraux, les conditions de croissance, l'âge de la plante, la longueur et le diamètre de l'échantillon, les conditions de test comme la température, l'humidité de milieu, le temps de l'expérience, et la vitesse de test [21]. En fait, cette corrélation est certainement l'origine de la variation et de la dispersion des données expérimentales des propriétés mécaniques du bois de palmier dattier rapportées dans la littérature pour le même type de bois. Probablement c'est la raison pour laquelle il n'y a pas suffisamment de données expérimentales dans la littérature concernant le comportement mécanique de ce type de bois. Néanmoins, d'après ce qui est disponible comme résultats dans la littérature.

Les propriétés mécaniques du bois du palmier apparaissent faibles devant celles des fibres conventionnelles comme les fibres de verre et de carbone et celles de la plupart des fibres végétales usuelles, mais elles sont comparables à celles des fibres de coco (tableau 14).

En outre, L'étude expérimentale réalisée sur les fibres de fibrillium. Montre que l'humidité augmente légèrement la résistance et l'allongement à la rupture des fibres de palmier dattier. Par contre, elle diminue la valeur du module d'élasticité par rapport à son état sec. Cette étude montre également que la résistance à la traction et l'allongement à la rupture de ces fibres dépendent sensiblement de leur longueur, les fibres longues diminuent la résistance à la traction mais augmente le module d'Young. Cela pourrait être dû à l'homogénéité ou à la déféctuosité de la fibre. Par ailleurs, l'étude faite sur le même type de fibre à propos de l'influence du diamètre de la fibre sur le comportement mécanique de celle-ci, indique une diminution du module de Young en fonction de l'augmentation du diamètre (figure II. 18). Ceci étant dû à l'augmentation de la surface du lumen de la fibre. Même résultats ont été illustrés dans d'autres

travaux concernant les fibres naturelles de lin et d'abaca].

D'un autre côté, le travail effectué sur le bois de rachis déterminant ses propriétés mécaniques, montre qu'il y a une différence notable entre les propriétés mécaniques des fibres de la paroi du bois et celles du cœur. Il a trouvé que la résistance à la traction des fibres extraites de la surface du bois variée entre 116 à 208 N/mm². Tandis que celle extraites de l'intérieur du bois est près de moitié de celle de surface, le module d'élasticité du bois se trouve entre 10 et 30 KN/mm².

Par ailleurs, Les auteurs de la référence ont montré que les propriétés mécaniques de bois de palmier dattier peuvent s'améliorer en effectuant un traitement chimique sur le bois. Les résultats des propriétés mécaniques du bois de fibrillium avant et après le traitement chimique avec différentes concentrations de NaOH sont présentés dans la figure 15. L'amélioration de la résistance à la traction du bois du palmier dattier a été observée lorsque le traitement chimique a été appliqué. La résistance maximale a été observée à la valeur 1% de NaOH, elle diminue par la suite avec l'augmentation de la concentration de NaOH.

De même les résultats rapportés dans la référence montrent que le traitement chimique par NaOH de concentration 1 et 2% pendant des durées d'immersions de 48 et 72 h améliore les propriétés mécaniques du bois de grappe. Les valeurs optimisées ont été identifiées par 2% de concentration de NaOH pendant 48h d'immersion.

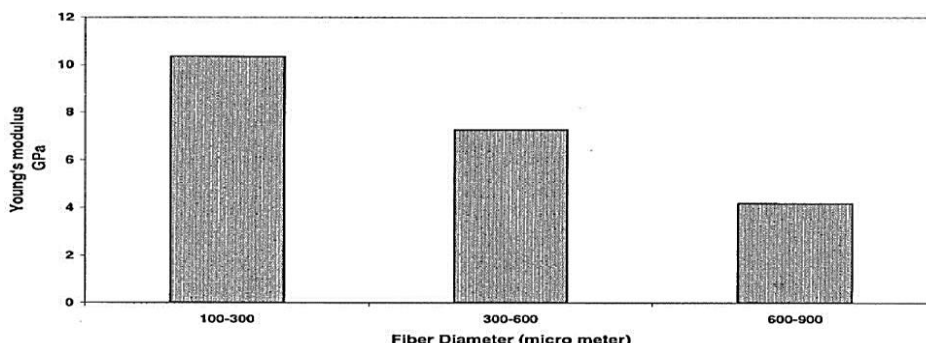


Figure II. 14. la valeur du module de Young des fibres de palmier dattier en fonction du diamètre de fibre

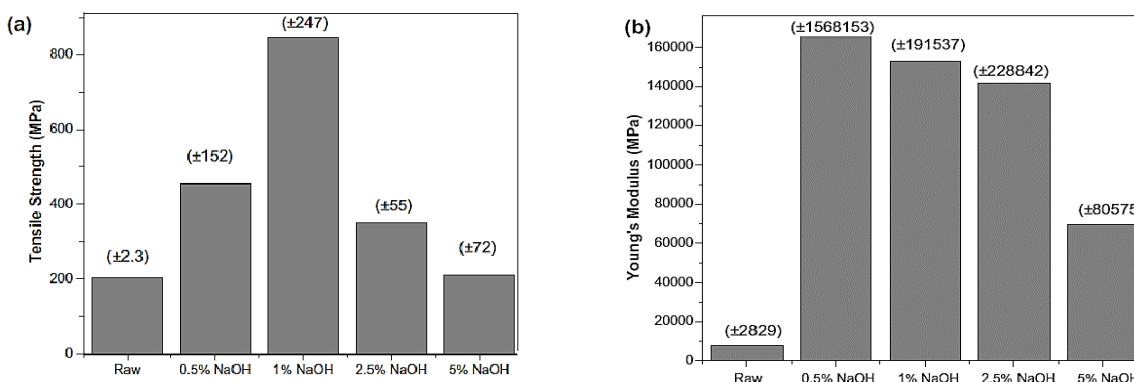


Figure II. 15 : L'effet du traitement par le NaOH sur (a) La résistance à la traction, (b) Le module de Young du bois de palmier dattier

Tableau II. 1. Propriétés mécaniques en traction du bois de palmier dattier en comparaison aux autres fibres naturelles et aux fibres de renfort conventionnelles [21].

Matière végétale	Densité (g/cm ³)	Allongement (%)	Résistance en traction (MPa)	Module d'élasticité (GPa)
Cotton	1.5-1.6	7.0-8.0	287-597	5.5-12.6
Jute	1.3	1.5-1.8	393-773	26.5
Flax	1.5	2.7-3.2	345-1035	26.7
Chanvre	1.4	1.6	900-1080	10-25
Ramie	-	3.6-3.8	400-938	61.4- 128
Sisal	1.5	2.0-2.5	511-635	9.4-22.0
Coco	1.2	30.0	150-175	4.0-6.0
E-verre	2.5	2.5	2000-3500	70.0
Carbone	1.4	1.4-1.8	4000	230.0-240.0
Fibrillium [21]	1.3–1.45	16	170	4.74
Fibrillium [22]	0.9 –1.5	5-10	170–275	5-12
Fibrillium [42]	-	5–10	58–203	2–7.5
Pétiole [41]	-	3.39	0.73	0.23
Pétiole [27]	-	3.25	50	3
Folioles [40]	0.91	4-5	210	5.2

II. 4. 4. Propriétés physiques

Les propriétés physiques du bois de palmier dattier ne se diffèrent pas trop lorsqu'elles sont déterminées dans des variétés différentes, ou à l'intérieur de la même variété. Les résultats expérimentaux des masses volumiques mesurés pour quelques types de bois de palmier dattier à savoir : le bois de grappe, de tronc et de pétiole provenant de différentes variétés (la variété de Deglet-Noor, la variété de Mech-deglet et la variété d'Elghers), ont montré que le bois de pétiole présente la masse volumique la plus faible parmi les fibres des autres parties pour toutes les variétés étudiées. En revanche, La masse volumique de tronc de variété Deglet-Noor est la plus élevée. Ils ont montré également que la masse volumique de la grappe est proche de celle du tronc pour les variétés Ftimi et Rtoub et elle est d'environ une fois et demie plus importante que celle de pétiole [18].

Dans un autre lieu. Les résultats obtenus pour le bois de fibrillium extrait des quatre variétés de palmiers dattier (la variété de Dokar, de L'Elgars, de Deglet-Noor, et de Deglet-Bida), ont montré des propriétés physiques très voisines quelle que soit la variété étudiée. La

masse volumique variée entre 512,21 kg /m³ et 1088,81 kg /m³ et la porosité et de l'ordre de 35%. Bien qu'il ait été noté que le taux d'absorption du bois de Dokar et d'Elgers est relativement supérieur à celui du bois de Deglet-Noor, et de Deglet-Bida, le taux d'absorption à la saturation des quatre types du bois est de l'ordre de 132,5%, il se situe entre le taux des fibres de sisal (230%) et celui des fibres de coco (100%).

