

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

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT CHIMIE

N° :.....



DOMAINE : Sciences de la matière

FILIERE : Chimie

OPTION : Chimie d'environnement

Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique

PAR :

ACHOUCHE Samira

AICHOUCHE Soumia

Intitulé

**Effet de traitements chimiques sur la structure
morphologique des déchets naturels (son de blé)
destinées à la fabrication des matériaux composites**

Devant le jury composé de :

Deghfel Nadir

Université de M'sila

Président

Benyahia Azzedine

Université de M'sila

Rapporteur

Laib nouri

Université de M'sila

Examineur

Année universitaire : 2019/2020

Remerciement

Nous tenants tout d'abord à remercier dieu le tout puissant et miséricordieux qui nous à donner la force, la volaté et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Nous remerciements très respectueusement avec notre profonde gratitude notre encadreur monsieur : **Dr. Benyahia Azzedine** pour avoir proposé le sujet de notre mémoire pour son suivi de notre travail ses suggestions et remarques pertinentes.

Nous remerciements vont également à monsieur **Deghfel Nadir** qui à accepter de précider le jury.

Nous remerciements très respectueusement à monsieur **Laib nouri** de nous avoir fait l'honneur d'être membre du jury et d'avoir accepté de juger notre travail.

Dédicace

*Je dédie ce travail à mes très chers parents : « **Saad** » et « **zaineb** ».*

Je leurs remercie pour leurs sacrifices, leurs patiences, leurs soutien, l'aide et les encouragements qui m'ont apporté durant toutes ces années d'étude sans eux, je ne serais pas ce que je suis aujourd'hui.

Je dédie ce travail également

*A mes frères: « **Bachir** » et « **Hakim** » et « **Anouar** » et ma petite sœur « **nacre** ».*

A mon oncle et tantes chacun par son nom.

*A toute ma famille et surtout mes cousines : « **wasila** » et « **wahiba** »*

*Et mes amis : « **rima** », « **amani** », « **Sabah** »*

*Sans oublier ma chère binômes « **soumia** » pour son collaboration, afin de nos permettre arriver de réaliser ce projet.*

Enfin, je n'oublierai pas d'associer dans mes remerciements à l'ensemble des mes collègues, les plus chers surtout

*« **lamai** » et « **yousra** » et « **Bouchra** ».*

A tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à ce travail.

*« **Achouche Samira** »*

Dédicace

Je dédie ce travail à mes très chers parents : «ramdane» et «djamila».

Je leurs remercie pour leurs sacrifices, leurs patiences, leurs soutien, l'aide et les encouragements qui m'ont apporté durant toutes ces années d'étude sans eux, je ne serais pas ce que je suis aujourd'hui.

Je dédie ce travail également

*A mes frères: « **omar**» et «**lazhar**» et «**hicham**» et ma petite sœur «**nour alhouda**».*

A mon oncle et tantes chacun par son nom.

*A toute ma famille et surtout mes cousines : «**Linda**» et «**souad**» et «**Nawal**»*

*ET mes amis : «**khawla**», «**firouze**», «**inesse**»*

*Sans oublier ma chère binômes «**samira**» pour son collaboration, afin de nos permettre arriver de réaliser ce projet.*

*Enfin, je n'oublierai pas d'associer dans mes remerciements à l'ensemble des mes collègues, les plus chers surtout «**iman**» et «**sara**» et «**souma**».*

*A tous ceux qui ont contribué de loin ou de près à ce travail.
«**Aichouche soumia**»*

Table des matières

Introduction générale

CHAPITRE I

Etude bibliographique sur les fibres d'alfa (*stipa tennacissima*)

Introduction	01
I- Les Fibres Naturelles.	04
I-1- Définition	04
I-1-1-Classification des fibres naturelles	04
I-2-1- Définition des fibres végétales	04
I-2-3-Classifications des fibres végétales	04
I-2-4- NOS FIBRES VEGETALE.	04
I-2-5-Morphologie de la fibre végétale	05
I-3-Propriétés des fibres végétales.	06
I-4-Structure de la fibre végétale.	09
I-5- Composition Chimique De La Fibre Végétale.	11
I-6- Caractéristiques Physiques et Mécaniques des Fibres Végétales	13
I-6-1-Structure physique.	14
I-7- Différentes fibres végétales	16
I-8- Paramètres influençant les propriétés des fibres végétales	18
I-9- Utilisation des fibres végétales : avantages et inconvénient	19
I-9- La fibre d'Alfa	25
I-9-1- Présentation générale	26
I-9-2- Nomenclature et classification botanique	27
I-9-3- Répartition géographique.	27
I-9-4- Etude botanique	28
I-9-5- La morphologie de la plante.	29
I-9-6- La récolte de l'Alfa.	30
I-9-7- Domaines d'applications.	31
I-10- Les fibres de l'Alfa.	32
I-10-1- Les menaces et les contraintes.	33
I-10-2- Structure chimique.	39
Conclusion	43

CHAPITRE II

Généralités sur les matériaux composites

Introductions	45
II.1 Les matériaux composites	45
II.2. Classification des matériaux composites.	46
II.2.1. Forme des constituants	46
II.2 .1.1. Composites à fibres.	46
II.2.1.2. Composites à particules	46
II.3. Selon la nature des constituants	46
II.4. Les Différents Types Des Matrices	46
<i>II.4.1.</i> La matrice organique	46
II.4.2 La matrice minérale	50
II.4.2.1 la matrice céramique.	50
II.4.2.2 la matrice métallique	50
II.5. Polyesters insaturés	50
II.6. Renforts	51
II.6.1. Type De Renfort	53
<i>II.7.</i> Fibres d'Alfa	56
Conclusion	57

CHAPITRE III

Etude Comparatif

Introduction	59
Partie N :	59
Objectif	59
III.1.Préparation des fibres alfa tissées	60
III.1.1 Traitements chimiques	60
III.1.2 Traitement alcalin	60
III.1.3 Traitement de la permanganate	61
III.1.4 Traitement du dichromate	61
III.1.5 Traitement acétylant	62
III.2 Préparation des composites	62
III.3 Caractérisations chimiques et physiques des fibres	64
III.3.1 Essais mécaniques	64

III.4.Résultats et discussion	64
III.4.1 Analyse de spectroscopie infrarouge	66
III.4.2. Microscopie électronique à balayage (SEM)	68
III.4.3. Diffraction des rayons X	70
III.4.4. Essais mécaniques	70
III.4.4.1. Résistance à la traction (TS) et module(TM)	71
III.4.4.2. Résistance flexurale (FS) et module (FM)	72
III.5. Appareil photo numérique	73
Partie N :02	73
Objectif ..	74
III.6. Fabrication d'un métier à tisser	75
III.6.1 Tissage du tissu combiné alfa /jute	76
III.7. Préparation du composite	76
III.7.1. Découpage du tissu	76
III.7.2. Compression des tissus	77
III.7.3. Procédé de mise en œuvre de composite	78
III.7.4. Mise à l'étuve	79
III.7.5. Pesage des échantillons de composite	79
III.8. Obtention des éprouvettes	80
III.9. Essais de traction	81
III.9. 1 Paramètres d'études traction	81
III.9. 1.1. Contrainte de rupture	81
III.9.1.2. Module de Young	81
III.10. Essais de flexion	82
III.10.1. Paramètres d'études flexion	82
Résultats et discussions	82
Préface	82
III.11. Propriétés mécanique de traction	83
III.11.1 Analyse des courbes	83
III.11.2 Analyse des modules de rigidité des différents matériaux	83
III.11.3 Analyse des contraintes de rupture des différents matériaux	86
III.11.4. Analyse des déformations de rupture des différents matériaux	87
III.12. Propriétés mécaniques en flexion	88

III.12.1. Analyse des modules en flexion des différents matériaux	88
III.12.2. Analyse des contraintes de rupture des différents matériaux	89
III.12.3. Analyse des déformations des différents matériaux	89
III.13 Récapitulation général	89
Conclusion générale	93
Références bibliographiques	96

Liste des abréviations

Comp-A ; composite A

Comp-B ; composite B

Comp-C ; composite C

Comp-D ; composite D

CMO ; composites à matrice organique

CMC ; composites à matrice céramique

CMM ; composites à matrice métallique

Liste des tableaux

Table 1: : propriétés morphologiques de quelques fibres végétales.....	10
Table 2 :propriétés physiques de différentes fibres végétales	11
Table 3:propriétés mécanique en traction de quelques fibres végétales	13
Table 4: Composition chimique (en %) de différentes fibres végétales.....	16
Table 5 : (a) Les caractéristiques physiques des fibres végétales les plus utilisées	17
Table 6: (b) Les caractéristiques physiques et mécaniques de quelques fibres végétales	17
Table 7: : Avantage et inconvénients des fibres naturels.	26
Table 8: la composition chimique d'alfa	40
Table 9: Principales caractéristiques mécaniques des résines polyestres.	47
Table 10: Principales différences entre matrices TP et TD.	50
Table 11: :Caractéristiques des polyesters insaturés.	51
Table 12 : représente les différentes formes des fibres de verre.	53
Table 13 : Codage des différentes catégories de fibres étudiées.....	61
Table 14: Composition des composites fabriqués dans cette étude	63
Table 15 :v Codage des différentes catégories de fibres étudiées.....	69
Table 16: Désignation des composites obtenue après moulage..	78

Liste des figures

Figure 1: Classification des fibres naturelles	6
Figure 2: arbre de chêne zeen.....	7
Figure 3: dèches de menuiserie	7
Figure 4: le roseau commun.	8
Figure 5: le grignon d'olive	9
Figure 6: variation du diamètre le long de la fibre de lin.	9
Figure 7: photographie en microscopie électronique a balayage d une fibre de coton.	10
Figure 8: morphologie de fibre de diss	11
Figure 9: structure de bois (observations multi échelles).....	14
Figure 10: modèle de description de la structure d'une fibre végétale.	14
Figure 11: Exemple de représentation schématique de l'agencement des différents composants des fibres végétales à l'échelle micrométrique.....	16
Figure 12: Fibre de l'abaca	20
Figure 13: Fibre de lin Fig12. Fibre de lin	20
Figure 14: Fibre de chanvre	21
Figure 15: Fibre de coton Fig.14. Fibre de coton	22
Figure 16: Fibre de le kénaf	22
Figure 17: Fibre de jute	23
Figure 18: Fibre de Sisal	23
Figure 19: Fibre de ramie	24
Figure 20: Fibre de coco	24
Figure 21: Fibre de palmier dattier.....	25
Figure 22 : Illustrations de la plante d'Alfa à l'état brut.....	28
Figure 23: Morphologie de la plante d'Alfa	30
Figure 24: Les différentes étapes de la récolte de l'Alfa (a) l'arrachement, (b) la collecte et (c) la mise en balle	32
Figure 25: Des exemples d'artisanat Alfatière (des paniers, des paillassons, des espadrilles...)	33
Figure 26: Fabrication du papier en Chine.....	34

Figure 27: Document arabe sur la fabrication du papier	34
Figure 28: Machine à papier de Nicolas Louis Robert	35
Figure 29: Illustrations de la pâte d'Alfa commercialisée par la SNCPA	37
Figure 30: Représentation de la molécule de pectine.....	42
Figure 31: Schéma montrant la structure ligno-cellulosique et cristalline d'une fibre	43
Figure 32: : Schéma simplifié d'un matériau composite	45
Figure 33: Organigramme des différents types de renfort.	52
Fig 3Figure 34: .les différentes formes de renfort.	53
Figure 35: Fibres de verre.	54
.Figure 36:Fibres de carbone.....	54
Figure 37: Fibres d'aramide.	55
Figure 38: Les différents types de renfort de base.	56
Figure 39: faisceau de fibre alfa.....	56
Figure 40: Plaine tisse le tissu Alfa.	60
Figure 41: Spectre FTIR de l'Alfa traitée et non traitée Fibres.....	66
Figure 42: Micrographes SEM de: a) UAF; b) ATAF; c) PTAF; d) DTAF; e) AATAF.....	67
Figure 43 : Modèles de diffraction des rayons X d'Alfa non traitée et traitée Fibres.	69
Figure 44: Effet de la modification de la fibre sur la résistance à la traction de composite en polyester tissé en fibre d'Alfa et insaturé.....	70
Figure 45: Effet de la modification de fibre sur la force du module composite en polyester tissé en fibre d'Alfa et insaturé.	70
Figure 46: Effet de la modification de fibre sur la force flexurale de l'Alfa tissée composite en polyester insaturé.	71
Figure 47: Effet de la modification de fibre sur le module flexural de tissé Composite en polyester en fibre-insaturée Alfa.	71
Figure 48: Micrographes optiques des surfaces de fracture de la traction a) composite de fibres Alfa tissées non traitées et b) permanganate traité tissé alfa fibre composite.....	73
Figure 49: Métier à tissu fabriqué.	74
Figure 50: Tissage bidirectionnels de la fibre Alfa /jute.	75
Figure 51: Types de tissu Bidirectionnel élaboré.	75
Figure 52: Présentation des tissus découpé :A: jute / Alfa non traité ; B: jute / Alfa traité 5% NaOH ; C: jute / Alfa traité 10% NaOH ; D Jute /jute	76

Figure 53: Machine manuel de compression simple.....	77
Figure 54: Tissu mise en moulage sous vide.	77
Figure 55 : Présentation des composites obtenue après moulage sous vide	78
Figure 56: Etuve de séchage.....	78
Figure 57 : Machine de découpage des éprouvettes.....	79
Figure 58: Présentation des éprouvettes obtenues.....	80
Figure 59 :Machine de traction /flexion. INSTRON 5969 _50 kN.	80
Figure 60: . Evolution des modules de Young des composites.	84
Figure 61: Changement de la morphologie de la surface de fibres Alfa suite au traitement Alcalin (a): non traitée, (b): traitée	84
Figure 62: Composition chimique d'une fibre végétale.....	85
Figure 63: Evolution des déformations des composites.	87
Figure 64: Structure fine des fibres de cellulose.	88
Figure 65: Evolution de déflexion des composites.	89

Résumé

Notre objectif de ce travail est une étude approfondie des fibres d'alfa , qui a connu un regain d'intérêt depuis quelques années justifié par des considérations environnementales et surtout économiques qui permettent la livraison en composites Dior comme une valorisation inhérente dans des directions multiples et peu exploitées, nous avons également discuté de l'étude des matériaux composites, de leurs composés, de leur importance, et du polyester insaturé , comment et méthodes de traitement de la fibre d'alfa en laboratoire par comparaison

Mots clés ; fibre d'alfa, matériaux composites, polyester

ملخص:

هدفنا من هذا العمل هو دراسة شاملة لنبات الحلفاء والتي شهدت تجدد الاهتمام لبعض سنوات مبررة بالاعتبارات البيئية و خاصة الاقتصادية التي تسمح بالتوصيت في ديور المركبات كتعزيز متاصل في اتجاهات متعددة مستغلة قليلا كما اننا تطرقنا الى دراسة المواد المركبة و مركباتها و اهميتها و البوليستر الغير مشبع و اخيرا سعينا لدراسة كيفية وطرق معالجة نبات الحلفاء مخبريا من خلال مقارنة منشورين.

الكلمات المفتاحية: ألياف ، نبات الحلفاء ، مواد مركبة ، بوليستر

Abstract :

Our of this work is comprehensive study of the fiber alfa ,which witnessed a renewed interest for a few years, justified by environmental and especially economic consideration that allow delivery in Dior composites as an inherent enhancement in multiple, slightly exploited direction, we also discussed the study of composite material, their compounds, their importance, and unsaturated polyester, finally we sought to study how and methods of treating the fibred alpha in the laboratory by comparison

Key word : d'alfa fiber, composite materials, polyester

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

D'un point de vue historique, l'utilisation des végétaux a toujours existé, comme par exemple dans la construction ou bien dans le textile. Cet intérêt pour les matériaux agro-sources a doublé d'intensité ces dernières décennies dans l'industrie du composite grâce au protocole de Kyoto [1] , qui a instauré les notions de développement durable et de protection de l'environnement [2] . C'est pour cela que les fibres végétales ont commencé à faire leur apparition en remplacement des fibres de verre afin de fabriquer des matériaux composites plus respectueux de l'environnement .

Les fibres végétales se démarquent des fibres de verre par leurs propriétés mécaniques spécifiques élevées grâce à une faible densité, qui induira lors d'applications structurales un gain de masse se traduisant par une économie d'énergie [3] . De plus, les fibres végétales ont aussi l'avantage d'être bio-sources et certaines sont disponibles annuellement [4] .

Les composites ne cessent d'évoluer vers des produits qui sont, soit les moins coûteux possibles, soit les plus performants, ou bien les deux à la fois. De plus, dans un souci de protection de l'environnement et de santé publique, les composites tendent à intégrer un caractère écologique [5] . Pour réduire les fibres traditionnelles de coût élevé (carbone, verre et aramide), de nouveaux composés ont été développés. Des recherches [6] ont porté leur attention sur les composites renforcés par les fibres naturelles. Ces composites combinent de bonnes propriétés mécaniques avec une faible densité [7,8]. De tels composés offrent un certain nombre d'avantages bien connus qui incluent le coût, la disponibilité des ressources naturelles renouvelables, la biodégradabilité, etc.... [8].

Nous étions en train d'étudier le traitement de la plante alliée dans le laboratoire Blok I département sciences de la matière de l'université de Msila, mais en raison des conditions difficiles et du développement du virus corona (**covide 19**) , nous avons du ne pas terminer l'expérience

Ce travail est subdivisé en trois chapitres articulés de la manière suivante.

- **Le premier chapitre** est une étude bibliographique sur les fibres d'alfa(stipa tennacissima)
- **Dans le deuxième chapitre** est réservé aux généralités sur les matériaux composites, ses éléments constitutants, les différents procédés de mise en forme, ensuite leur domaine d'utilisations.

Introduction générale

- **Dans le troisième chapitre**, Etude comparatif est et consacré à la présentation et la discussion des propriétés mécaniques des composites et l'influence de l'architecteurs du tissage sur ces caractéristiques.

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

CHAPITRE I

Etude bibliographique sur les fibres d'alfa(stipa tennacissima)

Introduction

Les fibres naturelles sont utilisées depuis 3000 ans dans les composites, par exemple dans l'ancienne Égypte, où la paille et d'argile étaient mélangés pour construire des murs. Au cours de la dernière décennie, les composites renforcés des fibres naturelles ont reçu une attention croissante, tant auprès du monde universitaire que de diverses industries [1].

II- Les Fibres Naturelles

I-1- Définition : Les fibres naturelles sont des substances filamenteuses issues de végétaux et d'animaux, susceptibles d'être filées pour fabriquer des fils et des cordes. Elles sont tissées, tricotées ou tressées pour confectionner des textiles indispensables à la société [2].

I-1-1-Classification des fibres naturelles

Les fibres naturelles sont pour la plupart d'origine végétale ; animale et minérale (**Fig.1**).**Végétale :** extraite de plantes, de fruit et d'arbres comme le coton, le lin, l'agave, le jute, le chanvre, etc.

- **Animale :** extraites de poil d'animaux comme le mouton, la chèvre, le lama, etc.
- **Minérale :** on trouve dans la nature des minéraux dont la texture fibreuse. il s'agit d'une matière toxique, comme l'amiante [3].

I-2- Les Fibres Végétales

I-2-1- Définition des fibres végétales

Les fibres végétales sont des structures biologique fibrillaires composées de cellulose, hémicelluloses et lignine, en proportion relativement faible d'extractibles non azotés, de matière protéique brute, de lipide et de matières minérales les proportions de ces constituants –normalement de l'espèce, de l'âge et de l'organe de la plante[4].

I-2-3-Classifications des fibres végétales : les fibres végétales sont classées en quatre groupes suivant leur provenance, à savoir : les fibres de feuille, de tiges, de bois et de surface.

a) Les fibres de feuilles

Ces fibres sont obtenues grâce au rejet des plantes monocotylédones, les fibres sont fabriquées par chevauchement de paquet qui entoure le long des feuilles pour les renforcer ces fibres sont dures et rigides. Les types de fibres de feuilles les plus cultivées sont la fibre de sisal, d'abaca

b) Les fibres de tiges

Les fibres de tige sont obtenues dans les tiges des plantes dicotylédones, elle ont pour rôle de donner une bonne rigidité aux tiges de plantes

Les fibres de tige sont comme classées sous forme de paquet de corde et en toute longueur, elles sont par suite séparées individuellement par un processus de défilage, Les fibres, une fois séparées, sont utilisées dans la fabrication des cordes ou de textile ou bien dans le renforcement du ciment et béton

Les fibres de tige les plus utilisées sont les fibres de jute, de lin, de ramie de sunn, de kenaf, de ramie et de chanvre [5].

NILSSON[6] rapporte que les fibres de tige, les plus utilisées dans le renforcement du ciment, sont celles de sunn, de chanvre et de jute

c) Les Fibres de Bois

Les fibres de bois proviennent du broyage des arbres tels que les bambous ou les roseaux. Elles sont généralement courtes.

d) Les Fibres de Surface

Les fibres de surface entourent en général la surface de la tige, de fruits ou de grains. Les fibres de surface des grains constituent le groupe le plus important dans cette famille de fibres. Nous citons entre autre le coton et la noix de coco.[7].

(coco), les fibres de coco ont donné de bons résultats pour la résistance à la flexion du ciment de fibre[8].

Il est à noter que , les fibres de palmier, qui entourent son tronc, appartiennent à cette famille de fibres

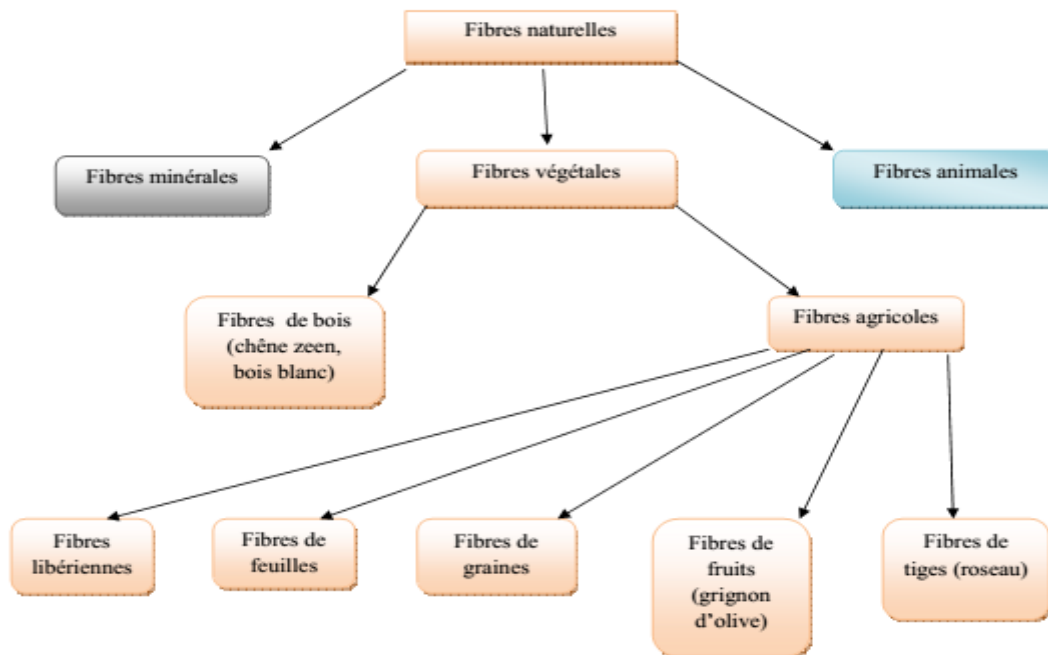


Figure 1: Classification des fibres naturelles [9]

I-2-4- NOS FIBRES VEGETALE

a)Le chêne zeen

Lechêne zeen ou chene de canaries, **Quercus Canariensis** L, est une orginaire du sud de Portugal , de Espagne, de la tunisie, du maroco et de lalgérie, mais il n est pas actuellement présent dans les iles canaries.bien plus rèpandu en afrique du nord ou il constitue la majeure partie des forets semi – caducifoliées en situation littorale dont fait partie kabylie[10].

Le bois de chêne zeen est une fibre hygrscopique ;chêneanisotrope et hètèroène[11].

Nommè(matériau composite) ;tant enterme structural qu au niveau de sa composition chimique,il constitue la matière première renouvelable la plus importante en quantité. Sa recyclabilité et biodégradabilité font de lui un éco-matériau intérêt[12].



Figure 2: arbre de chêne zeen[13].

b) Le bois blanc

Le bois est un matériau possédant de multiples facettes. aussi très variés. On trouve parmi eux du bois à l'état naturel issu de la forêt, des chutes des coupes et des poussières de ponçage provenant de menuiseries (résidus de bois), du bois revêtu (peint ou laqué) issu de bâtiments, de meubles ou d'em déchets de bois posant problème, car imprégnés de produits de conserva de ces déchets dépend donc de la catégriela laquelle appartient le bois.



Figure 3: dèches de menuiserie [14].

c) Le roseau

Le roseau est une vasculaire de la famille des graminées. Nommè le **phragmite Communis**L.on peut le trouver jusqu'a a 1000 m d'altitude[15]. cette plante vivace, peut atteindre une grande taille (plus de 6m) , et former des

colonies mono spécifiques particulièrement denses pouvant contenir jusqu'à 325 tiges par mètre carré. Les tiges, dont le diamètre varie de 4 à 10 mm, sont produites à chaque printemps, mais elles meurent à l'automne. Elles demeurent, toutefois érigées en hiver, et ce n'est qu'au printemps suivant qu'elles s'affaissent progressivement sur le sol et forment une litière, qui peut atteindre plusieurs centimètres d'épaisseur, et qui est lente à se décomposer, les tiges sont surmontées d'une panicule (inflorescence) plus ou moins touffue selon le génotype en présence[16].



Figure 4: le roseau commun[17].

d) Le Grignon D'olive

Le grignon d'olive est le résidu solide de l'extraction de l'huile d'olive, il représente environ 25% des olives traitées et il est composé de la coque du noyau réduit en morceaux, de la peau et de la pulpe broyée de l'olive[18]

Il contient encore une certaine quantité de matière grasse (3 à 7%) et une importante quantité d'eau (la margine) variable selon la variété des olives et surtout du procédé d'extraction[19].

Selon le traitement technologique utilisé, on distingue trois types de grignon d'olive :

- Le grignon brut
- Le grignon épuisé
- Le grignon partiellement dénoyauté



Figure 5: le grignon d'olive [20].

I-2-5-Morphologie de la fibre végétale

Sur le plan morphologique, la fibre végétale présente une variabilité très importante en fonction de son origine. En effet, les dimensions des fibres végétales dépendent de l'état de maturité et aussi des conditions environnementales de croissance de la plante. La variabilité du diamètre peut être très importante le long de la même fibre végétale (**Fig.5**) [21]. La fibre végétale se caractérise aussi par la variabilité de l'épaisseur de sa paroi cellulaire qui découle de celle de la porosité des fibrilles [22].

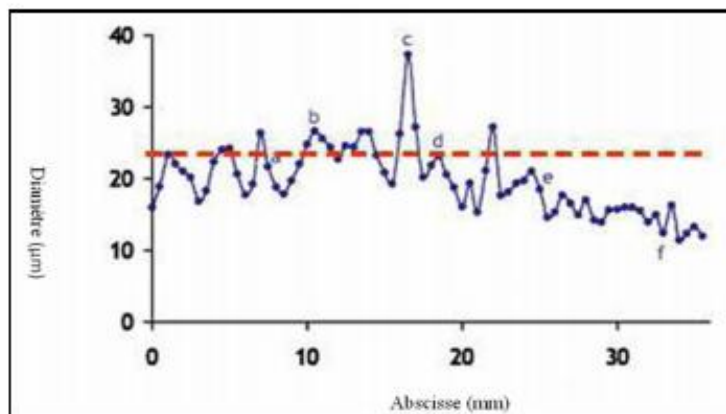


Figure 6: variation du diamètre le long de la fibre de lin[23].

