

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE CHIMIE

N° :



FILIERE : SCIENCE DE LA MATIERE
OPTION : CHIMIE DES MATERIAUX

Du diplôme de Master Académique

Par:

MOUSSAOUI Imane

DERRADJ Nour El houda

Intitulé

**L'effet des additifs sur le comportement mécanique
d'un matériau composite
(Polyester insaturé renforcé par les fibres Alfa)**

Soutenu 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 : 2020 / 2021



Dédicace

À ma chère mère et père bien-aimé, qui sont la joie de ma vie et qui ont donné toute leur vie pour me voir devenir ce que je suis.

*À mes chers frères et sœur : **Soumia, Larbi et Abdelwahab**, qui est le lien fort, la sécurité pour moi, la lumière de mes yeux et l'idéal dans ma vie.*

*À l'âme de ma pure amie **Amal**, que Dieu ait pitié d'elle et la fasse parmi les gens du Paradis.*

*Aux grands-mères, que Dieu prolonge leur vie à toute la famille **Moussaoui**.*

*À mes amis : **Noor El houda, Hadjira, Yakout Hadid, Zahira, Abd El-Bassit Hafidi et Soheyb Khadraoui** avec qui j'ai passé les plus beaux moments.*

*Aussi pour les bonnes personnes qui m'ont aidé : **Donia ziane, Amina et Younes badhbouda** je leur souhaite bonne chance et bonheur durable.*

Sans oublier tous les enseignants du primaire, collège et lycée à l'université. À tous ceux qui m'ont aidé à traverser l'horizon de ma vie.

Imane . M



Dédicace

Je dédie ce travail à mes très chers parents

Akila et Amar : que dieu les protège et prolonge leur vie.

À l'âme de mon amie Amel, ma grand-mère Lareme et mon grand-père

Saïde que dieu ait pitié d'eux

À mes chers frères

Bilal et Samir

À mes chères sœurs :

Nassira, Sohila, Samia, remissa, Aïcha

À Mes chers amis

Imane, hadjira , groupe d'amis

À tous ceux qui m'ont soutenu et se sont tenus à mes côtés pour terminer

mon travail de près ou de loin en particulier soufiane et Souad

À mes chers professeurs et à tous les camarades d'étude

À ceux qui ont hissé les bannières de la science et de l'éducation

À tout ceux qui sont tombés par inadvertance de ma plume et ne sont

pas tombés de mon cœur.

Nour et houda. D

Remerciements

Tout d'abord, nous voulons remercier le Dieu miséricordieux miséricordieux pour ses bénédictions extérieures et intérieures et pour nous avoir donné la force et le courage de faire cet humble travail. J'ai également plaisir de remercier tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce message

Tout d'abord, nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à notre promoteur, le professeur *Azzedine Benyahia*, pour nous avoir orientés vers réalisation de cette étude. et pour le soutien scientifique et moral Nous adressons nos sincères remerciements aux membres du jury qui Ils nous encadreront pour juger de nos actions. Nous tenons également à vous remercier.

Nous exprimons notre grande gratitude à chacun des directeurs de la Société Maghreb Pipes monsieur *Baali* pour son aimable accueil dans les meilleures conditions, en particulier l'ingénieur de laboratoire de la société, *Oudsahli soufiane*, pour les instructions et les installations qu'il nous a fournies.

Nous remercions également toutes les personnes qui ont été étroitement associées à l'instruction de ce projet.

Imane & Nour ELhouda



Table des matières

<i>Introduction générale</i>	1
Chapitre I : Généralités sur les fibres végétales.	
<i>I.1 Généralité sur les fibres végétales</i>	3
<i>I.2 Définition des fibres végétales</i>	3
<i>I.3 Classification des fibres végétales</i>	3
<i>I.4 Composition chimique des fibres végétales</i>	6
<i>I.4.1 Cellulose</i>	6
<i>I.4.2 Hémicellulose</i>	7
<i>I.4.3 Lignine</i>	8
<i>I.4.4 Pectine</i>	9
<i>I.4.5 Cires</i>	9
<i>I.5 Alfa</i>	10
<i>I.5.1 Définition</i>	10
<i>I.5.2 Nomenclature et classification botanique</i>	10
<i>I.5.3 La morphologie et structure d'alfa</i>	11
<i>I.5.4 Composition chimique d'alfa</i>	12
<i>I.5.5 Propriétés des plantes alfa</i>	13
<i>I.5.6 Application actuelles</i>	13
<i>I.5.6.1 Les non-tissés</i>	13
<i>I.5.6.2 Le renforcement des composites</i>	13
Chapitre II : les composites.	
<i>II.1 Définition</i>	15
<i>II.2 Composants de matériaux composites</i>	16
<i>II.2.1 La matrice</i>	16
<i>II.2.1.1 Les résines thermodurcissables</i>	17
<i>II.2.1.2 Les résines thermoplastiques</i>	19
<i>II.2.2 Renfort</i>	20
<i>II.2.3 Additif</i>	21
<i>II.3 Classification des matériaux composites</i>	22
<i>II.3.1 Classification suivant la nature de la matrice</i>	22
<i>II.3.2 Classification suivant la forme de constituants</i>	23
<i>II.4 Méthode de préparation des matériaux composites</i>	25

<i>II.5 Domaines d'utilisation des matériaux composites</i>	26
Chapitre III : Matériels et Méthodes.	
<i>III.1 Traitement Mécanique des fibres Alfa</i>	27
<i>III.2 Traitement chimique des fibres</i>	27
<i>III.2.1 Traitement alcalin par NaOH</i>	30
<i>III.2.2 Traitement par NaOH dans microonde</i>	30
<i>III.2.3 Traitement par KMnO₄</i>	30
<i>III.2.4 Traitement par BP</i>	30
<i>III.3 Préparation des composites</i>	31
<i>III.4 L'appareillage</i>	37
<i>III.4.1 Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier IRTF</i>	38
<i>III.4.2 Essai de traction</i>	40
Chapitre IV : Résultats et Discussions.	
<i>IV.1 Analyse spectroscopique par infrarouge</i>	42
<i>IV.2 Les résultats de traction</i>	45
<i>IV.2.1 Courbes de traction</i>	46
<i>IV.2.2 Effet du traitement et des additifs sur les propriétés mécaniques du composé</i>	46
<i>IV.2.2.1 Contrainte de traction</i>	47
<i>IV.2.2.2 Module de traction</i>	49
Conclusion	50
Références	

Liste des abréviations

AA : Acide Acrylique.

ABS: Acrylonitrile Butadiène Styène.

AC : Anhydride Acétique.

BMC: Bulk mol ding compound.

CMC : Composites à céramique.

CMM : Composites à métallique.

CMO : Composites à organique.

HP: Composé à haute performances.

IRTF : Infrarouge à Transformée de Fourier.

GD: Composé à grande diffusion.

MA : Anhydride Maléique.

PA: Polyamide.

PET: polyéthylène T éréphtalate.

PP : Polypropylène.

PVC : Polychlorure de Vinyle.

S : Styène.

SMC: Skeet mol ding compound.

TD: Thermodurcissables.

TP: Thermoplastique.

UV : Ultraviolets.

Listes des figures

Chapitre I

Figure 1: Classification des fibres végétales.....	5
Figure 2: Schéma de molécules de cellulose, avec ses liaisons hydrogène.....	7
Figure 3: Représentation schématique de la hiérarchie de structure dans une fibre cellulosique.....	7
Figure 4: Structure de hémicellulose.....	8
Figure 5: Structure de la lignine.....	8
Figure 6: Structure d'une chaîne d'acide polygalacturonique et formation d'un coude par la présence de rhamnose.....	9
Figure 7: Images de plante alfa à région Driàat dans Hamam Al-Dalaa	10
Figure 8: Morphologie de la plante d'Alfa.....	12

Chapitre II

Figure 9: Composition d'un matériau composite.....	15
Figure 10 : les différentes familles de matrice.....	16
Figure 11 : Principaux matériaux de renfort.....	21
Figure 12 : classifications schématiques des différents types de composites.....	23
Figure 13 : le principe de méthode de moulage.....	24
Figure 14 : différentes étapes de la formation des composites par moulage fermé.....	25

Chapitre III

Figure 15 : fibre des Alfa traité mécanique.....	27
Figure 16 : Plan de travail expérimental.	28
Figure 17 : Échantillons de fibres Alfa traitées et non traitées.	31
Figure 18 : préparation d'Alfa.....	33
Figure 19: poudre de marbre blanc.....	34
Figure 20: image de moule.....	35
Figure 21 : détermination de temps de réactivité.....	35
Figure 22: Étapes de préparation du composé.....	36
Figure 23 : Mesure de l'épaisseur et de la hauteur des éprouvettes.....	37
Figure 24: les poudres des échantillons d'alfa.....	37
Figure 25: appareil d'infrarouge FTIR.....	39
Figure 26 : exerce une contrainte de traction sur le matériau composite.....	40
Figure 27: Machine de traction.....	41

Chapitre IV

Figure 24 : Courbe FTIR de fibre Alfa (A00/AT924/AT9M10/ATP1/ABP).....	42
Figure 25 : les résultat des tests de tension des matériau composite (Fibre Alfa+résine+marbre)...	44
Figure 26 : la contrainte de traction des composés tels que préparés	46
Figure 27: module de Young des composés tels que préparés	47

Liste des Tableaux

Chapitre I

Tableaux 2 : Composition chimique (%) des quelques fibres végétales.....	6
Tableaux 2: La répartition de la plante d'Alfa.....	10
Tableaux 3: Classification d'Alfa.....	11
Tableaux 4: La Composition chimique de d'Alfa.....	12

Chapitre II

Tableau 5 : avantages et inconvénients des résines.....	17
Tableau 6 : caractéristique des résines thermodurcissables.....	18
Tableau 7 : caractéristiques des thermoplastiques.....	19
Tableau 8 : Principales différences entre matrices TP et TD.....	20

Chapitre III

Tableau 9 : Codage des échantillons Alfa.....	29
Tableau 10 : Propriétés du polyester isophthalic.....	32
Tableau 11 : la masse des fibres Alfa.....	34
Tableau 12 : Codage des éprouvettes Alfa.....	36

Chapitre IV

Tableau 13: Vibration des groupes fonctionnels caractéristiques des fibres Alfa étudiées.....	41
Tableau 14: Résultats des essais sur éprouvettes Selon les traitements.....	45
Tableau 15 : résultats de traction et module de Young Selon les traitements.....	47

INTRODUCTION

Les matériaux composites renforcés de fibres et leur utilisation dans de nombreux secteurs industriels, tels que l'aérospatiale, l'automobile, etc., sont dus à leur facilité de production et à leur faible coût. Ce développement a commencé depuis l'avènement des composites à base de polymères renforcés de fibres de verre jusqu'à la rareté des fibres synthétiques et leur coût accru ont poussé les chercheurs à rechercher une alternative. Ces dernières années, les fibres végétales ont attiré leur attention, en raison de ses propriétés essentielles que sont sa légèreté, son faible coût, sa biodégradabilité, sa facilité de préparation et de production, et sa propriété renouvelable. Ils l'ont pensé comme une alternative aux fibres synthétiques et l'ont utilisé comme renfort pour les polymères, mais ils ont rencontré quelques difficultés. Notamment l'incompatibilité entre fibres et polymères, de sorte que les fibres végétales sont considérées comme des composites lignocellulosiques qui contiennent des groupes hydroxyles, et c'est ce qui les rend hydrophiles, contrairement aux polymères, qui ont la propriété hydrophobe. Cette différence de propriétés a conduit à une faible concordance entre eux et ainsi à l'obtention de composites aux propriétés mécaniques faibles.

La différence de fibres et de polymères rendait difficile l'utilisation de fibres végétales comme renfort pour ces polymères. En limite de cet obstacle, de nombreux traitements ont été proposés comme solutions améliorant la consistance entre fibres végétales et polymères. Ces traitements consistent en des traitements chimiques tels que comme traitement aux peroxydes, permanganates et traitement alcalin, et ce dernier est considéré comme le plus largement utilisé de nos jours, et dans les traitements physiques, et pour améliorer les propriétés mécaniques du composé, des additifs sont ajoutés en petite quantité avec ces deux composés sont des poudres métalliques, du marbre et autres, et ici le sujet de la thèse est inclus, la longueur des fibres jouant un rôle clé dans l'amélioration des propriétés, nous avons choisi dans cette étude des fibres longues d'une longueur de 25cm.

L'objectif principal de cette note est d'étudier l'effet des additifs sur le comportement mécanique des matériaux composites à base de polyester insaturé renforcé de fibres de bonbon, ainsi que d'étudier l'effet des traitements sur la structure morphologique des fibres Alfa et l'effet de la température. Nous avons donc traité les fibres Alfa avec du peroxyde, du permanganate, de la soude et Nous avons préparé le matériau composite et réalisé des essais de traction et de spectroscopie par rayons infrarouges. Les composites ont été préparés dans le laboratoire de l'usine Maghreb Pib à M'sila.

Ce travail est divisé en deux parties :

La première partie est une partie théorique qui contient deux chapitres.

- Le premier chapitre traite des fibres végétales en général, de leur composition et de leur classification, en référence à la plante alliée en particulier, et de l'étude de ses composants et de ses propriétés morphologiques.
- Le deuxième chapitre traite des composés, de leurs composants, de leur classification et de leurs méthodes de préparation.