II. 4. 5. Propriétés thermiques et diélectriques

La conductivité thermique du bois de palmier dattier a été mesurée pour la première fois en 1988 pour le bois folioles [22], les résultats ont révélé des valeurs de conductivité faibles comprises entre 0,122 et 0,210 W/m°C. Les valeurs sont très proches de la conductivité thermique du bois (0,12 - 0,16 W/mC) [48] ce qui fait de ce type de bois un candidat prometteur dans la production des matériaux isolants. Les propriétés thermiques, et diélectriques du bois de pétiole, de grappe, et de tronc issu de différentes variétés de palmier dattier ont été également étudiées par la suite. Les résultats expérimentaux indiquent qu'il n'y a pas une différence entre la conductivité thermique mesurée dans le sens horizontal et celle mesurée dans le sens vertical aux fibres du bois de pétiole de la variété Deglet-nour. Cette dernière qui vaut environ 0.08 W/m°C est supérieure à celle de grappe et de pétiole des autres variétés, mais elle est inférieure à celle du tronc quel que soit la variété du palmier dattier étudiée (figure II. 20). En outre, les résultats ont montré que la permittivité diélectrique, des parties de palmier cités au-dessus variée légèrement d'une partie à l'autre et d'une variété à l'autre de palmier dattier, bien qu'il soit clair que la permittivité de pétiole provenant de la variété Mech-deglet est relativement supérieure. Ceci revient à la différence de taux d'humidité dans les différents matériaux étudiés.

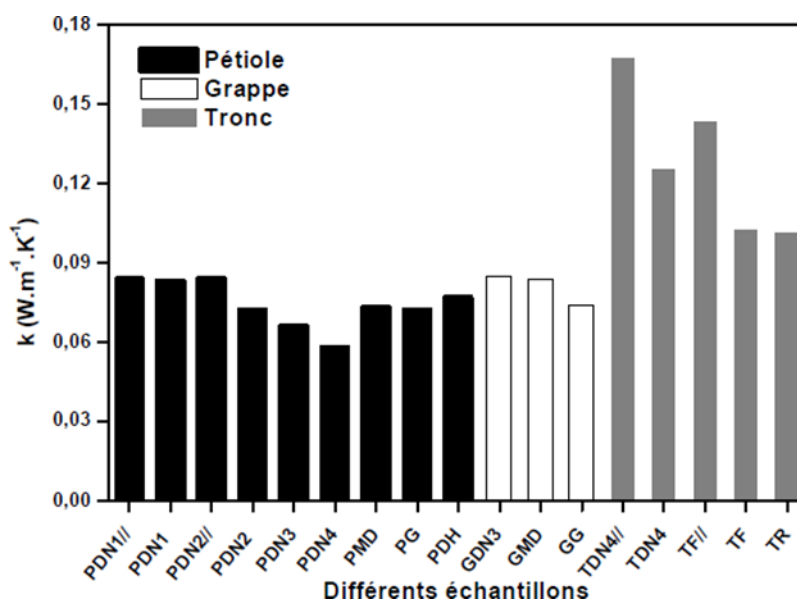


Figure II. 16. La conductivité thermique de différentes parties de palmier dattier.

II. 5. Sous-produits de palmier dattier

II. 5. 1. Sous-produits de palmier dattier et leurs applications

Le palmier dattier est une source importante des autres sous-produits exploités par la production saharienne, hors de sa production de dattes pour l'alimentation humaine, tel que [24]. Par fermentation microbiologiques des dates communes, on trouve le vinaigre, l'alcool et les levures,

- Farine de dattes utilisées dans la panification,
- Par extraction il existe le jus de dattes, utilisé comme sucrerie,
- Tronc d'arbre, exploité classiquement dans la menuiserie, bois de chauffage et charpentes de bâtiments,
- Pour les clôtures, brises vent, dans la confection de couffins et de chapeau, les palmes sèches sont employées, celles-ci peuvent même servir en industrie de papier,
- Les régimes de dattes, comme balais traditionnels ou comme bois de chauffage.
- Le Liffe pour la fabrication des semelles de sandales,
- Boisson demandée certainement par la population locale, le lagmi, c'est la sève qui circule dans le stipe.
-

II. 5. 2. Estimation du tonnage du palmier dattier et de leurs sous-produits

Nous comptons plus de 100 millions de palmiers dattiers dans le monde selon [25]. Chaque année, les palmes sont enlevées sèches et fraîches. Leur estimation annuelle est de l'ordre de 1 130 000 tonnes de palmes découpées.

En Algérie, il existe plus de 10 millions arbres de palmier dattier, [24], avec plus de 800 variétés de dattes [25]. La partie consommable des palmes sèches est évaluée environ de 135 10³ tonnes de palmes sèches / an, on estime aussi que les pédicelles de dattes sont d'environ de 5 10³ tonnes de pédicelles / an, avec 67500 tonnes de déchets de dattes [24].

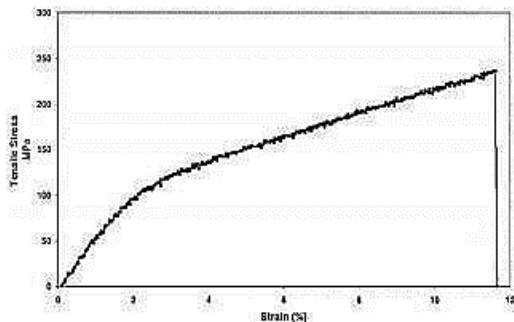
II. 6. Les travaux réalisés sur les fibres du palmier dattier

A titre d'exemple, on cite quelques travaux qui sont en relation étroite avec notre étude :

- Dans le travail d'Al-Kaabi et al, les fibres naturelles extraites du palmier dattier (Mat naturel) ont été utilisées comme renfort pour des composites à matrice polymère. Des échantillons de polyester ont été soumis à de divers types de tests mécaniques (flexion 3- points,

essai d'impact "Charpy") et physiques pour avoir l'effet de la longueur et l'état de la surface des fibres sur les propriétés mécaniques. Les résultats obtenus montrent que ces fibres peuvent donner des propriétés raisonnables et pourraient être utilisées pour des applications à faible coût qui exigent peu de force moyenne.

- Taha et al [27], ont présenté une étude expérimentale qui permet de déterminer les propriétés mécaniques des fibres qui sont extraites de la tige spadice de palmier dattier DPS



De la région Ezbet El-Nakhl en Egypte. Ces tiges sont ensuite divisées en fibres longues de 50 cm avant de subir un traitement chimique par l'hydroxyde de sodium (NaOH) avec des concentrations de 2 et 5% avec des durées de traitement de 2, 4, 6 et 24 heures à une température

de 23°C. Les meilleurs résultats sont obtenus avec une solution de NaOH de concentration de 2% pendant une durée de traitement de 2 heures. Les valeurs de la contrainte à la rupture des fibres traitées et non traitées sont respectivement de l'ordre de 400 et 600 MPa, ce qui représente une augmentation de 50%.

- Al-Khanbashi et al. [26] ont présenté une étude expérimentale des fibres de palmier dattier sollicitées en traction, les fibres ont été traitées avec une solution de NaOH ayant une concentration de 5% pendant les durées de (1, 2 et 3h) à une température de 100°C. Les résultats de ces travaux montrent que la résistance moyenne à la rupture est égale à 275MPa (figure II. 17). Figure II. 20. b montre l'effet du diamètre de la fibre sur le module de Young, les valeurs trouvées varient entre 5 à 12 GPa.

Le traitement avec une concentration de 5% de NaOH à 100°C pour une durée de 2h a amélioré la contrainte à la rupture de 45% (figure II. 18). Les résultats de ces travaux montrent que les fibres de palmier dattier sont comparables à d'autres fibres naturelles utilisées comme renfort à matrice polymère. Elles sont principalement constituées de 46% de cellulose, 20% de lignine et 18% de hémicelluloses.

Figure II. 17. (a) courbe moyenne contrainte-déformation des DPF (b) Le module d'Young du DPF en fonction du diamètre de la fibre.

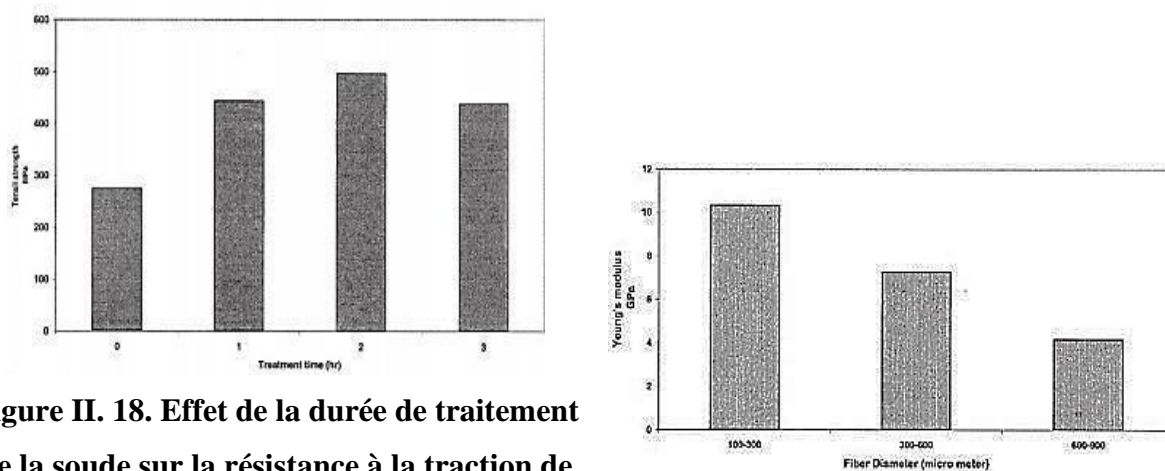


Figure II. 18. Effet de la durée de traitement de la soude sur la résistance à la traction de DPF (5% de solution de NaOH à 100 °C).