Table 1: : propriétés morphologiques de quelques fibres végétales[24].

Fibres	Longueur de la fibre (mm)	Diamètre de la fibre (μm)	Angle micro fibrillaire ($^\circ$)	Référence
Cotton	35	10-45	-	SAT 09
Lin	4-77	5-76	10	CHA 06
Chanvre	5-55	10-51	6.2	NEN 09
Kénafe	2.5-4.5	14-33	-	MIC 03
Jute	2.5	5-25	8	MIC 03
Sisal	900	8-50	20	SAT 09
Rami	900-1200	20-80	7.5	SAT 09
Noix de coco	03-1	12-24	45	CHA 06

La morphologie des fibres végétales peut constituer une donnée importante pour bien appréhender les transferts de contrainte aux interfaces fibre-matrice. **(Fig. 6)** présente à titre d'exemple la structure torsadée d'une fibre de coton. D'autres fibres ont des morphologies, encore plus tourmentées. La géométrie des fibres végétales est donc un problème important et difficilement surmontable pour ce qui concerne la micromécanique des composites renforcée par de telles fibres [25].

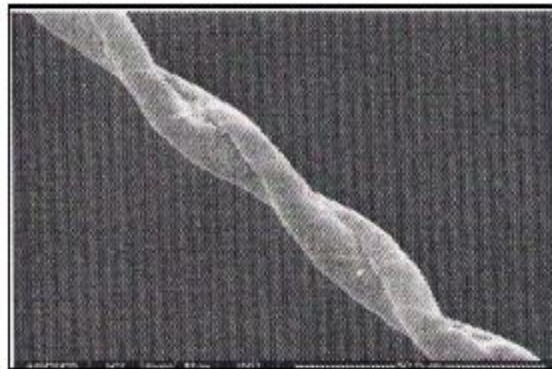


Figure 7: photographie en microscopie électronique a balayage d'une fibre de coton[26].

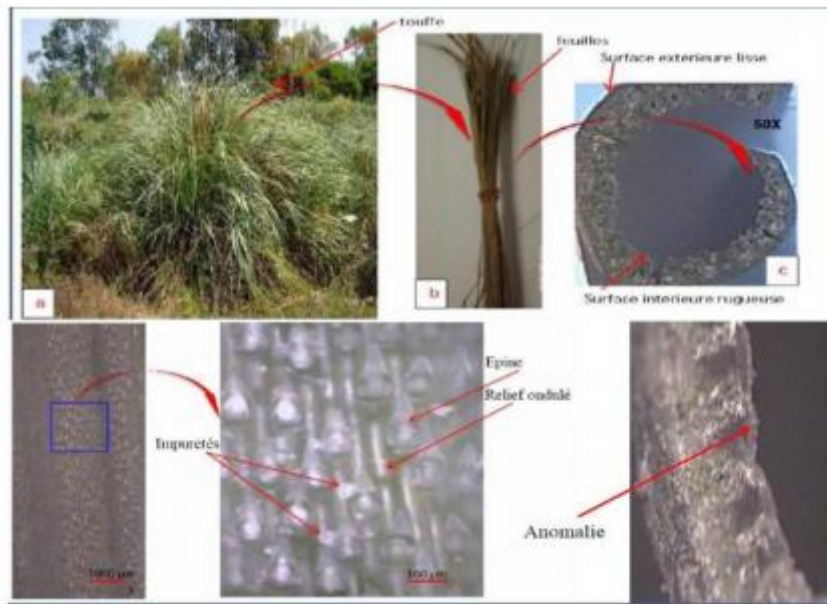


Figure 8: morphologie de fibre de diss [27].

I-3-Propriétés des fibres végétales.

L'attrait des fibres végétales et leur retour comme matériaux potentiels dans le secteur du textile et des composites sont dûs aux différents avantages qu'elles présentent. Bienentendu, l'effet de ces avantages varie d'une fibre à une autre et dépende de la composition chimique et physique, la structure, le pourcentage de cellulose, l'angle microfibrillaire, la section et le degré de polymérisation [27-31].

Table 2 :propriétés physiques de différentes fibres végétales [32].

Fibres	Cellulose (%)	Angle microfibrillaire (°)	Diamètre (µm)	Longueur (mm)	Rapport L / d
Coton	85 - 90	33	19	35	1842
Lin	71	10	5 - 76	4 - 77	1687
Chanvre	70 - 74	6.2	10 - 51	5 - 55	960
Jute	61.1 - 71.5	8	25 - 200	9 - 70	110
Ramie	68.6 - 76.2	7.5	16 - 126	40 - 250	3500
Sisal	66 - 78	20	7 - 47	0.8 - 8	100
Coco	32 - 43	45	12 - 24	0.3 - 1	35
Alfa	45	-	5 - 95	5 - 50	1964

Parmi ces avantages, on peut citer [33] :

- Leur biodégradabilité .
- Leur faible densité (allègement) .
- Leur renouvelabilité.
- Leurs bonnes propriétés mécaniques spécifiques (rapportées à leur densité et à leur section) (**Tableau 3**)
- Leurs bonnes propriétés d'isolation acoustique et d'inertie thermique
- L'absence de résidus après incinération
- Un bilan carbone faible
- Une hydrophile (propriétés d'absorption/désorption d'eau)
- Un faible comportement abrasif

Cependant, malgré ces nombreux avantages, les fibres végétales présentent certaines limites à leur utilisation, telles que [34]:

- Une faible stabilité dimensionnelle
- Une faible tenue thermique (dégradation à 200° - 230°C)
- Une variabilité de propriétés assez importante selon l'âge, le lieu de croissance, le climat, la direction (anisotropie) et même d'une fibre à une autre appartenant au même lot
- Pour certaines applications, l'hydrophile et la biodegradabilité peuvent être des freins
- Une dépendance de la récolte (point de vue qualitatif et quantitatif)

Table 3: propriétés mécanique en traction de quelques fibres végétales [35-40].

Fibres	E (GPa)	All (%)	σ(MPa)	Densité
Coton	5,5 - 12,6	7 - 8	287 - 597	1,5 - 1,6
Lin	58	3,27	1339	1,53
Chanvre	35	1,6	389	1,07
Jute	26,5	1,5 - 1,8	393 - 773	1,44
Ramie	61,4 - 128	1,2 - 3,8	400 - 938	1,56
Sisal	9 - 21	3 - 7	350 - 700	1,45
Coco	4 - 6	15 - 40	131 - 175	1,15
Alfa	12.7	1.6	75 - 154	1.51

I-4-Structure de la fibre végétale

La fibre végétale est un composite en elle-même. Le renfort est constitué par les couches de micro fibrille cellulose en partie cristalline. Ce dernier est enrobé d'une matrice polysaccharidique amorphe (hémicellulose et pectine) qui est associée par liaison hydrogène et covalentes à la lignine. 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 micro fibrilles (S1, S2, S3) [41].

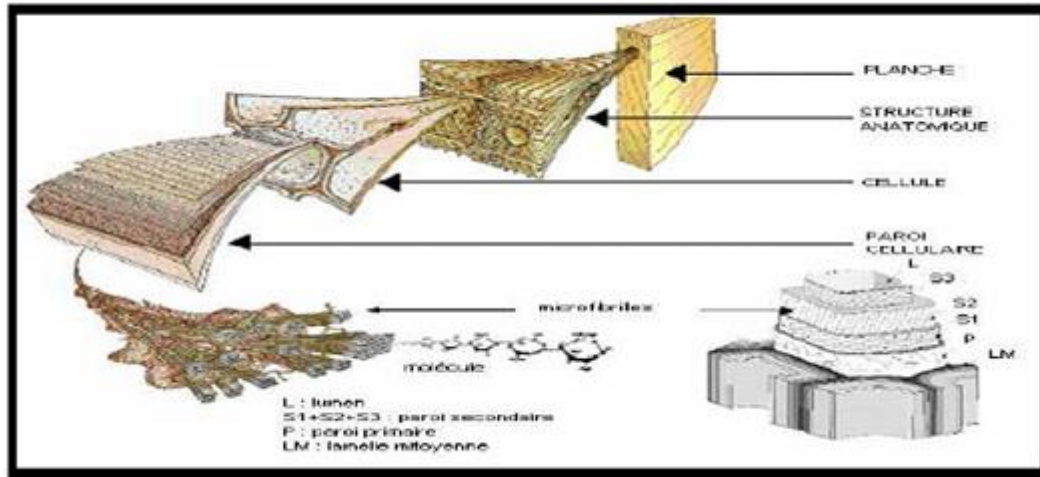


Figure 9: structure de bois (observations multi échelles) [42]

Les microfibrilles décrivent par rapport à l'axe de la fibre, un angle microfibrillaire (MAF) dont la valeur varie d'une espèce à l'autre. L'orientation des microfibrilles par rapport à l'axe de la cellule joue un grand rôle dans les propriétés mécaniques des parois des fibres, plus que l'angle des microfibrilles augmente, le module de Young (une mesure de la rigidité) décroît, tandis que l'extensibilité des parois augmente [43].

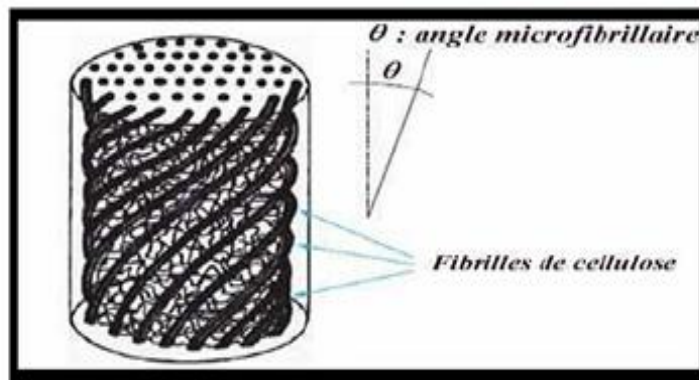


Figure 10: modèle de description de la structure d'une fibre végétale [44].

I-5- Composition Chimique De La Fibre Végétale

Les différents constituants des fibres végétales (**Fig.10**) sont :

- **La Cellulose** : La cellulose est le principal composant dans le quasi-totalité des fibres végétales et représente la matière la plus abondante sur la surface de la terre (plus de 50 % de la biomasse) [45].

- C'est un polymère naturel du premier plan. Généralement, les fibres végétales sont constituées par une chaîne des fibres en cellulose [46].
- **Hémicellulose** :Les hémicelluloses représentent le 3ème composant principal juste après la cellulose et la lignine, avec une proportion en poids à peu près 25% de la biomasse[47].
- L'hémicellulose présente dans toutes les parois de ces fibres. C'est le constituant responsable de l'élasticité des fibres [45].
- **Lignine** : La lignine forme avec la cellulose et l'hémicellulose la grande majorité de la biomasse, elle est 2ème après la cellulose en termes d'abondance. Ses principales fonctions sont d'apporter de la rigidité, une imperméabilité à l'eau et une grande résistance à la décomposition (barrière de protection biologique) [48].La lignine constitue la colle qui lie les fibres végétales entre elles ainsi que leurs parois. C'est un polymère tridimensionnel [49].
- **Pectines** :Les pectines jouent un rôle capital dans l'architecture de la paroi végétale. Ces substances pectiques sont présentes avec des proportions variées dans la plupart des végétaux (environ 1% dans le bois)
- **Extractibles** :Ce sont des molécules de faible masse molaire qui remplissent la lumière des cellules. Ils représentent 2 à 5 % de la masse sèche. La plupart de ces extractibles sont solubles dans l'eau ou des solvants organiques [50].

Le tableau 4 : illustre Composition chimique (en %) de différentes fibres végétales

Table 4: Composition chimique (en %) de différentes fibres végétales[51].

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

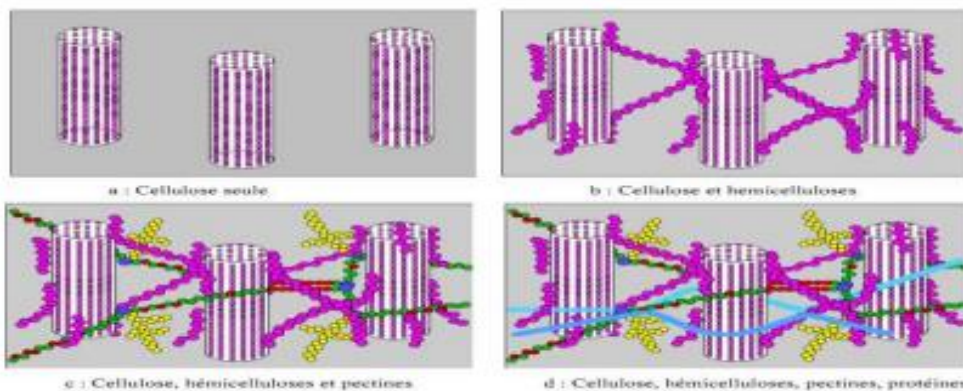


Figure 11: Exemple de représentation schématique de l'agencement des différents composants des fibres végétales à l'échelle micrométrique[51].

I-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. Les propriétés physiques et mécaniques des fibres végétales ont été traitées par beaucoup de chercheurs [52].

Table 5 : (a) Les caractéristiques physiques des fibres végétales les plus utilisées [53].

Fibre	Diamètre (mm)	Densité (g/cm ³)	Teneur en eau à l'état naturel (%)	Absorption d'eau après 5 min (%)	Absorption d'eau à la saturation (%)
Sisal	1.5	1.5	10.97-14.44	89.30	92
	1.37 0.75-1.07	1.37 0.75-1.07		67-92	190-250
Noix de coco	-	1.2	-	43.20	80.40
	1.2	1.17		22-28	85-135
	0.11-0.53	0.67-1.00		11.44-15.85	

Table 6: (b) Les caractéristiques physiques et mécaniques de quelques fibres végétales [54].

Fibres	Densité (g/cm ³)	Allongement à la rupture (%)	Résistance à la traction (MPa)	Module de Young (GPa)
Cotton	1.5-1.6	7.0-8.0	587-597	5.5-12.6
Jut	1.3	1.5-1.8	393-773	26.5
Lin	1.5	2.7-3.2	345-103	--
chanvre	--	1.6	690	61.4-128
ramie	--	3.6-3.8	400-938	--
sisal	--	2.6	278	15.2
	1.37	5.2	263	10.94-26.70
	0.75-1.07	2.08-4.08	577.50	9.4-22.00
	1.5	2.0-	511-635	
Noix de coco	1.2	30.0	175	4.0-6.0
	1.17	37.7	107	2.8
	0.67-1.00	13.7-41.0	174	2.5-4.5
	1.33		72	2.0
Palmier dattier	0.51-1.08	7.5-17.4	170-290	2.1-5.25

I-6-1-Structure physique

Les fibres végétales sont des expansions cellulaires assimilables à un matériau composite renforcé par des fibrilles de cellulose (**Figure 6**). La matrice est principalement composée d'hémicellulose et de lignine. L'ensemble est couvert en général avec des cires et des impuretés [55]. Les fibrilles celluloses sont disposées tout au long de la longueur des fibres, et présentent une structure multicouche complexe, avec une paroi primaire très mince qui entoure une couche secondaire plus épaisse. Cette structure est très similaire à celle de fibres de bois.

La paroi cellulaire primaire (externe) est généralement très mince ($<1 \mu\text{m}$) et très élastique, elle se laisse détendre et déformer. Elle peut ainsi suivre l'augmentation de taille de la cellule en croissance. Les microfibrilles contiennent une proportion de cellulose de 8 à 14%, et forment un maillage lâche, un arrangement dit en structure dispersée [56]. La couche secondaire contient la proportion majeure de cellulose et est constituée des trois couches distinctes (S1, S2 et S3). Celle du milieu (également connue comme couche S2) étant de loin la plus épaisse et la plus importante dans la détermination des propriétés mécaniques. Des études ont précisé que dans cette couche, les microfibrilles de cellulose sont parallèles mais disposées en hélice suivant un angle nommé angle microfibrillaire (MFA). L'angle microfibrillaire et la teneur en cellulose sont des paramètres très importants dans la détermination du comportement mécanique de la fibre [56,57]. Un examen (MEB et/ou MET) des parois cellulaires effectué à différentes échelles montre que celles-ci sont composées de:

- Macrofibrilles de $0,5 \mu\text{m}$ de diamètre
- Microfibrilles de 10 à 30 nm de diamètre
- Fibrilles élémentaires appelées micelles de 3,5 à 5 nm de diamètre (une micelle est constituée d'environ 50 à 100 macromolécules de cellulose) [58]. Les microfibrilles sont séparées par des espaces interfibrillaires dont les largeurs

sont d'environ 10 nm. Les fibrilles élémentaires sont espacées par des espaces intermicellaires (Contrairement aux fibres chimiques, qui présentent un diamètre constant et une surface quasiment lisse et uniforme tout au long du filament, les fibres végétales ont des irrégularités importantes au niveau de la finesse, nous observons donc des zones parfois plus fines ou plus grosses que le reste de la fibre. Il est également très fréquent de voir de nombreux défauts présents à la surface et dans le volume d'une fibre végétale. Certains sont produits durant la croissance de la plante, mais le procédé d'extraction peut engendrer également des défauts (genoux, nœuds, dislocation). Ces défauts sont répartis de façon hétérogène sur la longueur d'une fibre et jouent un rôle important dans la détermination de son comportement mécanique parce qu'ils sont souvent à l'origine de la rupture et représentent les points faibles de la fibre [59].

I-7- 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 Kenaf, le jute, la ramie, le palmier et surtout le chanvre et le lin [60].

a) 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 [61](**Fig11**).



Figure 12: Fibre de l'abaca[62]

b) Le lin

Le lin est une plante annuelle qui pousse dans le monde entier, aussi bien en Asie qu'en Europe. La fibre de lin vient des tiges de la plante mais aussi de l'huile extraite des graines(**Fig.12**). L'avantage de cette fibre est sa longueur élevée, en moyenne 25 mm et sa bonne résistance. Le lin peut être utilisé comme substitut au coton. Cette fibre est utilisé pour fabriquer des papiers fins comme les papiers à cigarette ou le papier bible.



Figure 13: Fibre de lin Fig12.Fibre de lin[63]

c) Le chanvre

Le chanvre est une fibre libérienne, tout comme le lin, le Kenaf, le jute et la ramie. Les plantes de cette famille présentent toutes des fibres externes longues et étroites et des fibres internes ligneuses(**Fig13**). Par ses possibilités techniques, la fibre de chanvre répond à des besoins textiles traditionnels tout en ouvrant la voie à une foule d'innovations. Cultivé dans les pays à climat tempéré, on en

trouve dans l'est de l'Europe, en France et en Italie. La France est le premier producteur en Europe pour la production de chanvre, Les fibres libériennes sont généralement transformées en textiles (tapis et vêtements) et en produits industriels comme des géotextiles, de la toile anti-érosion, du renfort de composite et du remplissage ce qui constitue d'ailleurs le principal emploi actuel et à venir de la fibre de chanvre. A cause de sa grande solidité et de son intérêt économique. Ses caractéristiques physiques lui confèrent une grande force, ainsi qu'une excellente rentabilité dans le domaine des composites et du papier.



Figure 14: Fibre de chanvre[64]

d) Le coton

Le cotonnier est un petit arbuste annuel de 1 à 1,50 m de haut (**Fig. 14**). Il est cultivé dans les zones chaudes d'Amérique, d'Afrique, d'Asie et mêmes d'Europe (Espagne). Les fibres de coton proviennent des graines, et sont appelés linters. Cette fibre est utilisée pour ses bonnes caractéristiques physique et mécanique. Elle est utilisée pour des papiers dits de luxe. Elles sont également utilisées pour les papiers fiduciaires et principalement pour les billets de banques, papiers pour lesquels la caractéristique essentielle est la résistance au pliage.



Figure 15: Fibre de coton Fig.14.Fibre de coton [65]

e) Le Kenaf

Le Kenaf est une plante herbacée dont la tige peut atteindre 3 m de haut. Il se trouve principalement dans les régions tropicales et en Amérique du sud. Elle est destinée uniquement pour le domaine papetier. La longueur moyenne des fibres (1,5 mm) est comprise entre celle des fibres de feuillus et celle des fibres de résineux (**Fig15**).



Figure 16: Fibre de le kénaf [66]

f) Le jute

Le jute est une plante buissonnante originaire du sud-est asiatique. Les principaux producteurs sont l'Inde et le Bangladesh. Les fibres utilisées en papeterie sont les déchets de culture et de filature. La longueur moyenne des fibres est de 2 mm, avec une largeur de 20 μm . Les caractéristiques de ces fibres sont généralement assimilées à celles du kénaf (**Fig.16**)



Figure 17: Fibre de jute [67]

g) Le sisal

Le sisal est une plante vivace constituée par une rosette de grandes feuilles à section triangulaire allant jusqu'à 2 m de long (**Fig.1.17**). Il s'agit d'une plante tropicale, principalement cultivé en Amérique du sud et en Afrique. La longueur moyenne de ces fibres est de 3 mm. **La figure (1.17)** représente la fibre de jute.



Figure 18: Fibre de Sisal [68]

h) La ramie

La ramie est une plante arbustive. Originnaire d'Asie de l'Est, la ramie a pour principaux producteurs la Chine, le Japon et l'Amérique. La longueur moyenne des fibres est comprise entre 40 et 250 mm, pour un diamètre moyen de 45 μm . Ces fibres ressemblent aux fibres de lin mais sont encore plus longues, plus solides et plus rigides **la figure (1.18)** représente fibre de ramie.



Figure 19: Fibre de ramie [69]

i) Le coco

Les fibres de coco proviennent de la couche fibreuse qui entoure la noix de coco. Elles sont filées et tissées après avoir été assouplies dans l'eau(**Fig19**). Le filage grossier et irrégulier donne au coco un aspect rustique. Le coco est très résistant, il est isolant, imputrescible et antibactérien. On utilise plutôt dans des pièces spacieuses et lorsqu'on veut mettre en avant son côté rustique.



Figure 20: Fibre de coco [70]

j) Palmier dattier

Le palmier dattier se constitue principalement de 10 parties à savoir : les palmes, la jeune palme, le régime de dattes, les dattes, le gourmand, Le stipe, les cicatrices annulaires, le rejet, le bulbe, les racines [71]. **Figure (20)** illustre la fibre de palmier dattier



Figure 21: Fibre de palmier dattier. [72]

I-8- Paramètres influençant les propriétés des fibres végétales

Plusieurs facteurs peuvent influencer les propriétés des fibres. On peut notamment distinguer l'influence des conditions : i) culturales de la plante pendant sa croissance (variété de semis, terrain, traitements phytosanitaires, engrais, maturité), ii) climatiques (saison, température, pluviométrie) et les étapes de l'élaboration (séchage, rouissage, teillage, filature, traitements). Par ailleurs, la géométrie des fibres testées a une influence sur les propriétés. En effet, il apparaît que le module d'Young a tendance à diminuer avec le diamètre moyen [73][74] [75] et la longueur [76] [78] de la fibre. Charlet [73] a rapporté que les fibres de lin, de la variété Hermès, localisées dans la zone médiane de la tige présentent, bien que de façon très dispersée, de meilleures propriétés mécaniques. [79]

Les paramètres extrinsèques, tels que les techniques d'extraction des fibres [80], les traitements chimiques [81], mécaniques [79] ou biologiques [82] ainsi que les réglages des paramètres des procédés, les conditions d'essai (humidité, température, vitesse de sollicitation), ou encore les méthodes d'analyses (déformation, section), sont autant de facteurs pouvant avoir une influence importante sur les résultats [81].

I-9- Utilisation des fibres végétales : avantages et inconvénients

Outre l'avantage direct de réduire l'impact négatif sur l'environnement au stade de la fabrication, un composite renforcé par des fibres naturelles peut également

contribuer au respect de l'environnement durant la phase de production en plus de son poids réduit

- Culture renouvelable,
- Culture non polluante : pas de traitements phytosanitaires (herbicides, fongicides),
- Bonne rentabilité économique pour les agriculteurs notamment dans les pays peu industrialisés. Les fibres végétales constituent une alternative intéressante aux fibres de verre en raison de leur recyclabilité. Ces fibres présentent de nombreux avantages comme renfort de matériaux composites. En revanche, certains inconvénients peuvent être un frein au niveau du développement industriel. Les principaux avantages et inconvénients sont rassemblés dans le **tableau 6** ci-dessous

Table 7: : Avantage et inconvénients des fibres naturels. [83].

AVANTAGES	INCONVENIENTS
Faible coût.	Absorption d'eau
Biodégradabilité.	Faible stabilité dimensionnelle.
Neutre pour l'émission de CO ₂ .	Mauvaise tenue en vieillissement.
Pas d'irritation cutanée lors de la manipulation des fibres.	Faible tenue thermique (200 à 230 °C max).
Pas de résidus après incinération.	Fibres anisotropes.
Ressource renouvelable	Variation de qualité en fonction du lieu de croissance, de la météo...
Demande peu d'énergie pour être produite	Pour des applications industrielles, demande la gestion d'un stock.
Propriétés mécaniques spécifiques importantes (résistance et rigidité).	Renfort discontinu.
Bonne isolation thermique et acoustique	
Non abrasif pour les outillages	

I-9- La fibre d'Alfa

Généralités :

Le nom latin d'alfa est *Stipa Tenacissima* L., le nom anglais est *Espartograssou* *Esparto*. La plante est une graminée et est un membre de la famille des herbes. C'est une plante permanente qui ne disparaît pas pendant

l'hiver et qui pousse indépendamment formant des nappes. Grâce à la faible consommation d'eau, l'alfa est endémique dans la région méditerranéenne d'ouest, une région plutôt sèche [84].

L'alfa, *Stipa tenacissima* L, est l'une des graminées pérennes dominantes, typiques des parcours steppiques maghrébins. C'est une essence très robuste, raide, sèche très persistante. Elle se présente en touffes denses, à feuilles longues et coriaces, l'inflorescence est longue (30cm) très fournie. L'alfa comprend une partie souterraine très importante pour la régénération et une partie aérienne atteignant 1m de hauteur. La partie aérienne est constituée de rameaux portant des graines imbriquées les unes dans les autres, surmontées de limbes longs de 30 à 120 cm [85].

I-9-1- Présentation générale

L'Alfa est une herbe vivace typiquement méditerranéenne, elle pousse en touffes d'environ 1m à 1m20 de haut formant ainsi de vastes nappes. Elle pousse spontanément notamment dans les milieux arides et semi arides, elle délimite le désert, là où l'Alfa s'arrête, le désert commence (**Figure 1**) [86].

I-9-2- Nomenclature et classification botanique

Nom vulgaire : L'alfa, en anglais Esparto ;

Nom scientifique : *Stipa Tenacissima* L ;

Classification [87]:

Règne: Plantae

Sous règne : Tracheobionta

Super Division : Spermatophyta

Division: Magnoliophyta

Classe: Liliopsida

Ordre: Poales

Famille: Poaceae

Genre: *Stipa* L.

Espèce: *Stipa tenacissima* L.

I-9-3- Répartition géographique

Par ailleurs, c'est l'une des espèces xérophiles qui caractérise le mieux les milieux arides méditerranéens à l'exclusion des secteurs désertiques. Sa terre d'élection est l'Afrique du Nord, et tout particulièrement les hauts plateaux du Maroc et de l'Algérie. Mais cette espèce est présente aussi en Espagne, au Portugal, aux Baléares, et elle s'étend vers l'est jusqu'en Égypte en passant par la Tunisie et la Libye. En France, elle serait présente uniquement dans le département du Var. Au sud et à l'est, la limite naturelle de l'Alfa est déterminée par la sécheresse en bordure du Sahara. En revanche, au nord et à l'ouest, c'est l'humidité croissante du climat qui l'élimine de la flore, elle est beaucoup plus rare dans les étages subhumide et surtout humide [88-90]. La répartition territoriale connue à ce jour est estimée à [91] :

- Algérie: 4.000.000 ha
- Maroc: 3.186.000 ha
- Lybie: 350.000 ha
- Espagne: 300.000 ha



Figure 22 : Illustrations de la plante d'Alfa à l'état brut[92]

I-9-4- Etude botanique

La plante d'Alfa comprend une partie souterraine et une autre aérienne. La partie souterraine, appelée le Rhizome, est formée d'un réseau complexe de racines très ramifiées de 2 mm de diamètre environ et profondes de 30 à 50 cm, qui se terminent par les jeunes pousses (**Figure2**).