La deuxième partie contient deux chapitres

- Le premier chapitre traite des traitements chimiques des fibres usagées avec des méthodes expérimentales et de préparation du matériau composite, des dispositifs utilisés dans l'étude et des tests physico-chimiques.
- Le deuxième chapitre : une synthèse qui traite des résultats obtenus et de leur discussion, et enfin une conclusion générale.

Chapitre I

Généralités sur les fibres végétales

I.1 Généralités sur les fibres végétales

Les fibres végétales sont utilisées depuis 3000 ans dans les composites, par exemple dans l'Égypte ancienne, où la paille et l'argile étaient mélangées pour construire des murs. Par conséquent, ces fibres étaient d'une grande importance en raison de leur contenu de plusieurs avantages tels que la biodégradabilité, la disponibilité, la facilité de traitement à faible coût et densité. De plus, cela permet de réduire les impacts sur l'environnement [1]. Les efforts des chercheurs sont actuellement orientés vers le renforcement béton à fibres végétales comme alternative aux fibres synthétiques (fer, fibres minérales ou fibres polymériques), notamment dans les pays où ces fibres se trouvent en grande quantité.

I.2 Définition des fibres végétales

Les fibres végétales sont nommées botanique parce qu'elle prend de la plante et sont également appelées fibre de cellulose (parce que la cellulose est son composant principal) Exemples: coton, lin et chanvre. Elle est considéré comme l'une des sources de fibres les plus importantes et les plus répandues au monde. Et c'est une structure biologique composée principalement de cellulose, d'hémicellulose. Et de lignine, et la cellulose à des propriétés hydroscopie, une forte capacité d'absorption et de multiples propriétés physiques d'élasticité et d'allongement. Le coton est plus flexible que le lin en raison du pourcentage élevé de cellulose qu'il contient, ce qui se présente sous forme de chaînes allongées, et ces fibres contiennent également de faibles proportions de substances non azotées. En tant que matières premières protéiques, graisses et minéraux, Les proportions de ces constituants dépendent énormément de l'espèce, de l'âge et des organes de la plante [2].

I.3 Classification des fibres végétales

Les fibres sont divisées en fonction de leur emplacement ou de leur extraction de la plante comme représenté sur la figure 1:

➤ Premièrement (les fibres du phloème ou fibres molles)

Ce sont des fibres que l'on trouve sur le marché des plantes en faisceaux dans la zone du poinçon de phloème. Le nombre de faisceaux fibreux varie selon le type de plante (15 - 35 faisceaux) et à chaque nombre de fibroblastes (10 - 40) et la longue cellule fusiforme Ciblant les deux extrémités, sa longueur est inférieure à 30 mm et sa largeur est inférieure à 30 microns.

Les plantes les plus importantes de ce groupe sont: le jute, le lin, le chanvre, la ramie et le kénaf.

➤ **Deuxièmement** (les fibres de papier ou les fibres solides)

les fibres se retrouvent comme un type de fibrose des faisceaux vasculaires de papier qui sont parallèles dans les feuilles qui prennent la forme longitudinale des rayures, comme les feuilles de palmier, les bananes ou les cactus.

➤ **Troisièmement** (Fibres de graines)

Les fibres sont produites sous forme de saillies externes à la surface de la graine, comme le coton et le kapok.

➤ **Quatrièmement** (Fibres de fructification)

Les fibres sont formées à l'extérieur du fruit sous forme de fibres de noix de coco.

➤ **Cinquièmement** (Fibres des tiges et des trônes)

Ce sont des fibres moins importantes et sont généralement extraites des tiges et des trônes comme Paille de blé, Paille de riz, Paille d'orge.

➤ **Sixième** (Fibres ou tiges de bois)

Les fibres extraites des tiges de palmiers et de certains arbres pour la fabrication de chapeaux et de sacs.

Les fibres sont également classées en fonction de leur teneur en humuscellulose (cellulose et hémicellulose) et en on peut distinguer les fibres de bois (dures et dures de matériaux ligneux tels que le bois tendre et flexible de plantes non ligneuses. Les annuelles sont souvent relativement moins riches en lignines telles que: varech, chanvre, sisal, jute, jute et lin [3].

Les fibres végétales sont divisées en fonction de leur longueur et peuvent être regroupées en deux catégories: les fibres longues et les fibres courtes.

Les fibres longues, appelées fibres de phloème, proviennent des tiges et de l'écorce des tiges des plantes annuelles. Elles sont molles, tandis que les fibres des longues feuilles, des troncs d'arbres, des écorces de fruits, etc., sont plus solides car elles contiennent de grandes quantités de la lignine.

Fibres courtes, ou fibres doubles, fibres cellulosiques attachées à de longues fibres [4].

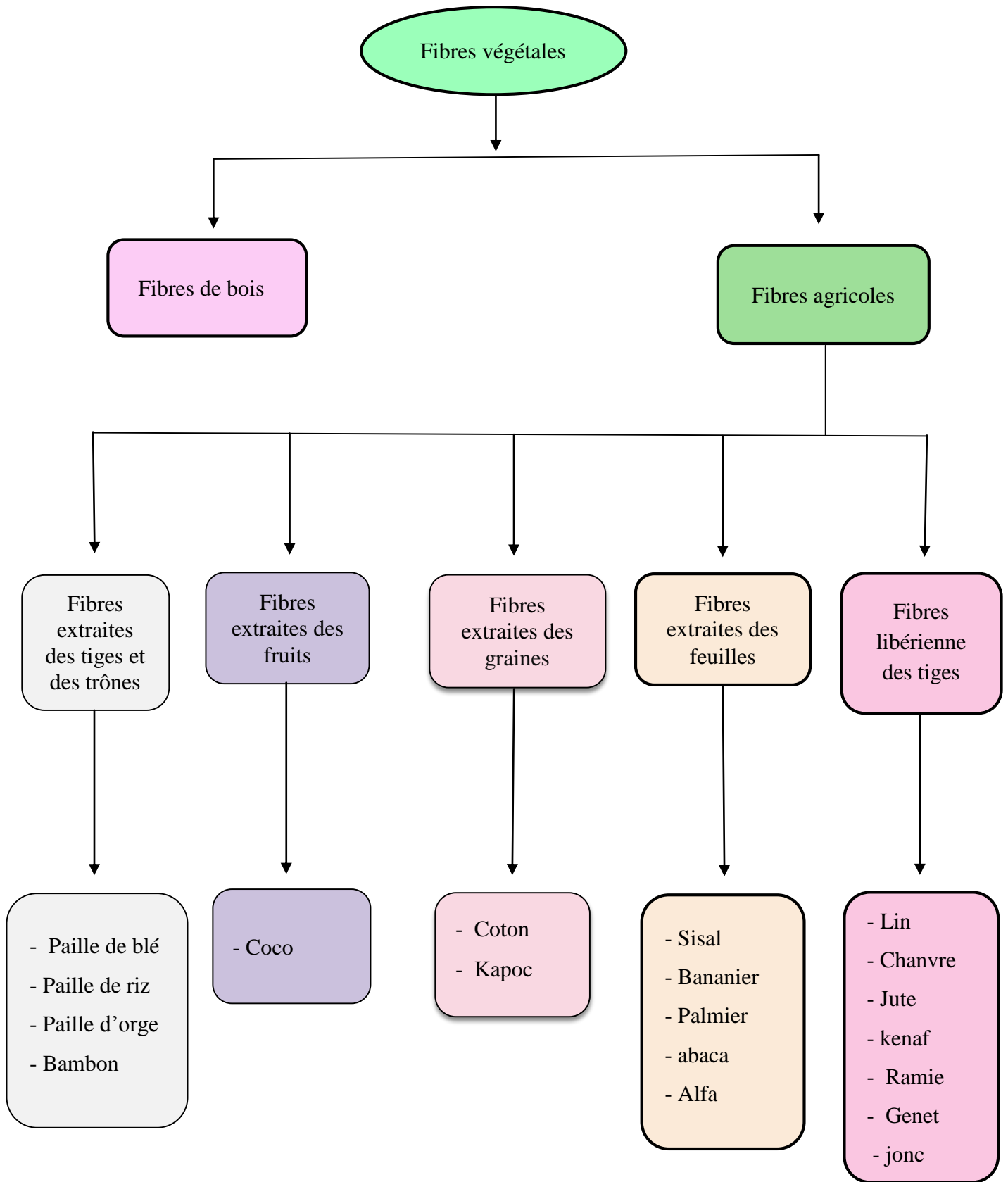


Figure 1: Classification des fibres végétales [5].

I.4 Composition chimique des fibres végétales

Les fibres végétales ont une formule chimique unique qui affecte grandement leur ténacité, en particulier dans les milieux basiques, cette composition chimique se compose principalement de trois composants: la cellulose, l'hémicellulose et la lignine, et leurs proportions varient d'une espèce à l'autre au sein de chaque fibre (Tableau 1), les propriétés de chaque composant contribuent à La propriété globale de la fibre, l'hémicellulose est responsable de la décomposition biologique, de l'absorption d'humidité et de la dégradation thermique des fibres [6]. La lignine agit comme une matrice qui encapsule la cellulose et constitue une structure très résistante.

En outre, il contient de petites quantités de protéines, d'extraits et de certains composés inorganiques.

Tableau 1: Composition chimique (%) des quelques fibres végétales [7].

Fibres	Cellulose (%)	Hémicellulose (%)	Lignine (%)	Pectine (%)	Cendre (%)
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
Noix de coco	32-43	0.15 - 0.25	40 – 45	3 - 4	-
Alfa	45	24	24	5	2

I.4.1 Cellulose

La cellulose est le constituant principal des parois cellulaires des plantes. Elle est la substance naturelle la plus importante de la biosphère[8]. Et se trouve dans la paroi de la fibre, où elle joue un rôle protecteur. La cellulose est une grande partie qui consiste en une très longue chaîne organisée stéréoscopique composée de liaisons le glucose est sa formule chimique de forme $[(C_6H_{10}O_5)]_n$ [9]. Sous la forme d'un bio polymère linéaire avec un degré de polymérisation très élevé supérieur à 1500. Il est constitué d'unités glucopyranose anhydro interconnectées par des liaisons glucosidic (Figure 2). La forme répétitive est la dimère-cellulose

Le nombre d'unités répétitives ou le degré de polymérisation varie en fonction de l'origine de la cellulose.

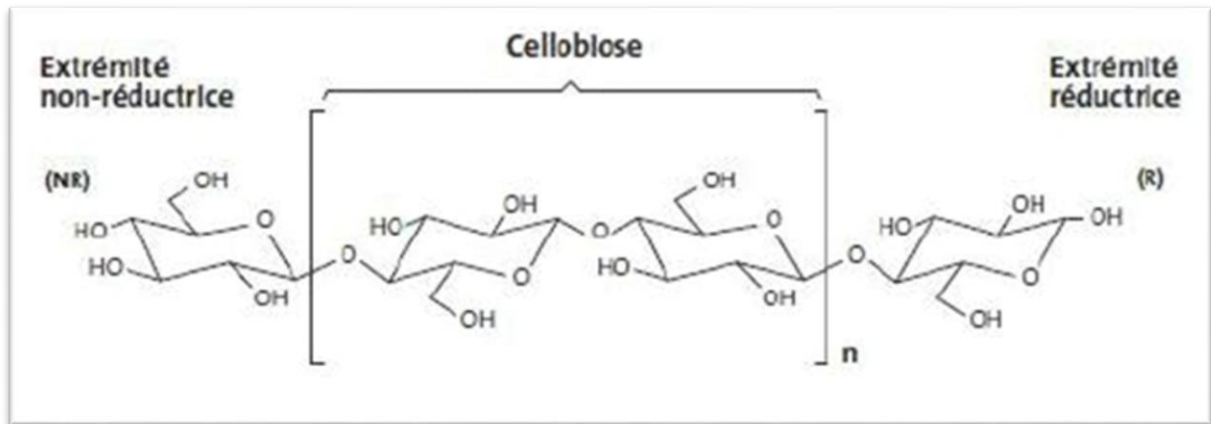


Figure 2: Schéma de molécules de cellulose, avec ses liaisons hydrogène [10].

Il forme des microfibrilles à partir de cellulose et de nombreuses microfibrilles sont assemblées en fibrilles (Figure 3). Plusieurs microfibrilles liées entre elles par des liaisons hydrogène forment une fibrille d'un diamètre de 3 à 5 nm et d'une longueur de 7 μm [11].

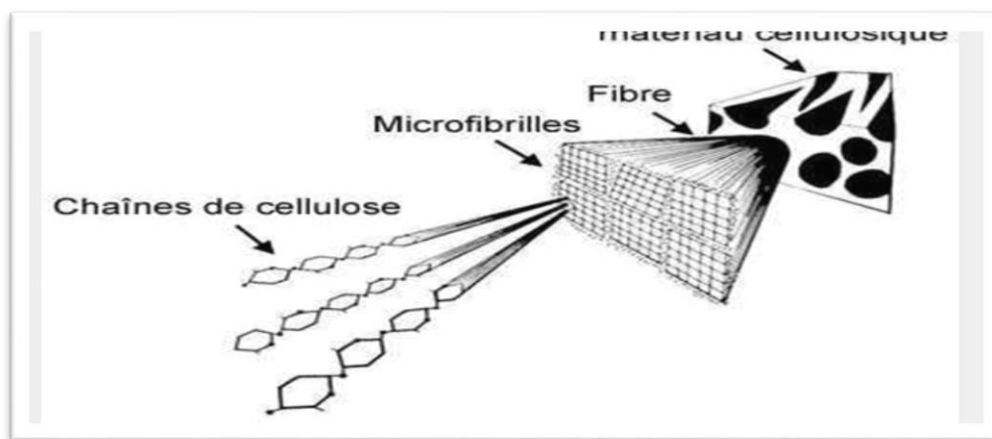


Figure 3: Représentation schématique de la hiérarchie de structure dans une fibre cellulosique [12].