• Alawar et al. [28] ont déterminé les propriétés mécaniques, des fibres de surface du tronc de palmier dattier, avant et après le traitement chimique avec différentes concentrations de NaOH soit : 0,5%, 1%, 1,5%, 2,5% et 5% pendant une durée d'une heure à une température de 100°C. Les résultats obtenus (Figure II. 19) sont très positifs et montrent bien l'amélioration de la résistance à la traction des fibres du palmier dattier traitées chimiquement pour différentes concentrations de NaOH.

La résistance maximale en traction a été obtenue pour un traitement avec une concentration de 1% de NaOH où la contrainte maximale obtenue est de l'ordre de 4 fois plus importante que dans le cas des fibres non traitées mais avec une dispersion beaucoup plus importante.

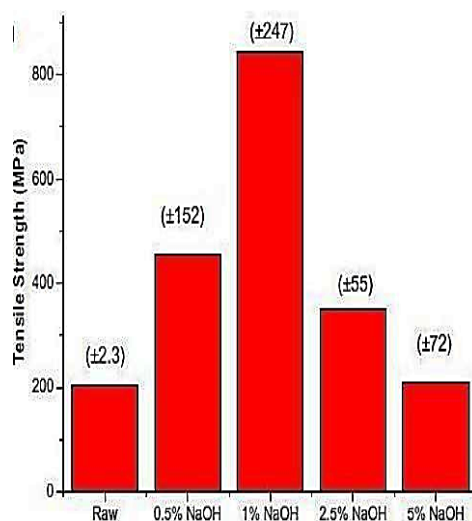


Figure II. 19 : Propriétés mécaniques pour certaines fibres végétales.

- Agoudjil et al. [29], présentent les résultats d'une étude expérimentale de trois variétés de bois de palmier dattier (*Phoenixdactylifera L.*). Cette étude a pour objectif la caractérisation de différents échantillons de parties renouvelables de bois de palmier provenant de l'oasis de Biskra (Algérie), en vue de l'utiliser dans des matériaux isolants. Les résultats de ce travail expérimental ont montré que les parties renouvelables du palmier dattier (pétiole et grappe) constituent un bon isolant thermique présentant une faible masse volumique.

II. 7. CONCLUSION

D'après l'étude bibliographique faite sur les fibres naturelles et plus particulièrement ceux issues des plantes (végétales), les principales conclusions peuvent :

Les palmiers dattiers possèdent cinq types de fibres à savoir : fibres de bois du tronc ; fibres de tige au niveau des tiges des pédoncules et du support dattier (grappe) ; fibres de feuilles au niveau des pédoncules ; fibres de surface autour de son tronc ou de base de palmes (pétiole) et fibres de liffe.

Les fibres de palmier dattier ayant des propriétés mécaniques et thermiques significatifs et leurs propriétés varient selon la variété du palmier. En plus, les fibres végétales possèdent une structure poreuse capable d'absorber une grande quantité d'eau. L'incorporation de fibres de palmier dans les matrices thermoplastiques ou thermodurcissables peut améliorer les propriétés mécaniques du matériau.

Références bibliographiques

- [1] **yhaM. Walid Azier.** Etude comparative de trois pieds mâles de palmier dattier (*Phoenix dactylifera L.*) et l'impact de leurs pollens sur quelques caractéristiques physico- chimiques des dattes, dans la région d'El Maleh (Biskra). Mémoire d'ingénieur d'état en Agronomie à l'université de Biskra, **2007**.
- [2] **M. Djerbi.** le précis de la phéniciculture. F. A. O., Tunis, 192p, **1995**.
- [3] **P. Munier.** Le palmier dattier. G. P. Maisonneuve et Larose, Paris, 221 p, **1973**.
- [4] **M. Ouinten.** le palmier dattier dans le système oasisien. **1995**.
- [5] **A. Chevaliert.** [Revue internationale de botanique appliquée et d'agriculture tropicale](#). 32, **1952**, [355](#), 205-236.

- [6] **M. Djerbi**. Les maladies du palmier dattier. Projet regional de lutte contre le bayoud. F.A.O, (Rab/84/058) Alger, 125 p, **1998**.
- [7] **P. Navi and F. Heger**, Comportement thermo-hydrromécanique du bois: applications technologiques et dans les structures: PPUR presses polytechniques, 2005.
- [8] **A. Chehma, H. Longo**, "Valorisation des Sous-Produits du Palmier Dattier en Vue de leur Utilisation en Alimentation du Bétail," Rev. Energ. Ren. : Production et Valorisation – Biomasse, pp. 59-64, 2001.
- [9] **K. Bousdira**, "Contribution à la connaissance de la biodiversité du palmier dattier pour une meilleure gestion et une valorisation de la biomasse: caractérisation morphologique et biochimique des dattes des cultivars les plus connus de la région de Mzab, classification et évaluation de la qualité," Thèse de magistère, Université de Boumerdes, 2006, pp. 186.
- [10] **F.H. Ahmed Ali**. Palmier dattier: arbre de la vie entre le passé, le présent et le futur. Partie 1, **2005**, Ed, Dare el arabia, Kairo, Egypt, 14519/ ISBN977-258-197-3
- [11] **G. Peyron**. Cultivar le palmier dattier.C.I.R.A.D, Montpellier, France, 110p, **2000**
- [12] **M. Walid Azier**. Etude comparative de trois pieds mâles de palmier dattier (Phoenix dactylifera L.) et l'impact de leurs pollens sur quelques caractéristiques physico- chimiques des dattes, dans la région d'El Maleh (Biskra). Mémoire d'ingénieur d'état en Agronomie à l'université de Biskra, **2007**
- [13] **P. Munier**. Le palmier dattier. G. P. Maisonneuve et Larose, Paris, 221 p, **1973**.
- [14] **F H. Ahmed Ali**. Palmier dattier : arbre de la vie entre le passé, le présent et le futur. Partie 2, **2005**, Ed, Dare el arabia, Kairo, Egypt 14517/ ISBN977-258-196-5.
- [15] **G. Peyron**. Cultivar le palmier dattier.C.I.R.A.D, Montpellier, France, 110p, **2000**
- [16] **V. Medoc, R. Pereira**. Valorisation des particules de bois issues d'un palmier dans une matrice cimentaire. Projet de fin d'études, Université de Cergy Pontoise, **2011**.
- [17] **D. Sibih**, Matériaux composites à matrice époxyde chargée par des fibres de palmier dattier : effet de l'oxydation au tempo sur les fibres. Thèse doctorat, INSA De Lyon **2011**.
- [18] **A. Kriker, A. Bali, G. Debicki, M. Bouziane, M. Chabannet**. Durability of date palm fibers and their use as reinforcement in hot dry climates. Cement & Concrete Composites 30 (7), **2008**, 639–648.
- [19] **H. Ammar, M. Abid, S. Abid**. Cellulose fibers obtained by organosolv process from date palm rachis (Phoenix dactylifera L.). Mater Sci Eng; 11, **2012**: 012002.
- [20] **A. Alawar, A. M. Hamed, K. Al-Kaabi**. Characterization of treated date palm tree fiber as composite reinforcement. Compos Part B; 40, **2009**, 601–606.
- [21] **A. K. Bledzki, J. Gassan**. Composites reinforced with cellulose based fibres. Progress in Polymer science, 24, 1999, 221-274.

- [22] **R. S. Al-Jurf, F. A. Ahmed, I. A. Allam, H. H. Abdel-Rehman.** Development of heat insulation material using date palm leaves. *Journal of Thermal Insulation* 11, **1988**, 158–164
- [23]. **ALMI Kenza,** Développement et caractérisation de matériaux à base du bois de palmier dattier adaptés aux applications de développement durable en Algérie. Thèse Doctorat. L'université de Biskra 2018
- [24]. **A. Chehma, H. Longo,** "Valorisation des Sous-Produits du Palmier Dattier en Vue de leur Utilisation en Alimentation du Bétail," *Rev. Energ. Ren. : Production et Valorisation – Biomasse*, pp. 59-64, 2001.
- [25]. **K. Abdelouahed,** "Caractérisation des Fibres de Palmier Dattier Et Propriétés des Bétons et Mortiers Renforcés par ces Fibres en Climat Chaud et Sec," Thèse de doctorat, ENP Alger, 2005, pp. 154
- [26] **Taha, I., Steuernagel, L., & Ziegmann, G.** (2007). Optimization of the alkali treatment process of date palm fibres for polymeric composites. *Composite Interfaces*, 14(7-9), 669- 684.
- [27] **Alawar, A., Hamed, A. M., & Al-Kaabi, K.** (2009). Characterization of treated date palm tree fiber as composite reinforcement. *Composites Part B: Engineering*, 40(7), 601-606.
- [28] **AlKaabi, K., AlKhanbashi, A., & Hammami, A.** (2005). Date palm fibers as polymeric matrix reinforcement: DPF/polyester composite properties. *Polymer composites*, 26(5), 604-613.
- [29] **B. Agoudjil, A. Benchabane, A. Boudenne, L. Ibos, M. Fois,** "Renewable materials to reduce building heat loss: Characterization of date palm wood," *Energy and Buildings*, vol. 43, pp. 491-497, 2011

Chapitre III
Etude expérimentale et
analyse

III. 1. Introduction

Ce chapitre présente l'ensemble des techniques et méthodes expérimentales de mise en œuvre pour l'extraction biologique (par rouissage d'eau) et les différents traitements des fibres extraite du *palmier dattier*. Ainsi que leur caractérisation mécanique. Nous avons aussi élaboré des composites modèles mono filaments avec trois types de résines.