La partie aérienne est constituée de plusieurs branches portant des gaines emboîtées les unes dans les autres, surmontées de limbes longs de 30 à 120 cm. La face inférieure des limbes est légèrement brillante, la face supérieure porte de fortes nervures. L'une et l'autre sont recouvertes d'une cire isolante qui permet à la plante de résister à la sécheresse [93].

La tige est creuse et cylindrique, et régulièrement interrompue au niveau du nœud par des enchevêtrements des faisceaux. Au même niveau, se trouvent des bourgeons qui donneront naissance soit à un entre-nœud, soit à une tige, ou reste sous la forme d'une réserve qui entrera en activité lorsque la souche sera épuisée.

Les feuilles sont cylindriques, très tenaces, longues de 50 à 60 centimètres. La fleur est protégée par deux glumes de longueur égale. La glumelle supérieure semble partiellement séparée en 2 parties et la glumelle inférieure est plus fine. Généralement, les fleurs apparaissent vers la fin avril début mai et sont de couleur verte. Le fruit est un caryopse (une sorte de grain) qui mesure 5 à 6 mm de longueur. Sa partie supérieure est brune et porte souvent des traces desséchées.

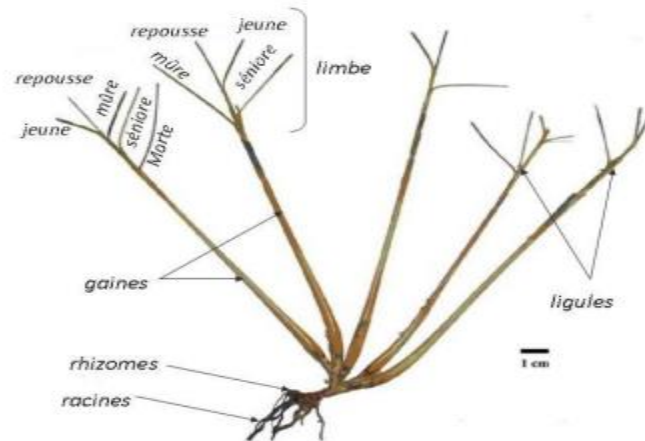


Figure 23: Morphologie de la plante d'Alfa [93].

La floraison a lieu à partir de la fin du printemps et durant tout l'été. Cette espèce est hermaphrodite (présentant les 2 sexes sur la même fleur). La pollinisation se fait de manière entomogame c'est-à-dire que le pollen est véhiculé par des insectes, et la dissémination des graines se fait par anémochorie (le mode de dispersion des graines des végétaux se faisant grâce au vent) [94-98].

I-9-5- La morphologie de la plante

La plante est plutôt une grande herbe dure au lieu d'une plante « normale » avec une grande tige avec des ramifications et des feuilles. Par contre, beaucoup de tiges poussent en forme de cercle (du vue d'en haut) en se partageant la même racine (**Figure N3°**). Les tiges peuvent atteindre une hauteur d'un mètre, et les racines une profondeur de plus d'un mètre. Entre les deux se trouve le rhizome (**Figure N°4**). Les racines sont très ramifiées avec beaucoup de nœuds où de nouvelles racines secondaires commencent. De cette façon, l'alfa est bien ancré dans le sol, ce qui est nécessaire dans les régions où elle pousse. Ces régions se trouvent à la frontière du désert où le sol de sable n'est pas un sol dur. Donc des racines ramifiées sont nécessaires pour pouvoir y tenir et croître.

En même temps, le fait que l'alfa stabilise bien le sable et le sol avec ses racines, donne une fonction importante de cette plante, c'est-à-dire elle sert à arrêter la désertification et à éviter l'érosion éolienne. Grâce à sa présence, le vent déplace

peu le sable. De plus, les tiges ou bien les feuilles proches du sol sont velues et cireuses. Quand le vent souffle et transporte le sable et la poussière de sable, ces parties velues peuvent capter ces particules et ainsi arrêter la désertification d'une deuxième façon [99]

Les cires limitent l'évaporation et cela est la raison pour laquelle l'alfa peut résister à des températures élevées et consomme peu d'eau. L'alfa fleurit normalement de début mai jusqu'à fin juin. L'alfa « mûre » est récoltée manuellement de juillet jusqu'à novembre. Elle est capable de résister à une grande variation de température. P.e. la nuit des températures de -20°C ont été mesurées, mais pendant la journée en été la température peut atteindre les 40°C [100].

I-9-6- La récolte de l'Alfa

L'Alfa se récolte après la maturation des graines, c'est-à-dire, à partir de juillet-août. La récolte commence par l'enlèvement des feuilles uniquement à la main, par arrachage, suivant la pratique adoptée depuis toujours, soit en enroulant les feuilles autour d'un bâtoncourt, soit en se garnissant la main d'une tige de métal. Le javeleur saisit une poignée d'Alfa, l'enroule autour d'une tige métallique pour assurer sa prise et tire brusquement. Avec son pied il retient les racines pour les empêcher d'être arrachées en même temps que les feuilles. Celles-ci sont liées en petites balles avec une tresse d'Alfa. Puis ces petites balles sont pressées pour constituer les grosses balles qui seront envoyées au centre de collecte. Ensuite, l'Alfa pesée sera stockée dans ces centres avant d'être transférée à l'usine, pour en extraire la pâte à papier en particulier (**Figure 5**).

Aujourd'hui, il serait possible de mécaniser la récolte d'alfa, cependant, la voie de la mécanisation n'a pas été suivie, car d'un côté, la récolte manuelle fournit un revenu à quelques milliers de cueilleurs, et d'autre part, comme c'est une activité saisonnière, cela ne serait pas économiquement rentable, en plus de la difficulté d'accès et la topographie particulière des nappes alfatières.

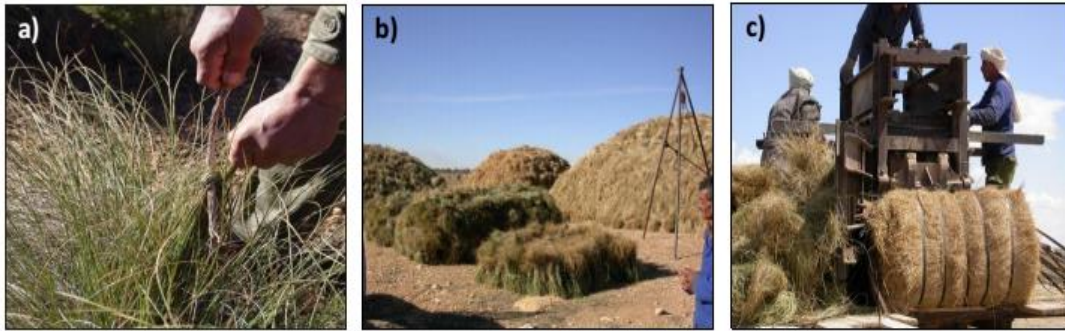


Figure 24: Les différentes étapes de la récolte de l'Alfa (a) l'arrachement, (b) la collecte et (c) la mise en balle [101].

I-9-7- Domaines d'applications

Les applications de l'Alfa sont multiples et diversifiées, et peuvent être classées en 2 catégories selon la nature de la matière :

➤ Les Tiges De L'alfa :

- **Applications artisanales :** Ces tiges, une fois filées ou tressées, s'emploient pour la fabrication de cordages et d'objets de sparterie (tels que : des tapis, des paniers, des paillasons, des plateaux, des ficelles ...). L'utilisation artisanale par les riverains qui habitent dans les régions alfatières peut être évaluée à 50 kg/ménage/an (**Figure 26**).
- **Pâturage :** Les nappes alfatières constituent un espace pastoral de réserve tant pour le bétail (bœufs, moutons, chameaux...) que pour la faune sauvage (gazelle...). Du fait qu'elle est relativement délaissée par les animaux en présence d'autres ressources pastorales plus appétentes, vu sa faible valeur alimentaire, elle constitue un énorme stock qui permet la survie des animaux pendant les années de disette.
- **Combustible :** Le pouvoir calorifique supérieur de l'alfa varie de 4666 Kcal/kg pour les brins de 1 an et de 5160 et 5163 Kcal/kg pour les brins âgés de 2 ans et de 3 ans respectivement, ce qui lui confère un usage énergétique important sous forme de briquettes combustibles en remplacement ou d'appoint au bois de feu [102].



Figure 25: Des exemples d'artisanat Alfatière (des paniers, des paillassons, des espadrilles...)

I-10- Les fibres de l'Alfa:

- **La pâte à papier**

L'incroyable Histoire Du Papier

Aujourd'hui, pratiquement tout le monde utilise du papier, mais savez-vous d'où vient cette magnifique invention ?

La naissance du papier reste à l'heure actuelle sujet à controverse. Certains affirment que le papier serait né durant le règne de l'empereur Wu entre 140 et 86 avant l'ère chrétienne, d'autres qu'il serait né en Chine vers la fin du III^{ème} siècle avant l'ère chrétienne, sous le règne de l'empereur Chiuangdi (dynastie des Qin). Quoiqu'il en soit, tous s'accordent pour dire que le papier est né en Chine il y a de ça plus de 2000 ans !

C'est vers 105 après J.C. que Ts'ai Lun, ministre chinois de l'agriculture, a l'idée géniale d'utiliser des fibres de bambou, des écorces d'arbres, du lin en plus du chanvre pour la fabrication du papier.



Figure 26: Fabrication du papier en Chine[103].

En 751, après la bataille de Samarkand, les Arabes comprennent l'intérêt que pourrait avoir le papier pour propager l'Islam. En progressant vers l'Occident, les Arabes sèment des moulins à papier sur leur chemin : Bagdad (793), Damas (IX è siècle), Le Caire (900), Maroc, Espagne (1056) , Sicile (1102), Italie (1276), France (1348).



Figure 27: Document arabe sur la fabrication du papier [104].

En 1445, l'invention de l'imprimerie par Johannes Gutenberg (1400-1468) bouleverse l'histoire du papier. Les manuscrits étant beaucoup plus faciles à produire, la demande de papier explose. Des papeteries éclosent un peu partout en Europe, en particulier en Espagne, en Italie et en France qui se hisse très vite au premier rang mondial des nations papetières. A cette époque, les papetiers utilisent des chiffons et du lin pour fabriquer du papier.

En 1798, le français Nicolas Louis Robert invente une machine à papier capable de produire du papier en continu. Une version améliorée de cette machine est brevetée en 1807 par les frères Fourdinier.



Figure 28: Machine à papier de Nicolas Louis Robert [105].

En 1843, l'allemand Friedrich Gottfried Keller fabrique la première pâte à papier obtenue à partir de bois. En 1885, la pâte à papier mécanique est devenue la matière première principale pour la production du papier journal.

Dans la deuxième moitié du XIX^e siècle, des procédés chimiques sont mis au point pour la fabrication du papier à partir du bois. S'en suivront des améliorations successives qui feront passer la fabrication du papier, du stade artisanal à l'industrie lourde telle que nous la connaissons aujourd'hui.

A la fin du 19^e siècle, le papier d'Alfa est apparu, c'est un papier de bonne qualité qui met bien en évidence la valorisation de cette plante et lui donne une

grande importance économique. La pâte à papier représente la branche qui consomme le plus d'Alfa (la Société Nationale de Cellulose et de Papier Alfa (SNCPA – Tunisie) produit 25.000 tonnes de papier et 12.000 tonnes de pâte par an) (**Figure N°8**) [106]. Cette pâte est essentiellement utilisée dans la fabrication du papier noble usage, du papier cigarette, du papier filtre et du papier condensateur (diélectrique).

- **Non tissés** : Des travaux ont été effectués afin de remplacer des fibres de verre et de carbone, qui ont un coût élevé influençant le prix de revient du produit fini. Les non tissés sont utilisés comme couche de renfort pour des emboitures dans le domaine orthopédique par exemple [107].

- **Composites** : Analogiquement, des études ont été réalisées pour développer des composites à base de fibres d'Alfa dans une matrice de polypropylène, de polyester ou de PVC. Ce recours aux fibres naturelles se produit de plus en plus de nos jours afin de réaliser des composites biodégradables avec des bonnes performances mécaniques et acoustiques et avec moins d'impact sur l'environnement. Mais ce type d'application connaît quelques difficultés pour la mise en œuvre telles que des problèmes de cohésion avec la matrice utilisée [108].

Par ailleurs, la feuille d'Alfa fournit également des sous-produits puisqu'elle possède des acides gras insaturés, notamment l'acide oléique et l'acide linoléique, pouvant être valorisés dans le domaine diététique et des cires utilisées pour les cosmétiques. Malgré cette diversité d'utilisations, l'Alfa n'est donc utilisée qu'à son état primitif (des tiges) ou bien en fibres très courtes n'ayant aucune performance mécanique (composites et non tissés) ou encore sous forme de pâte. C'est alors dans ce cadre que se situe notre travail qui va consister à extraire les fibres techniques avec une longueur et des propriétés mécaniques suffisantes pour être transformées en fils.



Figure 29: Illustrations de la pâte d'Alfa commercialisée par la SNCPA

Cette espèce aux vertus écologiques, économiques et sociales occupe une place très importante dans les pays producteurs et notamment chez les populations qui vivent aux alentours de ces exploitations.

➤ **Intérêts écologiques**

L'Alfa joue un rôle fondamental dans la protection et le maintien de l'intégrité écologique de tout l'écosystème. En effet, elle joue un rôle important dans la lutte contre le phénomène de désertification, elle est considérée comme l'un des remparts face à l'avancée du désert grâce à son système racinaire très développé qui permet la fixation et la protection du sol. Elle permet aussi d'éviter l'érosion éolienne durant les périodes sèches grâce à son aptitude de persister durant les périodes de sécheresse en maintenant une activité physiologique au ralenti. Elle lutte également contre l'érosion pluviale, les touffes d'Alfa constituent des barrages qui freinent le ruissellement.

De plus, cette plante ne nécessite pas une grande quantité d'eau pour survivre, elle est présente dans des aires où les précipitations annuelles se situent entre 50 et 150 mm). Elle utilise ainsi chaque goutte d'eau mise à sa disposition.

Finalement, l'Alfa pousse spontanément sans avoir recours aux pesticides ni insecticides ni engrais, en tout respect et harmonie avec son environnement.

➤ **Intérêts économiques**

L'Alfa est très recherché pour la fabrication des tapis des cordes des maltes et surtout de papier de haute qualité l'exploitation de cette plante devrait être

rationnelle au risque de la voir disparaître un jour, danger que signalait, L'alfa est une plante rustique, peut exigeante en eau et en sol, bien adaptée à la sécheresse, et qui présente d'énormes possibilités d'exploitation.

➤ **Sur le plan artisanal**

Elle est très utilisée dans la confection de vannerie, de nattes, de tapis et de chaussures

➤ **Sur le plan industriel**

Le meilleur débouché demeure la fabrication de la pâte à papier, en effet les recherches effectuées sur le système foliaire de cette poacée ont montré que la plante dispose d'un potentiel important en élément fibreux, notamment en cellulose (40 à 50%), matière première de l'industrie papetière.

➤ **Intérêts zootechniques**

L'alfa présente une faible valeur fourragère de 0,3 à 0,5 UF/Kg MS, cependant, les inflorescences sont très appréciées et recherchées par le bétail surtout en période de disette La productivité pastorale moyenne de ce type de steppe varie de 60 à 150 UF/ha selon le recouvrement et le cortège floristique.

➤ **Intérêts médicaux**

L'alfa pourrait servir à la fabrication des composés utilisés dans les industries alimentaires Pharmaceutiques tel que de xylose, c'est l'équivalent du saccharose et qui conviendrait fort bien au diabétique car son métabolisme ne nécessite pas l'insuline.

Enjeu socio-économique

Cette graminée pérenne présente un intérêt économique certain puisqu'elle entre dans des utilisations à des fins industrielles, cités précédemment, comme la pâte à papier, l'artisanat et les composites biodégradables. Le chiffre d'affaires annuel de la SNCPA est de 30Millions d'Euros. Actuellement, dans les régions Alfatières marocaines, quelques 41.521foyers d'éleveurs vivent plus ou moins directement des produits de l'Alfa, et environ5000 en Tunisie [109] [110].

I-10-1- Les menaces et les contraintes

Face à cette ressource abondante et tous les avantages qu'elle présente, l'Alfa a interpellé l'attention des industriels et a suscité leur intérêt. Vu l'enjeu économique énorme qu'elle représente, son exploitation a explosé et a été faite de façon intensive et souvent exagérée autour des agglomérations et centres de collecte ce qui a, tout naturellement, engendré la régression de la nappe dans ces endroits. La disparition d'une telle espèce risque d'avoir des conséquences dramatiques sur l'équilibre écologique de l'ensemble de l'écosystème.

Bien que cette plante contribue à l'amélioration des recettes forestières et des régions reculées du pays, et apporte un revenu complémentaire aux populations de ces régions confrontées à des conditions climatiques rudes, elle a peu tenté la curiosité scientifique des chercheurs qui se sont concentrés surtout à l'étude botanique et géographique et les modes d'exploitation afin de tirer la meilleure partie d'elle. Et ce n'est que récemment, que les scientifiques ont commencé à étudier les possibilités de valorisation et des débouchés technologiques qui peuvent être tirés. Les principales contraintes peuvent être résumées comme suit [111] [112] [113]:

- La régression alarmante des surfaces d'exploitation ces dernières années à cause, d'une part, le surpâturage et l'exploitation intensive, et d'un sérieux problème de régénération naturelle d'autre part.
- Les méthodes de cueillettes ne sont ni évaluées ni optimisées
- Le manque important d'études et recherches pour la valorisation
- Le manque des débouchés commerciaux
- Manque de maîtrise de la régénération et des productivités
- Malgré l'existence de disposition législatives pour régler l'exploitation, leur application et les contrôles se font très rares voire inexistantes.

I-10-2- Structure chimique

Hormis l'eau qui reste la molécule indispensable pour la survie de n'importe quelle espèce végétale, les cellules végétales se composent principalement de

polymères à base de sucre (glucides) qui sont combinés avec de la lignine et d'autres produits d'extraction en quantités moindres. La composition chimique varie d'une plante à une autre et dépend de l'espèce, de l'âge de la plante, des conditions climatiques, de la composition du sol et de la méthode d'extraction utilisée. Les fibres végétales se composent principalement de la cellulose, d'hémicellulose, de la lignine, de la pectine et des cires. Leurs proportions déterminent l'ensemble des propriétés de fibres [88]. Tout d'abord il est intéressant de connaître la répartition des différents composants de l'alfa. O. Akchiche, A.B. Marchak et Y.G. Butko ont publié en 1987 des résultats d'analyses chimiques. Ils ont trouvé 74.5% d'hydrocarbures, parmi lesquelles la cellulose, l'hémicellulose et les pectines, et 18.5% de lignine. Les taux des composants varient selon la source [114].le tableau suivent :

Table 8: la composition chimique d'alfa [114].

Matière	[8] (%)	[6] (%)	[7] (%)	[9] (%)
Cellulose	43,81	45	45	47,63
Lignine	18,76	23	24	17,71
Cendres	4,66	2	2	5,12
Silica	1,76			
Hémicellulose/Pectines	28,4	25	24	22,15
Cires		5	5	
Extraction et autres	2,61			7,39
Somme (%)	100	100	100	100

a) 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'alfan'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 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 ». En considérant la structure de base, il est clair qu'un groupe aromatique est présent, et que les deux groupes qui varient sont un groupe aromatique (-Ar) et aliphatique (- R). Mais pourtant la structure exacte reste. Cependant des analyses de spectroscopie UV-VIS donnent une idée de la structure de la lignine .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.

b) L'hémicellulose

L'hémicellulose est présente avec la cellulose dans les parois des cellules des plantes. Sa structure correspond fortement à celle de la cellulose. Néanmoins quelques différences importantes existent : la cellulose a une structure cristalline mais l'hémicellulose est amorphe et donc moins forte. De plus la cellulose est faite de β -glucose comme seul monomère, mais pour la polymérisation d'hémicellulose plusieurs monomères glucidiques, comme le xylose, le mannose, le galactose, le rhamnose (un désoxy-hexose du mannose) et l'arabinose, sont possibles. Donc tout comme la lignine, l'hémicellulose existe également sous différentes formes, parmi lesquelles le xylane est la molécule la plus abondante. Ce qui fait, que la cellulose est un composant désiré et non pas l'hémicellulose.

c) Les pectines

Les pectines font également partie des plantes, plus spécifiquement de leurs tiges et de leurs fruits. Quant à l'alfa, les pectines se trouvent dans les tiges. La fonction des pectines est la liaison des faisceaux de fibres. Leurs structures ressemblent beaucoup à celles des hémicelluloses. En outre, pendant la maturation des fruits, des pectines sont souvent transformées en hémicelluloses, ce qui montre la similarité entre les deux structures.

Les pectines sont donc, comme les hémicelluloses, composées de polysaccharides, c'est-à-dire des polymères formés à partir de monomères glucidiques. Une différence entre la structure chimique des pectines et celle des hémicelluloses est le fait que les pectines possèdent des groupes carboxyl (-COOH) tandis que l'hémicellulose n'en a pas.

De plus, l'arrangement des pectines est similaire à celui de la cellulose, c'est-à-dire des chaînes linéaires grâce à la rotation des monomères par rapport aux monomères voisins. La combinaison des chaînes linéaires avec les groupes carboxyl rend possible les fortes liaisons d'hydrogène entre les chaînes.

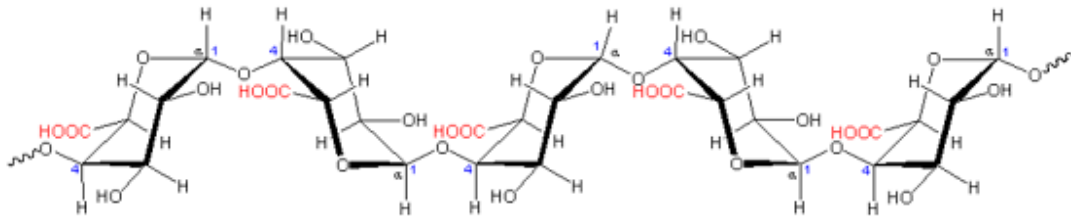


Figure 30: Représentation de la molécule de pectine[115].

Les cires

Les cires sont des lipides qui se trouvent dans une fine couche à l'extérieur des tiges. Les cires ont plusieurs fonctions, comme la protection physique contre des conditions environnementales défavorables et des insectes. Les structures peuvent être très complexes, mais parmi les lipides les plus courants se trouvent les hydrocarbures (C21-C35), les esters de cire (C34-C62), les cétones (C23-C33), les alcools (C22-C33) et les acides gras (C16-C32) [116]. La structure et la composition de la couche des cires peuvent varier tout au long de la plante et de la tige.

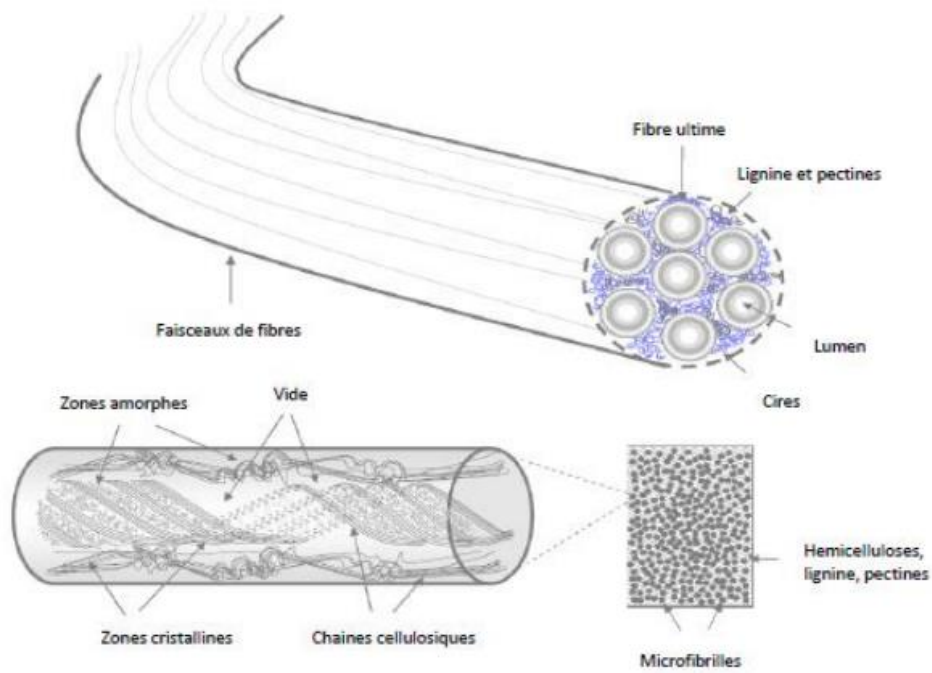


Figure 31: Schéma montrant la structure ligno-cellulosique et cristalline d'une fibre

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.

CHAPITRE II

Généralités sur les matériaux composites

Introductions

Dans ce chapitre nous présentons une description de matériau composite, et des différents constituants entrant dans la mise en forme des matériaux composite en les regroupant par catégories (la matrice: résine polyester; le renfort: fibre de verre et fibre végétale), et on présente les principales caractéristiques de ces constituants. Par la suite nous parlons en détail de fibres végétales.

II.1 Les matériaux composites

Définition

Les matériaux composites suscitent l'intérêt des scientifiques et des industriels. Leur géométrie spécialement conçue afin d'avoir des propriétés que leur constituants élémentaires ne possèdent pas individuellement en plus de cela leur faible masse volumique les rends plus intéressant que les matériaux traditionnels[1]. Les composites sont des matériaux hétérogènes formés de deux constituants : la matrice, et le renfort.(**figure1**) . Ils sont généralement conçus de sorte à combiner les propriétés de leur constituants. Ainsi, une propriété que ne possède pas l'un est présente chez l'autre. Leur arrangement géométrique peut même faire émerger au niveau global des propriétés que leurs constituants n'ont pas [2]. On peut distinguer trois types de matériaux composites selon la nature de la matrice utilisée :

- les composites à matrice organique (CMO) qui constituent les volumes les plus importants aujourd'hui à l'échelle industrielle
- les composites à matrice céramique réservés aux applications de très haute technicité et demandent une bonne tenue aux hautes températures (CMC)
- les composites à matrice métallique (CMM)

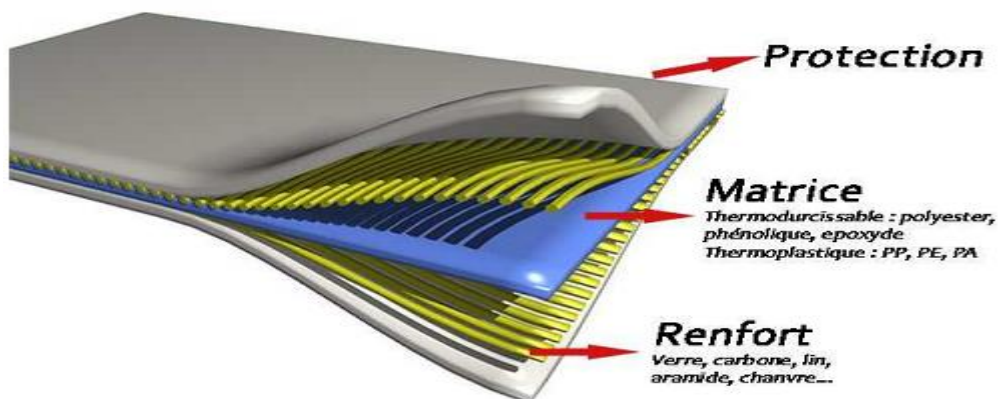


Figure 32: : Schéma simplifié d'un matériau composite [3].