I.4.2 Hémicellulose

L'hémicellulose, également connue sous le nom de polyose, est un polysaccharide qui forme une matrice de support pour la cellulose hydrophile présente dans la paroi des cellules végétales et qui peut être extraite par des solutions acides. Il se compose d'un groupe de sucres dont la chaîne linéaire principale est constituée de: (xylose, mannose, arabinose, galactose, glucose) contrairement à la cellulose qui ne contient que des unités de 1,4- β D-glucopyranose

possède entre 50 et 300 degrés de polymérisation alors que le degré de cellulose d'origine est 10 à 100 fois plus élevé.

La structure chimique de l'hémicellulose varie en fonction de l'origine de la plante, de l'emplacement dans la paroi, du type de cellule ou même de l'âge du tissu [13].

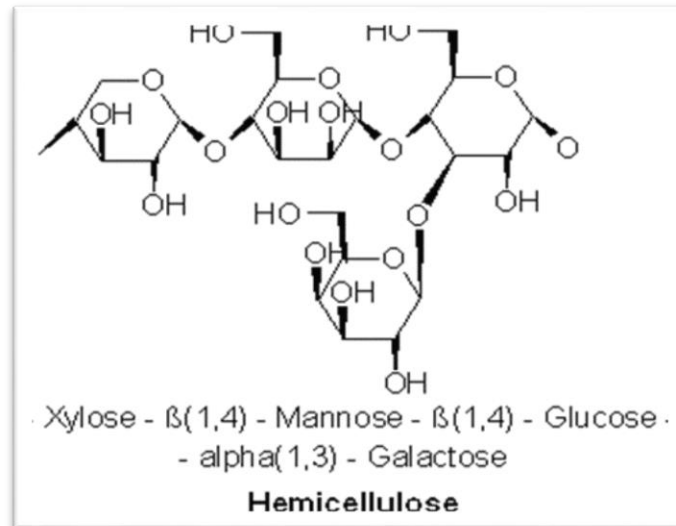


Figure 4: Structure de hémicellulose.

I.4.3 Lignine

La lignine est un hétéro polymère complexe dont la composition varie selon l'origine et le type de plante et les conditions climatiques environnantes. La lignine contient des polymères phénoliques amorphes tridimensionnels avec trois unités différentes du type pseudo propane à savoir l'alcool coniférylique, l'alcool p -coumarylique et l'alcool cénapylique (Figure 5).

La lignine est l'un des polymères naturels largement distribués à la surface de la terre après la cellulose, elle a un poids moléculaire élevé, elle est considérée comme une grosse molécule amorphe résistante à l'hydrolyse acide, soluble dans les solvants alcalins chauds, elle est oxydable et condensable avec les phénols, c'est un polymère thermoplastique (température de ramollissement ~ 90 °C et écoulement à ~ 170 °C).

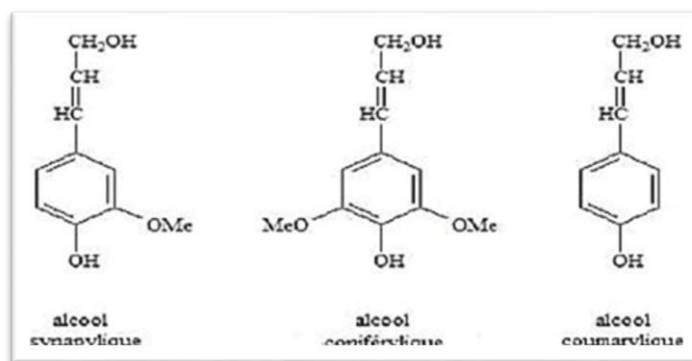


Figure 5: Structure de la lignine [16].

I.4.4 Pectine

Ce sont des polysaccharides cristallins hétérozygotes qui se forment dans la paroi cellulaire, constitués de paniers homogènes de chaînes linéaires de motifs anhydro-acide α -D-galacturonique, en conformation chaise, liés par liaison osidique en 1→4. Ces chaînes sont plus ou moins substituées par des groupements arabinanes ou arabinogalactanes fixés sur les motifs L-rhamnose qui s’intercalent entre les chaînes homogalacturoniques.

Et comme il contient un pourcentage important d'acide D-galacturonique lié à un α (1→4), ces fonctions acides lui confèrent une propriété poly-nucléique, très hydrophile [4].

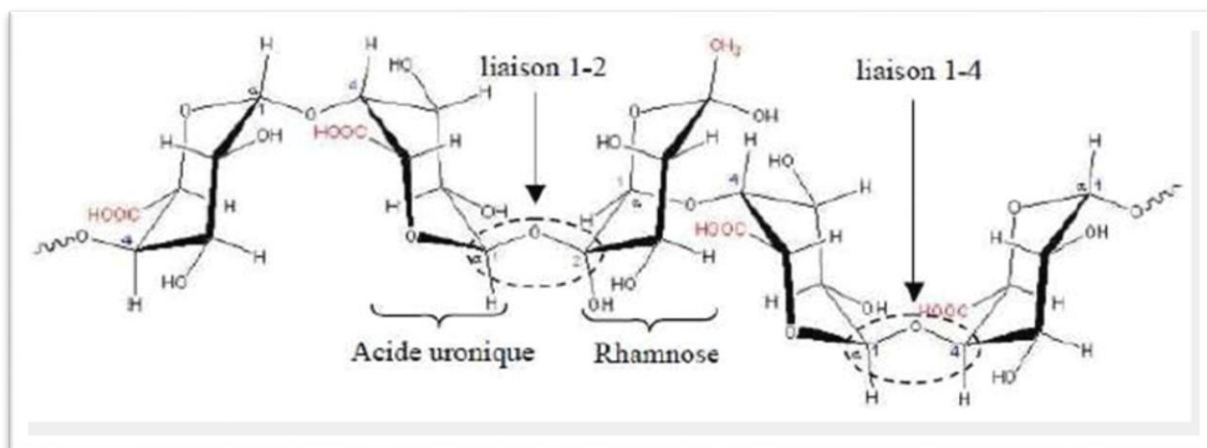


Figure 6: Structure d’une chaîne d’acide polygalacturonique et formation d’un coude par la présence de rhamnose [14].

I.4.5 Cires

Les cires appelées épicuticulaires sont des graisses présentes dans une fine couche qui recouvre la couche externe des surfaces aériennes de toutes les plantes.

La couche de cire a de nombreuses fonctions telles que la protection des plantes contre les conditions environnementales et les attaques d'insectes, en plus de la cire plus chaude, la cire joue un rôle vital dans les réactions chimiques entre plantes et insectes, les graisses à la surface des plantes varient et diffèrent, et ils combinent les composés aliphatiques-cycliques sous la forme d'une longue chaîne.

Parmi les groupes lipidiques connus, il existe des hydrocarbures, des esters de cire, des acides gras et des cétones, et il existe également un pourcentage plus faible de graisses diffuses telles que les cations hydroxy, les acides gras éthyliques, l'acide benzoïque et les esters méthyliques et d'autres véhicules [15].



Figure 7: Images de plante Alfa à région Driàat dans Hamam Al-Dalaa.

I.5 Alfa

I.5.1 Définition

Le nom latin d'Alfa est *Alliés*, ce n'est pas une plante cultivée, mais plutôt une plante herbacée vivace et spontanée largement répandue dans les régions arides et montagneuses et les hauts plateaux (Tableau 2) illustre les superficies occupées par l'Alfa dans ces différentes pays. Elle pousse en touffes atteignant un mètre de haut (Figure 7), utilisée dans de nombreuses industries, comme les cigarettes, ou l'utilise aussi pour la fabrication du papier et les Industries traditionnelles.

C'est une essence très robuste, raide, sèche très persistante.

Tableau 2: la répartition de la plante d'Alfa [16].

Région	Algérie	Tunisie	Lybie	Maroc	Espagne
L'air (ha)	4.000.000	600.000	350.000	3.186.000	300.000

I.5.2 Nomenclature et classification botanique

Nom vulgaire: L'Alfa, en anglais Esparto

Nom scientifique: *Macrochloa Stipa tenacissima* autre nom sparta

Classification :

Tableau 3: Classification d'Alfa.

Règne	Plantae
Sous règne	Tracheobionta
Super Division	Spermatophyta
Division	Magnoliophyta
Classe	Liliopsida
Ordre	Poales
Famille	Poaceae
Genre	Stipa L
Espèce	Stipa tenacissima L
Nom arabe	Halfa

I.5.3 La morphologie et structure de fibre Alfa

La plante Alfa se caractérise par avoir deux parties, une partie inférieure (souterraine) et une partie supérieure (au-dessus du sol), la partie inférieure s'appelle le rhizome, qui consiste en un réseau complexe de racines ramifiées d'un diamètre d'environ 2 mm, avec une profondeur comprise entre 30 et 50 cm, qui se termine par de petits bourgeons, Alors que la partie supérieure se compose de plusieurs branches portant des couvertures qui se chevauchent l'une à l'intérieur de l'autre s'étendant sur sa hauteur d'environ 30 à 120 cm (Figure 8), la face supérieure a très

veines fortes recouvertes d'une couche de cire isolante qui permet à la plante de résister à la sécheresse.

La tige est cylindrique creuse et est coupée régulièrement à un niveau Le nœud avec un chevauchement avec les faisceaux, au même niveau il y a des bourgeons qui y poussent qui soit produire un nœud ou une tige, soit resté sous forme de réserve.

Les feuilles sont de forme cylindrique, 50-60 cm de long. Elles sont très durables et résistantes [17], la plante à fibres fleurit généralement de début mai à fin juin, ses fleurs sont de couleur verte, une fleur Protégé par deux taches de longueur égale, le fruit est un type de grain d'une longueur de 6 mm, et les alliés contiennent des bougies qui empêchent le processus d'évaporation, car il n'a pas besoin de consommer beaucoup d'eau et peut résister à des degrés élevés.

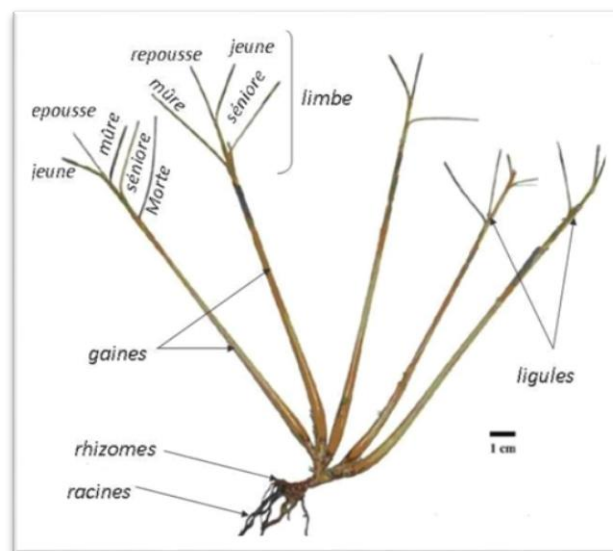


Figure 8: Morphologie de la plante d'Alfa [17].

I.5.4 La composition chimique de fibre Alfa

Les pourcentages de composants végétaux alfa varient selon l'endroit où vous cultivez l'alpha. Ils contiennent de 35 à 40% de cellulose, La fibre d'alfa contient 35 à 40 % de cellulose, 22 à 29 % d'hémicelluloses et moins de lignines que le bois 17 à 19 % (le tableau 4), Les fibres sont courtes (de l'ordre de 1 mm de long).

Tableau 4: La Composition chimique de d'Alfa [18].

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
Cilica	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

I.5.5 Propriétés des plantes Alfa

- Sa micro-formule naturelle en plus d'être des fibres courtes et rigides.
- Facilité de les obtenir et de les éliminer en raison de leur large diffusion sur la surface de la terre.
- Mécanisme des tiges en termes de résistance à la traction et de résistance à la rupture [19].

I.5.6 Application actuelles

L'Alfa est une plante naturelle utile dans le passé et aujourd'hui, il est utilisé de deux manières. D'autre part, il est utilisé pour produire des choses à partir de chaînes et de cordes (applications artisanales). Il est considéré comme de la nourriture pour le bétail et certains animaux sauvages dans notre pays et est un barrage qui empêche le sable de ramper du désert.

Il est également entré dans les industries légères. Il est considéré comme une source essentiel pour la fabrication de papier de luxe et de billets de banque, et joue donc un rôle important dans plusieurs dans plusieurs domaines différents, économiquement, écologiquement et socialement industriellement ... etc.

I.5.6.1 Les non-tissés

La plupart du temps, la plante Alfa est mélangée à d'autres fibres soit naturelles comme la laine, soit synthétiques comme le polypropylène (PP) La division des différentes fibres peut changer en fonction des propriétés finales voulues [18].

I.5.6.2 Le renforcement des composites

Des recherches ont été menées pour améliorer les composites à base alpha dans la matrice de polypropylène, de PVC ou de polyester. Actuellement, les fibres naturelles sont largement utilisées pour fabriquer des composites biodégradables avec de bonnes performances mécaniques et sonores et moins d'impact sur l'environnement. Cependant, ce type d'application est connu pour avoir des problèmes de mise en œuvre, tels que des problèmes de cohésion et de cohérence avec la matrice utilisée.