III. 2. Matériaux utilisés

Dans notre expérience, nous avons utilisé des fibres extraites de *palmier dattier* et trois types de résines polymériques (Polyester, Vinylester et Epoxy)

III. 2. 1. Résines polymères

Pour les résines, le polyester et le vinylester nous ont été fournis par Maghreb pipe – M'sila et pour l'époxy est de Granitex - Alger

1. Résine polyester insaturée

Le polyester insaturé (UP) est la résine la plus répandue dans la fabrication de pièces en matériaux composites. Le terme insaturé vient du fait de son état liquide au moment de sa livraison. Il s'agit d'une résine thermodurcissable liquide, à laquelle on ajoute un durcisseur en faible proportion. Le polyester insaturé se prépare d'abord par estérification-condensation de diols ou d'époxydes pour obtenir un polyester, ce dernier est dilué dans un monomère, par exemple le styrène ; on se trouve alors en possession d'une résine de polyester insaturé. L'utilisation finale de la résine s'effectue par polymérisation, formation d'un réseau tridimensionnel (réticulation). La résine, pure ou formulée par addition de charges ou de fibres, sera polymérisée catalytiquement, thermiquement, ou par irradiation.

Tableau 3.1. Quelques propriétés de la résine polyester insaturé

Propriétés	UP
La Densité (g/cm ³)	1,4
T° d'utilisation (°C)	70-80
Elongation à la rupture (25°C)	1,5 – 2 %
T° de stabilité (°C)	220
Taux de Poisson (ν)	0,37- 0,39
Module de Young (GPa)	2 - 4,5
Température max (°C)	60-200
Module d'élasticité en flexion (GPa)	3, 670 ± 80
Module de rupture en flexion (MPa)	113 ± 11
Déformation à la rupture en flexion (%)	3,8 ± 0,6

2. Résine vinylester

Les résines vinyliques sont des colles blanches constituées de poly acétate de vinyle en solution aqueuse. Elles sont destinées à coller les matériaux hydrophiles, en particulier le bois et tous ses dérivés. Elles peuvent servir aussi à réunir des matériaux tels que le papier, le carton, et le tissu. Elles conviennent aux travaux de menuiserie intérieure et à la réparation d'objets non soumis à l'humidité. Après séchage, le film de colle devient transparent et pratiquement invisible.

Tableau 3.2. Quelques propriétés de la résine vinylique [2, 5]

Propriétés	PVA
Densité (g/cm ³)	1,19 ± 0,03
Viscosité (Poiseuille)	160 ± 40
Ph	3.0 ± 1.0
T° transition vitreuse à 22°C (°C)	30
T° d'utilisation (°C)	10 – 35
Paramètre de solubilité δ (J ^{1/2} .cm ^{-3/2})	19,1-22,6
Constante diélectrique (Farad m ⁻¹)	3,5
Indice de réfraction	1,46–1,47
Point d'ébullition (°C)	112
Ef (MPa) à 22°C	1300-2300
Conductivité thermique (w/m°C)	0.16

3. Résine Epoxy

Résines époxydes réticulables à température ambiante Résines époxydes comprenant le produit de réaction d'un mélange comprenant au moins un dérivé porteur de fonction époxy choisi dans le groupe constitué par les réactifs non biosourcés non polymères et porteurs d'au moins 3 fonctions époxy terminales et les dérivés lipidiques époxydes biosourcés, et au moins un agent de réticulation, le rapport entre le nombre de fonctions réactives de l'agent de réticulation et le nombre de fonctions époxy étant maintenu constant indépendamment de la constitution du mélange, leur procédé de fabrication et leur utilisation dans des pièces composites pour la construction mécanique ou pour le bâtiment et dans les pièces de structure

III. 2. 2. Fibres

Bois de palmier dattier

La matière ligno cellulosique utilisée comme renfort dans notre étude provient du bois de déchet de la partie renouvelable des palmiers, âgés de 40 ans de la variété Deglet-Noor. Ces derniers appartiennent à une palmeraie de la province de Biskra en Algérie. La variété Deglet-Noor constitue 61.45% du nombre total des palmiers en Algérie. Donc c'est la variété qui génère plus de déchets, c'est la raison pour laquelle on a choisi cette variété de palmier pour le prélèvement de nos échantillons. La figure III.1 est une photo du palmier dattier sur laquelle sont indiquées les différentes parties renouvelables qui constituent la source de nos particules, à savoir le Fibrillum, le Pétioles, le Rachis, les Folioles, les Epines, la Grappe, les Pédicelles, et la Spathe.

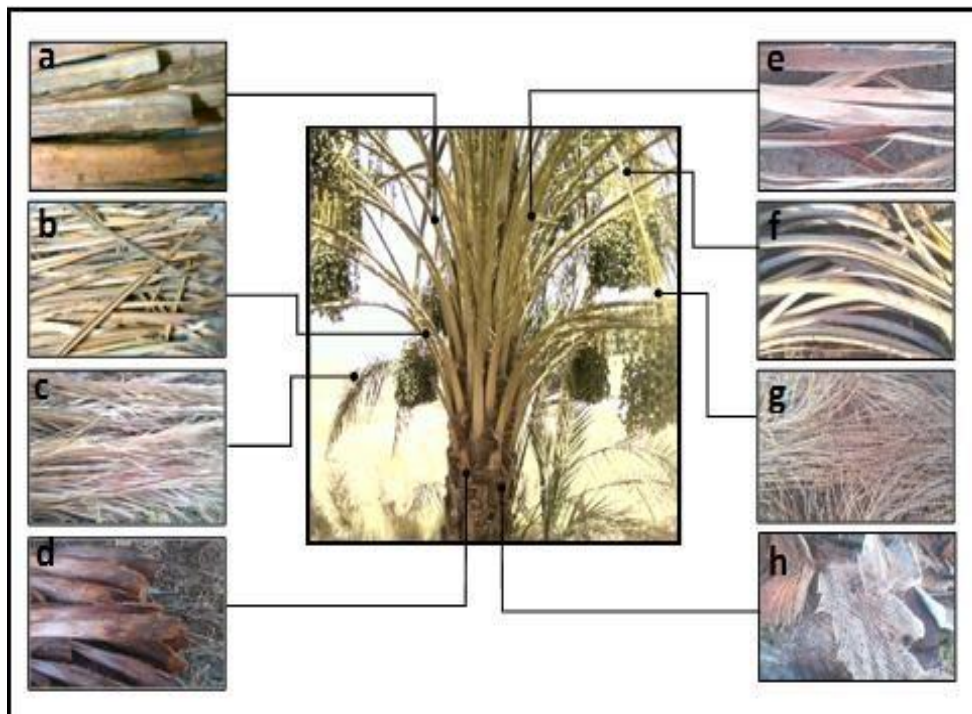


Figure III. 1 : Les différents types de bois renouvelable du palmier dattier



Figure III. 2 : Les différents types de bois constituant le déchet du palmier dattier

III. 2. 3. Produits chimiques utilisés

✓ *L'hydroxyde de sodium (NAOH) :*

Formule chimique : NaOH

Masse molaire : $M = 20.g/mol$

Pureté 99%

✓ *Permanganate de potassium*

Masse molaire : $M = 15 g/mol$

Formule : $KMnO_4$

Nom IUPAC : Potassium manganate (VII)

Densité : $1.64g/cm^3$

Etat et couleur : *cristaux violet foncé*

Point de : de fusion $240^\circ C$

III. 3. Procédure expérimentale

Notre technique expérimentale est subdivisée en plusieurs parties :

Partie 1 : la récolte et l'extraction biologique des fibres de *palmier*

Partie 2 : le traitement des fibres de *palmier* et leurs caractérisations.

Partie 3 : l'élaboration de composites modèles

III. 3. 1. Méthodes d'extraction de la fibre

Les fibres lignocellulosiques sont constituées par des micro-fibrilles et une matrice amorphe constituée de lignine et l'hémicellulose. Le but principal de l'extraction des fibres est l'élimination des liants non-cellulosiques comme les pectines, la lignine et les cires. En revanche, le taux de cellulose doit rester élevé pour obtenir des fibres les plus longues possible.

Extraction biologique (Extraction par Rouissage à l'eau)

Les parties du palmier collectées sont immergées dans un bac d'eau du robinet pendant 15 jour, les fibres se sont facilement séparées de l'herbe humide. L'étape suivante consiste au brossage mécanique puis le rinçage plusieurs fois à l'eau distillée. Les fibres obtenues ont été soigneusement nettoyées avec de l'eau distillée afin d'éliminer toute matière indésirable de la surface de la fibre. Enfin, les fibres à l'air libre puis dans une étuve à $70^\circ C$ pendant 6 h pour éliminer l'humidité. Les fibres extraites sont présentées dans la figure III. 3.