II.2. Classification des matériaux composites :

II.2.1. Forme des constituants :

En grande fonction de la forme des constituants, les composites sont classés en deux classes :

- Les matériaux composites à base de particules
- Les matériaux composites à base fibres

II.2.1.1. Composites à fibres :

Un matériau composite est un composite à fibres si le renfort se trouve sous forme de fibres. Les fibres utilisées se présentent sous forme des fibres continues, soit sous forme des fibres discontinues, fibres courtes, fibres coupées, etc. L'arrangement des fibres, leur orientation permettent de moduler à la carte les propriétés mécaniques des matériaux composites, pour obtenir des matériaux allant de matériaux fortement anisotropes à des matériaux anisotropes dans un plan. L'importance des matériaux composites à fibres justifier une étude exhaustive de leurs comportements mécaniques

II.2.1.2. Composites à particules :

Un matériau composite est un composite à particules si le renfort se trouve sous forme des particules. Une particule par opposition aux fibres, ne possède pas de dimension privilégiée. Les particules sont généralement utilisées pour améliorer certaines des propriétés des matériaux ou des matrices, comme la rigidité la tenue, la résistance à l'abrasion, la diminution de retrait etc. Dans de nombreux cas les particules sont simplement utilisées comme charges pour réduire le coût du matériau sans en diminuer les caractéristiques.

II.3. Selon la nature des constituants :

Selon la nature de la matrice, les matériaux composites sont classés comme des composites à matrice organique, à matrice métallique ou à matrice minérale. Divers renfort sont associés à ces matrices. Seuls certains couples d'associations ont actuellement un usage industriel, d'autres faisant l'objet d'un développement dans les laboratoires de recherche.

II.4. Les Différents Types Des Matrices

II.4.1. La matrice organique :

a) Les matrices thermodurcissables (TD) :

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 et dérivés allyliques, Les résines de condensation : phénoliques, aminoplastes, etc.,
- Les résines époxydes

- **Les résines polyesters** [4].

Les résines polyesters insaturées viennent de très loin en tête dans la mise en œuvre des matériaux composites. Leur développement est le résultat :

- d'un faible coût de production,
- de leur diversité offrant de multiples possibilités,
- d'une adaptation à des procédés de fabrication faciles à mettre en œuvre et à automatiser.

D'où un développement industriel sans cesse croissant. Suivant leur module d'élasticité, les résines polyesters sont classées en :

- Résines souples.
- Résines semi-rigides.
- Résines rigides

Les résines habituellement utilisées dans la mise en œuvre des matériaux composites sont du type rigide, et nous retiendrons pour ces résines durcies les caractéristiques suivantes :

On observe de tableau 1

Table 9: Principales caractéristiques mécaniques des résines polyesters. [5]

Masse volumique (1200kg/m ³)	1 200
Module d'élasticité en traction (GPa)	2,8 à 3,5
Module d'élasticité en flexion (GPa)	3 à 4,5
Contrainte à la rupture en traction (MPa)	50 à 80
Contrainte à la rupture en flexion (MPa)	90 à 130
Allongement à la rupture en traction	2 à 5 %
Allongement à la rupture en flexion	7 à 9 %
Résistance en compression (MPa)	90 à 200
Résistance au cisaillement (MPa)	10 à 20
Température de fléchissement sous charge (1,8 MPa)	60 à 100 °C

Parmi les avantages des polyesters insaturés, nous retiendrons :

- une bonne rigidité résultant d'un module d'élasticité assez élevé,
- une bonne stabilité dimensionnelle,
- une bonne mouillabilité des fibres et des tissus,
- la facilité de mise en œuvre,
- une bonne tenue chimique,
- un faible coût de production
- une bonne résistance chimique aux hydrocarbures (essence, fuel, etc.) à température ambiante, etc.

Parmi les inconvénients, nous noterons :

- une tenue médiocre en température : inférieure à 120 °C en service continu,
- une sensibilité à la fissuration, essentiellement dans le cas de chocs,
- un retrait important de l'ordre de 8 à 10 %,
- un mauvais comportement à la vapeur, à l'eau bouillante avec risque d'hydrolyse, d'où la nécessité de recouvrir les matériaux composites à résines polyesters d'une couche de "gel-coat" de manière à les rendre étanches,
- une dégradation à la lumière par les rayons ultraviolets,
- une inflammabilité.

- **Les résines de condensation :**

Les résines de condensation comportent les résines phénoliques et les aminoplastes.

- Les *résines phénoliques* : sont les plus anciennes des résines thermodurcissables dont la plus connue est la bakélite.

Parmi les avantages, nous citerons :

- une excellente stabilité dimensionnelle,
- une bonne tenue à la chaleur et au fluage,
- une bonne résistance aux agents chimiques,
- un faible retrait,
- de bonnes caractéristiques mécaniques,
- un faible coût.

Parmi les inconvénients, nous noterons :

- une mise en œuvre sous pression, donc à faibles cadences
- les couleurs foncées des résines,
- une non adaptation à des utilisations alimentaires.
- Les caractéristiques des *résines aminoplastes* sont voisines de celles des résines phénoliques.

Aux avantages de ces résines, il faut ajouter :

- la possibilité d'utilisations alimentaires,
- la possibilité de colorer les résines.

- **Les résines époxydes :**

Les résines les plus utilisées après les résines polyesters insaturées sont les résines époxydes. Elles ne représentent cependant que de l'ordre de 5 % du marché composite, à cause de leur prix élevé (de l'ordre de cinq fois plus que celui des résines polyesters).

Parmi les avantages . [6] des résines époxydes, nous retiendrons :

- de bonnes propriétés mécaniques (en traction, flexion, compression, choc, fluage, etc.) supérieures à celles des polyesters,
- une bonne tenue aux températures élevées : jusqu'à 150 °C à 190 °C en continu;
- une excellente résistance chimique,
- un faible retrait au moulage (de 0,5 à 1 %),
- une très bonne mouillabilité des renforts,
- une excellente adhérence aux matériaux métalliques.

Parmi les inconvénients, nous citerons :

- un temps de polymérisation long,
- un coût élevé,
- la nécessité de prendre des précautions lors de la mise en œuvre,
- une sensibilité à la fissuration.

b) Les matrices thermoplastiques (TP) :

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). [7] 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 (injection, extrusion). Toutefois, ce faible coût est lié à des propriétés mécaniques et thermomécaniques faibles.

c) Les matrices thermostables (TS):

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 [8] 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 therm durcissable de type polyester ou époxyde. Les résines polyimides sont apparues sur le marché vers 1970. Ce sont des résines à haute résistance thermique, mais de prix très élevé. Ces résines permettent d'obtenir des composites de résistance supérieure, à 250 °C, à la résistance de l'aluminium. [9]

II.4.2 La matrice minérale :

II.4.2.1 la matrice céramique :

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.

II.4.2.2 la matrice métallique :

Les composites à matrice métallique possèdent une bonne tenue en température ainsi que de bonnes propriétés électrique et thermique. Par rapport aux métaux, ils ont une meilleure stabilité dimensionnelle, ainsi qu'une meilleure résistance à l'usure. [10]

- On trouve des différences entre Les matrices thermoplastiques (TP) et Les matrices therm durcissables (TD) comme le tableau 2 suivant :

Table 10: Principales différences entre matrices TP et TD. . [11]

Matrice	TD	TP
Etat de base	Liquide visqueux à polymériser	Solide prêt à l'emploi
Stockage	Réduit	Illimité
Mouillabilité des renforts	Aisée	Difficile
Moulage	Chauffage continu	Chauffage +refroidissement
Cycle	Long (polymérisation)	Court
Tenue au choc	Limitée	Assez bonne
Tenue thermique	Meilleure	Réduite (sauf nouveau TP)
Chutes et déchets	Perdus ou utilisés en charge	Recyclables
Condition de travail	Emanation de solvants	Propreté

II.5. Polyesters insaturés :

C'est la résine la plus utilisée dans l'application composite de grande distribution. Une résine de polyester insaturé contenant un monomère (généralement le styrène) est réticulée à température ambiante par addition d'un catalyseur de type peroxyde organique et d'un accélérateur. Elle passe successivement de l'état liquide visqueux initial à l'état de gel, puis à l'état de solide infusible.

- ✓ Les propriétés de polyesters insaturés représentent dans le **tableau 3** .

Il existe différents types de résines

- ✓ Ortho phtalique : la plus courante.
- ✓ Iso phtalique : qui donne une meilleure tenue à l'humidité
- ✓ Chlorée : apportant une auto exigibilité.
- ✓ Bisphénol : possédant de bonnes caractéristiques chimiques et thermiques.

Table 11: :Caractéristiques des polyesters insaturés. [12]

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Bonne accroche sur fibres de verre • Translucidité • Bonne résistance chimique • Mise en œuvre facile • Tenue en température (> 150 °C) • Prix réduit 	<ul style="list-style-type: none"> • Inflammabilité (sauf résines chlorées) • Tenue vapeur et eau bouillante • Retrait important (6 à 15 %) • Durée de conservation en pot limitée • Emission de styrène

II.6. Renforts :

Le renfort est le squelette supportant les efforts mécaniques. Le but des renforts dans les matériaux composites est essentiellement d'accroître leurs propriétés mécaniques (rigidité, résistance à la rupture, dureté, etc.) et d'améliorer des propriétés physiques, tels que les comportements au feu, la tenue en température (conservation des caractéristiques mécaniques à haute température) ou les propriétés électriques. Outre les propriétés mécaniques élevées qu'ils procurent, les caractéristiques recherchées dans les renforts sont une masse volumique faible, une compatibilité avec les matrices et une facilité de mise en œuvre. Les renforts peuvent provenir d'origines diverses (animale, végétale, synthétique, etc.). Il peut se présenter sous de nombreuses formes : fibres courtes ou particules (mat) ou fibres continues (unidirectionnel, tissus ou textures multidirectionnelles) [13].

La classification des types de renforts couramment rencontrés est indiquée sur **la figure2** [14].

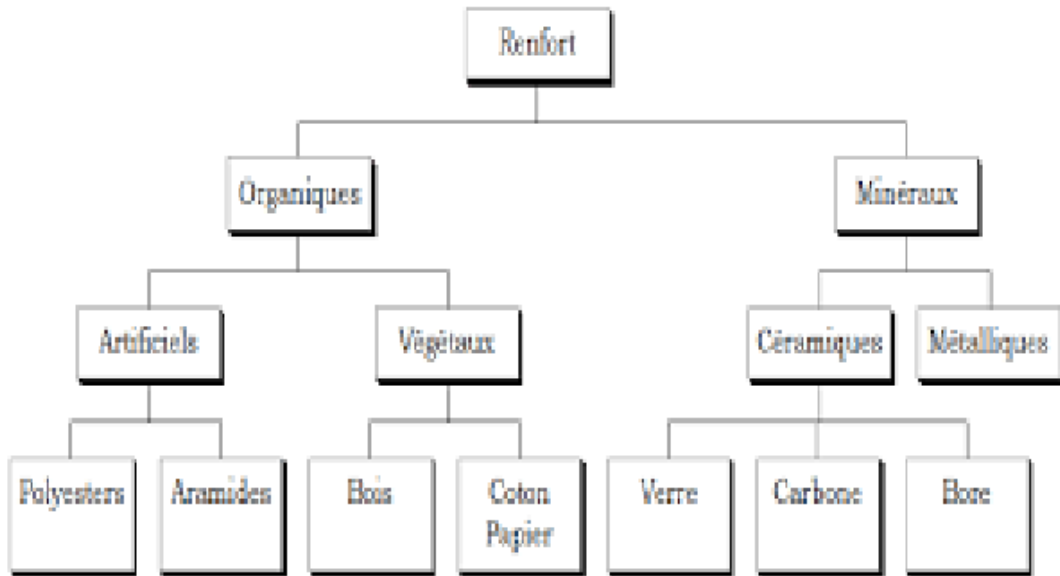


Figure 33: Organigramme des différents types de renfort[14].

La forme du renfort est fonction de l'application et du volume de pièces à réaliser, elle permet de distinguer deux grandes familles[15].

- **Renfort en fibres discontinues**

Des fibres courtes, ou particules (charges sous forme de microbilles, de fibres broyées, d'écaillés ou de poudre), permettent d'améliorer certaines propriétés de la matrice (résistance à l'usure, propriétés thermiques, poids). Celle-ci reste l'élément de base et on obtient alors un « polymère renforcé ».

- **Renfort continu**

Sous forme de fibres longues qui sont généralement utilisées poudres composites HP. Cette forme fibreuse offre une résistance à la rupture et souvent un module d'élasticité beaucoup plus élevée que ceux du même matériau massif, avec une augmentation de la longueur de 10000 fois, ou bien pour le même volume, la surface est multiplié par 100 dans le cas des fibres de verre.

- **❖ Architecture De Renforcement**

Les renforts constitués de fibres se présentent sous les formes suivantes : linéique (fils, mèches), tissus surfaciques (tissus, mats), multidirectionnelle (tresse, tissus complexes, tissage tri directionnel ou plus). **Figure 3.** illustre Les différentes formes de renfort.[16].

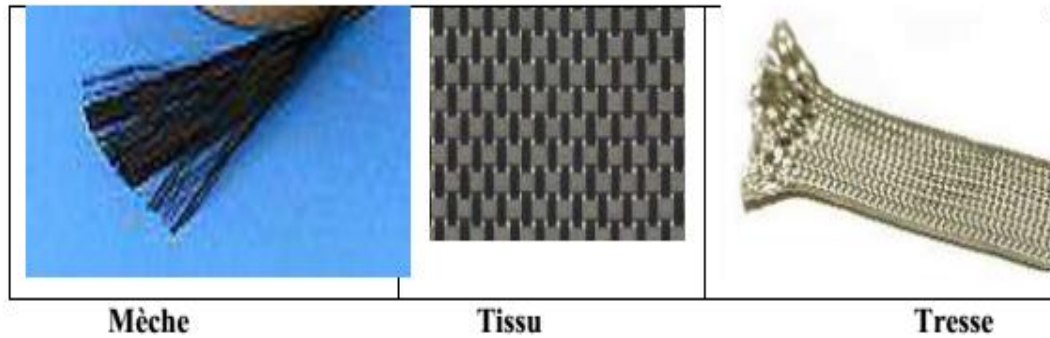


Fig 3Figure 34: .les différentes formes de renfort. .[16].

II.6.1. Type De Renfort

Les fibres utilisées se présentent soit sous forme continues (fibres longues), soit sous forme discontinues (fibres courtes).

a) Fibres de verre

Elles constituent le renfort essentiel des composites de grande diffusion. Elle est obtenue à partir de sable (silice) et d'additifs (alumine, carbonate de chaux, magnésie, oxyde de bore) (**Fig.4**). On distingue différents types de fibre [17]

- **verre E** : le plus courant, il possède de bonnes propriétés diélectriques.
- **verre D** : il est destiné aux applications de construction ou électronique, en raison des ses
- **verre C**: il est très résistant chimiquement et est principalement utilisé pour les applications anticorrosion.
- **verre R ou S** : il est destiné pour les applications hautes performance du fait de sa résistance en traction et son module d'élasticité supérieurs aux autres fibres de verre [18].

On observe le **tableau 4** suivant :

Table 12 : représente les différentes formes des fibres de verre[18].

Caractéristiques	Type E	Type D	Type C	Type R	Type S
Résistance en traction (MPa)	3500	2450	2800	4650	4650
Module en traction (GPa)	73,5	52,5	70	86,5	86,5
Allongement à la rupture (%)	4,5	4,5	4	5,3	5,3

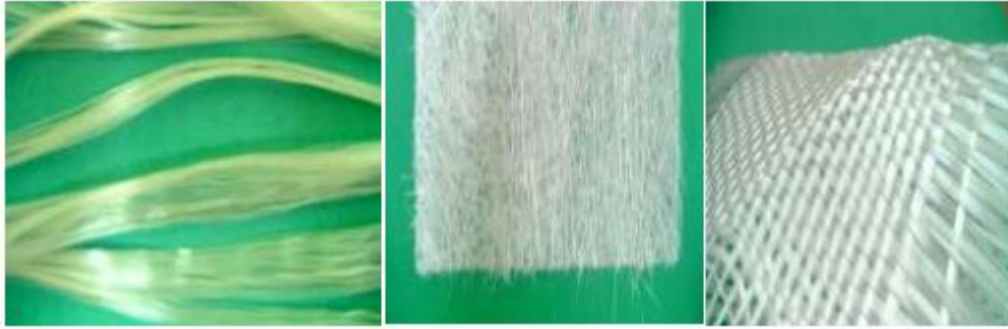


Figure 35: Fibres de verre[17].

a) Roving de verre d) Mat de verre c) Tissu de verre

b) Fibre de carbone

C'est la fibre la plus utilisée dans les applications hautes performances. Elle est obtenue par carbonisation de la fibre de PAN (Polyacrylonitrile). Selon la température de combustion (Fig.5), on distingue deux types de fibres :

- **Fibres haute résistance (HR)** : pour une combustion de 1000 à 1500 °C.
- **Fibres haut module (HM)** : pour une température de combustion de 1800 à 2000 °C [19].



.Figure 36:Fibres de carbone[19].

c)Fibre d'aramide

Les plus connues sont les fibres de polyamides aromatiques, connues sous la marque commerciale de "Kevlar". Le comportement des fibres aramides est semblable à celui des métaux car sous faible charge elles sont élastiques et deviennent plastiques quand elles sont soumises à de fortes contraintes. Elles constituent un bon compromis entre les fibres de carbone et celles à base de verre. Les fibres aramides ont une bonne tenue au feu. Par contre, lors de leur renforcement des composites, on observe une faible résistance à la compression et à la flexion, du fait d'une mauvaise adhérence avec les résines. [19] (fig 6)



Figure 37: Fibres d'aramide. [19]

c) Fibre de bore

Fibres de haut module et insensibles à l'oxydation à hautes températures, elles sont obtenues par dépôt en phase gazeuse sur un substrat en tungstène [20].

e)Fibre de silice (ou de quartz)

Elles sont produites comme le verre, par fusion, et sont essentiellement utilisées pour leur haute tenue chimique et thermique dans les tuyères pour moteur de fusée [21].

f) Fibres de polyéthylène de haut module

Elles présentent une très bonne résistance à la traction mais une mauvaise mouillabilité. Pour des structures peu sollicités, on peut encore utiliser des fibres synthétiques courantes de polyamide ou polyester [21].

g) Fibres végétales

Les fibres végétales sont utilisées depuis longtemps. Elles peuvent être associées à des matrices de différentes natures. L'utilisation de fibres végétales dans une matrice thermoplastique ou thermodurcissable est une technique déjà utilisée et industrialisée notamment dans l'automobile (panneaux intérieurs, garnitures de toit, planchers de camions etc.), la construction (profilés de portes et de fenêtres, clôtures, bardages etc.) ou encore dans l'équipement domestique (meubles de jardin par exemple). Des études sont également en cours pour des applications dans le domaine de la construction aéronautique [22].

En fonction de leur utilisation, les renforts peuvent être d'origines diverses comme il est indiquée sur la **figure 7**

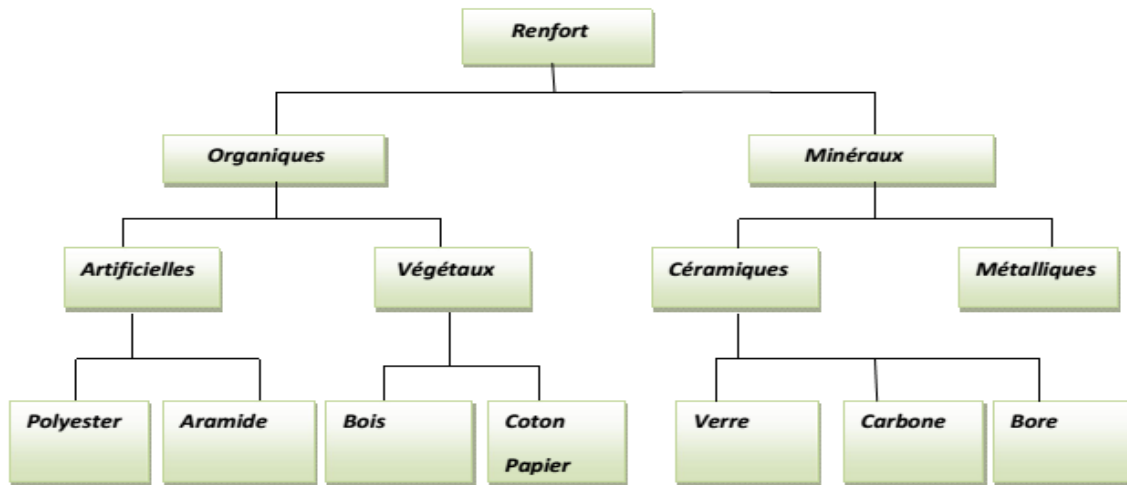


Figure 38: Les différents types de renfort de base. [23]

II.7. Fibres d'Alfa:

L'Alfa est une herbe vivace typiquement méditerranéenne, elle pousse en touffes d'environ 1m à 1m20 de haut formant ainsi de vastes nappes. Elle pousse spontanément notamment dans les milieux arides et semi arides, elle délimite le désert, là où l'Alfa s'arrête (Figure .8). La fibre d'alfa est généralement employée dans la fabrication du papier de haute qualité mais aussi utilisée pour la fabrication de cordages, d'espadrilles, de tissus grossier, tapis et panier. Les principaux producteurs sont : Algérie (4.000.000 ha), Maroc (3.186.000 ha), Tunisie (600.000 ha), Lybie (350.000 ha) et Espagne (300.000 ha). [24]

Nomenclature botanique

Nom vulgaire : L'alfa, en anglais Esparto ;

Nom scientifique : *Stipa Tenacissima* L ;

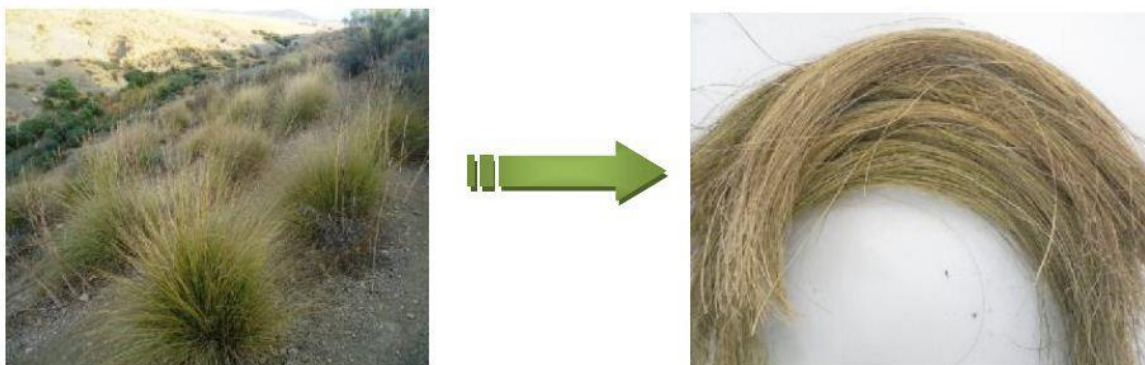


Figure 39: faisceau de fibre alfa[25]

Conclusion

Les différents types des matériaux composites se définissent en fonction de la nature de la matrice qui pourra être de type organique, métallique ou céramique. Les propriétés mécaniques des matériaux composites sont influencées principalement par l'adhérence entre la matrice et les fibres ; et l'utilisation des renforts pour l'élaboration de matériaux composites impose de bonnes connaissances des propriétés physiques et chimiques de ces matériaux.

CHAPITRE III :
Etude Comparatif

Introduction :

Dans ce chapitre, nous distinguons deux parties qui parlent des méthodes de traitement de la fibre d'alfa (traitement chimiques, Traitement alcalin , Traitement de la permanganate , Traitement du dichromate , Traitement acétylant)et de l'équipement utilisé et de l'objectif de chacune

Partie N :01**Objectif :**

Dans ce travail, nous nous sommes concentrés sur l'effet divers traitements chimiques en tant que modificateur de surface les propriétés mécaniques de l'Alfa tissée composites en plastique renforcés. L'Alfa (*Stipa Tenacissima L.*) couvre une superficie de 2 millions hectares de la région semi-aride algérienne, qui le rendre facilement disponible, très peu coûteux, et potentiellement clé pour le développement durable dans L'Algérie et d'autres pays [1]. Après un pré-traitement avec 2,5% wtNaOH, les fibres alfa tissées ont été soumis à divers traitements chimiques, à savoir: 0,2 % wt permanganate, 0,2 % w.t dichromate et anhydride acétique. L'effet de ces traitements sur les propriétés des fibres (modification de surface) ont été Exploré. L'influence sur les propriétés mécaniques a été étudié pour déterminer le meilleur traitement. En outre, des études d'interface ont été faites avec SEM pour vérifier les effets du traitement de surface de la Fibres.

III.1.Préparation des fibres alfa tissées

Tissu Alfa tissé utilisé comme renfort a été obtenu de la région sud de M'sila et a reçu sous forme de tissages simples [2] comme le montre la(figure1) Le tissu présente 5 mm d'épaisseur.

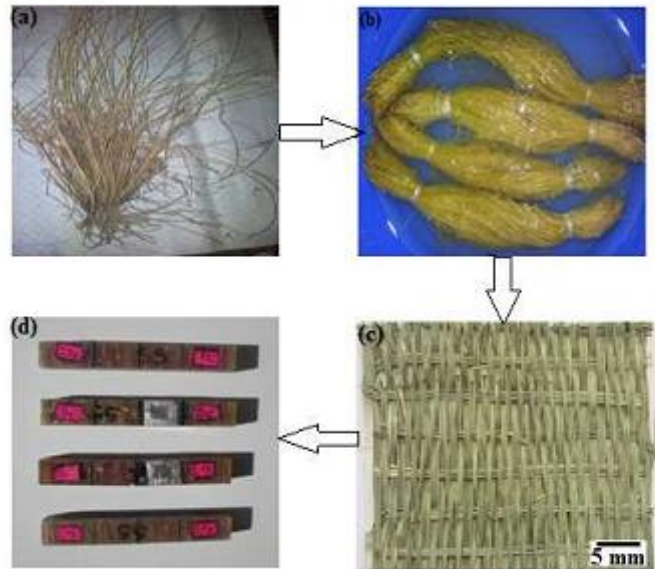


Figure 40: Plaine tisse le tissu Alfa. [3]

III.1.1 Traitements chimiques :

Les fibres Alfa ont été soumises aux traitements de surface afin d'améliorer les traitements adhérence entre les fibres Alfa et insaturées matrice de polyester.

III.1.2 Traitement alcalin :

Les fibres tissées ont été mercerisées dans un % wt. solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) à température ambiante pour 24h. La fibre/ solutionA zzedine Benyahia, Ali Redjem, Zine El Abidine Rahmouni, Abdellah Merrouche/ Studiulproprietățilormecanice 27 ale unui matériel compozit: polisternesaturat / fibre alfa rapport utilisé était de 1:20 (w/v), lavé avec de l'eau à enlever toutes les traces d'alkali de la surface de la fibre et neutralisé avec 1 % de solution d'acide acétique, puis séché au four à 80 °C pendant 48h. Ce qui précède concentration d'hydroxyde de sodium a été fréquemment utilisés sur les fibres végétales extraites de feuilles telles que sisal afin de fournir un traitement rapide et efficace en supprimant la matière non structurale sans dégradation de la cellulose de fibre [4,5].

III.1.3 Traitement de la permanganate :

Pour le traitement de permanganate, alcalin fibres tissées traitées ont été trempées dans 0,02 % w/v solution d'acétone de permanganate de potassium pendant 5 min (le rapport

fibres/solution utilisé était de 1:20 (w/v)). Fibres ont été séchées à 80 °C pendant 48h pour éliminer les excès solvant et l'humidité dans le four à air chaud.