En outre, la feuille d'Alfa offre également des sous-produits car elle contient des acides gras insaturés, en particulier de l'acide oléique et de l'acide linoléique, qui peuvent être utilisés dans l'espace diététique et des cires utilisées dans les cosmétiques [17].

Les fibres naturelles sont hydrophiles, par contre, la plupart du temps les polymères utilisés comme réseaux hydrophobes rendent difficile la liaison des groupes fonctionnels. Ainsi, le composite perd ses propriétés mécaniques et se brise facilement au niveau de la liaison.

Bessadok et al, 2006 ont testé l'effet des procédures chimiques sur les fibres Alfa, et plus précisément déterminé l'effet induit par le traitement de l'anhydride maléique (MA), de l'acide acrylique (AA), du styrène (S) et de l'anhydride acétique (AC). Ces quatre possibilités pourraient augmenter la résistance à l'eau de la fibre alpha, c'est-à-dire réduire le taux de récupération. Les meilleurs résultats sont obtenus avec les traitements S et AC [18].

Chapitre II

Les composites

Les matériaux composites sont considérés comme des matériaux de haute technologie, et leur utilisation est une indication du progrès industriel d'un pays, en raison de son importance et de sa diffusion dans les différents secteurs industriels modernes (aviation, l'espace, navires et autres) dans ce chapitre nous avons mis en lumière les matériaux composites, composant et leurs classification leurs méthodes de préparation en utilisant des fibres végétales comme matériaux de renforcement.

II.1 Définition

Est matériaux solides hétérogènes constitués de la combinaison de deux ou plusieurs substances de deux natures différentes et incompatibles [19] qui se complètent, ces matériaux de base conservent leurs propriétés intrinsèques, de sorte qu'un final, on obtient un matériau de haut performance dont les performances dépasse les matériaux pris séparément.

Les matériaux composites sont principalement constitués d'un cadre appelé le renfort et d'une protection appelée la matrice comme représenter sur la figure 9.

Les matériaux composites se distinguent par leur légèreté, leur résistance mécanique et chimique, leur isolation thermique et électrique, et autres [20].

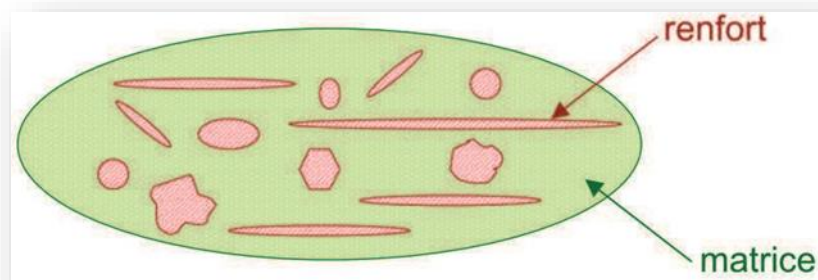


Figure 9: matériau composite[21].

En raison des propriétés de la matrice et des renforts, il existe généralement deux familles principales [22] :

Composés à grande diffusion (GD) : Ce sont des composés peu coûteux qui occupent une part importante du marché et sont utilisés si l'objectif est le coût, consistant principalement en résine (polyester) fibre de verre.

Composites à haute performances (HP) : Ces véhicules se caractérisent par être très coûteux, utilisés si l'objectif est d'améliorer les propriétés mécaniques, et ils sont principalement, et ils sont principalement utilisés dans l'aviation.

Constitués par les couples résine / fibre de verre, de carbone ou de d'aramide.

II.2 Composants de matériaux composites

II.2.1 La matrice

La matrice est un composant essentiel du matériau composite, elle est légère, quelque peu déformable et présente une certaine compatibilité avec le renfort, son rôle est de lier les fibres de renfort, de transférer les contraintes auxquelles le matériau est exposé sur les fibres pour le protéger des agressions extérieures (choc , thermomécanique), de donner la forme voulue au matériau composite et de lui apporter une résistance chimique.

La matrice peut être essentiellement classée en trois classes principales [22] (Figure 10):

- Organiques (thermodurcissables, thermoplastiques)
- céramiques (verre, carbone)
- métalliques

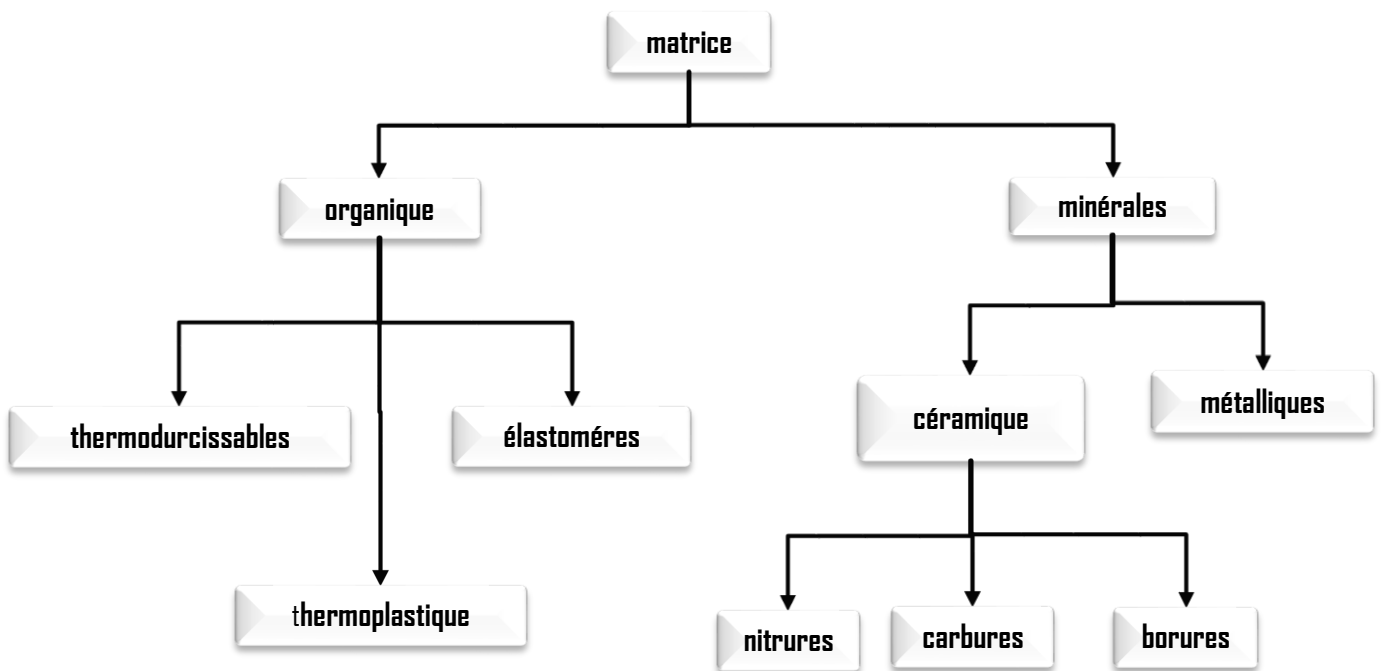


Figure 10 : les différentes familles de matrice [21].

Les résines les plus utilisées dans les matériaux composites

- les résines thermodurcissables
- les résines thermoplastiques

II.2.1.1 les résines thermodurcissables (TD)

Ce sont des matrices polymériques (macromolécules 3D) il ne peut être mis en forme qu'une seule fois (transformation irréversible) il possède des propriétés thermomécaniques élevées par rapport aux thermoplastiques et est aujourd'hui le plus utilisé les polyesters insaturés (polyester condensé, vinylesters ...etc.) résines époxydes et résines à condensation (phénoliques, aminoplastes, ferriques....etc.).

➤ **polyester insaturé** : C'est un résine thermodurcissable qui est matrice utilisée dans la Préparation du matériau composite pour cette mémoire.

C'est les résines qui durcissent à température normale et la plus utilisée dans l'application composite de grande distribution.

Une résine de polyester insaturé contenant un monomère (généralement le styrène) est réticulé 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.

Il existe différents types de résines :

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

L'utilisation de ce type de résine dans le matériau composite a ses avantages et inconvénients qui sont présentés dans le tableau (5).

Tableau 5 : avantages et inconvénients des résines [23].

Avantages	Inconvénients
Bonne accroche sur fibres de verre	inflammabilité (sauf résines chlorées)
Translucidité	Tenue vapeur et eau bouillante
Bonne résistance chimique	Retrait important (6à15%)
Mise œuvre facile	Durée de conservation en pot limitée
Tenue en température (150°C)	Emission de styrène
Prix réduit	

- **Vinylesters** : On peut la considérer comme une variante des polyesters produite à partir D'acides acryliques. Elles possèdent une bonne résistance à la fatigue et un excellent Comportement à la corrosion, mais demeure combustible.
- **Phénoliques** : Elles sont issues de la polycondensation du phénol et du formol et se caractérisent par une bonne tenue au feu, sans fumée. Elles restent fragiles, sensibles à l'humidité, difficiles à colorer et à mettre en œuvre.
- **Epoxydes** : Elles résultent de la polyaddition de l'épichlorhydrine sur un polyalcool et constitue la résine type des composites hautes performances HP. On distingue deux classes de résines en fonction :
 - du durcissement à chaud ou à froid
 - de la tenue en température (120-130 °C, ou 180-200).
- **Bismaléimides** : Matrices très peu utilisées en Europe. Elles offrent une bonne tenue à la fois au choc et en température, mais restent difficiles à mettre en œuvre.

Le tableau (6) résume les propriétés physiques et mécaniques de ces résines.

Tableau 6 : caractéristique des résines thermodurcissables [24] .

Résine	Densité ρ	E(GPa)	σ_r (MPa)	Tmax(°C)
Epoxyde	1.2	4.5	130	90-200
Uréthane	1.1	0.7-7	30	100
Polyester insaturé	1.2	4	80	60-200
Urée formaldéhyde	1.2-1.5	6-10	40-80	140
Phénol formaldéhyde	1.1-1.3	3-4	35-60	80-300

- **E** : module d'Young ,
- **Tmax** : température maximale d'utilisation
- **ρ** : contrainte à rupture
- **σ_r** : contrainte de traction.

II.2.1.2 les résines thermoplastiques

Ce sont des résines généralement appelées plastiques constituées de grosses particules de taille linéaire ou ramifiée limitée elles sont considérées comme les plus utilisées en raison de leur facilité de mise en œuvre et de leur faible coût, le thermoplastiques se caractérisent par leur aptitude au recyclage et à l'inversion de la chaleur de sorte qu'on peut les ramollir par chauffage et durcir par refroidissement ils peuvent également être mise en forme par injection à haute pression au extrusion ou encore formation de moules à cas atténuant , ce processus peut être répété plusieurs fois sans changer la structure moléculaire et les propriétés des polymères les thermoplastiques les plus utilisés :polyamide (PA), polypropylène (PP), polyéthylène (PE), polychlorure de vinyle et d'autres.

Le tableau (7) résume certaines des propriétés physiques et chimiques des résines les plus couramment utilisés les thermoplastique les plus utilisés.

Tableau 7 : caractéristiques des thermoplastiques[24] .

Polymère	Tg (°C)	Tf (°C)	Densité ρ	σ_r (MPa)	E (GPa)
PP	5	165	0.92	30	1.2
PLA	50-60	150	1.25	60-40	4-3
HDPE	100	134	0.95	28	1.1
PVC	75-105	160-220	1.39	58	2.9
PS	90-100	-	1.05	55	3.2
PET	70	255-265	1.30	47	2.6
ABS	90-120	-	1.05	50	2.6

PP : polypropylène à l'état semi cristallin, **PLA** : acide poly lactique

HDPE : polyéthylène à haute densité, **PVC** : polychlorure de vinyle amorphe, **PS** : polystyrène à l'état amorphe, **PET** : polyéthylène téréphtalate semi cristallin, **ABS** : acrylonitrile butadiène styrène à l'état amorphe, **Tg** : température de transition vitreuse, **Tf** : température de fusion

La différence de propriétés entre ces deux types de matrices a conduit à un domaine d'utilisation différent pour chacune d'entre elles et le tableau 8 montres une comparaison des propriétés de ces résines.

Tableau 8 : Principales différences entre matrices TP et TD [25].

Matrices	Thermoplastique TP	Thermodurcissables TD
Etat de base	Solide prêt à l'emploi	Liquide visqueux à polymériser
Stockage	Illimité	Réduit
Mouillabilité renforts	Difficile	Aisée
Moulage	Chauffage + refroidissement	Chauffage continu
Cycle	Court	Long
Tenue au choc	Assez bonne	Limitée
Tenue thermique	Réduite	Bonne
Chutes et déchets	Recyclables	Perdus au recyclés en charges
Condition de travail	Propreté	Emanation pour (méthode humide)

II.2.2 renfort

Est le cadre, le squelette qui supporte la propriété mécanique (résistance à la traction et rigidité) est souvent de nature filaire (fibres organiques ou inorganiques) [12].

Les renforts en fibres se présentent sous de nombreuses formes, les fibres courtes (mat) ou les fibres connectées (tissus ou textiles), multidirectionnelles (tissage complexe Tresse) et Les renforts en fibres modernes ont deux types (Figure 11).

➤ Minérale : Fibres de verre

Fibres de carbone

Fibres de bore

Fibres céramiques (alumine, carbure de silicium)

Organique : Fibres d'aramide.