Figure III. 3. Fibres extraites

III. 3. 2. Traitements chimiques des fibres

1. Préparation des solutions chimiques

➤ Solution NaOH

Nous dissolvant de l'hydroxyde de sodium dans de l'eau distillée à l'aide d'un agitateur pour avoir une solution de NaOH avec une concentration de 3% (**Figure. III .2**)

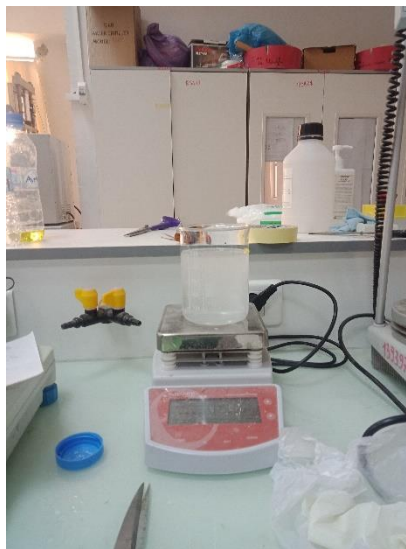


Figure. III. 4. Préparation de solution NaOH

➤ Solution de permanganate potassium :

On mesure une quantité de permanganate de potassium estimée à 90,42 grammes puis on la dissout dans de l'eau distillée à l'aide d'un moteur pour obtenir du permanganate de potassium estimé à 3% selon (figure **III. 5**)

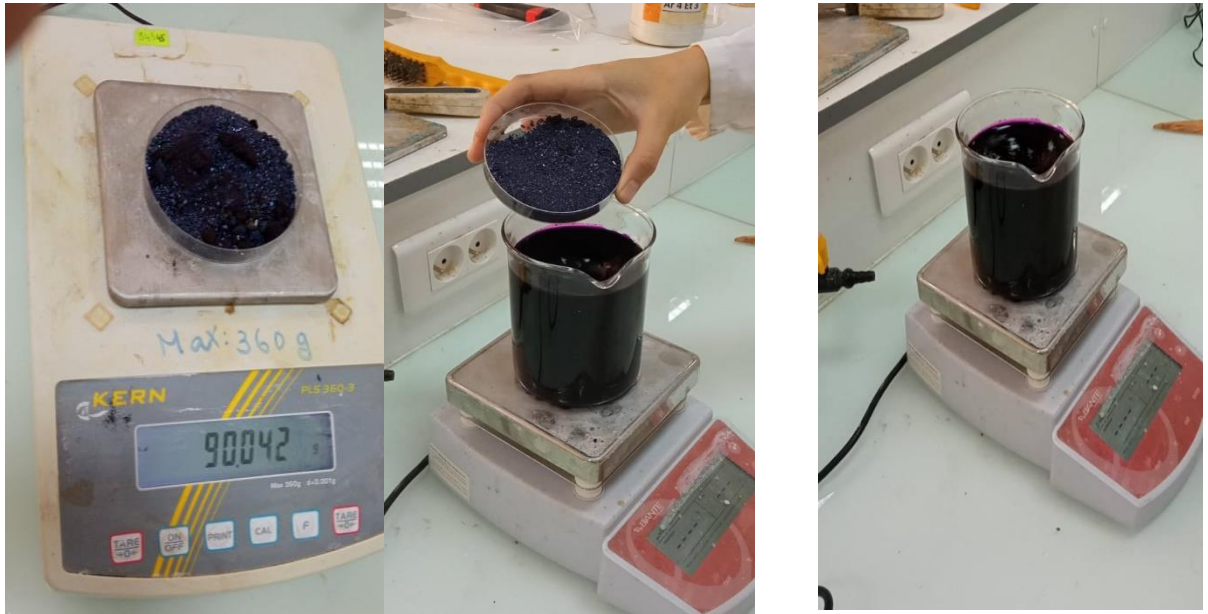


Figure. III. 5 Préparation de solution permanganate potassium

2. Traitements chimiques des fibres de palmier

En raison de la faible compatibilité entre les fibres lignocellulosiques et les matrices, il est essentiel de traiter la fibre et /ou matrice.

Le but principal des traitements de surfaces des fibres de cellulose est de leur conférer des fonctions pour les rendre hydrophobes. Donc automatiquement vont entrainer une compatibilité avec la matrice polymère, qui améliore la qualité des composites.

✚ Traitement alcalin par NaOH :

Les fibres de *palmier* ont été émergées dans une solution alcaline de NaOH avec une concentration de 3% pendant 4 heures à une température ambiante, Cette opération est suivie d'un rinçage à l'eau distillée. L'élimination et la neutralisation de la soude caustique est assurée par un traitement acide (*l'acide sulfurique 1%*) de 2 min).

✚ Traitement par permanganate potassium (KMnO₄) :

Nous avons retiré la fibre traitée avec du NaOH (3%) et l'avons traitée avec le produit permanganate potassiums pendant 3 minutes, après quoi nous avons bien rincé et lavé et mis au four pendant une demi-heure.

III. 3. 3. Elaboration des composites modèles

L'élaboration des éprouvettes du composite modèle a été réalisés au niveau de Maghreb Pipe en utilisant trois résine comme on l'ai déjà mentionné.

1. Préparation de la résine (résine polyester et vinylester et époxy)

On prend une quantité de la résine 80% selon la masse des fibres 20% et ajouter Jusqu'à 1 de catalyseur A60 avec l'agitation pendant 10 min voire les figures.



Figure. III. 6. Préparation de la résine.

2. Préparation des matériaux composites

On prend applique sur les moules une substance grasse. On place les fibres dans les moules juste au milieu, après, on verse la résine sur les fibres comme il est montré sur les figures qui ci-dessous.



Figure. III. 7. Moule pour éprouvette de traction des composites monofilaments.



Figure. III. 8. Les composites préparés.

On laisse les composites à l'air libre pendant 2 heures pour la polymérisation, ensuite on démoule les éprouvettes.



Figure. III. 9. Les éprouvettes

III. 4. Les méthodes de caractérisation :

III. 4. 1. Caractérisation physique:

1. Détermination de la densité

Pour la mesure de la densité, On a choisi la méthode du Pycnomètre. La mesure de la densité des fibres précédemment obtenues a été effectuée en utilisant un pycnomètre pour les solides d'un volume de 50 ml. Le processus de pesée a été effectué sur une balance analytique avec une résolution de 0,00001 g. L'analyse a été effectuée à 23 ° C.

Du méthanol a été utilisé comme liquide d'immersion avec une densité de 0,791 g/cm³ à 20 ° C [50]. Les fibres ont été coupées en longueurs de 5-10 mm. Ensuite, elles ont été séchées à 60°C, jusqu'à ce que la teneur en humidité soit réduite à moins de 5%.

On pèse les échantillons de fibres séchées, le pycnomètre vide, le pycnomètre rempli de fibres coupées, le pycnomètre rempli de méthanol puis le pycnomètre rempli de fibres et de méthanol.

On refait cette opération 3 fois pour chaque échantillon, les pesées sont réalisées pour chaque type de fibre.

La densité est ensuite calculée suivant la formule suivante :

$$\rho = \frac{\rho_m(m_1 - m_2)}{(m_3 - m_0) - (m_2 - m_1)}$$

Avec :

ρ_m : densité du Méthanol qui vaut 0,791g/cm³.

m_0 : masse du pycnomètre de 50 ml vide.

m_1 : masse du pycnomètre contenant 1 g de la fibre.

m_2 : masse du pycnomètre contenant 1 g de fibres et rempli jusqu'au trait de jauge méthanol.

m_3 : masse du pycnomètre rempli seulement de méthanol jusqu'au trait de jauge.



Figure. III. 10. Mesure de la densité

2. Détermination de la section des fibres

La section est calculée à partir de la masse de fibre qui a une longueur fixe qu'on a choisi ($L= 150 \text{ mm}$) et la densité. Et cela sera pour toutes les fibres des 3 échantillons. Pour la pesée de masse de la fibre, nous avons utilisé une balance numérique de 10^{-5} g ($0,0001\text{g}$) de précision.

III. 4. 2 Caractérisation mécanique :

1. Caractérisation des fibres :

Pour l'essai de traction, et vu la dispersion des résultats, chaque traitement nécessite la préparation d'au moins 25 fibres de différents diamètres. Ces fibres ont été découpées à une longueur de 150 mm, puis pesées à l'aide d'une balance analytique avec une résolution de 0,00001 g (Figure. III. 11).

On a constaté que les fibres glissent ou s'écrasent au niveau des mors de fixation. Pour en remédier à ces problèmes nous avons confectionné des échantillons sur des feuilles en carton perforées (Figure. III. 11).

Les étapes de préparation sont :

- Préparation des feuilles de supports des fibres.
- Collage des fibres sur les feuilles de supports à l'aide de la colle

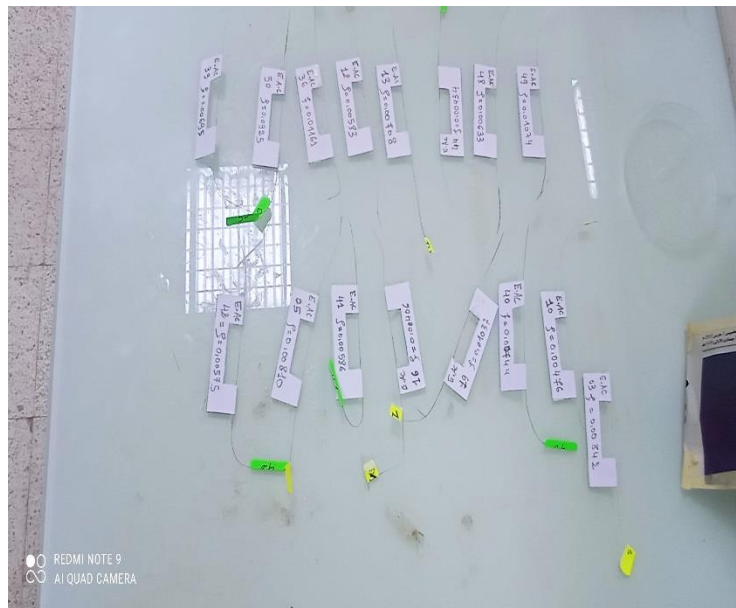


Figure. III.11 éprouvettes de traction,

Les essais de traction sur les différentes fibres étudiées sont menés sur une machine de traction. Elle est équipée d'une cellule de charge de 2.5 KN . La vitesse de la traverse mobile est de 1 mm/min . Le pilotage et l'acquisition des données sont faits par le logiciel **TESTEXPERT**. La Figure (III. 10) présente la fixation des éprouvettes.