III.1.4 Traitement du dichromate :

Les fibres tissées ont été pré-traitées avec des alcalins et puis trempé dans la solution de dichromate de potassium dans acétone pendant environ 5 minutes (le rapport fibre/solution utilisé était 1:20 (w/v)). La solution dichromate de concentration 0,02 % w/v a été utilisé. Fibres tissées ont été lavés dans de l'eau distillée et finalement séchés dans four à 80°C pour 48h.

III.1.5 Traitement acétylant :

Les fibres tissées prétraitées alcalines ont été soumis à l'acétylation avec anhydride acétique dans milieu acide acétique (Concentré H₂SO₄ agit comme un catalyseur dans cette réaction). Les fibres ont été lavées l'eau distillée, puis séchée au four à 80°C pendant 48h.

Le codage des différents ensembles de fibres

Table 13 : Codage des différentes catégories de fibres étudiées

Code matériel	Traitement chimique
UAF	non traitée
ATAF	NaOH
PTAF	KMnO ₄
DTAF	K ₂ Cr ₂ O ₇
AATAF	CH ₃ COOCOCH ₃

III.2 Préparation des composites :

Les composites ont été fabriqués à l'aide d'un moule dimensions 300x300x50 mm³. La résine sélectionnée pour cette étude était un isophtalique résine de polyester, qui a été guérie en utilisant 1% de peroxyde d'éthyle méthylique en tant que catalyseur et 0,5% de l'accélérateur de naphthénée de cobalt. La fabrication des structures composites consistait à tremper un plat de fibres tissées avec de la résine de polyester dans le moule (bulles d'air ont été enlevés soigneusement avec le rouleau). Cinq plaques des composites ont été fabriqués (tableau 2)

L'utilisation de la technique de mise en place de la main [6]. Le poste le traitement des échantillons a été fait à 50 °C pour 24 h. La teneur en charge a été fixée à 40% pour tous Échantillons. Après avoir guéri le composite, les spécimens ont été coupés pour essai selon le normes ASTM.

III.3 Caractérisations chimiques et physiques des fibres

Spectres FTIR non traités et traités fibres sont obtenues en mélangeant les échantillons avec KBr. Des gaufrettes conventionnelles ont été préparées à l'aide d'une presse hydraulique de laboratoire. L'IR l'étude d'absorption (4000–400 cm⁻¹) a été réalisé à l'aide d'un spectromètre FTIR (Shimadzu, série 8300, Japon).

Les expériences de diffraction des rayons X (XRD) ont été effectués à l'aide d'un PANalytical X'Pert (Philips) Pro PW3209 radio-pompe diffractomètre, fonctionnant à 40 kV et 20 mA en la géométrie Bragg-Brentano et l'utilisation de Cu K α rayonnement (K α = 0,154059 nm). Indice de cristallinité (CrI) a été utilisé pour évaluer les changements de structures (estimation du degré de cristallinité) des fibres selon le méthode empirique développée par Segal et coll. [7].

Selon cette formule, l'indice de cristallinité peut être écrit comme:

$$\text{CrI} \% = \frac{I_{002} - I_{am}}{I_{002}} \times 100$$

I_{002}

I_{002} c'est lentesite principal de la cellulose I culmine à environ 2θ (22,7°); I_{am} est l'intensité attribuée à la cellulose amorphe à environ 2θ angle 18°.

Les fibres Alfa traitées et non traitées morphologie ont été observées par le balayage des électrons microscopie (SEM) à l'aide d'un Cambridge S200

Microscope électronique à balayage (Royaume-Uni).

Table 14: Composition des composites fabriqués dans cette étude[8]

Composites	Désignation	Fibres chargement % (w/w)	Chargement des fibres % (v/v)
Tissu non traité Alfa Fibers / Polyester insaturé	UTAF/UP	11.66	
Tissu traité Alkali Alfa Fibers / Polyester insaturé	ATAF/UP	10.56	
Tissu traité permanganate Alfa Fibers / insaturé Polyester	PTAF/UP	11,26 40	40
Tissu traité au dichromate Alfa Fibers / insaturé Polyester	DTAF/UP	10,5	
Anhydride acétique tissu traité Alfa Fibres / Polyester insaturé	AATAF/UP	9.4628	

III.3.1 Essais mécaniques

Essais tendus et flexibles du composite spécimens ont été réalisés à l'aide d'un test universel Machine (Zwick Z50, Zwick/Roell, Allemagne) à un vitesse de tête croisée de 1mm/min. Rectangulaire spécimens de taille (250x22x21mm

Test. Pour l'essai flexural, les spécimens ont été soumis au test de flexion à trois points selon Norme ASTM D790. Les courbes de déplacement de charge ont été obtenus après l'évaluation de la fle et le module de Young des composites en utilisant le

équations suivantes : Force flexurale :

$$\sigma_f = \frac{3 PL}{2bd^2}$$

Modulus flexural :

$$E_f = \frac{L^3 m}{4bd^2}$$

Où L (mm) est la durée de soutien;

la largeur du spécimen ; d (mm) est l'épaisseur ; N) est la charge maximale; et m est la pente de la partie initiale en ligne droite de la charge Courbe. Le test de traction du comportement d'Alfa fibres échantillons composites ont été effectuées selon norme ASTM D3039.

III.4. Résultats et discussion

III.4.1 Analyse de spectroscopie infrarouge

Les spectres FTIR des fibres non traitées et traitées sont figure 2. Nous pouvons voir que les spectres sont semblables les uns aux autres. La large bande d'absorption observé dans le 3422 cm⁻¹ est lié à l'hydrogène liaison (OH) étirement des vibrations. Ce chiffre montre une diminution de la bande correspondant à l'hydroxyle groupe situé à environ 3422 cm expliqué par le fait que l'hydroxyde de sodium traitement dissous hémicelluloses [9], certains constituants extractibles tels que les pectines [10], et une certaine quantité de lignine. Le premier fait est renforcé par le déclin qui s'est produit dans la région de la carbonyls à environ 1737 cm⁻¹ l'étirement du groupe C=O montrant une dissolution des hémicelluloses [11]. Il peut également être en raison de la dissolution de la pectine et de la lignine dans Alfa [12]. Ce

groupe disparaît pour alkali et acétylation échantillons traités. Cela signifie que les hémicelluloses ont été retirés de la surface de la fibre. Pour le fibres acétylées, cette bande est décalée à 1726 cm indiquant qu'une certaine quantité d'hémicelluloses était enlevé [13]. Le deuxième révèle que le traitement alcalin rompt le lien entre glucides et la lignine, ce dernier est donc solubilité, qui est soutenu par la diminution de la bande d'environ 2937 cm-1 associée à la étirement du groupe CH du methoxyl l'anneau aromatique [14], et la bande caractéristique de lignine à environ 1650 cm-1, Il semble plus faible dans intensité dans le spectre après le traitement alcalin.

La bande de vibration à 2916 cm-1, correspondant à la l'étirement du groupe aliphatique C-H, presque toutes les fibres naturelles. Cette bande a diminué en raison de l'enlèvement des hémicelluloses [15]. Le groupe à 1250 cm-1 pour les fibres non traitées correspond à l'étirement C=O dans l'anneau aromatique de la lignine [16]. Pour alkali, permanganate, dichro acétylation traités fibres cette bande a été diminution, à partir de ces résultats; il prouve que lignine attachée sur la surface des fibres a été enlevés par les traitements chimiques désignés

[17]. Le spectre de la fibre acétylée peut être facilement distingué de celui des non-traités par le augmentation de l'intensité du pic C=O (carbonyl) à 1741 cm-1 et la réduction significative de la signal hydroxyle [18]. Les pics observés entre 1100-1600 cm hémicelluloses dans les fibres Alfa non traitées et th réduction de l'intensité de ces pics dans les alkali traités, permanganate traités et anhydride fibres Alfa traitées à l'acide indique la légère ale unui material compozit: poliesternesaturat / fibrealfa

Fig.3- SEM micrographs of: (a) UAF; (b) ATAF; (c) PTAF; (d) DTAF; (e) AATAF.

interlocking and bonding reaction due to the exposure of the hydroxyl groups to the matrix. On other hand, l'enlèvement des hémicelluloses de la surface de la fibre

[19]. La réduction du pic due à la présence groupe d'alcool de cellul fibres Alfa traitées chimiquement a confirmé le modification chimique [20-23].

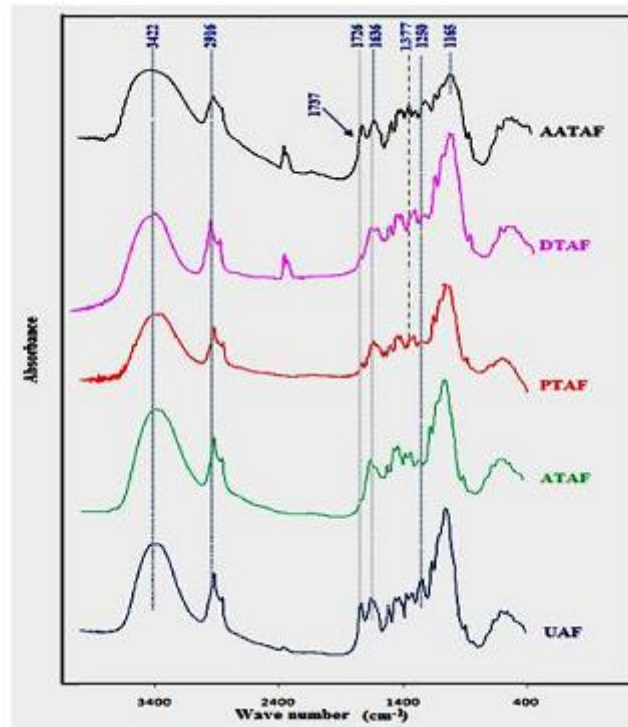


Figure 41: Spectre FTIR de l'Alfa traitée et non traitée Fibres[24]

III.4.2. Microscopie électronique à balayage (SEM)

La figure 3 montre les micrographes SEM de la surface de fibres Alfa soumises à différents traitements chimiques. Il est démontré que la surface d'une fibre Alfa non traitée est recouverte d'une couche de différents composants tels que: pectine, lignine et impuretés (Fig. 3a)

(Fig. 3b), la plupart de la lignine et de la pectine sont d'une surface plus rugueuse. Autres

auteurs ont suggéré que cette rugosité peut être en raison de l'élimination des hémicelluloses, de la lignine et constituants cellulosiques après traitement [25, 26]. Cette surface plus rugueuse facilite

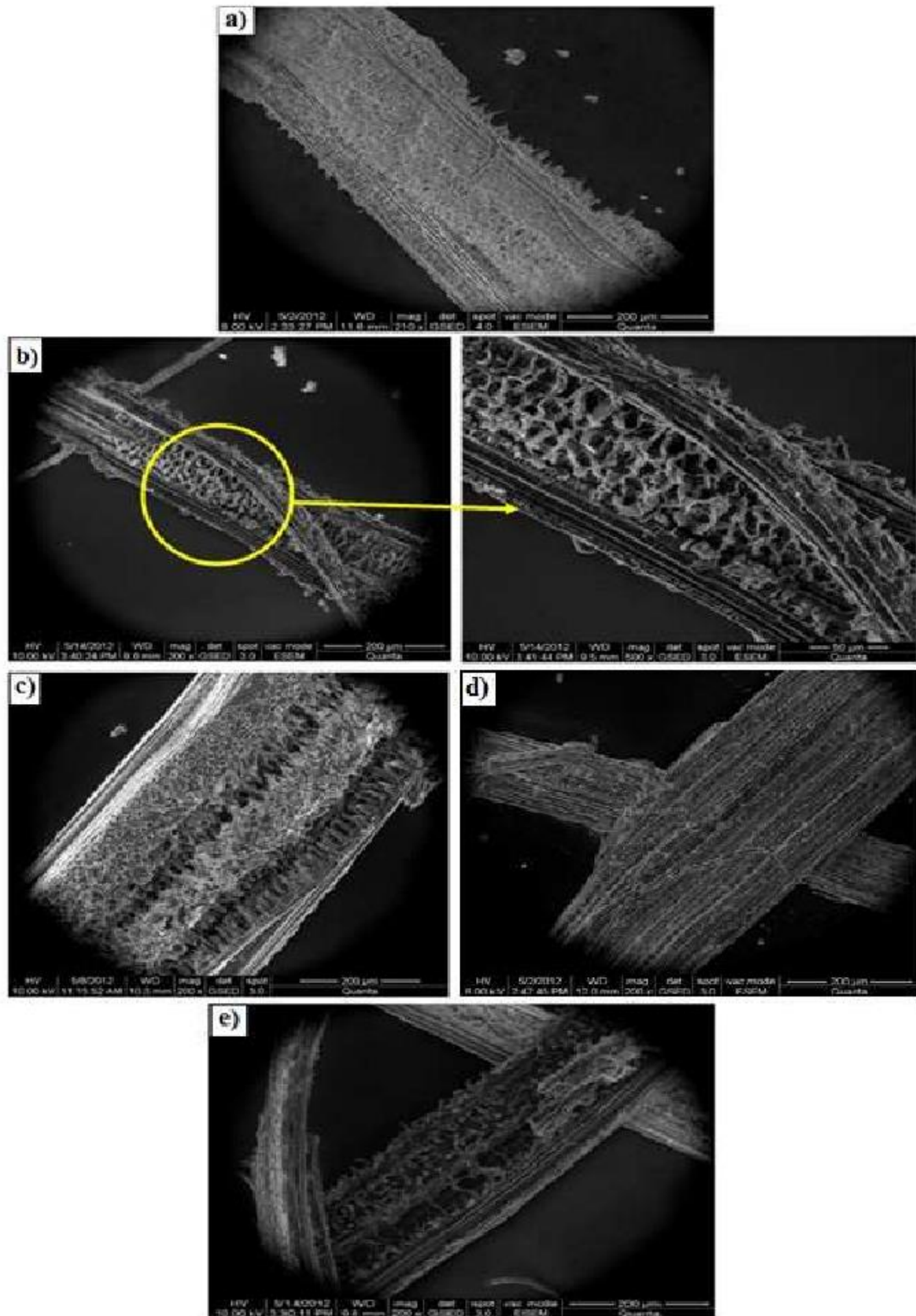


Figure 42: Micrographes SEM de: a) UAF; b) ATAF; c) PTAf; d) DTAf; e) AATAf.

Réaction de verrouillage et de collage due à l'exposition des groupes hydroxyles à la matrice. D'autre part, la dissolution des hémicelluloses peut augmenter région interfibrillaire lorsqu'elle est traitée avec des alcalins plus longtemps durées telles que remarquées par Sudhakara et al [27], qui augmente la surface disponible et améliore par conséquent l'adhérence à la fibre-matrice interface en composites. Image sem de permanganate

la fibre Alfa traitée est indiquée à la (figure 3(c)). Un comparaison entre les non traités et les permanganate traités fibres Alfa révèle changements topographiques en raison du permanganate les ions réagissent avec les constituants de lignine et surface de fibre, menant à la surface rugueuse de fibre d'Alfa. Cela peut réduire la nature hydrophile de la fibre Alfa (amélioration du verrouillage chimique à l'interface et meilleure adhérence avec la matrice) [28,29 ,30].

L'image SEM de la fibre Alfa traitée au dichromate est figure 3d qui montre clairement que cette traitement fournit une surface rugueuse, ce qui donne une meilleure verrouillage mécanique avec la matrice. L'image SEM de la fibre Alfa acétylée est figure 3e. Le traitement de l'acétylation a enlevé certaines parties de couvrir les couches de hémicellulose et lignine de la cellulose microfibrilles [31]. Par conséquent, cette acétylation

le traitement augmente la surface effective de fibre, conduisant à une bonne adhérence avec la matrice.

Nous concluons que les fibres deviennent poreuses et fibrillé par l'acétylation, permanganate, traitement du dichromate et de l'hydroxyde de sodium. Luz et coll. [32] ont observé des résultats similaires bagasse de canne à sucre renforcée composites en polypropylène.

III.4.3. Diffraction des rayons X

Les diffractogrammes de rayons X des et les fibres traitées sont représentées à la(figure 4). L'la indice de cristallinité des fibres non traitées et traitées (NaOH, permanganate, dichromate et 30 Azzedine Benyahia, Ali Redjem, Zine El AbidineRahmouni, Abdellah Merrouche anhydride acétique) ont été calculés et se sont avérés être 49,80, 62,67, 60,69, 58,3 % et 58,01 % respectivement. Cela peut être attribué à l'élimination des hémicellulose des fibres et le réarrangement des régions cristallines de telle sorte que la fibre de nature plus cristalline [33]. Il a également été vu que l'indice de cristallinité de la fibre Alfa augmenté avec l'acétique anhydride d'environ 14,15%. L'augmentation de la cristallinité est due à la perte de hémicelluloses amorphes [34]. La cristallinité

l'indice des fibres traitées augmente de manière significative pour atteindre un maximum à un traitement alcalin (62,67%), qui correspond à une augmentation de la (CrI) de 20,53% (Tableau 3). Cette augmentation indique l'amélioration dans la structure de la cellulose et a finalement contribué à l'amélioration de la résistance à la traction de la fibre.

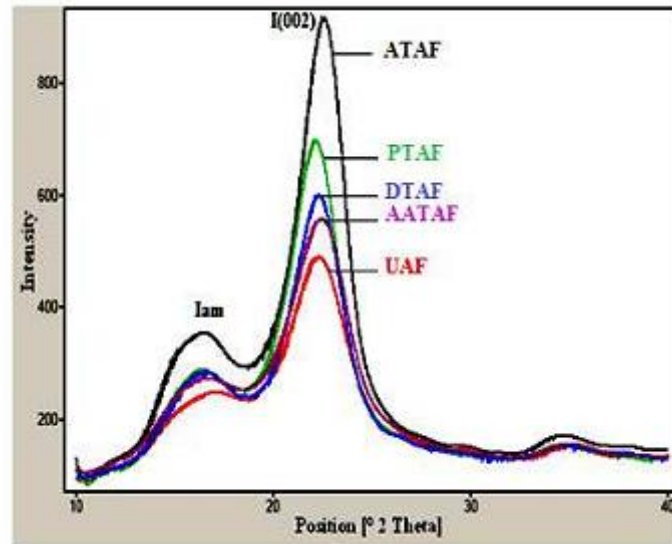


Figure 43 : Modèles de diffraction des rayons X d'Alfa non traitée et traitée Fibres. [35].

Table 15 : Codage des différentes catégories de fibres étudiées [36].

Treated fibers	Iam	I002	CrI(%)
UAF	130	259	49.80
A TAF	209	560	62.67
PTAF	193	491	60.69
DTAF	211	506	58.3
AATAF	338	805	58.01

III.4.4. Essais mécaniques

III.4.4.1. Résistance à la traction (TS) et module(TM)

L'effet des différents traitements chimiques sur la traction et propriétés flexurales de fibre Alfa tissée /composites en polyester insaturés est donné dans le(tableau4) .

Il est clairement démontré que les différents traitements a un impact positif sur le TS et le TM, qui est plus élevé pour le permanganate traité tissé Alfa fibres composites (Fig.5). La valeur TS la plus élevée 46,95 MPa. Cela peut être dû à des ions permanganate réactifs (Mn^{3+} groupes hydroxyles (formation de manganate de cellulose

Les ions permanganate réagissent avec les constituants de lignine et sculpter la surface de la fibre. En conséquence surface de fibre devient physiquement rugueux. Cela réduit l'hydrophile / Étude des propriétés mécaniques d'un matériau composite: fibres alfa / polyester insaturé nature de la fibre. Traitement de permanganate de fibres naturelles améliore le produit chimique verrouillage à l'interface et fournit une meilleure l'adhésion à la matrice [37,38 ,44]. La traction modulus augmente également avec le PTAF/UP

spécimen et a montré de meilleures propriétés de traction a une valeur de 2,69 GPa, qui a augmenté de 31,59 % par rapport à Alfa non traitée(Fig.6) .

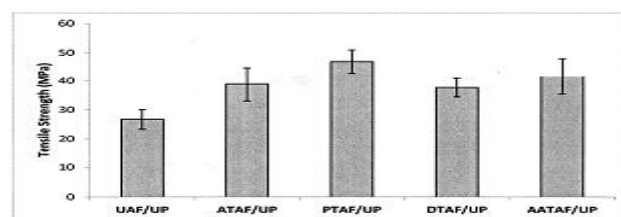


Figure 44: Effet de la modification de la fibre sur la résistance à la traction de composite en polyester tissé en fibre d'Alfa et insaturé. [45].

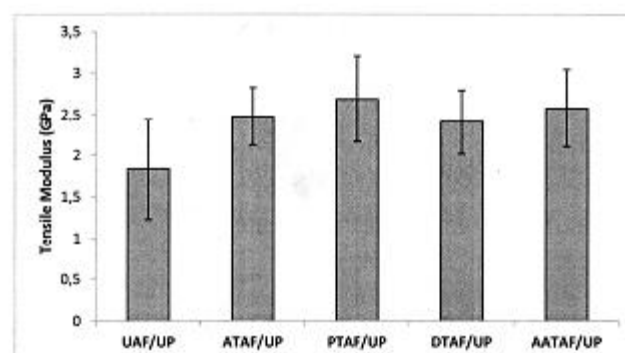


Figure 45: Effet de la modification de fibre sur la force du module composite en polyester tissé en fibre d'Alfa et insaturé. [46].

III.4.4.2. Résistance flexurale (FS) et module (FM)

La force flexurale et le module de des composites non traités et traités ont été (Figures 7 et 8). Il a été clairement vu que le Le composite AATAF/UP a montré le plus haut amélioration en termes de résistance flexurale (Fig.7) qui a augmenté de 23,80 % par rapport à l'UAF/UP

Composite. Cet ajout remarquable en flexural la force peut être une inication d'une meilleure adhérence entre le polyester et modifié tissé Alfa Fibres. Modulusflexural d'autre part augmenté avec modifier traitements étudiés (Fig.8). Le flexural le modulus de composite AATAF/UP a une valeur de

6.19 GPa qui a augmenté de 35,7 % par rapport à Composite UAF/UP. Ce résultat indique que, groupes d'acétyls auraient pu effectivement esterifié

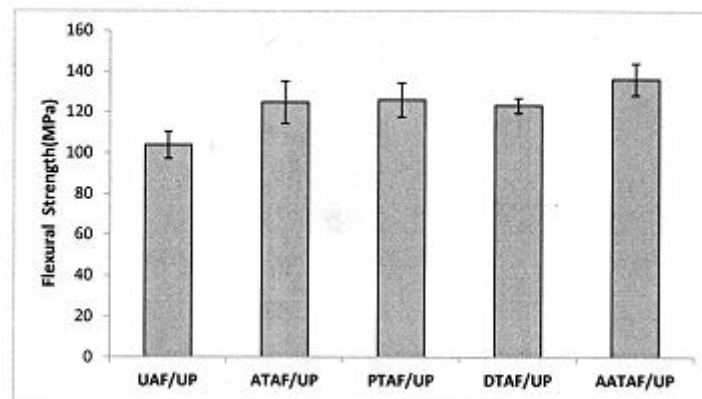


Figure 46: Effet de la modification de fibre sur la force flexurale de l'Alfa tissée composite en polyester insaturé. [47].

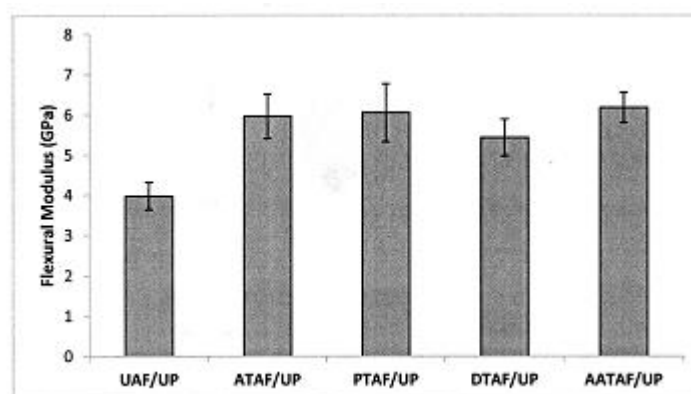


Figure 47: Effet de la modification de fibre sur le module flexural de tissé Composite en polyester en fibre-insaturée Alfa. [48].

les groupes hydroxyyles existant dans le fibres et facilité l'interface de matrice de fibre forte liaison[49]. Il peut également être dû à l'incorporation de remplissage rigide Alfa, qui offrait une caractéristique réduction de la ductilité du polyester insaturé matrice de résine et a donc entraîné l'augmentation de modulusflexural[50]. Nous notons qu'il existe une amélioration significative des propriétés mécaniques de les composites étudiés dans ce travail par rapport à ceux qui ont été rapportés dans notre étude précédente[51].

III.5. Appareil photo numérique

La figure 9 montre les micrographes optiques des surfaces de fracture de la traction non traitées et permanganate traité tissé Alfa composite.

Les composites UAF/UP ont montré une mauvaise l'adhérence en raison d'une faible affinité entre les matrice polymère et fibres Alfa tissées (voir Fig.9a).

La mauvaise adhésion semble faciliter le désabonnement des les fibres (La structure interfaciale de l'UAF/UP composites n'a pas été en mesure de transférer efficacement le stress). Le composite avec des fibres traitées au permanganate présenter des surfaces plus homogènes et moins cavités et les vides, et par conséquent ont mieux résistance à la traction par rapport à la force non modifiée composites. Cette découverte suggère que le traitement des fibres a un effet positif sur l'adhérence interfaciale entre fibres et matrice (voir fig. 9b).

En résumé, nous rapportons des amélioration des propriétés mécaniques de composites contenant des Alfa tissés modifiés Fibres. Permanganate s'est avéré efficace promoteur d'adhérence pour fibres Alfa/ UP composites, une constatation en évidence par les images SEM es surfaces de fracture des matériaux.

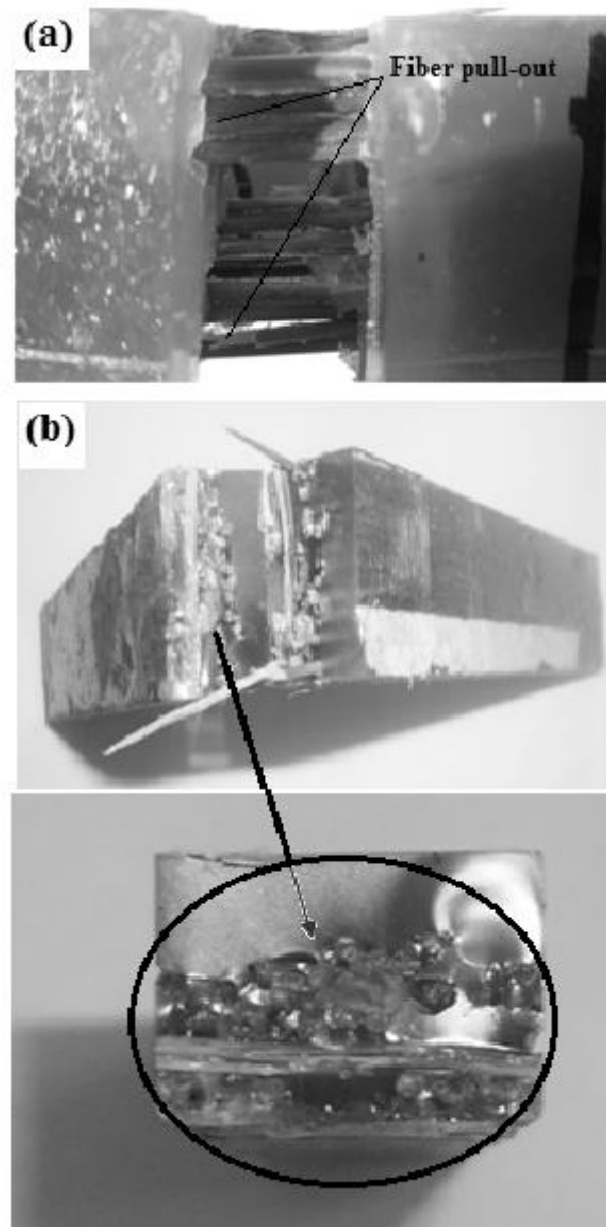


Figure 48: Micrographes optiques des surfaces de fracture de la traction a) composite de fibres Alfa tissées non traitées et b) permanganate traité tissé alfa fibre composite. [52].