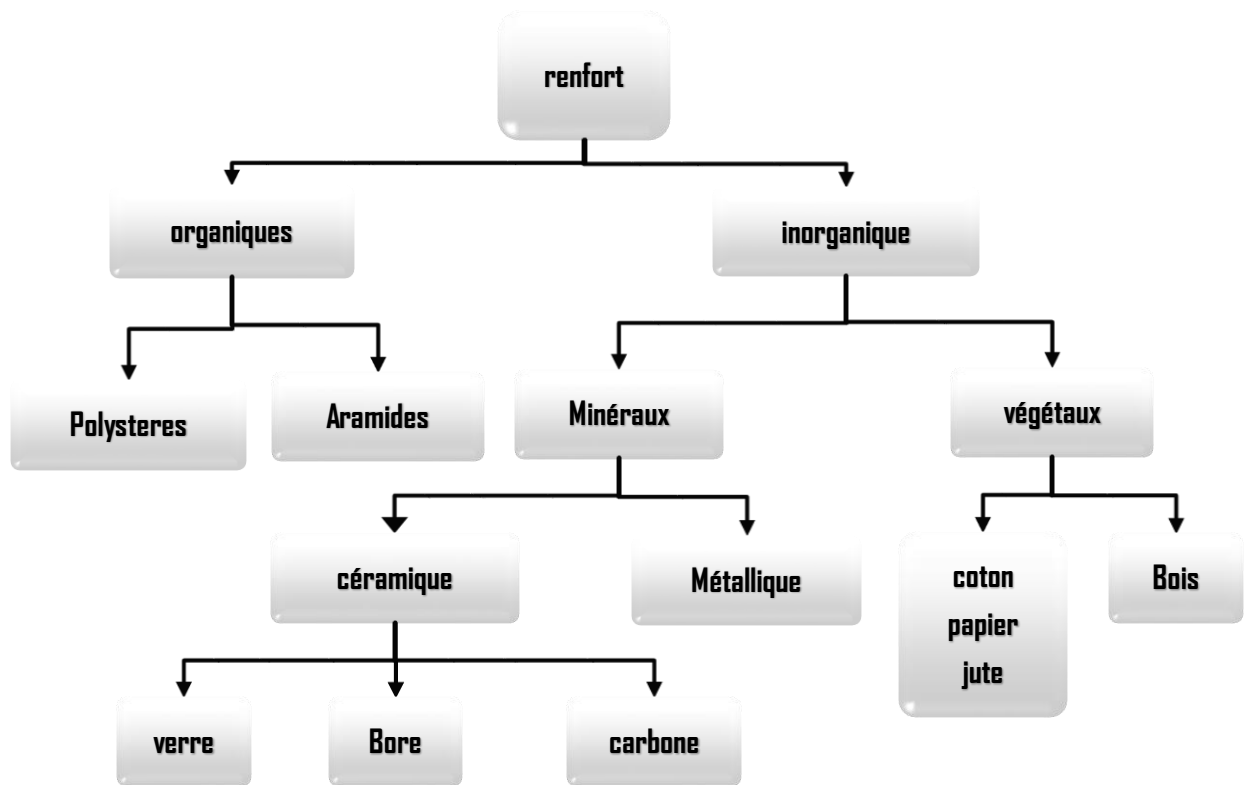


Figure 11 : Principaux matériaux de renfort [20]

II.2.3 Additifs

Les additifs sont présents dans un petit pourcentage qui facilitent la formation du composé, améliorent son aspect extérieur et le protègent de la photo-oxydation ces matériaux sont :

- Silice – kaolin
- Verre – billes
- Fibres courtes
- Poudres métalliques
- Catalyseur Anti-UV
- accélérateur
- Agent démoulage et attaches

D'autres additifs peuvent également être ajoutés, tels que des Agents anti-rétrécissement, colorants et colorants et Lubrifiants.

II.3 Classification des matériaux composites

Les matériaux composites peuvent être classés selon la forme des composants ou la nature des matériaux composites.

II.3.1 Classification suivant la nature de la matrice

La matrice permet de diviser le matériau composite en trois sections.

➤ **Composites à matrice métallique (CMM) :**

Il a de bonnes performances de température car il est utilisé à 600 °C, ainsi que de bonnes propriétés électriques et mécaniques, une adaptabilité, On retrouve ses applications de base dans l'espace, le transport aérien et maritime.

➤ **Composites à matrice polymérique (CMO) :**

Il se caractérise par sa faible densité avec des propriétés mécaniques élevées, sa résistance à la corrosion et à l'oxydation, et son faible poids car il a été spécialement développé pour les applications aéronautiques où la réduction de poids est essentielle, L'inconvénient de ces matrices est leur comportement thermique limité car ils sont utilisés à une température ne dépassant pas 200° C, dans laquelle la phase est céramique.

➤ **Composites à matrice céramiques (CMC) :**

Les matrices céramiques (MgO, Sic, SiO₂, Cr₂O₃, Al₂O₃) peuvent être associées à des renforts tels que des minéraux céramiques au carbone, Son développement vise à améliorer les propriétés mécaniques (résistance aux chocs) ,Il est particulièrement utilisé dans les Applications de haute technologie qui fonctionnent à des températures élevées (supérieures à 1000°C) telles que l'espace (moteurs de fusée) et les champs nucléaires.

Des domaines d'application de ces composites sont larges et peuvent être divisés en trois catégories et chacune de ces catégories se divise au moins en sous catégories comme représente sur la figure (12).

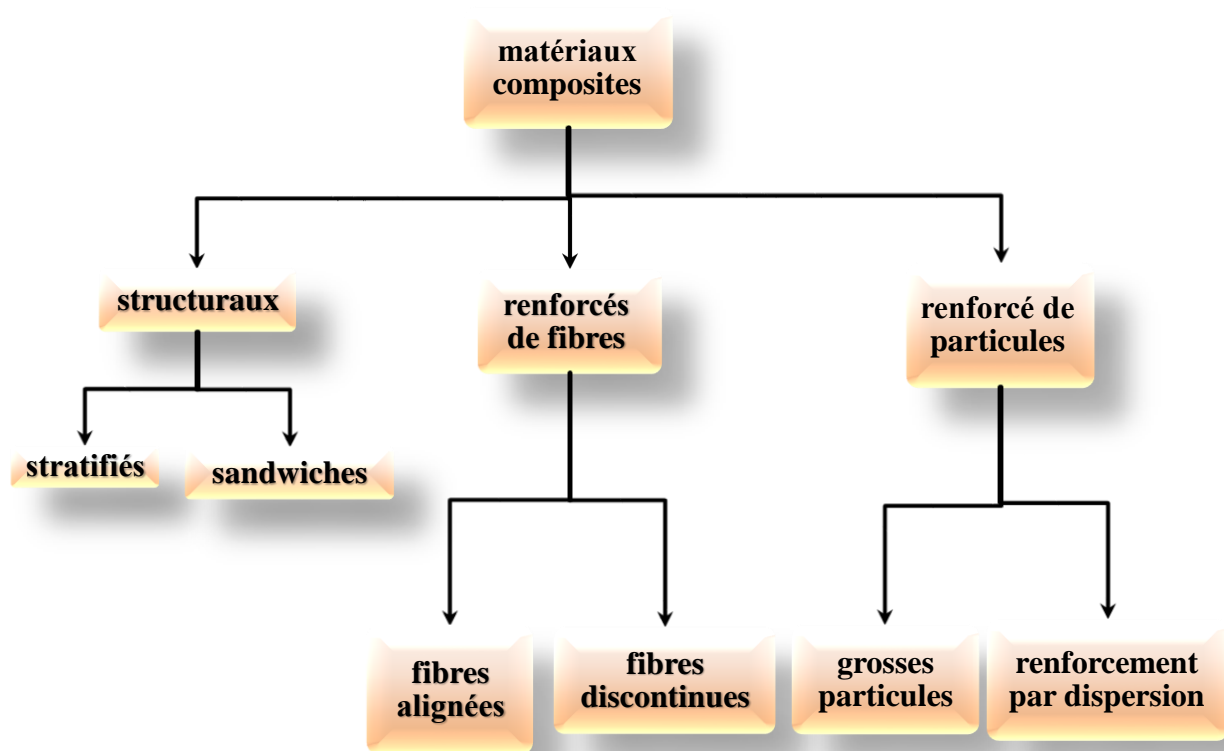


Figure 12 : classifications schématiques des différents types de composites [29].

II.3.2 classification suivant la forme de constituants

a) Composites à fibres : Le renforcement se présente sous la forme de fibres et les fibres sont soit des fibres de base (courtes), soit des fibres continues (longues) afin d'augmenter la résistance et la rigidité et de réduire les coûts, La disposition et la direction des fibres permettent également de modifier les propriétés mécaniques du composé en fonction de la nature des composants, de leur rapport et de leur orientation, Le renforcement avec des fibres végétales d'origine végétale, par exemple, comprend les Alfa, la palme etc.

b) Composites à particules: Le renfort qu'il contient se présente sous forme de particules, qui sont généralement utilisées pour développer certaines propriétés des matériaux composites, Ces propriétés Sont la rigidité, la résistance à la température, le faible retrait ... etc, Ces particules, contrairement aux fibres, n'ont pas de dimensions préférées, Les fibres peuvent également être classées selon leur forme en fibres unidirectionnelles et fibres multidirectionnelles

II.4 Méthode de préparation des matériaux composites

En raison de la plasticité, l'utilisation de fibres peut être placée dans plusieurs directions il existe de nombreuses technique de préparation de matériaux composites, la plus largement utilisés est la méthode de moulage (Figure 13), les différentes étapes de sa préparation sont illustrées à la figure 14 , Cette méthode dépend de la mise en place du mélange (matrice / fibres) dans un moule, ensuite , nous appliquons une pression pour expulser l'air restant afin d'augmenter l'adhérence et l'adhérence des deux matériaux .

Lorsque le mélange est injecté (greffage) dans le moule, il devient une pâte que subit une transformation chimique interne irréversible lui permettant de se solidifier durablement [30]

Parmi les méthodes les plus importantes utilisées dans la préparation des matériaux

- Moulage par injection composé BMC
- Moulage sous pression de tapis de pré saturé SMC
- Injection de résine basse pression RTM
- Moulage par contact
- Méthode centrifuge
- Pultrusion
- En enroulant le filament (périphérique, spirale, fusiforme).

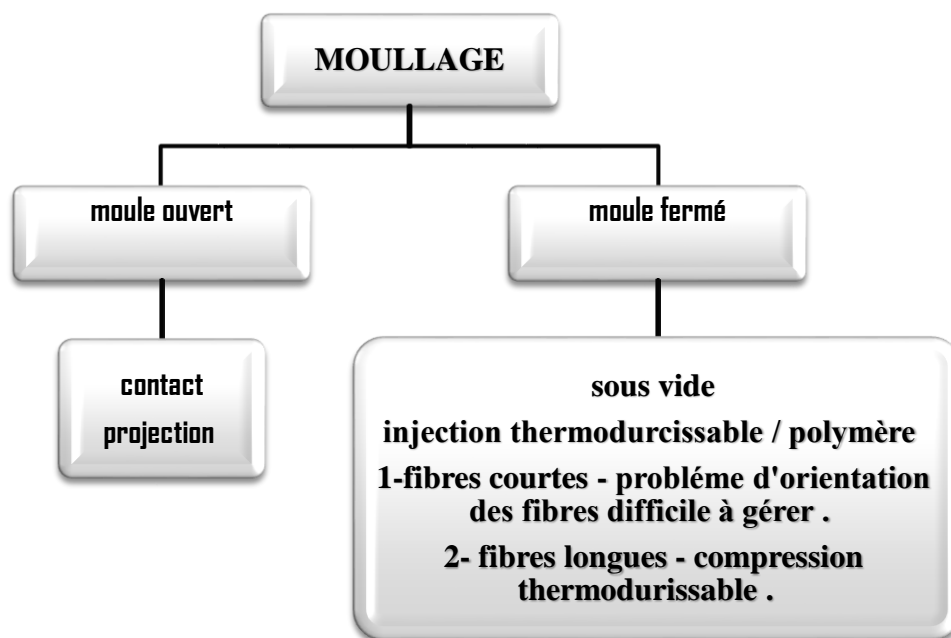


Figure 13 : le principe de méthode de moulage [31].