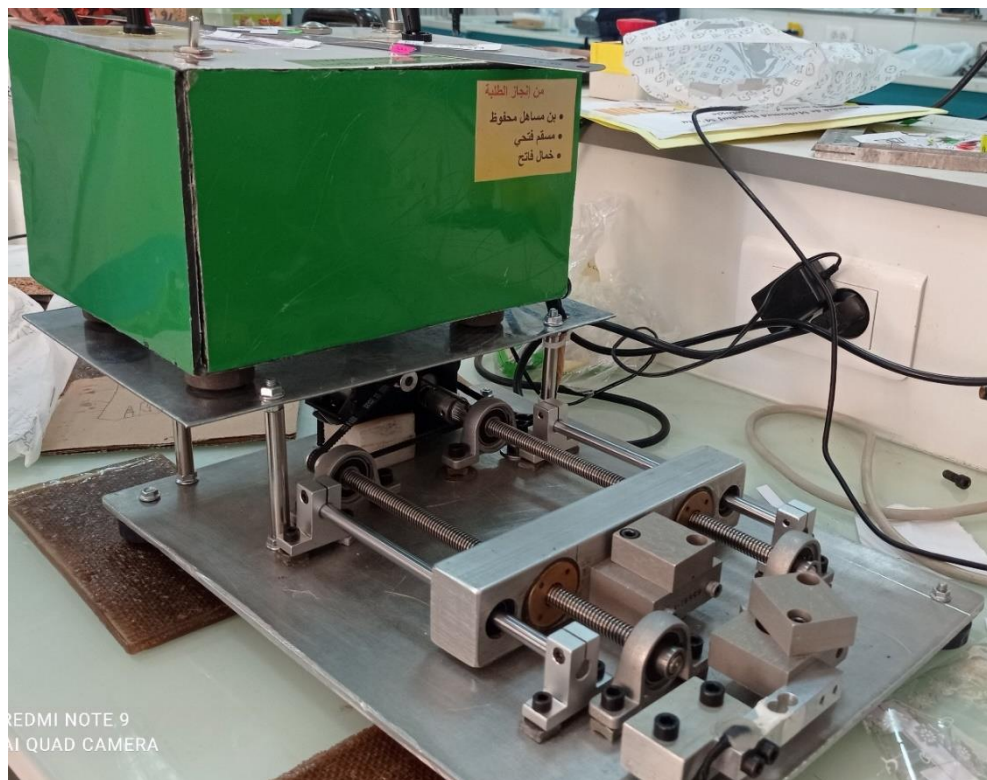


Figure III. 10 : machine des tractions

Notre objectif est l'étude du comportement mécanique des fibres *de palmier* et de voir l'effet des traitements sur le comportement mécanique.

Les valeurs mesurées directement lors de l'essai de traction sont la force \mathbf{F} et l'allongement $\Delta\mathbf{L}$, plutôt que les contraintes et la déformation. La contrainte σ , rapportée dans un diagramme de traction est la force divisée par la section initiale S_0 de l'éprouvette (contrainte nominale).

$$\sigma = \mathbf{F} / S_0 \quad (2)$$

De même la déformation ε , se réfère à la longueur initiale L_0 de la partie délimitée par l'extensomètre (déformation nominale).

$$\varepsilon = \Delta\mathbf{L} / L_0 = (\mathbf{L} - L_0) / L_0 \quad (3)$$

2. Caractérisation des composites :

Des essais de traction sont effectués sur les différentes éprouvettes afin de caractériser les matériaux étudiés.

Les essais mécaniques menés sur les éprouvettes, sont réalisés à température ambiante sur une machine de traction /compression. Quatre échantillons ont été testés pour chaque type de composite. Les essais de traction ont été réalisés au niveau d'unité de recherche des matériaux émergents à Maghreb pipe – M'sila sur une machine de traction universelle MTS Traction formation 106 (Figure III. 13).

Elle est équipée d'une cellule de charge de 5 kN et d'un système d'entraînement de la traverse à l'aide d'un moteur électrique. La machine est pilotée par un logiciel qui permet d'enregistrer les résultats des forces et déplacements sur un fichier texte sous forme d'un procès-verbal d'essais qu'on pourra exploiter par la suite sur un ordinateur. Les essais étaient menés à une vitesse de déplacement de traverse de 0.5 mm/min.

Le module d'Young est calculé à partir de la zone linéaire de la courbe contrainte-déformation.



Figure. III. 13 : Eprouvette soumise à la traction.

III. 5. Paramètres d'études de traction

Les caractéristiques mécaniques déterminées par l'essai de traction sont :

La contrainte de rupture: elle est donnée par la relation suivante

$$\sigma = F/S$$

Avec :

F : Force de traction (N)

S : Section rompue (mm²)

σ : Contrainte de rupture (GPa)

Le module d'Young : c'est le facteur de proportionnalité entre la contrainte σ et la déformation ε

$$E = \sigma / \varepsilon = (F \times L_0) / (S \times \Delta L)$$

Avec :

E : Module d'Young (MPa).

L₀ : Distance entre mors (mm).

S : Surface ou section (mm²).

ε : La déformation de la longueur des éprouvettes $\varepsilon = \Delta L / L_0$.

ΔL : L'allongement des éprouvettes (mm).

III.6. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons abordé la mise en œuvre et la caractérisation d'un matériau composite utilisant une matrice polymère rigide renforcée d'une texture de palmier unidirectionnelle.

Les différents composites (palmier/polyester), (palmier/vinylester) et (palmier/époxy) sont réalisés par technologie moulage au contact.

Enfin, une description de la technique expérimentale et des critères utilisés dans les essais mécaniques sont également décrits dans ce chapitre.

Chapitre IV
Résultats et Discussion

IV. 1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter les caractéristique physique (densité) et les caractéristiques mécaniques de la fibre. Après nous allons présenter une synthèse des essais mécanique réalisés sur les composites modèles élaborées palmier /Epoxy, palmier / polyester et palmier /vinylester. Une étude comparative entre la différente fibre de palmier utilisé est ainsi présentée pour voir l'effet du traitement ainsi que le rôle du type de matrice sur les composites étudiés.

IV. 2. Densité

La densité est l'une des caractéristiques les plus importantes dans un matériau. Les fibres végétales sont connues pour leur densité inférieure aux fibres de palmier ce qui les rend l'un des meilleurs choix dans l'élaboration de matériaux composites légers.

La mesure de la densité des fibres de palmier précédemment obtenues a été effectuée en utilisant un pycnomètre comme cité dans le chapitre précédant.

On observe que la densité des fibres de palmier non traitées est les plus basses comparées aux autres types de fibres, ce qui fait de ces fibres les plus appropriées pour l'élaboration de matériaux composites à fibres végétales. Alors que la densité des fibres traitées par (NaOH) et (KMnO₄) est la densité la plus élevée ce qui est dû à la diminution des pores dans la structure des fibres sous l'effet de la soude.

Les résultats obtenus de la densité apparente des différentes fibres de palmier sont mentionnés dans le tableau.IV.1.

Tableau. IV.1 : la densité des fibres de palmier

<i>Les fibres de palmier</i>	<i>Densité moyenne (g.cm⁻³)</i>
<i>Non traité</i>	<i>0.7351</i>
<i>NAOH</i>	<i>1.6387</i>
<i>KMnO₄</i>	<i>1.5016</i>

IV. 3. Caractéristiques mécaniques de la fibre

✚ Fibres non traitées

Les résultats de l'essai de traction sur la fibre palmier dattier non traitées est représenté dans la figure suivant :

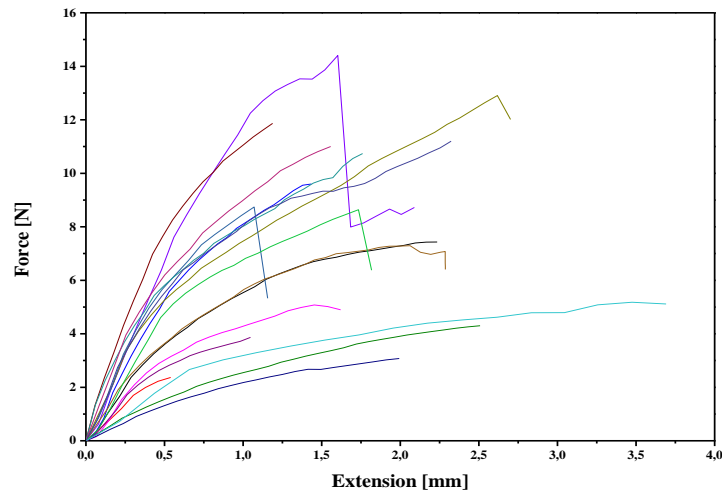


Figure IV. 1 : Evolutions de la force en fonction de la variation d'extension d'une fibre palmier dattier non traitée.

Sur la figure IV. 1, on remarque la variation de la force et la dispersion des valeurs, sur la fibre palmier dattier non traitée. La force pour certaines fibres peuvent atteindre 14 N, et l'extension 3.7 mm. La variation est dû à la variation des diamètres et de la structure de chaque fibre.