Partie N :02

Objectif :

L'objectif de cette publication est de présenter notre collaboration. En résumé, nous avons essayé de valoriser la fibre végétale d'Alfa sous forme d'un tissage combiné de fibres Alfa et de Jute. Ce tissu dit combiné a été produit dans un métier à main. Trois types de fibres sont utilisés : a) les fibres Alfa non traitées, les fibres Alfa traitées avec 5% NaOH et les fibres Alfa traitées avec 10% NaOH. Et pour comparaison, nous avons utilisé un tissu Jute/Jute. A partir des

quatre tissus cités précédemment, quatre composites ont été élaborés à base d'une matrice thermodurcissable en adoptant la technique de moulage sous vide. Le développement d'un tissu mixte (combiné) des fibres Alfa/Jute dans un but de fabriquer des composites à base de ce tissu puis d'optimiser les caractéristiques mécanique en traction et en flexion des composites renforcés par tissu combiné non traité, tissu combiné traité à 5% NaOH et tissu combiné traité à 10% NaOH en comparaison avec le composite renforcé par tissu jute /jute, nous fournira sans aucun doute des informations fructueuses et très utiles dans le domaine d'application de ce type des composites[53].

III.6. Fabrication d'un métier à tisser

Notre métier à tisser fabriqué consiste en un simple cadre de bois sur lequel on tend une série des fils (chaîne), on tire ensuite un fil de chaîne sur deux pour créer un espace vide (la foule), où un autre fil appelé la trame, passe perpendiculairement sur les fils de chaîne .



Figure 49: Métier à tissu fabriqué. [54].

Notre métier à tisser il comporte deux barres ou ensouples entre lesquelles sont tendus les fils de chaîne, ces derniers sont maintenus solidaires du métier par l'intermédiaire de cordelettes d'extrémité qui passent dans les boucles des fils et sont directement attachées aux ensouples à l'aide d'un fil très résistant.

III.6.1 Tissage du tissu combiné alfa /jute

Le tissage est une étoffe formée par l'entrecroisement de deux ensembles de fils verticaux (chaîne) et horizontaux (trame), il existe trois types de tissage : Toile (taffetas), sergé, satin, parmi ces types, nous utilisons le tissage de toile (taffetas) (**Fig.11**).

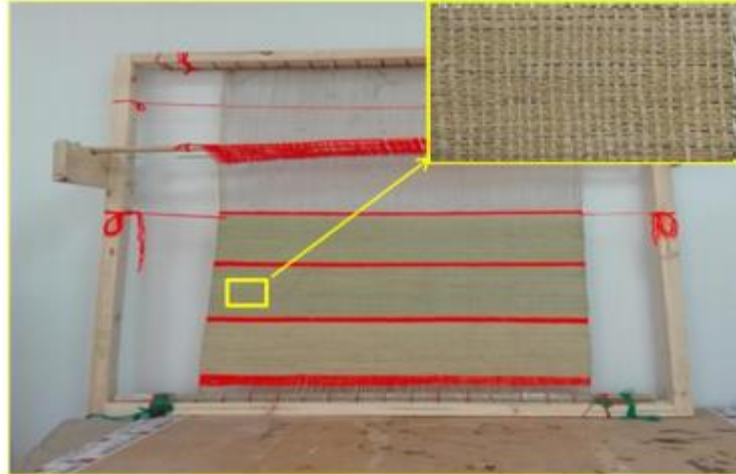


Figure 50: Tissage bidirectionnels de la fibre Alfa /jute. [55].

.Les fibres d'Alfa, ont été effectuées en trois types:

- Type 1: Alfa non traité ;
- Type 2: Alfa traité à 5% NaOH pour 24 h;
- Type 3: Alfa traité à 10% NaOH pour 24 h;

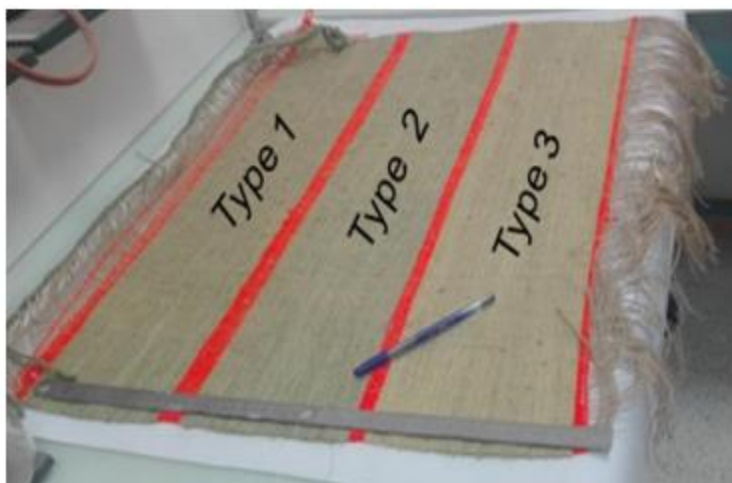


Figure 51: Types de tissu Bidirectionnel élaboré. . [56].

III.7. Préparation du composite

III.7.1. Découpage du tissu

L'opération de découpage a été effectuée par un ciseau, disponible au niveau de laboratoire de moulage suivant des cotations bien définies (160 mm X 180 mm), (**Fig.14**)

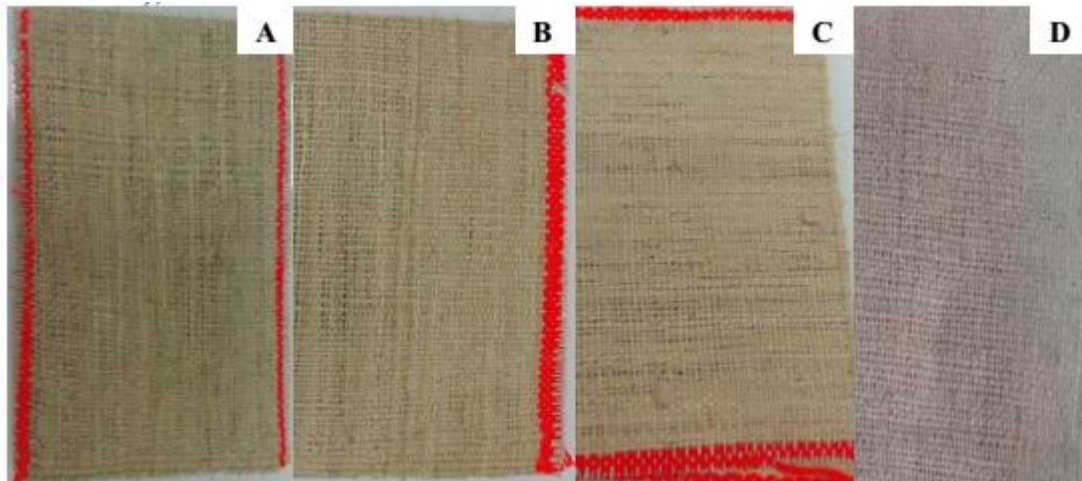


Figure 52: Présentation des tissus découpé :A: jute / Alfa non traité ; B: jute / Alfa traité 5% NaOH ; C: jute / Alfa traité 10% NaOH ; D Jute /jute . [57]..

L'opération de pesage a été effectuée à l'aide d'un bascule de marque KERN avec précision de 0,001 g,

III.7.2. Compression des tissus

Avant l'élaboration, les plis de tissus sont compressés par une presse à chaud (**Fig.14**), cette technique nous à permet de :

- ✓ éliminer les ondulations de tissu ;
- ✓ réduire l'épaisseur des plis pour un tissu composite idéal ; chaque deux plis de tissu compressés à 80°C durant 10 mn avec pression 5 bar.



Figure 53: Machine manuel de compression simple.

III.7.3. Procédé de mise en œuvre de composite

Dans ce travail deux couches de tissu composite supposé et confondu similaire dans le moule préparé, la pompe sous vide a exercé une pression d'aspiration qui permet de supprimer l'aire existant dans le moule et assurait un bon écoulement de résine polyester à travers le tissu combiné jusqu'à la polymérisation (**Fig.15**).

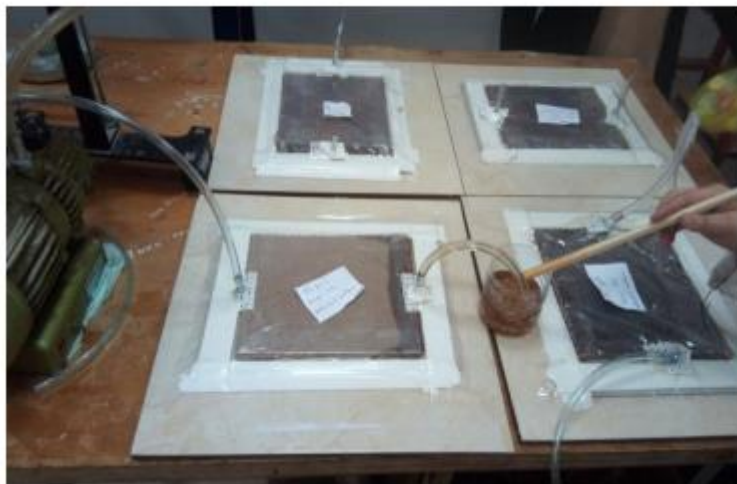


Figure 54: Tissu mise en moulage sous vide. [58].

Par cette méthode, nous avons élaboré quatre classes de composite combiné (**Fig.16**)

Table 16: Désignation des composites obtenue après moulage. [59].

N	Résine	Renfort	Désignation
01	Polyester	Tissu combiné Jute /Alfa non traité	Comp-A
02	Polyester	Tissu combiné Jute /Alfa traité à 5% NaOH	Comp-B
03	Polyester	Tissu combiné Jute /Alfa traité à 10% NaOH	Comp-C
04	Polyester	Tissu jute non traité	Comp-D

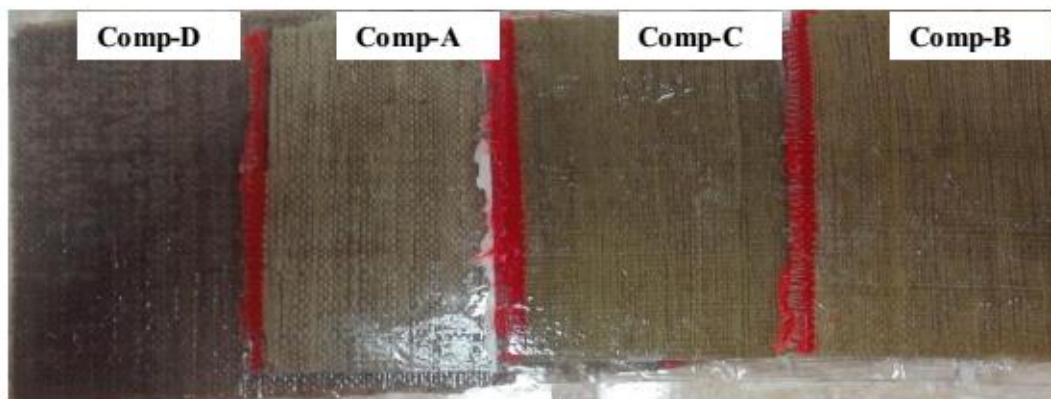


Figure 55 : Présentation des composites obtenus après moulage sous vide

III.7.4. Mise à l'étuve : après l'opération d'obtention de nos échantillons par moulage sous vide, nous avons mis les composites à l'étuve à fin de bien sécher à une température de 60°C durant 06 heures (**Fig.17**).



Figure 56: Etuve de séchage. [60].

III.7.5. Pesage des échantillons de composite

Le pesage des échantillons est présenté suivant le tableau illustré sous dessous, ainsi le calcul de taux de tissu dans le composite suivant la relation :

$$W_f \% = \frac{W_j}{W_m + W_j} ;$$

Avec W_j : poids de tissu combiné

W_m : poids de matrice

III.8. Obtention des éprouvettes

Les tests sur notre composite ont été exercés sur des éprouvettes de traction et de flexion selon la norme **ASTM D 3039/D 3039M** [61]. Les éprouvettes sont obtenues par découpage sur machine tronçonneuse (**Fig.18**)



Figure 57 : Machine de découpage des éprouvettes. [62].

Les éprouvettes obtenues sous forme parallélépipède qui sont présentées par là **Fig.19**

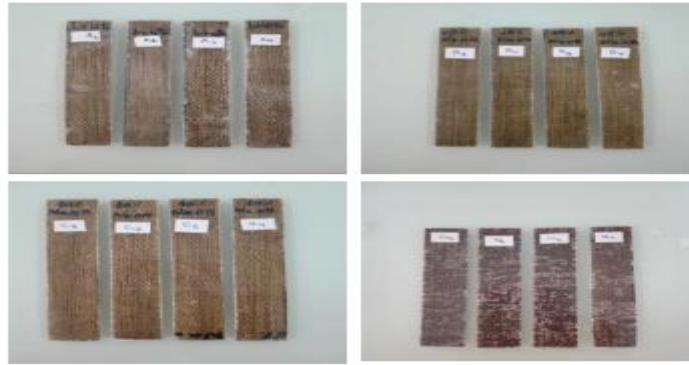


Figure 58: Présentation des éprouvettes obtenues.

III.9. Essais de traction :

Les essais de traction sont des expériences mécaniques exécutées dans le but de déterminer les caractéristiques mécaniques de nos composites, ces essais réalisés portent sur 4 échantillons d'éprouvettes normalisées élaborés par moulage sous vide et qui ont été étirés suivant la direction des fibres d'Alfa jusqu'à la rupture à température ambiante, la vitesse de déplacement utilisée est de l'ordre de 1 mm/min. Les caractéristiques des éprouvettes utilisées sont les suivantes : longueur : 150mm, largeur : 25mm et d'épaisseur : 3mm (ASTM D3039), ces tests ont été réalisés à l'université de BISKRA (laboratoire de génie mécanique) sur une machine d'essais de traction / flexion de type INSTRON 5969 machine /50 kN) (**Fig.20**).



Figure 59 :Machine de traction /flexion. INSTRON 5969 _50 kN. [63].

III.9. 1 Paramètres d'études traction :

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

III.9. 1.1. Contrainte de rupture

La contrainte de rupture est donnée par la relation suivante [64] :

$$\sigma = F/S$$

Avec :

F : Force de traction (N)

S : Section rompue (mm²)

σ : Contrainte de rupture (MPa)

III.9.1.2. Module de Young [65] :

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

$$\varepsilon = \Delta L / L_0$$

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

Avec :

E : Module d'Young (Mpa).

L₀: Distance entre mords (mm).

S₀: Surface ou section (mm²).

ε : La déformation de la longueur des éprouvettes.

ΔL : L'allongement des éprouvettes (mm).

III.10. Essais de flexion :

Les essais mécaniques de flexion ont été réalisés sur l'appareil de marque INSTRON 5969 machine /50 kN)

Les essais réalisés portent sur 3 échantillons d'éprouvettes normalisées élaborés par moulage sous vide. La vitesse de déplacement utilisée est de l'ordre de 1 mm/min. Les caractéristiques

des éprouvettes sont les suivantes : longueur : 60mm, largeur : 10mm et d'épaisseur : 3mm (ASTM D3039).

III.10.1. Paramètres d'études flexion :

Les caractéristiques mécaniques déterminées par l'essai de flexion est [66]:

$$\sigma = \frac{3PL}{2be^2}$$

$$E = \frac{L^3 m}{4be^3}$$

Avec : **P** : la force appliqué

b : largeur

L : la distance entre appuis

e : épaisseur

$$m = \frac{\Delta F}{\Delta Y}$$

m : la pente de la tangente à la partie rectiligne initiale de la courbe de charge déplacement

Résultats et discussions

Préface

Dans ce chapitre, les résultats expérimentaux obtenus sur les différents matériaux composites sont présentés et interprétés. Au premier lieu, une analyse comparative entre les quatre types de composites sollicités en traction statique est discutée. Ensuite, les mêmes matériaux sont soumis à la flexion trois points pour une étude comparative secondaire. Les différents paramètres (contraintes à la rupture, module de Young et déformation) relatifs à ses tests sont présentés et discutés en fonction du type du renfort et/ou traitement des fibres.

III.11. Propriétés mécanique de traction

III.11.1 Analyse des courbes (σ , ϵ)

Les résultats des tests en traction statique des quatre type de composites (**Comp-A**, **Comp-B**, **Comp-C** et **Comp-D**) sont discutés dans ce paragraphe. Dans les quatre cas étudiés, les matériaux Alfa/Polyester ou Jute/Polyester ont un comportement fragile (**Fig.21**). Chaque courbe progresse linéairement jusqu'à 1% à 1,5% de déformation puis un comportement contrôlé jusqu'à la rupture fragile des composites. De plus, et selon la même (**Figure.21**), le matériau **Comp-D** enregistre la meilleure valeur en traction (résistance à la rupture $\sigma = 40,78 \pm 1,37$ MPa) et une déformation $\epsilon = 0,03 \pm 0,001$, Alors que les deux matériaux **Comp-B**, **Comp-C** semble avoir des valeurs assez proches $\sigma = 23,00$ MPa de même pour la déformation $\epsilon = 0,02$. Enfin, le matériau **Comp-A** enregistre les valeurs les plus bases (résistance à la rupture $\sigma = 19,86 \pm 2,79$ MPa et $\epsilon = 0,016 \pm 0,001$) comparé aux autres matériaux. L'amélioration des paramètres de rupture des deux matériaux **Comp-B**, **Comp-C** est de 17% par rapport au matériau **Comp-A**, cette amélioration semble se traduire par l'effet du traitement des fibres Alfa par la solution NaOH.

III.11.2 Analyse des modules de rigidité des différents matériaux

L'histogramme de la **Figure .21** représente les valeurs du module de rigidité pour les différents matériaux d'étude. Il est claire que le matériau Polyester/Tissu de Jute (**Comp-D**) montre la rigidité la plus élevée ($E = 2345,1 \pm 550,804$ MPa), suivie par les deux matériaux **Comp-C** et **Comp-B** avec un module de $E = 2219,93 \pm 94,41$ MPa et $E = 2176,39 \pm 163,29$ MPa respectivement. Alors que nous notons que le matériau Polyester /Tissu Alfa/Jute (**Comp-A**) a montré une rigidité inférieure à celles des composites mentionnés précédemment.

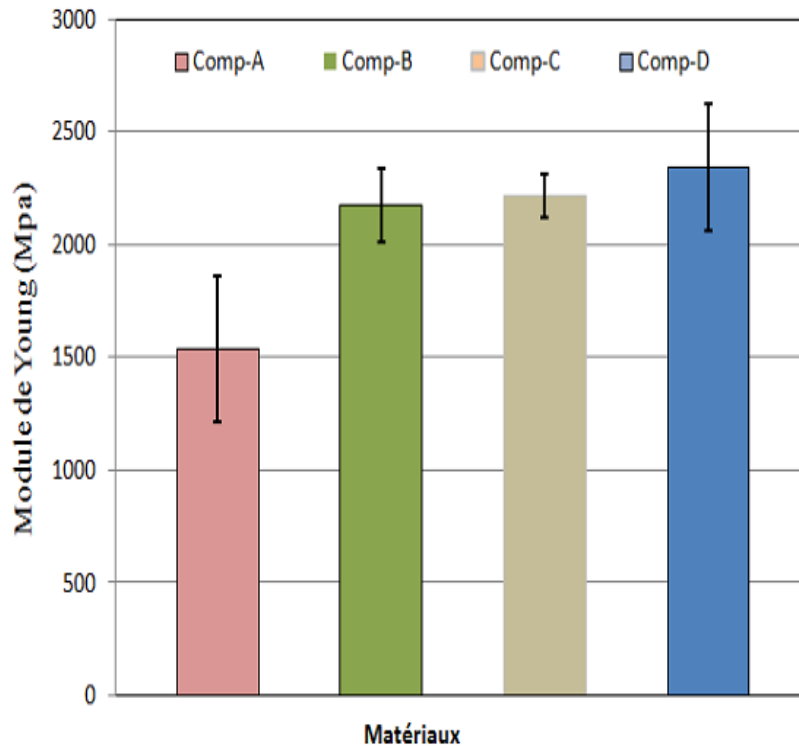


Figure 60: . Evolution des modules de Young des composites. [67]

Plusieurs techniques de modification de surface des fibres naturelles ont fait l'objet de nombreuses citations dans la bibliographie [68, 69,70]. Rokbi et al [71], ont montré que le processus d'alcalinisation affecte les fibres naturelles et apporte une nette performance vis à vis la qualité de l'adhérence fibre-matrice. Dans notre cas, le traitement par la solution NaOH avait augmenté la surface de contact fibre/résine (**Figure22**).



Figure 61: Changement de la morphologie de la surface de fibres Alfa suite au traitement Alcalin (a): non traitée, (b): traitée [71].

La **Figure 22 a**, révèle la nature rugueuse de surface de la fibre non traitée. Cette rugosité se caractérise par une distribution inégale. Cela peut être attribué aux composants non cellulosiques (substances cireuses, huiles et impuretés) [71]. La morphologie de la fibre traitée change avec la concentration alcaline et/ou la période du traitement. La surface devient relativement lisse et le changement de la rugosité est très net (Fig.3b). La couleur des fibres traitées change et a tendance à devenir jaunâtre. Cette différence est due à la dissolution d'une majeure partie des composants de cimentation comme l'hémicellulose et la lignine. Le module de traction augmente avec la concentration de la solution de traitement NaOH. Le traitement alcalin élimine une certaine quantité de lignine, de cire et d'impuretés qui recouvrent la surface externe des fibres (**Figure22**). Le traitement par l'hydroxyde de sodium (NaOH) de la fibre favorise l'ionisation du groupe hydroxyle de l'alcoolate selon la formule :



Ainsi, le traitement alcalin influe directement sur les fibrilles et le degré de polymérisation de la cellulose. Il favorise aussi l'extraction de la lignine et l'hémicellulose (**Figure23**).

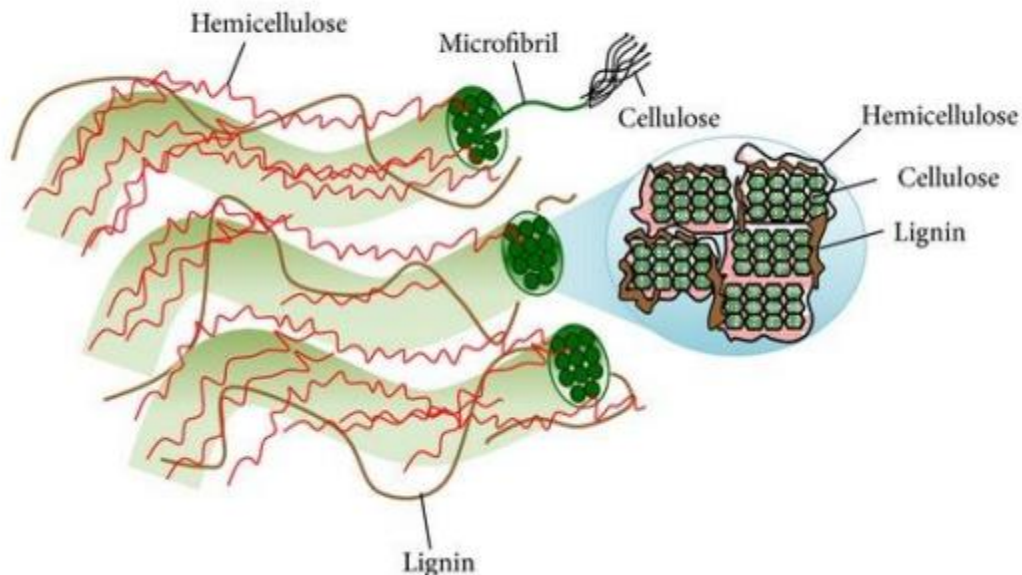


Figure 62: Composition chimique d'une fibre végétale[72].

Dans notre cas, le traitement alcalin a renforcé la liaison matrice Polyester / Tissu Alfa/Jute ce qui se traduit par les valeurs élevées des composites **Comp-B** et

Comp-C avec un module de $E = 2176,39 \pm 163,29$ MPa et $E = 2219,93 \pm 322,40$ MPa respectivement. Cette amélioration est de l'ordre de 30% par rapport au composite **Comp-A** (Polyester /Tissu Alfa non Traitée/Jute).

III.11.3 Analyse des contraintes de rupture des différents matériaux

L'histogramme de la (**Figure24**) représente les valeurs de la contrainte des différents matériaux composites obtenues. D'après cette Figure, le matériau composite (**Comp-D**) reflète toujours et d'un écart important la bonne résistance par rapport au trois autres composites ($\sigma = 40,87$ MPa). Cette différence dépasse l'ordre de 44%. La valeur importante de la contrainte du composite **Comp-D** se traduit par la résistance du toron de Jute qui est nettement supérieur) celui de la fibre Alfa. Ces grandeurs sont de l'ordre de :

Module de Young de la fibre Alfa $E = 22$ GPa [73].

Module de Young de la fibre Jute $E = 27$ GPa [74].

Alors que les deux matériaux **Comp-B**, **Comp-C** semble avoir des valeurs assez proches ($\sigma = 23$ MPa) et le matériau **Comp-A** ($\sigma = 19,86$ MPa).

La différence entre les contraintes enregistrées pour les matériaux traités et celle du matériau non traité peut s'expliquer par l'influence du traitement alcalin sur la fibre Alfa.

III.11.4. Analyse des déformations de rupture des différents matériaux

D'autre part, les déformations à la rupture des composites sont présentées par l'histogramme de la (**Figure24**). De cette Figure, nous déduisons que le matériau **Comp-B** a la déformation la plus importante et qui est de l'ordre de ($\epsilon = 5\%$). Alors que les autres matériaux **Comp-D**, **Comp-C** et **Comp-A** ont des déformations assez inférieures soit ($\epsilon = 4\%$) et ($\epsilon = 3\%$) et ($\epsilon = 2\%$) respectivement.

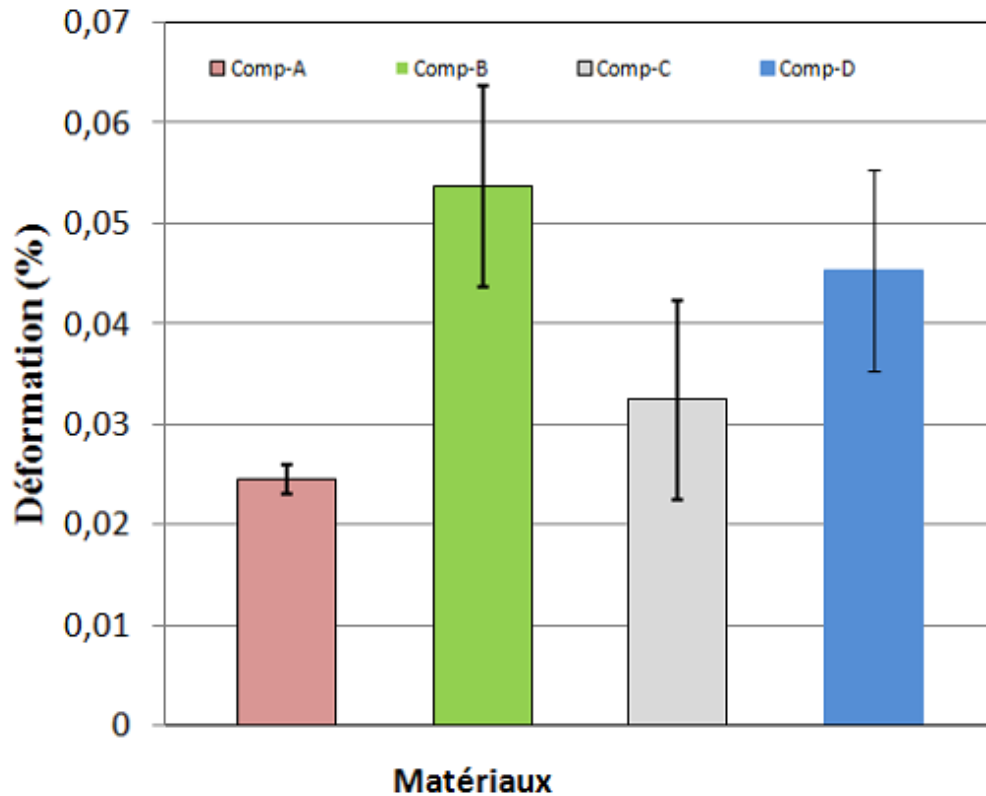


Figure 63: Evolution des déformations des composites. [75].