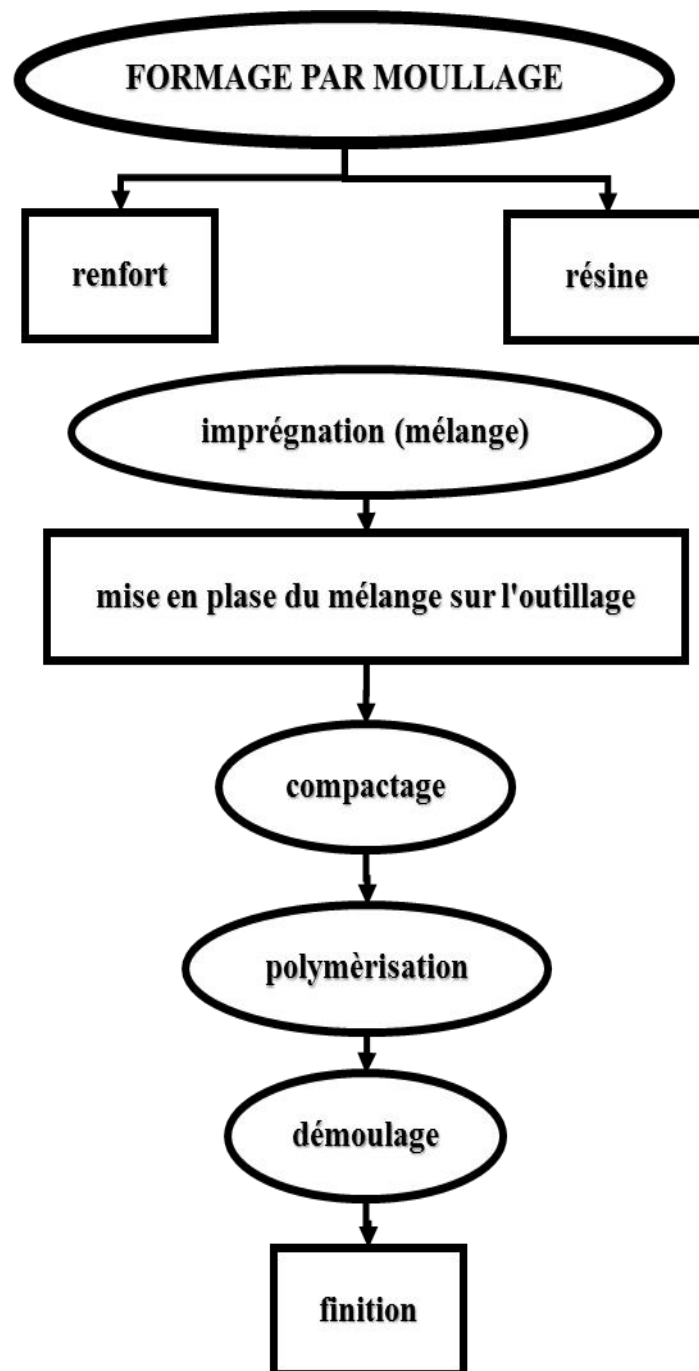


Figure 14 : différentes étapes de la formation des composites par moulage fermé [32].

Condition de préparation des composés : pour préparer les composés les conditions suivantes doivent être respectées :

- Quantité de rigidification : car le rapport des fibres joue un rôle essentiel dans l'amélioration des propriétés mécanique du composé.
- Nature et direction de raidisseurs : nature et orientation des fibres (courtes –longues – particules).
- La nature des additifs.
- Méthode utilisée.

II.5 Domaines d'utilisation des matériaux composites

Les matériaux composites occupent une place prépondérante à l'heure actuelle dans divers domaines, et cela est dû à leurs bonnes caractéristiques représentées par leur légèreté, leur simplicité de préparation et leurs propriétés mécanique, et parmi les domaines dans lesquels les matériaux composites sont utilisés :

- La fabrication des voitures
- Industrie aéronautique
- Immeuble
- Outils de divertissement et de sport

Chapitre III

Matériels et Méthodes

III.1 Traitement Mécanique des fibres Alfa

Après avoir retiré les fibres végétales alpha du sol, elles sont triées puis coupées en parties sèches (Figure15). Puis on lave les fibres à l'eau distillée, puis on les sèche dans une étuve à 60°C pendant 5 h.



Figure 15 : fibre des Alfa traité mécanique.

III.2 Traitement chimique des fibres Alfa

Le traitement chimique des fibres Alfa a pour but d'améliorer leurs propriétés mécaniques, et l'adhésion entre le renfort et la matrice. Le problème est l'incompatibilité entre les deux matériaux. L'idée de base est de modifier la nature des fibres par des traitements chimiques.

- par une solution de NaOH une concentration de 9 M.
- par une solution de NaOH une concentration de 9 M dans une microonde pour 10 minutes.
- par une solution de KMnO₄ une concentration 1 M.
- par une solution de benzoyl-peroxide BP.

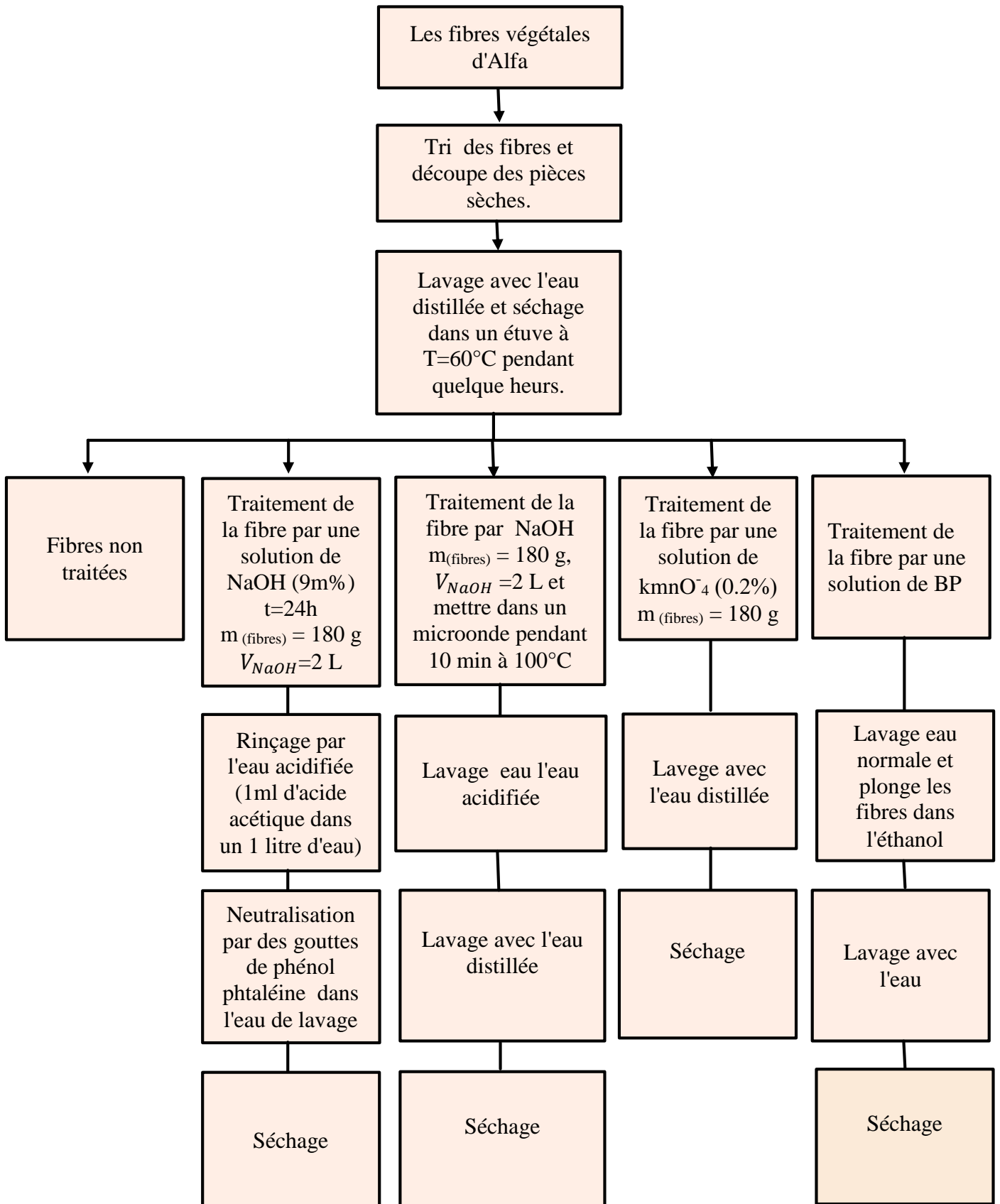


Figure 16 : Plan de travail expérimental.

Le tableau 9 suivant montre les différents échantillons de fibres Alfa et leurs symboles.

Tableau 9 : Codage des échantillons Alfa.

Code d'échantillon	L'échantillon
A00	Un échantillon d'alfa non traités
AT924	Un échantillon d'alfa traités avec du soude NaOH de concentration 9M pendant 24 h.
AT9M10	Un échantillon d'alfa traités avec du soude NaOH de concentration 9M dans une microonde pendant 10 min
ATP1	Un échantillon d'alfa traité avec du permanganate de potassium KmnO_4 de concentration 1M.
ABP	Un échantillon d'Alfa traité avec du Benzoyl-Peroxide.

Produits

- **L'hydroxyde de sodium**

Formule chimique NaOH

M = 40 g•mol⁻¹

Etat et couleur: solide de formes variables, blanc.

- **Permanganate de potassium**

Formule chimique KMnO_4

Masse molaire : 158.034 g/mol

Nom IUPAC : Potassium manganate(VII)

Densité : 2.7 g/cm³

Point de fusion : 240 °C

- **Phénolphtaléine**

Formule chimique ($\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$)

Masse Moléculaire: 318.33g/mol

Product: 83544. 180

Batch: 08l 150029

Spec guarameed until: 04.2013

Made in EC. EME 45053

- **Benzoyl peroxide**

Est un composé organique sa formule chimique $\text{C}_{14}\text{H}_{10}\text{O}_4$

Masse Molaire: 242.23 g/mol

N° U.E. : 202-327-6

CAS: 94-36-0 UN 3104 5.2

Nom IUPAC: dibenzoyl peroxide

Densité: 1.33 g/cm³

Other names: benzoperoxide, dibenzoyl peroxide (DBPO)

Solubilité dans l'eau: poor mg/ml (20 °C)

- **L'acide acétique**

Formule chimique CH₃COOH

Masse molaire : 60.05 g/mol

Densité : 1.049 g/cm³

III.2.1 Traitement alcalin par NaOH 9M

Mode opératoire

Nous prenons les fibres de Alfa 180 g et les trempons dans un récipient contenant de 2 l de solution de soude NaOH 9% pendant 24 h, et après la fin de la période nous rincent les fibres par l'eau acidifiés (1 ml d'acide acétique dans un 1 l d'eau) jusqu'à obtenons une solution neutre Assurez-vous de vous débarrasser complètement de l'excès de soude en plaçant des gouttes de réactif phénolphtaléine dans l'eau de lavage.

Puis on sèche dans une étuve 180°C pendant 5 h.

III.2.2 Traitement alcalin par NaOH dans micro-onde

Nous prenons les fibres de Alfa 180 g et les trempons dans un récipient contenant de 2 l de solution de soude NaOH 9 % et on les met dans une micro-onde pendant 10 min à une température T=100°C, Après l'avoir sorti, nous rincent les fibres par l'eau acidifiés jusqu'à obtenons une solution neutre Puis relavé à l'eau distillée pendant 5 min, Puis on sèche dans un étuve 180 °C pendant 5 h.

III.2.3 Traitement chimique par permanganate

On met les fibres Alfa dans une solution de permanganate (0.2%) de potassium pendant 5 minutes, puis on les lave bien avec de l'eau distillée et on les sèche dans une étuve à une température de (80°C) pendant 5 h.

III.2.4 Traitement chimique par Benzoyl-Peroxide

Nous prélevons un échantillon des alliés et le plongeons dans une solution de peroxyde de benzoyle (9%) pendant 15 min sous agitation continue et le filtrons, puis le puis on le lavons à l'eau et le séchons, après quoi nous plongeons les fibres dans l'éthanol pendant 1 h pour se

débarrasser du peroxyde de benzoyle qui n'a pas réagi puis on le lave à nouveau à l'eau et on les séchées les fibres d'Alfa.

Après avoir fait le traitement chimique, nous avons obtenu des fibres qui sont montrées dans la figure 17.



Figure 17 : Échantillons de fibres Alfa traitées et non traitées.

III.3 Préparation de matériau composite

Matrice : la matrice utilisée est une résine polyester insaturée de type iso-phtalique fouine par l'entreprise Maghreb pipe, M'sila Algérie elle est destinée à la fabrication des systèmes de canalisation armée de fibres de verre (PRV) la propriété de la résine données par le fournisseur sont listées dans le tableau 10.

Tableau 10 : Propriétés du polyester isophthalic

propriétés	Unité	La valeur
couleur	Gardner	1
Gravité spécifique	g r/cm ³	1.10-1.20
Valeur acide	m g r KOH/g r	25
Température d'essai de réactivité	°C	25
Quantité de résine	Gr	100
Pic exothermique	°C	175-195
Temps de gel	m in	8-12
Viscosité à 25°C- brook Field B/F LV sp2.20rpm	Cps	300-400
Masse spécifique du liquide à 25°C	gr/cu.cm	1.06
Masse spécifique du solide à 25°C	gr/cu.cm	1.16
Viscosité à 25°C	MPa*sec	400
Temps du pic de gel	min	15
Température de pic	C°	170
Indice d'acidité	mgKOH/gr	17
Teneur en styrène	%poids	41
Retrait volumique	%	9
Transition vitreuse	C°	130
H.D.T.	C°	93
Dureté Barcol	°Barcol	40
Résistance à la traction	MPa	63
Module de traction	MPa	3.100
Allongement à la rupture	%	6.5
Absorption d'eau	%poids	0.9

Renfort : le renfort utilisé pour fabriquer les matériaux composites est la fibre d'Alfa. Les paramètres qui influent sur le renfort et par le comportement composites.

- La nature de renfort

- La taille de renfort
- L'orientation de fibre
- Traitement chimique
- Le taux de fibre été calculé par la formule suivante :

$$\frac{m_{\text{moyen, fibres(g)}}}{x} \longrightarrow \frac{m_{\text{eprouvette (matrice+fibre)}}}{100}$$

Le taux de fibres est fixé en 6.37 % en proportion massique.