✚ Fibres traitées par NaOH

Les résultats de l'essai sur les fibres de palmier dattier traitées de NAOH sont représentés sur la figure suivant :

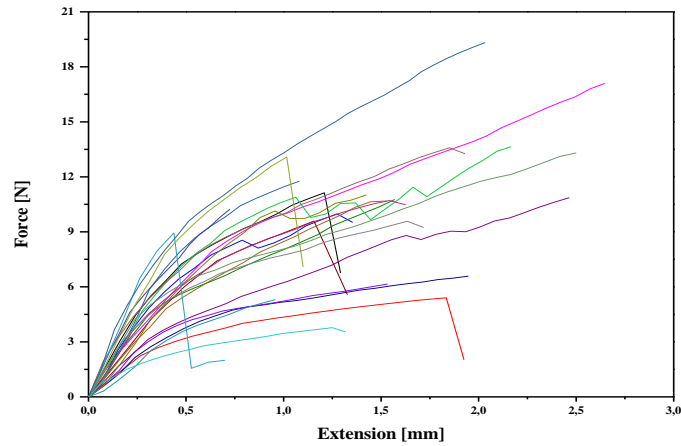


Figure IV.2: Evolutions de la force en fonction de la variation d'extension d'une fibre palmier dattier traitées de NaOH.

Sur la figure IV. 2, on remarque que la force de la fibre palmier dattier traitées de NaOH peut atteindre 19 N, et l'extension égal 2.5 mm.

✚ Fibres traitées par KMnO_4

Les résultats de l'essai sur les fibres de palmier dattier traitées de KMnO_4 sont représentés sur la figure suivant :

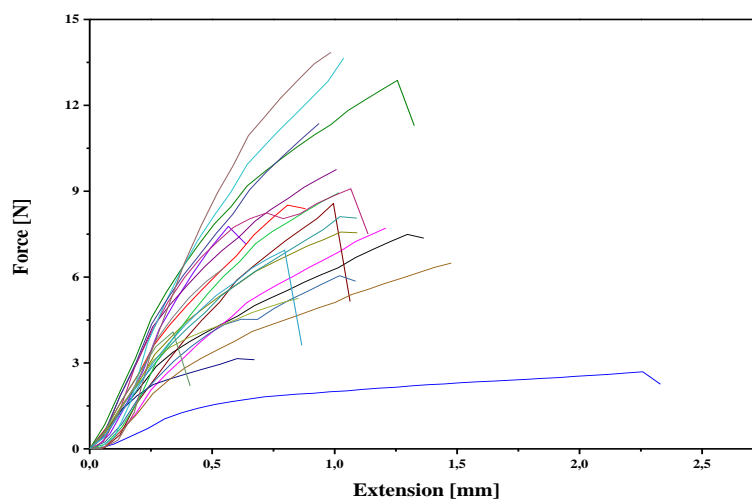


Figure IV.3: Evolutions de la force en fonction de la variation d'extension d'une fibre palmier dattier traitées de KMnO_4 .

A partir la Figure IV.3 on remarque la force max des fibre palmier dattier traitées de KMnO_4 est $F=12.5$ N, et l'extension égal 2.3 mm.

IV. 4. Caractéristiques mécaniques des composites modèles

Dans ce qui suit, les résultats des tests mécaniques, obtenus à la suite d'essai de traction des composites, sont illustrés et discutés.

✚ Composite à matrice Vinylester

Nous avons juste donner les contraintes maximales et l'allongement maximal pour les différents traitements effectués sur les fibres.

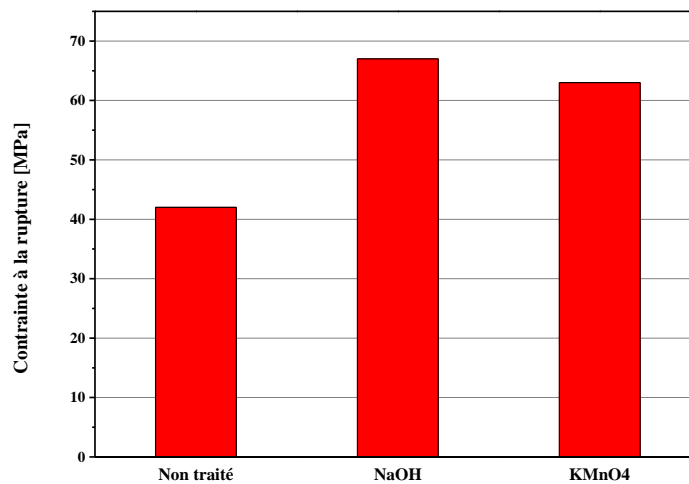


Figure IV. 4 : contrainte à la rupture des différents composites avec la résine Vinylester en fonction des traitements

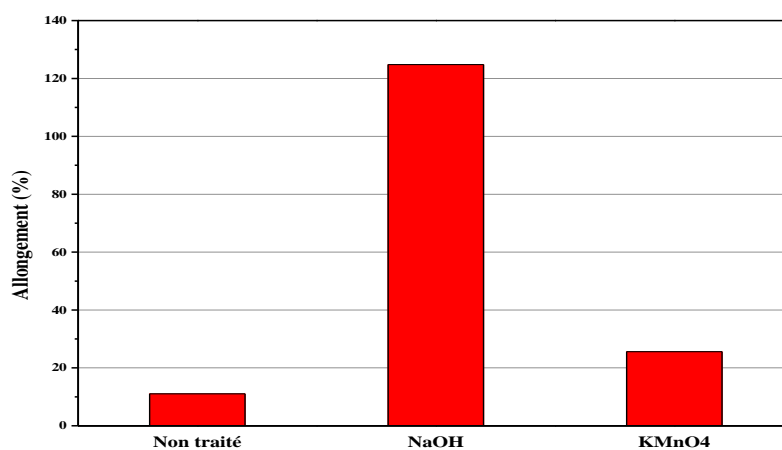


Figure IV. 5 : Comparaison de l'allongement pour différentes composite avec la résine Vinylester.

✚ Composite à matrice Polyester

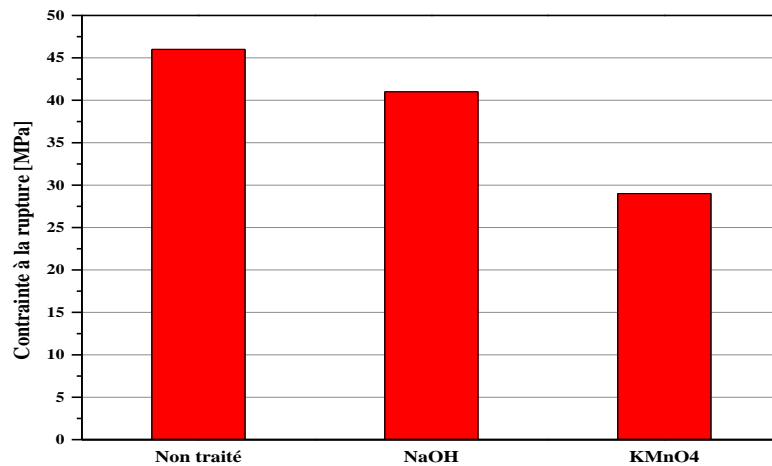


Figure IV.6: contrainte à la rupture des différents composites avec la résine Polyester en fonction des traitements.

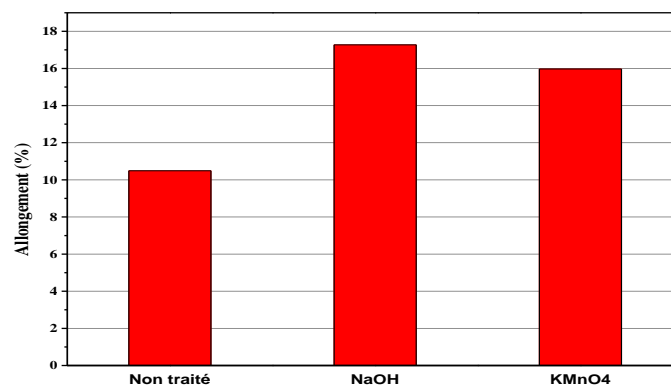


Figure IV.7: Comparaison de l'allongement pour différents composites avec la résine Polyester.

✚ Composite à matrice Epoxy

Le même travail est fait avec les composites époxy-fibre de palmier, et voir l'effet du traitements des fibres.

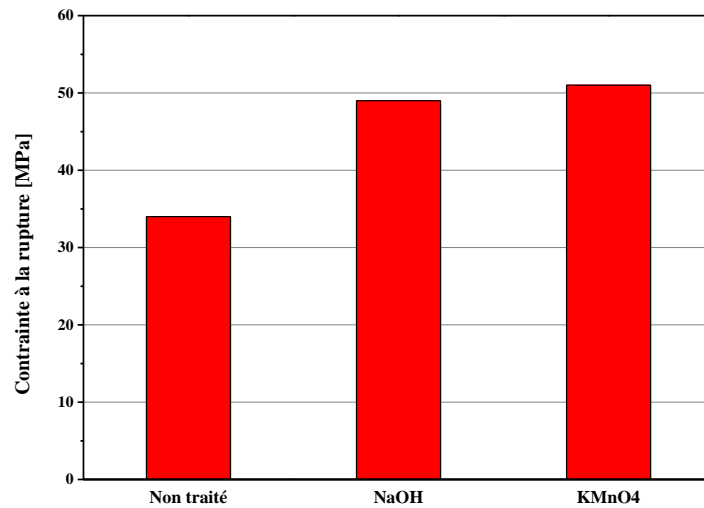


Figure IV.8: contrainte à la rupture des différents composites avec la résine Epoxy en fonction des traitements.