III.12. Propriétés mécaniques en flexion

Cette partie vise à déterminer les performances des différentes composites. Les résultats des tests statiques selon la norme **ASTM-D 3039**, des différents matériaux testés sont représentés par la (**Figure 25**) Cette Figure illustre les évolutions typiques de la contrainte en fonction de la déformation des éprouvettes de quatre composites sollicitées en flexion statique 3 points. D'après la **Figure V. 8**, le matériau composite **Comp- B** reflète des bonne performances ($\sigma = 66,63\text{MPa}$) comparé aux autres matériaux. Ensuite se classe le matériau **Comp-D** ($\sigma = 61,19\text{MPa}$) et **Comp-C** ($\sigma = 52,001\text{MPa}$) et en fin le composite **Comp-A** ($\sigma = 46,30\text{MPa}$). Une amélioration du matériau **Comp- B** d'un ordre de 34% par rapport a celui renforcé par du tissu Jute /Alfa non traité. Cette amélioration est du fait que le traitement par la soude (NaOH) change la topographie de la surface des fibres, élimine la cire, la pectine, une partie de la lignine, et l'hémicellulose. En effet, l'élimination de ces composants est nécessaire car leur présence dans la constitution de la fibre (leur structure amorphe), ils conduisent à une résistance en traction plus faible. Le fait d'éliminer ces constituants, la fibre devient plus cristalline donc plus résistante (**Figure25**).

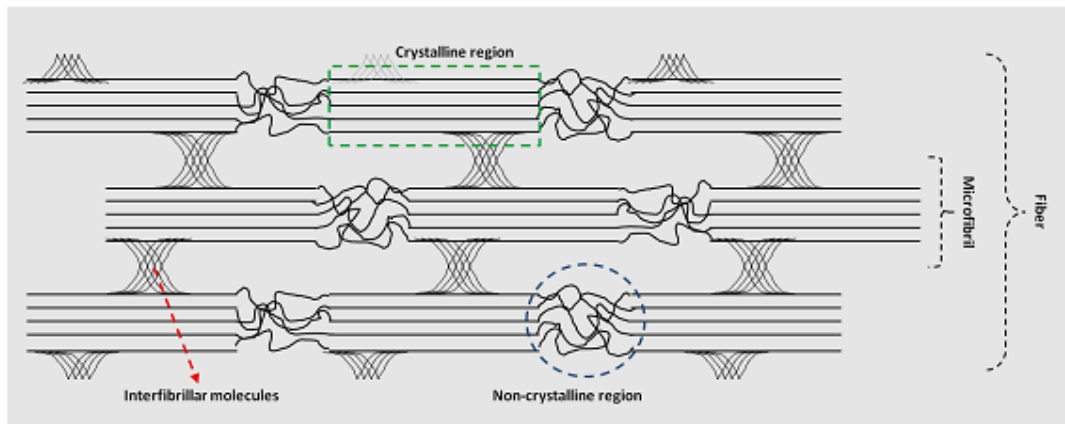


Figure 64: Structure fine des fibres de cellulose. [76].

III.12.1. Analyse des modules en flexion des différents matériaux

L'histogramme de la (Figure 26), représente les valeurs du module de rigidité pour les différents matériaux testés. Il est clair que le matériau **Comp-B** montre la rigidité la plus élevée ($E = 3,472 \pm 0,087 \text{ GPa}$), suivie par les matériaux **Comp-C** ($E = 2,99 \pm 0,33 \text{ GPa}$) et **Comp-D** avec un module de $E = 2,63 \pm 0,12 \text{ GPa}$. Et en fin le matériau **Comp-A** ($E = 1,715 \pm 0,039 \text{ GPa}$). Alors que nous notons que le matériau **Comp-A** a montré une valeur inférieure à celle des composites mentionnés précédemment. Comme déjà signalé dans le cas de la traction, le traitement alcalin conduit à une défibrillation de la fibre ce qui augmente ainsi sa surface spécifique, réduit le diamètre de la fibre et augmente le rapport d'aspect conduisant à l'élaboration d'une topographie de surface rugueuse, qui se traduit par une meilleure adhérence à l'interface fibre/matrice et une augmentation des propriétés mécaniques. C'est le cas observé pour le comportement des deux matériaux **Comp-B** et **Comp-C** qui reflète une bonne rigidité.

III.12.2. Analyse des contraintes de rupture des différents matériaux

D'après la (Figure 26), le matériau composite **Comp-B** reflète toujours la contrainte la plus importante ($\sigma = 64,19 \pm 2,44 \text{ MPa}$) par rapport au matériau **Comp-D** ($\sigma = 53,31 \pm 7,88 \text{ MPa}$), cette différence est de l'ordre de 17 %. Et de 31% par rapport au matériau **Comp-C**. Alors que le matériau **Comp-A** a la valeur la plus basse ($\sigma = 39 \text{ MPa}$) [77].

III.12.3. Analyse des déformations des différents matériaux

D'autre part, les déflexions à la rupture des composites sont présentées par l'histogramme de la (Figure26). De cette Figure, nous déduisons que le matériau **Comp-D** a la déformation la plus importante et qui est de l'ordre de ($\epsilon=3,38\%$). Alors que les autres matériaux **Comp-A**, et **Comp-** semble avoir des valeurs assez proches ($\epsilon=2,60\%$) et **CompC** ont des déflexions assez inférieures soit ($\epsilon=1,80\%$).

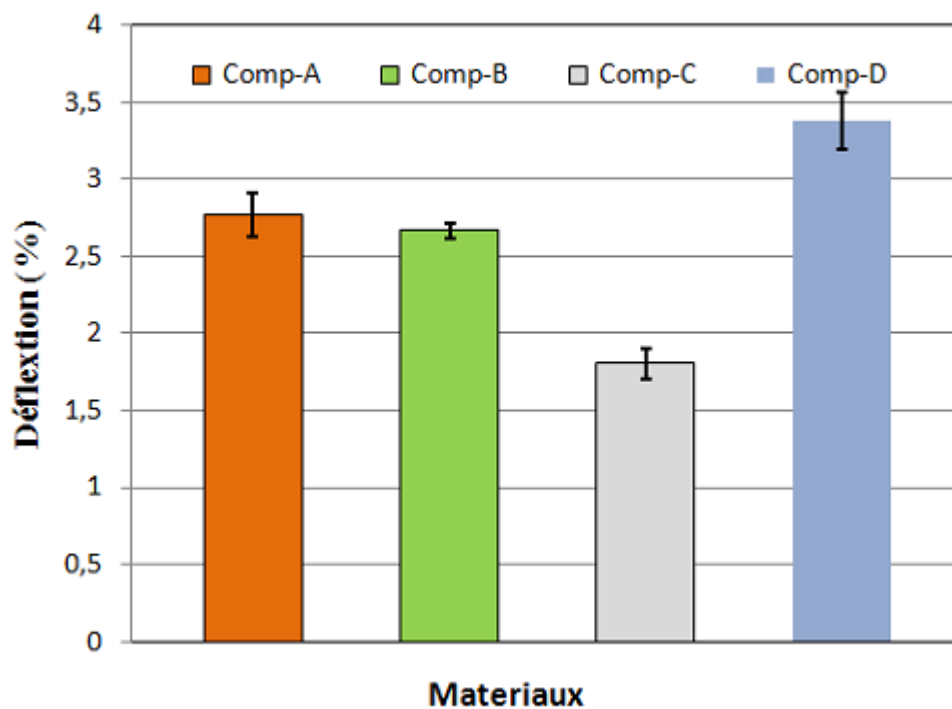


Figure 65: Evolution de déflexion des composites. [78].

III.13 Récapitulation général

Les matériaux composites présentent aux industriels une alternative très intéressante en matière de compromis coût/résistance. Ce compromis est devenu actuellement incontournable et indispensable pour la recherche scientifique au profit du secteur industriel. (des matériaux plus performants, plus économiques et qui durent plus longtemps). Le développement des matériaux composites est conditionné par les exigences des utilisateurs dans les différents domaines industriels en respectant la réglementation en matière de recyclage et valorisation. Donc l'utilisation des constituants de base d'un matériau composites d'origine naturels devient un axe de recherche essentiel pour faire face aux besoins du marché qui est toujours en croissance. Les composites renforcés par des fibres naturelles ont donc attiré une attention

de plus en plus grande en raison de leur faible coût, leur densité peu élevée, leur biodégradabilité et leur disponibilité, leur facilité de mise en œuvre, leur haut module spécifique, et leur capacité à être recyclé, etc. Ces avantages présentent un intérêt général pour des applications dans divers domaines comme par exemple la vie quotidienne (mobilier, plancher, pots...), l'industrie automobile..., qui exigent des matériaux légers à haute performance, des possibilités de recyclage, le minimum d'impact sur l'environnement, et une réduction du coût de la matière. [1]

Elles ayant plusieurs des méthode des traitement qui present comme suit :

- ✓ Traitement alcalin
- ✓ traitement de la permanganate
- ✓ traitement du dichromate
- ✓ traitement acétylant

Plusieurs facteurs peuvent influencer les propriétés mécanique des composites qui peut influencer différencier les propriétés mécaniques des composites qui peut influencer et différencier les caractéristiques des matériaux composites : on peut notamment distinguer l'influence des conductions : les étapes de labo ration comme le traitement (mécaniques et chimique)

Les influences des traitement chimique les fibre alfa ont évalué expérimentalement et le conclusion suivant : la par formances de alfa composite est très influencé par de surface des fibre. (ben yehia) [1]

- ✓ Les propriétés mécaniques des tissus de renfort des sont régers par l'architecteur du tissage du fil, le spacement ,longueur des fils ,l'angle d'orientation des fibre et la fraction de fibre
- ✓ Le traitement par la solution NaOH avait augmente la surface de contact fibre.
- ✓ La module de traction augmenté avec la concentration de la solution de traitement NaOH
- ✓ Le temps de travail

En flexion, le matériau composite **Comp- B** reflète des bonne performances ($\sigma = 66,63\text{MPa}$) comparé aux autres matériaux. Ensuite se classe le matériau Comp-D ($\sigma = 61,19\text{MPa}$) et **Comp-C** ($\sigma = 52,001\text{MPa}$) et en fin le composite Comp-A ($\sigma = 46,30\text{MPa}$). [1]

- ✓ En traction, le matériau composite (**Comp-D**) reflète toujours un écart important de la bonne résistance par rapport au trois autres composites ($\sigma = 40,87$ MPa). Cette différence dépasse l'ordre de 44%. La valeur importante de la contrainte du composite **Comp-D** se traduit par la résistance du toron de Jute qui est nettement supérieur) celui de la fibre Alfa. [1]

Traitements alcalins, permanganate, l'anhydride dichromate et acétique se sont améliorés les propriétés mécaniques, c'est-à-dire la traction et propriétés flexibles des composites dans comparaison avec les non traités grâce à d'un matériau composite: fibres alfa / polyester insaturé. [1]

CONCLUSION GENERALE

Conclusion Générale

La partie théorique dans notre recherche me permet d'acquérir un ensemble des connaissances de concepts sur les fibre alfa et sonnâmes, structure chimique, réparation géographique, son domaine d application et nomenclature. Quant a la partie pratique, nous avons une étude sur la comparaison entre deux publications qui parlent de renforcements polymère avec des végétales tissées par traitement .Les fibres végétales peuvent être associées à des matrices de différentes natures. L'utilisation de fibres végétales dans une matrice thermoplastique ou thermodurcissable est une technique déjà utilisée et industrialisée notamment dans l'automobile (panneaux intérieurs, garnitures de toit, planchers de camions etc.), la construction (profilés de portes et de fenêtres, clôtures, bardages etc.) ou encore dans l'équipement domestique (meubles de jardin par exemple). [1]

L'étude bibliographique est basée sur l'étude des différents types de fibres et leur utilisation

Les différents des matériaux composites se définissent en fonction nature de la matrice qui pourra être type organique, métallique ou céramique.

Les différents types de matériaux composites se définissent en fonction de la nature de la matrice qui pourra être de type organique, métallique ou céramique. Les propriétés mécaniques des matériaux composites sont influencées principalement par l'adhérence entre la matrice et les fibres , et l'utilisation des renforts pour l'élaboration de matériaux composites impose de bonnes connaissances des propriétés physiques et chimiques de ces matériaux. [1]

Le traitement(mècanique,chimique)des fibres naturelles est très important pour obtenir des matériaux composites avec de bonne propretés mécaniques, thermique et une résistance augment aux conditions de l'environnement le traitement combiné des fibres et la matrice polymère donne des rèsultats exceptionnels et en certains cas. on observe une effet synergique.

Le traitement alcalin des fibres Alfa améliore la qualité de l'interface fibre-matrice. Par conséquent

l'adhésion des fibres Alfa traitées avec la matrice polymère est importante. . [1]

- Le module Young est proportionnel a la pression d'élaboration
- La contraire a la rupture est inversement proportionnelle a la température d'élaboration

Conclusion générale

- La contrainte a la rupture est proportionnel a la pression d'élaboration

En fin, nous repérons que notre travail trouvera, une continuité au future. Le traitement alcalins permanganates,,,,,,,,,polyster (publucation ben yehia)

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques :

INTRODUCTION GENERALE

[1-6] Mémoire de Magister, Présenté par : ROUAM Kamila en vue de l'obtention du diplôme de Magister en : Filière : Science et Génie des Matériaux Option : Physique et Mécanique des Matériaux UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA – BOUMERDES

[7]. Y. Li, Y. W. Mai, L. Ye, Sisal fibre an dits composites: a review of recent developments, Comp. Science. Tech. 60, 2037-2055, 2000.

[8]. P. V. Joeseeph, G. Mathew, K. Joeseeph, G. Groeninckx, S. Thomas, Dynamic mechanical properties of short sisal fibre reinforced polypropylene composites, Comp. Part A. 34, 275-290, (2003).

CHAPITRE 01

[1]. Vi Vi Do Thi, « **Matériaux composites `a fibres naturelles / polymère biodégradables ou non** », Université de Grenoble, on 15 Déc. 2011

[2]. Sandali Abdeljalil et Rabhi Nabil , «**Comportement au choc des stratifiées composites renforcées par des fibres naturelles(fibre de cactus)** », UNIVERSITE KASDI MARBAH OUARGLA, Le : 26/06/2013.

[3]. omiri imen Yamina, « **l'effet du traitement des fibres naturelles sur l'endommagement d'un béton polymère** », mémoire master, unuversitie du m'sila , 2014/2015.

[4]. Yahiaoui Lamia, « **caractérisation d'un composite à la rupture à base des fibres végétales DISS**», option mécanique applique, université de Sétif, 2011.

[5]. COUTTS, R.S.P., ? Flax fibers as a reinforcement in cement mortar ?, the international journal of cement composites and lightweight concrete, vol.5 N°4,pp 257-262, 1983.

[6] . NILSON, L., ? Reinforced Concrete with Sisal and other vegetable fiber?. Swedish Council for Building Research, document D14, 1975.

[7]. SWAMY, R. H. S, AHUJA, B. M, KRISHAMOORTHY, S., ?Behavior of concrete reinforced with jute, coir, bamboo fibers?. The international

Références bibliographiques

journal of cement composite and light weight concrete, volume 5, p 13 N°1, 1984.

[8]. BLEDZKI, A. K and GASSAN. J., ?Composites reinforced with cellulose based fibers ? ,ELSEVIER, Progress in polymer science, volume 24, pp.221-274, 1999.

[9] . **P. Saha et al.** «Enhancement of tensile strength of lignocellulosic jute fibers by alkalisteam Treatment. ». Bioresource Technology., Vol. 101, 2010, pp. 3182–3187.

[10]. **QUEZEL.P.,MEDAIL.F., (2003)** : Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen. Ed. Elsevier SAS. 483p.

[11]. **TINGAUT. PH., (2006)** : Modification de la structure chimique du bois par des alcoxy-silanes diversement substitués, Thés Doct. Univ Bordeaux. 17-27p.

[12]. **TALEL, B.** Utilisation d'une méthode optique sans contact pour décrire le comportement mécanique de composites bois/plastique `WPC`. Mémoire de doctorat de l'université de pau et des pays de l'Adour.2011.

[13]. **Mahand Messaoudène, Mourad Tafes, Ali Loukkas, Rémy Marchal,** « Propriétés physiques du bois de chêne zéen de la forêt des Aït Ghobri (Algérie) » bois et forets des tropiques, 2008, N° 298 (4) gestion de la ressource ligneuse 37 QUERCUS CANARIENSIS

[14]. ADEME / FCBA (2008), *Référentiels combustibles bois-énergie - Définition et exigences* - ADEME, 124 pages

[15]. **CHETOUANE.M, 1982** : Etude de la variabilité morphologique et biogéochimique de quelque population de phragmites communis du nord est algérien. Mémoire en biologie végétale intitulé. Université Mouloud Mammeri. 67p.

[16]. **LA VOIE.C, 2008** : Rapport préparé pour le comité interministériel du gouvernement du Québec sur le roseau commun et pour canards illimités. 44p

[17] . **anemone-clown.** La fiche *Phragmites australis* a été vue 10782 fois. Publié le 09/06/2014. Modifié le 09/06/2014

[18]. **MEZIANE, S. 2013** : Modélisation de la cinétique du séchage du grignon d'olives. Revue des Energies Renouvelables, 2013.

[19]. **BABAKHOUYA, N. 2010** : Mémoire de magister. Récupération des métaux lourds par l'utilisation des absorbants naturels, 2010

[20]. **AZIBI Siham & AISSAT Alia,** « Bioamélioration du grignon d'olive par culture de *Bjerkandera adusta* BRFM 1916 », 2016.

Références bibliographiques

- [21]. 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.
- [22]. C.Ververis, K.Georghiou, N.Christodoulakis, P. Santas, R.Santas. "Fiber dimensions, lignin and cellulose content of various plant materials and their Suitability for paper production. Industrial Crops and Products 19: 245–254,2004.
- [23]. 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.
- [24]. MASTER ACADIMIQUE *Spécialité : Mécanique, Option : Génée productique*, Negoudi Abdelhakim , Khinech Sayah, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA Faculté des sciences applications Département génée mécanique
- [25]. M.Nardin, "interface fibre-matrice dans les matériaux composites application aux fibres végétales", revue des composites et des matériaux avancés, Vol 16, pp 49-61, 2006.
- [26]. MASTER ACADIMIQUE *Spécialité : Mécanique, Option : Génée productique*, Negoudi Abdelhakim , Khinech Sayah, UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA Faculté des sciences applications Département génée mécanique
- [27]. S.K.Batra « Other long vegetable fibers », In: Handbook of fibre Science and Technology, Ed. M.Lewin and E.M.Pearce, New York. Marcel Dekker, Vol. 4, Fibre Chemistry, pp. 505-575 (1998)
- [28]. E.T.N.Bisanda and M.P.Ansell « Properties of sisal/CNSL composites », Journal of Materials Science, Vol 27, pp.1690-1700 (1992)
- [29]. P.J.Roe and M.P.Ansell « Jute-reinforced polyester composites », Journal of Material Science, Vol 20, issue 11, pp.
- [30]. H.H.Wang, J.G.Drummond, S.M.Reath, K.Hunt and P.A.Watson « An improved fibril angle measurement method for wood fibres », Wood Science and Technology, Vol 34, pp. 493-503 (2001)
- [31]. P.S. Mukherjee and K.G.Satyanarayana « Structure and properties of some vegetable fibers. II. Pineapple fibre. II. Pineapple fibre», Journal of Materials Science, Vol 21, pp.51-56 (1986)
- [32]. Mohamed Dallel. Evaluation du potentiel textile des fibres d'Alfa (*Stipa Tenacissima L.*) : caractérisation physico-chimique de la fibre au fil. Autre. Université de Haute Alsace - Mulhouse, 2012. Français. ffNNT : 2012MULH6853ff. fftel-00844129ff

Références bibliographiques

- [33] C.Baley « Fibres naturelles de renfort pour matériaux composites », Techniques de l'ingénieur (2005)
- [34]] C.Baley « Fibres naturelles de renfort pour matériaux composites », Techniques de l'ingénieur (2005)
- [35] C.Baley « Fibres naturelles de renfort pour matériaux composites », Techniques de l'ingénieur (2005)
- [36] J.Ganster and H.P.Fink « Physical constants of cellulose », In: Polymer Handbook, Ed. J.Brandrup, E.H.Immergut and E.A.Grulke,. New York, John Wiley and Sons (1999)
- [37] F.Troger, G.Wegener and C.Seemann « Miscanthus and flax as raw material for reinforced particleboards », Industrial Crops and Products, pp.113-121 (1998)
- [38] G.C.Davies and D.M.Bruce « Effect of environmental relative humidity and damage on the tensile properties of flax and nettle fibers », Textile Research Journal, Vol 68 (9), pp.623-629 (1998)
- [39] S.H.Zeronian « The mechanical properties of cotton fibres », Journal of Applied Polymer Science : Applied Polymer Symposium, Vol 47, pp. 445-461 (1991)
- [40] A.Ishikawa, S.Kuga and T.Okano « Determination of parameters in mechanical model for cellulose III fibre », Polymer, Vol 39, issue 10, pp. 1875-1878, (1998)
- [41]. Yahiaoui Lamia, « **caractérisation d'un composite à la rupture à base des fibres végétales DISS**», option mécanique appliquée, université de Sétif, 2011.
- [42] Option : **Physique Appliquée : Physique des matériaux intelligents** Par **YAHY Fatima Zahra** Université Mohamed Boudiaf - M'sila N° d'ordre :...../2016
- [43]. Yahiaoui Lamia, « **caractérisation d'un composite à la rupture à base des fibres végétales DISS**», option mécanique appliquée, université de Sétif, 2011.
- [44]. Option : **Physique Appliquée : Physique des matériaux intelligents** Par **YAHY Fatima Zahra** Université Mohamed Boudiaf - M'sila N° d'ordre :...../2016
- [45]. Mohamed Dallel, « **Evaluation du potentiel textile des fibres d'Alfa (StipaTenacissima L.) : caractérisation physico-chimique de la, fibre au fil** » ; Université de Haute Alsace - Mulhouse, 12 Jul 2013.
- [46]. Mostar Abdessamed, « *influence des ajouts de fins minérales sur les performances mécaniques des bétons renforcé de fibre végétales de palmier dattier* », université de Kasdi Merbah Ouargla option génie civil, novembre 2006.

Références bibliographiques

- [47]. Mohamed Dallel, « **Evaluation du potentiel textile des fibres d'Alfa (StipaTenacissima L.) : caractérisation physico-chimique de la fibre au fil** » ; Université de Haute Alsace - Mulhouse, 12 Jul 2013.
- [48]. Yahiaoui Lamia, « **caractérisation d'un composite à la rupture à base des fibres végétales DISS**», option mécanique appliquée, université de Sétif, 2011.
- [49]. Mostar Abdessamed, « *influence des ajouts de fins minérales sur les performances mécaniques des bétons renforcé de fibre végétales de palmier dattier* », université de Kasdi Merbah Ouargla option génie civil, novembre 2006.
- [50]. Yahiaoui Lamia, « **caractérisation d'un composite à la rupture à base des fibres végétales DISS**», option mécanique appliquée, université de Sétif, 2011.
- [51].]. Option : **Physique Appliquée : Physique des matériaux intelligents** Par **YAHI Fatima Zahra** Université Mohamed Boudiaf - M'sila N° d'ordre :...../2016
- [52]. Gagui Warda, université Mohamed khi der – Biskra .juin 2015. (L'effet d'ajout des fibres palmiers dattiers (saaf et lif) sur les propriétés physico-mécanique des bétons de sable.
- [53]. Agnès Roudier. Analyse multi-échelle du comportement hygro-mécanique des fibres de lin. Autre. Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II, 2012. Français.
- [54]. Agnès Roudier. Analyse multi-échelle du comportement hygro-mécanique des fibres de lin. Autre. Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II, 2012. Français.
- [55]. C.Meirhaeghie « Evaluation de la disponibilité et de l'accessibilité de fibres végétales à usages matériaux en France »,
Etude réalisée pour le compte de l'ADEME par Fibres Recherche Développement (Mars 2011)
- [56]. A.Ben Mabrouk « Elaboration de nanocomposites à base de whiskers cellulose et de polymère acrylique par polymérisation in situ », Thèse de doctorat, Université de Grenoble (Juillet 2011)
- [57]. B.Kurek « Les fibres naturelles : originalités, propriétés, qualités et défauts », Journée Technique : Matériaux renforcés fibres naturelles et matériaux issus de ressources renouvelables, appliqués en plasturgie., Pole européen de Plasturgie, Bellignat (2006)
- [58]. J.Bidlack, M.Malone and R.Benson « Molecular structure and component integration of secondary cell walls in plants », Proceedings of the Oklahoma Academy of Science, 72, pp.51-56 (1992)
- [59]. P.Ouagne « Composites à Fibres Naturelles: Enjeux et Utilisations », Laboratoire PRISME Mécanique des Matériaux Hétérogènes, Université Orléans

Références bibliographiques

- [60]. Mohamed Dallel, « **Evaluation du potentiel textile des fibres d'Alfa (StipaTenacissima L.) : caractérisation physico-chimique de la fibre au fil** » ; Université de Haute Alsace - Mulhouse, 12 Jul 2013.
- [61] CARMA, « *Glossaire des matériaux composites renforcés des fibres d'origine renouvelable* », centre d'animation régional en matériaux avancés, Décembre 2006.
- [62] Option : **Physique Appliquée : Physique des matériaux intelligents** Par **YAHY Fatima Zahra**
- [63] Option : **Physique Appliquée : Physique des matériaux intelligents** Par **YAHY Fatima Zahra**
- [64] Option : **Physique Appliquée : Physique des matériaux intelligents** Par **YAHY Fatima Zahra**
- [65] Option : **Physique Appliquée : Physique des matériaux intelligents** Par **YAHY Fatima Zahra** Université Mohamed Boudiaf - M'sila Faculté des Sciences Département de Physique
- [66] Option : **Physique Appliquée : Physique des matériaux intelligents** Par **YAHY Fatima Zahra** Université Mohamed Boudiaf - M'sila Faculté des Sciences Département de Physique
- [67] Option : **Physique Appliquée : Physique des matériaux intelligents** Par **YAHY Fatima Zahra** Université Mohamed Boudiaf - M'sila Faculté des Sciences Département de Physique
N° d'ordre :...../2016
- [68]] Option : **Physique Appliquée : Physique des matériaux intelligents** Par **YAHY Fatima Zahra** Université Mohamed Boudiaf - M'sila Faculté des Sciences Département de Physique
N° d'ordre :...../2016
- [69] , [70]] Option : **Physique Appliquée : Physique des matériaux intelligents** Par **YAHY Fatima Zahra** Université Mohamed Boudiaf - M'sila Faculté des Sciences Département de Physique
N° d'ordre :...../2016
- [71]. Zapata Massot Céline, « *synthèse de matériaux composite par Co-broyage en voie sèche et caractérisation des propriétés physico-chimique et d'usage des matériaux* », institut national polytechnique de Toulouse, décembre 2004.
- [73] Charlet K, Jernot JP, Bréard J, Gomina M. Scattering of morphological and mechanical properties of flax fibres. Industrial Crops and Products. 2010. Vol. 32, Issue 3, pp. 220-224.
- [74] Bourmaud A, Baley C. Rigidity analysis of polypropylene/vegetal fibre composites after recycling. Polymer Degradation and Stability,2009. Vol. 94, pp. 297-305.