Préparez le renfort : On place les fibres Alfa longitudinalement à l'intérieur d'un espace et coupaient sur le bout de l'espace du moule de façon à ce que le moule soit complètement recouvert, puis on pèse leur masse (Figure18) et on pèse le reste des échantillons avec le même poids que le tableau 11 Il représente les poids des échantillons des fibres.



Figure 18 : préparation d'Alfa

Tableau 11 : la masse des fibres Alfa et des éprouvettes.

L'échantillon	Masse moyen de fibre Alfa	Masse moyen des éprouvettes (Alfa+résine+marbre)
A00	5.5562	87.7514
AT924	5.5545	89.0019
AT9M10	5.5525	85.9660
ATP1	5.5547	84.7643
ABP	5.5538	88.2916

Additif : l'additif avec matrice et renfort est de la poudre de marbre blanc

Formule chimique : CaCO_3

Masse molaire : 100.0869 g/mol

L'apparence : poudre de marbre blanc

Préparation de marbre : nous l'avons tamisé avec un tamis de diamètre (50 micron) (Figure 19).



Figure 19: poudre de marbre blanc.

Préparez le moule : Le moule utilisé pour préparer les fibres est de forme rectangulaire ses dimensions sont (25*2.5cm) (Figure20), Graisser le moule avec un cire pour éviter

que la résine ne colle au moule et fermer les interstices latéraux comme indiqué sur la figure 20.



Figure 20: image de moule.

- **Test réactivité :** La température de la résine doit être de 25°C, nous prenons 100g résines et ajoutons 1,4g de cobalt comme accélérateur et 1,2g de méthyle éthyle cétone peroxyde comme catalyseur la durée de durcissement est mesurée par un appareil thermomètre (Figure 21).



Figure 21 : détermination de temps de réactivité.

Après avoir connu la tempe de durcissement de la résine on prépare le composé

- On met 400g de résine mélangée au cobalt puis on ajoute 25g (5 g de marbre pour 5.55 g de fibre) de marbre on mélange bien pendant 10min puis on ajoute 2,6 ml de catalyseur.
- Nous mettons des fibres d'Alfa dans le moule.
- Verser le mélange sur la surface de fibres d'Alfa
- Mettez du film plastique sur la surface de moule pour le niveler
- Le composé est laissé à bien se solidifier pendant un temps suffisant à une température normale
- Retirer le composé du moule

Les différentes étapes sont représentées sur la figure 22.



Figure 22: Étapes de préparation du composé.

Le tableau 12 suivant montre les différentes éprouvettes de fibres Alfa et leurs symboles.

Tableau 12 : Codage des éprouvettes Alfa.

Code d'éprouvette	L'éprouvette
SPA0	Alfa sans poudre
PA00	Alfa non traité avec poudre
PAT924	Alfa traité par NaOH de concentration 9 % avec poudre
PAT9M10	Alfa traité par NaOH de concentration 9 % dans microonde avec poudre
PATP1	Alfa traité par permanganate de potassium avec poudre
PABP	Alfa traité par benzoyle peroxyde avec poudre

La préparation des éprouvettes

Nous mesurons les éprouvettes pour effectuer le test mécanique (traction) comme indiqué sur la figure 23 dimensions de échantillons Longueur et largeur et l'épaisseur.

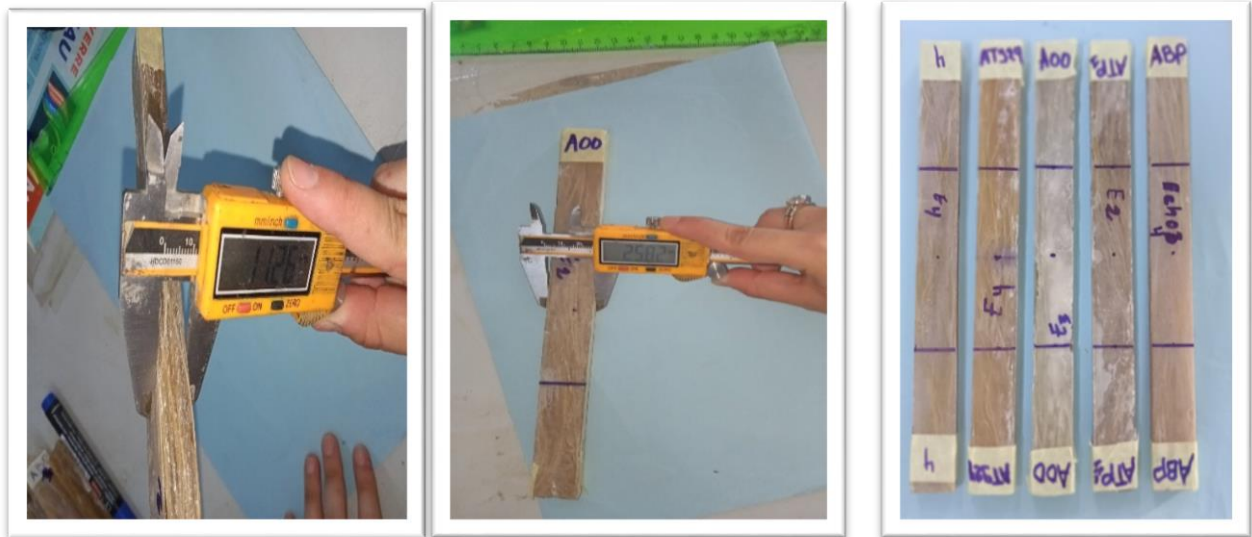


Figure 23 : Mesure de l'épaisseur et de la hauteur des éprouvettes.

III.4 L'appareillage

Dans le but de tester IR nous coupons quelques fibres (petites pièces) de chaque échantillon, puis nous les broyons à l'aide d'une machine à broyer le café, puis nous les tamisons avec un tamis de type (50 μ m) pour obtenir une poudre fine de chaque échantillon (Figure 24).

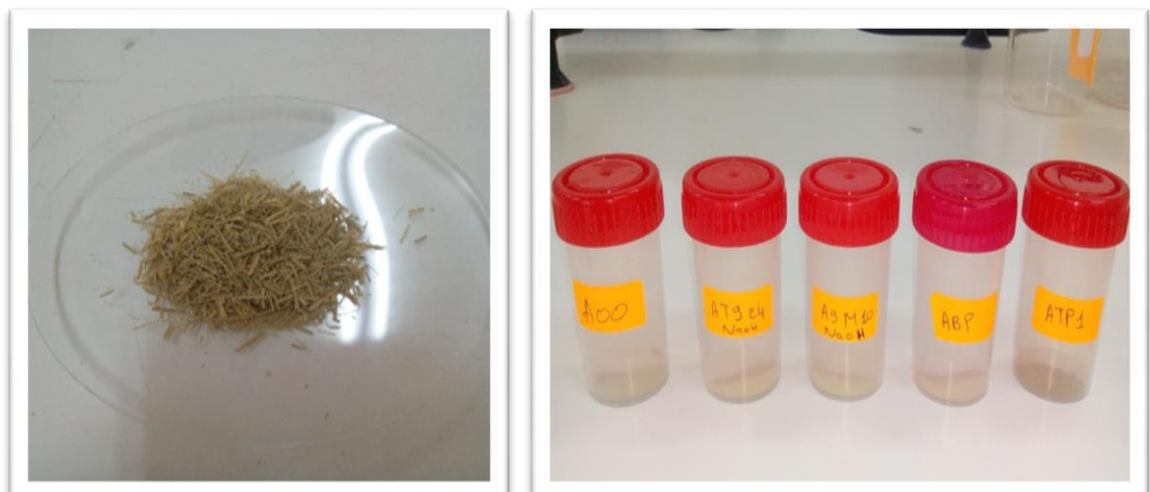


Figure 24: les poudres des échantillons d'alfa.

III.4.1 L'essai spectrométrique FTIR

Le nom signifie « en deçà du rouge » car l'infrarouge est une onde électromagnétique de fréquence inférieure à celle de la lumière rouge (et donc de longueur d'onde supérieure à celle du rouge qui va de 500 à 780 nm). La longueur d'onde de l'infrarouge est comprise entre 780 nm et 1 000 000 nm (ou encore entre 0,78 μm à 1 000 μm).

C'est une technique efficace qui permet d'étudier les propriétés chimiques et structurales et d'identifier les groupes fonctionnels présents dans les échantillons Alfa.

Principe

La spectroscopie proche IR est basée sur l'absorption de radiations lumineuses par la matière.

Le principe de fonctionnement général des appareils peut être décomposé comme suit :

- Le faisceau lumineux issu d'une source proche IR est envoyé sur un disperser, qui Fournit le spectre de cette lumière.
- Après la traversée du disperser, il y a irradiation de l'échantillon à analyser.
- 2 modes possibles : réflexion (totale ou atténuée) ou transmission suivant que le faisceau Incident se réfléchit ou traverse l'échantillon.
- Réception du faisceau réfléchi ou transmis sur des capteurs, conversion en signal :

Le spectre NIRS est alors obtenu.

Mode opératoire

L'appareil utilisé est de type (SHIMADZU spectrophotomètre, series 8300) Les spectres d'absorption que nous obtenons dans la gamme entre 4000 et 500 cm^{-1} et le dispositif utilisé sont de 0,02 mg avec 0,08 mg de bromure de potassium KBr, Bien mélanger, puis mettre chaque échantillon dans un moule cylindrique et presser dans un compresseur pendant 5 minutes, après l'expiration du temps, nous retirons les échantillons de comprimés du moule à tester dans un spectrophotomètre d'absorption infrarouge (Figure 25).



Figure 25: appareil d'infrarouge FTIR.

III.4.2 Test de traction

Le test de traction des échantillons d'Alfa est l'un des tests les plus importants sur les matériaux composites.

Lorsque la force de traction est appliquée au matériau composite sachant qu'il n'y a pas de glissement du matériau l'allongement sera la même (Figure 26).

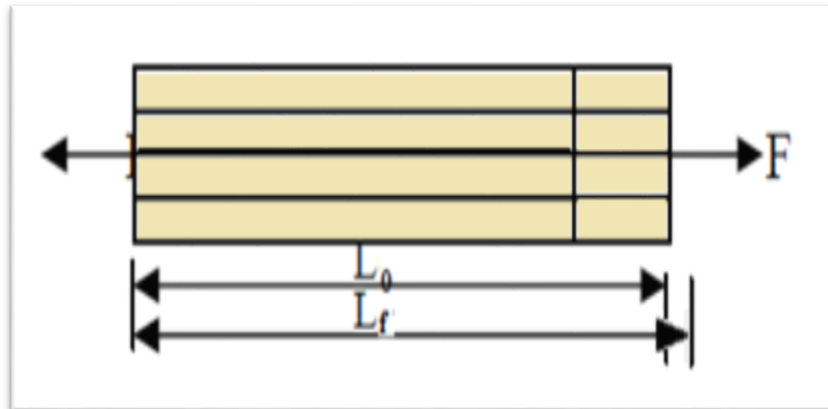


Figure 26 : exerce une contrainte de traction sur le matériau composite [29].

Déformation géométrique : $\epsilon = \frac{L_f - L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0}$

Elongation : $\Delta L = L_f - L_0$

Où L_0 : longueur d'origine, L_f =longueur finale

Puisque la déformation est égale dans la matrice et les fibres ensuite

$\epsilon_{\text{composites}} = \epsilon_f = \epsilon_m = \frac{\Delta L}{L_0}$ où ϵ_f : déformation des fibres, ϵ_m : déformation de matrice

La force de traction σ peut être obtenue à partir de la courbe charge-déplacement cela se fait en utilisant l'équation :

Force de traction : $\sigma_t = \frac{F}{S_0}$

Où Force de traction F = résistance à la traction (N), S_0 = zone de section initiale (mm²)

Le module d'Young

C'est le facteur de proportionnalité entre la contrainte et la déformation. Est représenté

dans l'équation $E = \frac{\sigma}{\epsilon}$

Avec E : Module d'Young (MPa).

l'échantillon est étiré des deux extrémités dans le dispositif d'essai et une force de traction lui est appliquée jusqu'à ce que la pièce d'échantillon se brise, cet essai a été effectué sur deux types d'échantillons d'Alfa traités et non traités l'appareil utilisé pour ce test est de

type universal Testing Machine, model YL-25 année de fabrication 2008, Capacité 250KN ,poids 900Kg ,(Figure23).

Les échantillons sur lesquels nous avons effectué l'essai de traction sont de forme rectangulaire ses dimensions.

Test de traction sur la Norm ASTM D 638 -14



Figure 23: Machine de traction.

Chapitre IV

Résultats et discussions

Les résultats obtenus à partir des différents tests effectués sont présentés et discutés dans ce chapitre. Nous avons étudié les caractérisations structurales par FTIR, et les propriétés mécaniques du matériau composite par résistance à la traction en fonction du taux de fibres non traitées. Il a été traité avec NaOH, avec (NaOH + inséré dans le Microonde pour 10 min) avec KMnO₄ et avec ABP.

IV.1 Analyse spectroscopique par infrarouge

Dans cette étude, les effets du traitement par (AT924/AT9M10/ATP1/ABP) sur les propriétés des fibres Alfa ont été étudiés. Changements concernant la morphologie des fibres Alfa traitées et non traitées par mesure. Les spectres FTIR des fibres d'Alfa non traitées et traitées aux alcalis sont représentés sur la figure 24. La bande d'absorption large observée dans les 3338.7 cm⁻¹ était liée à la vibration d'étirement de la liaison hydrogène (OH) L'impulsion d'intensité moyenne à environ 2906.4 cm⁻¹ traduit les vibrations d'élongation symétriques et asymétriques des liaisons (C-H) du groupe (CH₂) de la cellulose et de la lignine. La bande 2850.1 cm⁻¹ correspond aux graisses. Des groupements carbonyle C=O (1734.6cm⁻¹) traduisent l'existence des hémicelluloses.