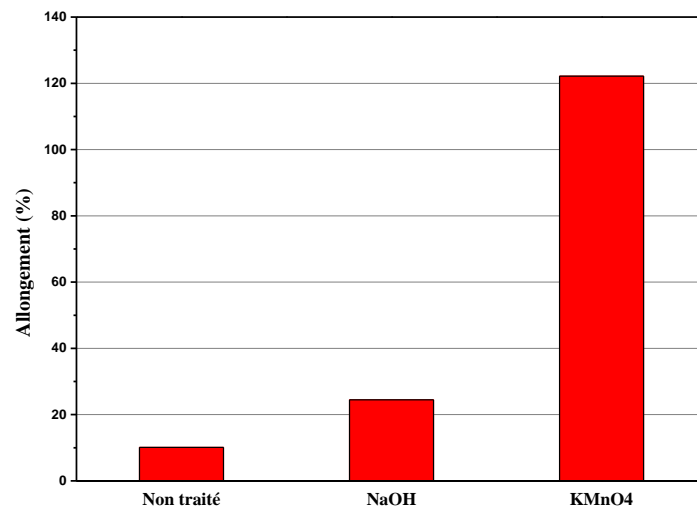


Figure IV.9: Comparaison de l'allongement pour différents composites avec la résine Epoxy.

✚ Comparaison entre les différentes matrices renforcées par des fibres mon traitées

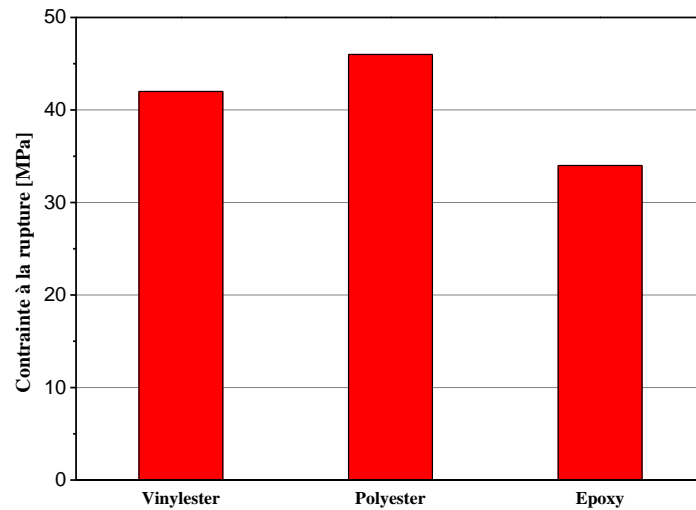


Figure IV.10: contrainte à la rupture des différents composites comparaison entre les différentes résines.

✚ Modules d'Young des différents composites

Vinylester

Fibre	Naoh	KMnO ₄	Non traitée
Module d'Young [GPa]	7.7	9.09	9

Polyester

Fibre	Naoh	KMnO ₄	Non traitée
Module d'Young [GPa]	3.07	3.19	8.51

Epoxy

Fibre	Naoh	KMnO ₄	Non traitée
Module d'Young [GPa]	4.66	9.03	3.8

Conclusion
Générale

Les composites à base de fibres végétales se trouvent de plus en plus dans des applications industrielles et leurs utilisations augmentent de jour en jour. Les principales raisons sont la disponibilité d'un grand éventail de fibres végétales, le respect de l'environnement et la recyclabilité quand ils sont combinés avec des polymères adéquats. L'incorporation des fibres végétales dans des matériaux thermo-plastiques ou thermodurcissables pour remplacement des fibres de verre est un concept qui commence à être industrialisé et commercialisé. Les matériaux composites renforcés par des fibres végétales trouvent leurs applications dans la fabrication des habitacles de plusieurs marques de voitures, de petits bateaux, de kayaks et même dans la boiserie et les constructions en génie civil ou bien dans des structures secondaires de divers applications qui répondent au souci de préservation de l'environnement.

Dans ce contexte, ce travail de mémoire s'intéresse dans un premier temps à la caractérisation mécanique en traction des Fibres de Palmier Dattier (FPD) non traitées et traitées par différentes concentrations de NaOH, KMNO₄.

La densité apparente de la fibre de *palmier* est déterminée par la méthode de l'extraction des pycnomètres. On a aussi, déterminé les caractéristiques mécaniques de la fibre en utilisant l'essai de traction par le biais d'une machine.

Le choix de cette fibre est bien justifié du fait que très peu de travaux sur cette fibre existent dans la littérature et d'autre part de sa disponibilité en abondance car l'Algérie possède plus de dix-huit millions d'arbres de palmier dattier

De plus, ces fibres sont, soit jetées ou brûlées chaque année après l'entretien des palmiers ou pendant la récolte des dattes. Cette ressource naturelle renouvelable mérite d'être valorisée du fait qu'elle est très utile pour l'élaboration des matériaux écologiques

Résumé

Les composites à base de fibres végétales se trouvent de plus en plus dans des applications industrielles et leurs utilisations augmentent de jour en jour. Les principales raisons sont la disponibilité d'un grand éventail de fibres végétales, le respect de l'environnement et la recyclabilité quand ils sont combinés avec des polymères adéquats. L'incorporation des fibres végétales dans des matériaux thermo-plastiques ou thermodurcissables pour remplacement des fibres de verre est un concept qui commence à être industrialisé et commercialisé. Les matériaux composites renforcés par des fibres végétales trouvent leurs applications dans la fabrication des habitacles de plusieurs marques de voitures, de petits bateaux, de kayaks et même dans la boiserie et les constructions en génie civil ou bien dans des structures secondaires de divers applications qui répondent au souci de préservation de l'environnement.

Dans ce mémoire, ce travail s'intéresse à la caractérisation mécanique en traction des Fibres de Palmier Dattier (FPD) non traitées et traitées par différentes concentrations de NaOH et K_2MnO_4 . Des tests de fatigue cyclique ont été réalisés pour la première fois pour ce type de fibre. Ensuite les bio-composites FPD/polyester, FPD/époxy et FPD/vinylester. Le choix de cette fibre est bien justifié du fait que très peu de travaux sur cette fibre existent dans la littérature et d'autre part de sa disponibilité en abondance car l'Algérie possède plus de dix-huit millions d'arbres de palmier

Mots Clés : *Fibres naturelles, Palmier Dattier, Extraction, FTIR, traitement chimique, traction, fibre végétale/ fibre naturelle/ bio composite/ traction statique.*

Abstract

Composites based plant fibers be find more and more in industrial applications and their uses are increasing day by day. The main reasons are the wide range availability of plant fibers, echo-freindly and recyclability when they are combined with suitable polymers. The incorporation of plant fibers in thermoplastics or thermosetting materials to replace glass fibers is a concept that is beginning to be developed and marketed. Composite materials reinforced with plant fibers find their applications in the manufacturing such interiors cars mark, small boats and kayaks and even the woodwork and civil constructions engineering or in secondary structures for applications that concern the meet of the environment preservation.

In this memoir, this work is interested in the mechanical characterization in traction of Date Palm Fibres (FPD) not treated and treated by different concentrations of NaOH and KmNO₄ during different immersion times. Cyclic fatigue tests were performed for the first time for this type of fiber. Then the bio-composites FPD/polyester ,FPD/epoxy and FPD/venlyester . The choice of this fiber is well justified by the fact that very little work on this fiber exists in the literature and on the other hand of its availability in abundance because Algeria has more than eighteen million palm trees

Keywords: Natural fibers, Date Palm, Extraction, FTIR, Chemical treatment, Tensile, vegetable fiber / natural fiber / bio composite / Static tensile.

ملخص

يتزايد وجود مركبات الألياف النباتية في التطبيقات الصناعية وتزايد استخداماتها يوما بعد يوم. والأسباب الرئيسية لذلك هي توافر مجموعة واسعة من الألياف النباتية ، والصلابة البيئية ، وقابلية إعادة التدوير عندما تقترن بالبوليمرات المناسبة. وإدماج الألياف النباتية في المواد الحرارية أو الحرارية لاستبدال الألياف الزجاجية هو مفهوم بدأ تصنيعه وتسويقه تجاريا. وتستخدم المواد المركبة التي تعززها الألياف النباتية في صناعة المواد الداخلية لعدة علامات تجارية للسيارات ، والقوارب الصغيرة القلابات ، وحتى في الأعمال الخشبية والبنائيات الهندسية المدنية. في هذه المذكرة ، يهتم هذا العمل بالتوصيف الميكانيكي في الجذر لألياف النخيل التاريخية غير المعالجة والمعالجة بتركيزات مختلفة من $NaOH$ $KmNO_4$ خلال أوقات الغليان المختلفة. وقد أجريت اختبارات الإرهاق الدوري لأول مرة لهذا النوع من الألياف. ثم المركبات الحيوية/ FPD البوليستر ، $FPD/epoxy$ و $FPD/venlyester$. ويبرر اختيار هذا الألياف تبريرا جيدا أنه لا يوجد سوى القليل جدا من العمل على هذا الألياف في الكتابات ، ومن ناحية أخرى توفر هذا الألياف بوفرة لأن الجزائر لديها أكثر من ثمانية عشر مليون شجرة نخلة.

الكلمات المفتاحية : الألياف الطبيعية/نخيل التمر /الاستخراج/المعالجة الكيميائية/الألياف النباتية/الألياف الطبيعية

المركبات البيولوجية