Références bibliographiques

- [75] Pickering KL, Beckermann GW, Alam SN, Foreman NJ. Optimising industrial hemp fibre for composites. *Composites* 2007. Vol. 38, pp. 461–468, 2007.
- [76] Nakra BC. Vibration control with viscoelastic material. *The Shock and Vibration Digest* 1984; 16:17-22.
- [78] Vaswani J, Asnani NT et Nakra BC. "Vibration and damping analysis of curved sandwich beams with a viscoelastic core". *Composites Structures* 1988, 10:231-245.
- [79] Moser K, Lumassegger M. "Increasing the damping of flexural vibrations of laminate FPC structures by incorporation of soft intermediate plies with minimum reduction of stiffness". *Composites Structures* 1988; 10:321-333.
- [80]. Option : Physique et Mécanique des Matériaux Présenté par : ROUAM Kamila en vue de l'obtention du diplôme de Magister en : Filière : Science et Génie des Matériaux UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA – BOUMERDES
- [81]. Akchiche O., Messaoud Bouregghda K., Esparto Grass (*Stipa Tenacissima L.*), raw material of papermaking. First Part, *Chimija rastitel'nogo syr'ja*, 4, 2007, 25-30.
- [82]. Eva Rogge, école nationale supérieure d'ingénieurs sud-alsace (uha), 2009 – 2010, extraction et étude des propriétés physiques et mécaniques des fibres d'alfa (*esparto grass*) en vue d'applications textiles
- [83]. G.G.Giménez « Aportaciones a la química del esparto español ». *Anales de la Universidad de Murcia*. Vol 13, N° 1. Curso 1954-55
- [84] USDA Plants Database
- [85] M.Rhanem « L'alfa (*Stipa tenacissima L.*) dans la plaine de Midelt (haut bassin versant de la Moulouya, Maroc) – Éléments de climatologie », *Physio-Géo* [En ligne], Vol 3 (janvier 2009)
- [86] H.N.Le Houérou « Considérations biogéographiques sur les steppes arides du nord de l'Afrique », *Sécheresse*, Vol 6, n° 2, pp. 167-182 (1995)
- [87] « L'alfa : Importance écologique et socio-économique », *Portail de l'agriculture marocaine, Terre et Vie*, N°61-62, (Novembre 2002)
- [88] Mohamed Dallel. Evaluation du potentiel textile des fibres d'Alfa (*Stipa Tenacissima L.*) : caractérisation physico-chimique de la fibre au fil. Autre. Université de Haute Alsace - Mulhouse, 2012. Français.
ffNNT : 2012MULH6853ff. fftel-00844129ff
- [90]. M.Benchrik and S.Lakhdhari « Contribution à l'étude de l'entomofaune de la nappe alfatière de la région de Zaafrane. W.Djelfa », *Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du*

Références bibliographiques

- diplôme d'ingénieur d'état en agropastoralisme, Centre Universitaire ZIANE ACHOUR Djelfa (2002)
- [91]. Mohamed Dallel. Evaluation du potentiel textile des fibres d'Alfa (*Stipa Tenacissima* L.) : caractérisation physico-chimique de la fibre au fil. Autre. Université de Haute Alsace - Mulhouse, 2012. Français. ffNNT : 2012MULH6853ff. fftel-00844129ff
- [92]. D.Nedjraoui « Adaptation de l'alfa (*Stipa tenacissima* L) aux conditions stationnelles », Thèse de Doctorat, Université des Sciences et de la technologie Houari Boumediene USTHB, Alger (1990)
- [93]. D.Nedjraoui et J.Touffet « Influence des conditions stationnelles sur la production de l'alfa (*Stipa tenacissima*). Revue Ecologia mediterranea Vol 20, pp. 67-75 (1983)
- [94] S.Boudjaja, A.Harfouche et W.Chettah « Contribution à l'étude de la variabilité géographique chez l'alfa (*Stip atenacissima* L.) », Revue de l'Institut national de la Recherche Agronomique n° 23 pp.7-23 (2009)
- [95] A.Bourahla and G.Guittonneau « Nouvelles possibilités de régénération des nappes alfatières en liaison avec la lutte contre la désertification » Bulletin de l'Institut d'Ecologie Appliquée d'Orléans, Vol 1 pp.19-40 (1978)
- [96] A.Moulay, K.Benabdeli and A.Morsli « Contribution a l'identification des principaux facteurs de dégradation des steppes a *Stipa tenacissima* du sud-ouest Algerien », *Mediterranea*, Serie de estudios biológicos época II, n° 22, Universidad de Alicante (2011)
- [97] ,[98]. Mokhtari Abdellah Zakaria, université Abou Bakr Belkaid Tlemcen, 2013-2014, (contribution à l'étude édaphique des formations à Alfa dans la commune de mâamora (Saida)).
- [99]. *Mémoire de Fin D'études En vue de L'obtention du diplôme master Filière : Science et Génie des matériaux Option: Construction durable*
- [100]. « L'alfa : Importance écologique et socio-économique », Portail de l'agriculture marocaine, Terre et Vie, N°61-62, (Novembre 2002)
- [101]. [102] [103]. .Generalites Sur Le Papier gogel
- [104]. Le site de la Société Nationale de Cellulose et de Papier Alfa <http://www.sncpa.com.tn>
- [105]. M.Ben Hassen « Elaboration de non tissés à base de fibres d'alfa » disponible sur : non-woven.blogspot.fr
- [106]. T.Ben Brik « Tunisie : menaces sur l'alfa et son papier d'or » Article disponible sur <http://www.syfia.info> (Avril1992)
- [107] « L'alfa : Importance écologique et socio-économique », Portail de l'agriculture marocaine, Terre et Vie, N°61-62, (Novembre 2002)

Références bibliographiques

- [108]. T.Ben Brik « Tunisie : menaces sur l'alfa et son papier d'or » Article disponible sur <http://www.syfia.info>(Avril 1992)
- [109] « L'alfa : Importance écologique et socio-économique », Portail de l'agriculture marocaine, Terre et Vie, N°61-62, (Novembre 2002)
- [110] D.Nedjraoui et J.Touffet « Influence des conditions stationnelles sur la production de l'alfa (*Stipa tenacissima*). Revue Ecologia mediterranea Vol 20, pp. 67-75 (1983)
- [111] S.Bedrani « L'Aire du Patrimoine Communautaire de la Commune de Oued Morra, Algérie » (Juillet 2008)
- [112]. Paiva M.C., Ammar I., Campos A.R., Cheikh R.B., Cunha A.M., Alfa fibres : Mechanical, morphological and interfacial characterization, Composites Science and Technology, 67, 2007, 1132-1138.
- [113]. Peters R.H., Textile Chemistry II: Impurities in Fibres; Purification of Fibres, First edition, Elsevier publishing company, 1967, 374p
- [114]. [115]. [116]. [117]. Pour l'obtention du diplôme de : Master en physique Spécialité: Physique Des Polymères Applications Par Djilali HANANEUNIVERSITE ABOU-BEKR BELKAID – TLEMCEN

CHAPITRE N2

- [1]. **Lionel GENDRE.** « Matériaux composites et structures composites ». Université Paris-Saclay, 2011.
- [2]. **ABIR MAHFOUD,** 2013. Etude de la production et de la caractérisation de composites bois-plastiques. Université Laval Québec, canada. P101
- [3]. **Ashby et Jones, Matériaux, t. ,** Microstructure et mise en œuvre, chap. 25, Dunod, 1991
- [4]. Option : Physique Appliquée : Physique des matériaux intelligents Par YAHY Fatima Zahra
Université Mohamed Boudiaf - M'sila Faculté des Sciences Département de Physique
- [5] Option : Physique Appliquée : Physique des matériaux intelligents Par YAHY Fatima Zahra
Université Mohamed Boudiaf - M'sila Faculté des Sciences Département de Physique
- [6] Mémoire présenté pour l'obtention Du diplôme de Master Académique Par: Korichi Asma Tiaiba Wafa **UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA**
- [7] Mémoire présenté pour l'obtention Du diplôme de Master Académique Par: Korichi Asma Tiaiba Wafa **UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA**

Références bibliographiques

- [8] Mémoire présenté pour l'obtention Du diplôme de Master Académique Par: Korichi Asma Tiaiba Wafa **UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA**
- [9] Jean-Marie Berthelot" *Mécanique des Matériaux et Structures Composites*" Imprimé en France par Jean-Marie Berthelot ; Les Clousures, Chemin des Horts05290 Vallouise Septembre 2013.
- [10] Anh Dung Ngo, « *introduction sur les matériaux composites* », Ecole de technologie supérieure Montréal, Canada, 2013.
- [11] Option : **Physique Appliquée : Physique des matériaux intelligents** Par **YAHY Fatima Zahra** **UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA** N° d'ordre :...../2016
- [12] Option : **Physique Appliquée : Physique des matériaux intelligents** Par **YAHY Fatima Zahra** **UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA** N° d'ordre :...../2016
- [13]. Mostar Abdessamed, « *influence des ajouts de fins minérales sur les performances mécaniques des bétons renforcé de fibre végétales de palmier dattier* », université de Kasdi Merbah Ouargla option génie civil, novembre 2006.
- [14]. Laurent Gornet, « *généralité sur les matériaux composites* », école centrale Nantes, France, 2011.
- [15]. Rouam Kamila « *Elaboration, caractérisation mécanique et hygrothermique d'un stratifié renforcé par des fibres naturelles* », Mémoire de Magister, UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA – BOUMERDES, 2013/2014.
- [16]. Baali Hafida, « *étude de l'effet du traitement chimique des fibre de palmier dattier sur le comportement mécanique du béton polymère* », mémoire master , université de m'sila , juin 2014 .
- [17] Zapata Massot Céline, « *synthèse de matériaux composite par Co-broyage en voie sèche et caractérisation des propriétés physico-chimique et d'usage des matériaux* », institut national polytechnique de Toulouse, décembre 2004.
- [18]. Baali Hafida, « *étude de l'effet du traitement chimique des fibre de palmier dattier sur le comportement mécanique du béton polymère* », mémoire master , université de m'sila , juin 2014 .
- [19]. Mostar Abdessamed, « *influence des ajouts de fins minérales sur les performances mécaniques des bétons renforcé de fibre végétales de palmier dattier* », université de Kasdi Merbah Ouargla option génie civil, novembre 2006.

Références bibliographiques

[20]. CARMA, « *Glossaire des matériaux composites* », centre d'animation régional en matériaux avancés, octobre 2006.

[21]. CARMA, « *Glossaire des matériaux composites* », centre d'animation régional en matériaux avancés, octobre 2006.

[22]. Abdeljalil Ben foughal, « **Analyse tribologique et thermique d'un matériau composite carbone-carbone dans un contact électrique** », Université MENTOURI Constantine, **28/ 6/ 2010**.

[23] Laurent Gornet, « *généralité sur les matériaux composites* », école centrale Nantes, France, 2011.

[24] D. Hammiche, A. Boukerrou, H. Djidjelli, A. Kervoëlen, and Y. Grohens, "*Étude des propriétés physico-chimiques, thermiques et mécaniques des fibres d'alfa*," *Revue des Composites et des Matériaux Avancés*, vol. 25, pp. 7-24, 2015.

[25] Mémoire présenté pour l'obtention Du diplôme de Master Académique Par: Korichi Asma Tiaiba Wafa UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA
chapitre 3

[1]. . A. Benyahia, A. Merrouche, Effet de la surface chimique modifications sur les propriétés de la fibre-polyester Alfa composites. *Le polymère. Plast. Technol. et Eng.*, 2014, 53, 403.[2] . D. Gay, S.V. Hoa, S.W. Tsai, *Matériaux composites:*

conception et applications. Paris: CRC Press, 1997. Azzedine Benyahia, Ali Redjem, Zine El Abidine Rahmouni, Abdellah Merrouche/ *Studiulproprietătilormecanice* 33

ale unui material compozit: polisternesaturat / fibre alfa

[3] **AZZEDINE BENYAHIA^{1*}, ALI REDJEM², ZINE EL ABIDINE RAHMOUNI³, ABDELLAH MERROUCHE¹** *Laboratory of Inorganic Materials, University of Med Boudiaf, M'sila, Algeria Laboratory of City, Environment, Society and Sustainable Development, University of Med Boudiaf, M'sila, Algeria Geo materials Development Laboratory, University of Med Boudiaf, M'sila, Algeria*

[4], . P. Noorunnisa Khanam, H. P. S. Abdul Khalil, G. Ramachandra Reddy, S. J. Venkata Naidu, *Polym. Environ.*, 2011, 19, 115. 32. S. L. Fávaro, T. A. Ganzerli, A. G. V. de Carvalho Neto, O. R.

R. F. da Silva, E. Radovanovic, *Express Polym. Lett.*, 2010, 4, 465 cristallinité des . méthode d'estimation du degré de

Références bibliographiques

- [5] L. Segal, J.J. Creely, A.E. Martin, C.M. Conrad, An empirical cellulose à l'aide du diffractomètre à rayons X. *SMS. Res. J.*, 1959, 29, 786.
- [6]. S. Benbrahim, R. Bencheikh, Influence de la fibre fraction d'orientation et de volume sur les propriétés de traction en composite Alfa-polyester unidirectionnel. *Composites Science et technologie.*, 2007, 67, 140.
- [7]. . L. Segal, J.J. Creely, A.E. Martin, C.M. Conrad, An empirical méthode d'estimation du degré de cristallinité des cellulose à l'aide du diffractomètre à rayons X. *SMS. Res. J.*, 1959, 29, 786.
- [8] AZZEDINE BENYAHIA1*, ALI REDJEM 2, ZINE EL ABIDINE RAHMOUNI 3, ABDELLAH MERROUCHE1 *Laboratory of Inorganic Materials, University of Med Boudiaf, M'sila, Algeria Laboratory of City, Environment, Society and Sustainable Development, University of Med Boudiaf, M'sila, Algeria Geo materials Development Laboratory, University of Med Boudiaf, M'sila, Algeria*
- [9] . R. Derriche, K.S. Berrahmoune, Valorisation du gâteau aux olives par extraction d'hémicelluloses. *J. Food Eng.*, 2007, p. 78, p. 1149.
- [10], A. K. Bledzki, J. Gassan, Composites renforcés par la cellulose fibres à base de fibres. *Prog. Polym. Sci.*, 1999, 24, 221.
- [11]. . A. Bessadok, S. Marais, F. Gouanve, L. Colasse, I. Zimmerlin, S. Roudesli, M. Metayer, Effect of chemical treatments of Alfa (*Stipa tenacissima*) fibres sur les propriétés de sorption de l'eau. *Les compos. Sci. Technol.*, 2007, 67, 685.
- [12]. A. Benyahia, A. Merrouche, Z. Rahmouni, M. Rokbi, W. Serge, Z. Kouadri, Étude de l'effet de traitement alcalin sur le comportement mécanique des fibres composites insaturées de polyesterAlfa. *Mécanique et industrie.*, 2014, 15, 69
- [13]. C. Albano, J. Gonzalez, M. Ichaza, D. Kaiser, Thermique stabilité des mélanges de polyoléfins et [14], A. Abdal-hay, N.P.G. Suardana, Y. Do Jung, K.S. Choi, J. K. Lim, Effet des diamètres et traitement alcalin sur la traction propriétés des composites époxy renforcés de fibre de palme dattées. *Int.*

Références bibliographiques

J. Precis. Eng. Manuf., 2012, 13, 1199.

[15] N. Sgriccia, M. C. Hawley, M. Misra, Caractérisation des surfaces de fibres et composites de fibres naturelles. Composites: Partie A., 2008, p. 39, 1632.

[16]. . M. M. Kabir, H. Wang, K.T.F. Lau, T. Cardona, Mécanique propriétés de fibres de chanvre traitées chimiquement renforcées composites sandwich. Aravinthan. Composites: Partie B., 2012, 43, 159.

[17]. L.W. José, M. Marcos, P. DA Silva, G. D. Alexandre, B. Roberto A.C. Cesar, C.C. Júnior, A.D. Tiago, F. Tiago, D. S. Luciano, Effet des traitements chimiques sur les propriétés de Composites HDPE avec fibre cylindrique luffa. Cellulose Chem. Technol., 2014, 48, 337.

[18]. S. Dhanalakshmi, P. Ramadevi, B. Basavaraju, P. Raghu, S. Ranganagowda, V. Chikkol, Fibre S.

[19]. Dhanalakshmi, P. Ramadevi, B. Basavaraju, P. Raghu, S. Ranganagowda, V. Chikkol, Fibre

[20] S. Dhanalakshmi, P. Ramadevi, G. R. Raghu Patel, M. Manikanta, K. Kiran, A. Jayaraj, M. Jason, G. R. Chethan, B. Basavaraju, Effet de chargement de fibres et modification de surface sur

comportement de traction des composites naturels d'areca. Ciencia-eTecnicaVitivinicola., 2014, 29, 99.

[22] S. Dhanalakshmi, B. Basavaraju, P. Ramadevi, Fibre d'Areca composites renforcés de polypropylène : Influence de mercerisation sur le comportement de Tensile. Journal international de

Sciences des matériaux et ingénierie de fabrication., 2014, 41, 1151.

[23] W. L. Lai, R. M. Mariatti, The Properties of tised betel palm Areca catechu) composites en polyester renforcé. J. Reinf. Plast. Compos., 2008, 27, 925.

[24] P. Ramadevi, S. Dhanalakshmi, C.V. Srinivasa, B. Basavaraju, Effet du traitement alcalin sur l'eau

Références bibliographiques

l'absorption de la fibre d'abaca cellulosique unique. *BioResources.*, 2012, 7, 3515.

[24] AZZEDINE BENYAHIA1*, ALI REDJEM 2, ZINE EL ABIDINE RAHMOUNI 3, ABDELLAH MERROUCHE1 *Laboratory of Inorganic Materials, University of Med Boudiaf, M'sila, Algeria* *Laboratory of City, Environment, Society and Sustainable Development, University of Med Boudiaf, M'sila, Algeria* *Geo materials Development Laboratory, University of Med Boudiaf, M'sila, Algeria*

[25] J. Rout, M. Misra, S. S. Tripathy, S. K. Nayak, A. K. Mohanty, L'influence du traitement des fibres sur le performance des composites coir-polyester. *Les compos. Sci. Technol.*, 2001, p. 61, 1303.

[26] . E. Sinha, S. K. Rout, Influence du traitement de surface de fibre sur les propriétés structurelles, thermiques et mécaniques du jute fibre et son composite. *Bull Mater. Sci.* 2009, 32, 65.

[27], P. Sudhakara, K. Obi Reddy, P. C. Venkata, J. Dani, H. S. Kim, B. S. Kim, S. I. Bae, J. I. Song, Studies on La fibre de fruit borassus et ses composites avec Polypropylène. *Les compos. Rés.*, 2013, 26, 48.

[28] . S. Dhanalakshmi, P. Ramadevi, G. R. Raghu Patel, M. Manikanta, K. Kiran, A. Jayaraj, M. Jason, G. R. Chethan, B. Basavaraju, Effet de chargement de fibres et modification de surface sur

comportement de traction des composites naturels d'areca. *Ciencia-eTecnicaVitivinicola.*, 2014, 29, 99.

[29], . P. Ramadevi, S. Dhanalakshmi, B. Basavaraju, V. B. Pramod, Étude de l'effet des traitements chimiques sur le comportement de traction de la fibre d'abaca renforcé composites en polypropylène. *Journal of Advances in Chimie.*, 2014, 10, 2803.

[30] . M. M. Rahaman, A. K. Mallik, M. A. Khan, Influences of divers traitements de surface sur la mécanique et propriétés dégradables des fibres de palmier photografted. *J. Appl. Polym. Sci.*, 2007, p. 10, 3077.

[31]. . M. MazedulKabir, Effects of Chemical Treatments on Composites en polyester renforcé en fibre de chanvre. Docteur. Thèse, Université du Queensland Du Sud Toowoomba Queensland, Australie, 2012.

Références bibliographiques

- [32] S. M. Luz, A. R. Gonc, A. P. Jr. Del'Arco, Comportement mécanique et analyse microstructurale de fibres de bagasse de sucre en sucre renforcé composites. *Les compos. A:Appl.Sci.Manuf.*, 2007, 38, 1455.
- [33]. . K. Obi Reddy, C. Uma Maheswari, M. Shukla, J. I. Song, A. Varada Rajulu, Tensile et caractérisation structurelle des fibres fines de fruits borassus traités d'alkali. *Composites Partie B: Engineering.*, 2013, 44, 433.
- [34]. V.P. Kommula, K. Obi Reddy, M. Shukla, T. Marwala , Conférence internationale sur les progrès de la marine, Génie industriel et mécanique (ICAMIME'2014) Johannesburg (Afrique du Sud), 2014.
- [35]. [36].] AZZEDINE BENYAHIA1*, ALI REDJEM 2, ZINE EL ABIDINE RAHMOUNI 3, ABDELLAH MERROUCHE1 *Laboratory of Inorganic Materials, University of Med Boudiaf, M'sila, Algeria Laboratory of City, Environment, Society and Sustainable Development, University of Med Boudiaf, M'sila, Algeria Geo materials Development Laboratory, University of Med Boudiaf, M'sila, Algeria*
- [37] S. Dhanalakshmi, P. Ramadevi, G. R. Raghu Patel, M. Manikanta, K. Kiran, A. Jayaraj, M. Jason, G. R. Chethan, B. Basavaraju, Effet de chargement de fibres et modification de surface sur comportement de traction des composites naturels d'areca. *Ciencia-eTecnicaVitivinicola.*, 2014, 29, 99.
- [38] . P. Ramadevi, S. Dhanalakshmi, B. Basavaraju, V. B. Pramod, Étude de l'effet des traitements chimiques sur le comportement de traction de la fibre d'abaca renforcé composites en polypropylène. *Journal of Advances in Chimie.*, 2014, 10, 2803.
- [44] . A. P. Sherely, A. Boudenne, L. Ibos, Effect of fiber chargement et traitements chimiques sur les traitements thermophysiques propriétés de la fibre de banane/polypropylène mélangée matériaux composites. *Composites Partie A.*, 2008, p. 39,
- . [45]. . [46]. . [47] . [48]. AZZEDINE BENYAHIA1*, ALI REDJEM 2, ZINE EL ABIDINE RAHMOUNI 3, ABDELLAH MERROUCHE1 *Laboratory of Inorganic Materials, University of Med Boudiaf, M'sila, Algeria Laboratory of City, Environment, Society and*

Références bibliographiques

Sustainable Development, University of Med Boudiaf, M'sila, Algeria
Geo materials Development Laboratory, University of Med Boudiaf, M'sila, Algeria

[49]. A. P. Sherely, A. Boudenne, L. Ibos, Effect of fiber chargement et traitements chimiques sur les traitements thermophysiques propriétés de la fibre de banane/polypropylène mélangée matériaux composites. Composites Partie A., 2008, p. 39, 1582

[50]. . H. C. Obasi, N. C. Iheaturu, F. N. Onuoha. C. O. ChikeOnyegbula, M. N. Akanbi, V. O. Ezeh, Influence of alkali traitement et teneur en fibres sur les propriétés du palmier à huile fibre de presse renforcée époxy. Biocomposites. Américain Journal of Engineering Research (AJER), 2014, 3, 117.

[51]. A. Benyahia, A. Merrouche, Effet de la surface chimique modifications sur les propriétés de la fibre-polyester Alfa composites. Le polyme. Plast. Technol. et Eng., 2014, 53, 403.

[53]. **Option : Génie des Matériaux Présenté par : BOUCHAREB Samira & BOUCHERIT Boumediene** Université de M'sila Faculté de Technologie

[54]. . [55]. . [56]. . [57]. . [58]. . [59]. . [60]. [62]. . **Option : Génie des Matériaux Présenté par : BOUCHAREB Samira & BOUCHERIT Boumediene** Université de M'sila Faculté de Technologie

[61]. **CARMA**, « Glossaire des matériaux composites renforcés des fibres d'origine renouvelable », centre d'animation régional en matériaux avancés, Décembre 2006.

[63]. **Option : Génie des Matériaux Présenté par : BOUCHAREB Samira & BOUCHERIT Boumediene** Université de M'sila Faculté de Technologie

[64] **S. Clark and P. Wary**, "Méthode de conception d'un tissage composite 3D Modélisation par éléments finis. Rapport de projet de fin d'étude." Lyon, INSA de Lyon, 2004, 33 p.

[65] Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials

[66]: Mechanical Properties of Pineapple Leaf Fiber-Reinforced polyester Composites **L. UMA DEVI,1, S. S. BHAGAWAN,2 SABU THOMAS1**; accepted 3 November

[67] . **Option : Génie des Matériaux Présenté par : BOUCHAREB Samira & BOUCHERIT Boumediene** Université de M'sila Faculté de Technologie

Références bibliographiques

[68] Faulstich de Paiva JM., Frollini E., Unmodified and Modified Surface Sisal Fibers as Reinforcement of Phenolic and Lignophenolic Matrices Composites: Thermal Analyses of Fibers and [69] Rout J., Misra M., Tripathy SS, Nayak SK., Mohanty AK., The influence of fibre treatment on the performance of coir-polyester composites, *Composites Science and Technology*, 61, 1303– 1310, 2001
omposites Macromol, Materialand, Engineering, 291,405-417, 2006

[70] Bledzki AK., Reihmane S., Gassan J., Properties and Modification Methods for Vegetable Fibers [71] ROKBI ,H.OSMANI. L'effet des traitements de surface des fibres sur les propriétés mécaniques de composites Polyester-fibres Alfa. Laboratoire des matériaux non métallique (LMNM), UFAS, SETIF .b. Département de génie mécanique, Université de [72]. **Option : Génie des Matériaux Présenté par : BOUCHAREB Samira & BOUCHERIT Boumediene Université de M'sila Faculté de Technologie**

[73]. Mustapha MALHA. Mise en œuvre, caractérisation et modélisation de matériaux composites : polymère thermoplastique renforcé par des fibres de doum. Thèse de doctorat2013.

[74]. Florent ILCZYSZYN. Caractérisation expérimentale et numérique du comportement mécanique des agro-composites renforcés par des fibres de chanvre, Thèse de doctorat2013

. [75]. [76]. . [78]. **Option : Génie des Matériaux Présenté par : BOUCHAREB Samira & BOUCHERIT Boumediene Université de M'sila Faculté de Technologie**

[77].. **Option : Génie des Matériaux Présenté par : BOUCHAREB Samira & BOUCHERIT Boumediene Université de M'sila Faculté de Technologie**

[80] AZZEDINE BENYAHIA1*, ALI REDJEM 2, ZINE EL ABIDINE RAHMOUNI 3, ABDELLAH MERROUCHE1 *Laboratory of Inorganic Materials, University of Med Boudiaf, M'sila, Algeria Laboratory of City, Environment, Society and Sustainable Development, University of Med Boudiaf, M'sila, Algeria Geo materials Development Laboratory, University of Med Boudiaf, M'sila, Algeria*

[81]]. **Option : Génie des Matériaux Présenté par : BOUCHAREB Samira & BOUCHERIT Boumediene Université de M'sila Faculté de Technologie**

Références bibliographiques

[82] M. ROKBIA^{a,b}, H. OSMAN^a a. Laboratoire des Matériaux Non Métalliques (LMNM), UFAS, SETIF 19000, Algérie. b. Département de Génie Mécanique, Université de M'sila, Bp 166, Echbilia, 28000, Algérie