Le pic à 1239.4 cm⁻¹ serait dû à la présence de lignine [30]. La bande 1421cm⁻¹ est signe de l'existence des pectines, de lignine et de l'Hémicellulose.

On remarque clairement que la bande autour de 1734,6 cm⁻¹ correspondant aux composants non cellulosiques (pectine, lignine et hémicelluloses) a disparu, suggérant leur élimination de la fibre lorsque celle-ci était traitée par une solution de NaOH à 9% et solution KMnO₄⁻ et solution benzoyle- peroxyde et solution de soude dans une microonde.

Le pic à 1239.4 cm⁻¹, qui est l'étirement C=O du groupe acétyle de la lignine était plus grand dans les fibres non traité, ensuite, il a commencé à diminuer lorsque les fibres ont été traitées, ce qui signifie qu'une dissolution s'est produite Cela était dû à l'élimination partielle de la lignine de la surface des fibres.

Dans le tableau (13), nous avons rassemblé les fonctions fréquemment rencontrées dans les polysaccharides [31].

Tableau 13 : Vibration des groupes fonctionnels caractéristiques des fibres Alfa étudiées

Longueur d'onde (Cm ⁻¹)	Type de vibration	Source
3338.5	Liaison O-H	Polysaccharides
2906.4	C-H (élongation symétrique)	Polysaccharides
2850.1	CH ₂ (élongation symétrique)	Graisses
1734.6	Groupe ester C=O (élongation symétrique)	Xylanes (hémicelluloses)
1646.9	H ₂ O absorbée	Eau
1505	C=C cycle aromatique (élongation symétrique)	Lignines
1421	Déformation dans le plan de groupes C- H et Vibration aromatique	Pectine, lignine, hémicellulose, pectates de calcium
1375	Déformation dans le plan de groupe CH ₂	Polysaccharides
1335	C -O cycle aliphatique	Cellulose
1239.4	Déformation des groupes acétyles (xylanes)	Lignine
1158.3	C-O-C (élongation antisymétrique)	Cellulose, hémicelluloses
895	Vibration des liaisons glycosidiques	Polysaccharides
670	C -OH de déformation	Cellulose

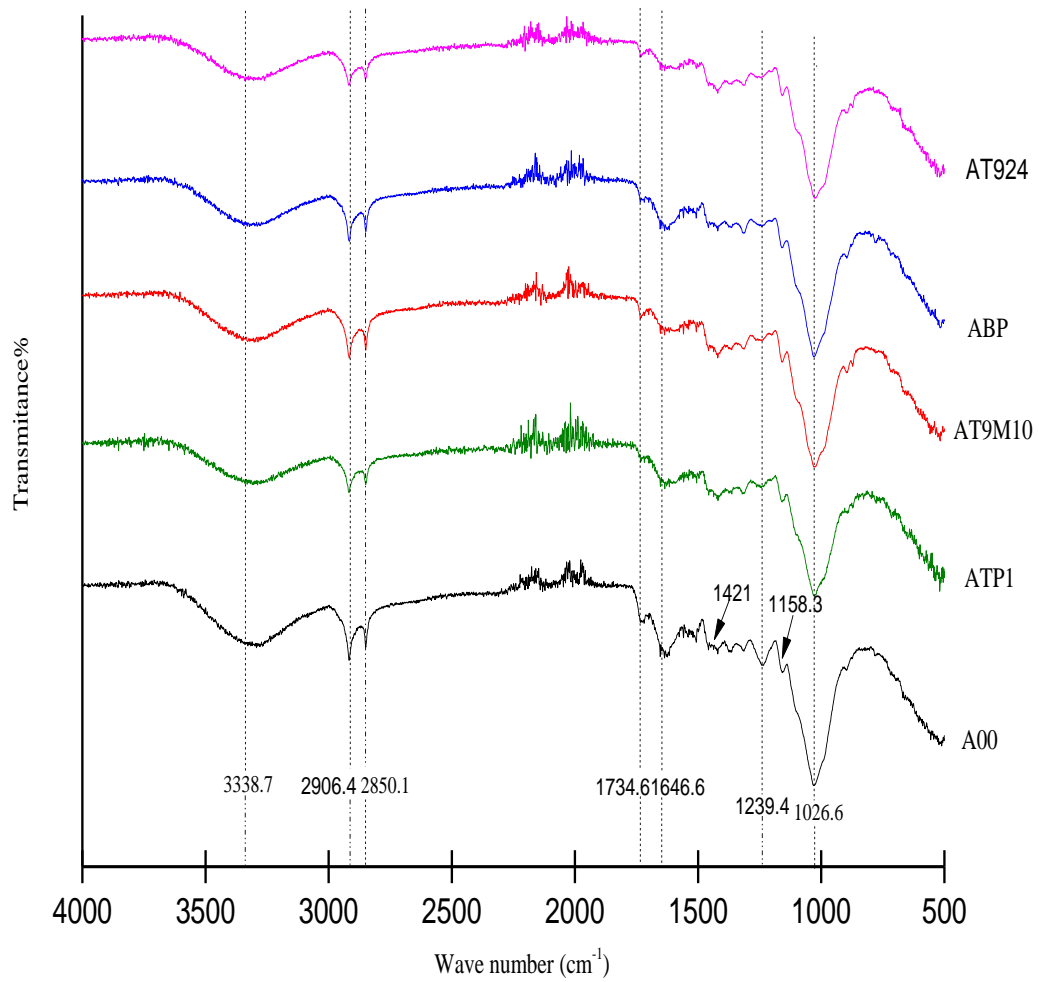


Figure 24 : Courbe FTIR de fibre Alfa (A00/AT924/AT9M10/TP1/ABP).

IV.2 Les résultats de traction

Tableau 14: Résultats des essais sur éprouvettes Selon les traitements.

Eprouvette		Largeur (mm)	Epaisseur (mm)	EMPa	σ (MPa)
SPA0	1	25.13	11.88	3.2687	17
	2	24.65	11.83	0.172	14.1
	3	24.98	13.05	2.5685	15.4
PA00	1	25.37	11.31	0.5854	8.47
	2	25.71	11.16	2.1724	11
	3	24.16	11.75	0.0114	6
PAT924	1	25.47	11.6	0.018	10
	2	25.47	10.49	0.0074	15
	3	24.96	10.73	6.0571	26
PAT9M10	1	24.23	11.94	2.896	9
	2	24.02	11.8	0.0223	5
	3	24.38	11.15	1.7667	6.1
PATP1	1	23.86	10.52	2.7107	8.8
	2	24.82	11.05	0.0279	8
	3	24.24	11.19	0.0232	9.2
PAPB	1	25.111	11.65	2.4038	7
	2	24.39	11.89	3.5584	5.81
	3	24.75	11.28	1.7065	8.69

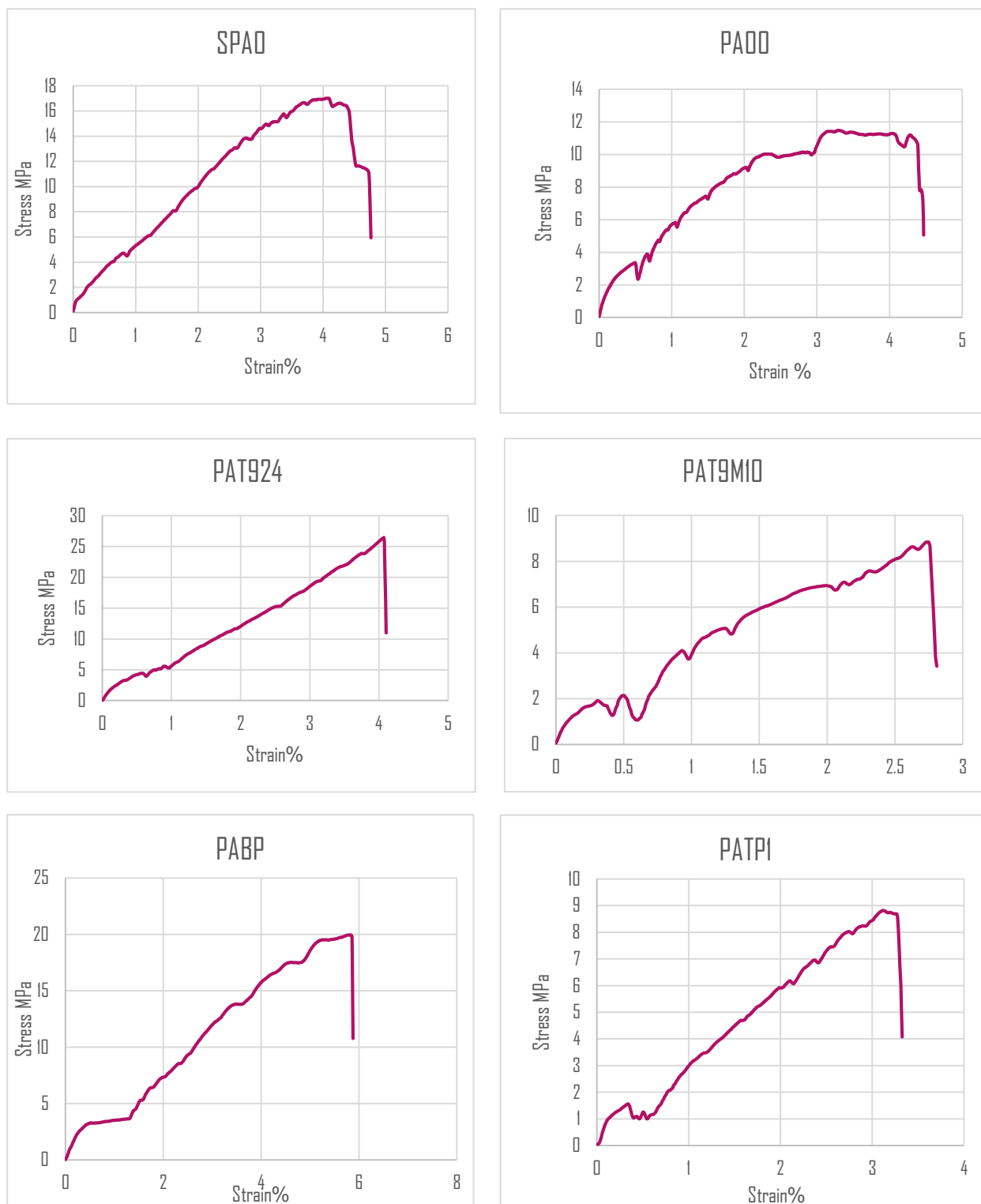


Figure 25 : les résultats des tests de tension du matériau composite (Fibre Alfa + résine + marbre).

IV.2.1 Courbes de traction

Les cinq courbes représentent l'évolution de la contrainte en fonction de la déformation pour les matériaux composites. Nous notons que tous les composites se comportent de la même manière. Dans les courbes contrainte-déformation il y a deux parties d'une part une partie linéaire, qui correspond à la partie élastique et permet de déterminer les propriétés élastiques des matériaux. Deuxième partie non linéaire jusqu'à sollicitation maximale, cette étape se caractérise par l'initiation d'un endommagement par le développement de petites fissures au sein du matériau. Ensuite, la contrainte augmente progressivement, avec une contrainte croissante, jusqu'à ce qu'une diminution assez rapide de la charge se produise. Cette étape correspond à la propagation rapide des fissures qui conduisent à la rupture des échantillons. À la suite de glissements répétés de l'éprouvette. La dispersion observée est due aux résultats de chaque sujet les oscillations se sont formés.

Le tableau 15 représente un histogramme de Module de Young et des différentes composite Contrainte de traction.

Tableau 15 : résultats de traction et module de Young Selon les traitements

Composite	E(MPa)	σ (MPa)
SPA0	3.2678	17
PA00	2.1724	11
PAT924	6.0571	26
PAT9M10	2.896	9
PATP1	2.7107	9.2
PABP	3.5584	8.69

IV.2.2 Effet du traitement et des additifs sur les propriétés mécaniques du composé

IV.2.2.1 Contrainte de traction

La figure 26 montre le Contrainte de traction pour divers échantillons traités et non traités. Pour les échantillons PAT9M10 PATP1 PABP sa contrainte de traction semble être légèrement inférieure par rapport aux fibres non traitées. D'autre part, les résultats d'essais de traction ont montré qu'il atteignait 26 MPa, qui sont la valeur maximale pour l'échantillon

PAT924 avec une augmentation de 57.69% par rapport à l'échantillon non traité et supporté Alfa, et cela peut être dû à l'aspect et à la ténacité des fibres et fibres de polyester. Matrice. Aussi, la contrainte de traction de l'échantillon est faible par rapport à la contrainte de traction de l'échantillon, ce qui indique que la chaleur affecte la surface des fibres.

Par rapport à nos résultats, il a été constaté que la contrainte de traction était plus importante. Cela peut être dû à des additifs qui ont amélioré les propriétés mécaniques et la cohérence entre la matrice et le renfort. Par rapport à l'échantillon de référence SA0, les résultats de traction de l'échantillon PAT00 sont 11 MPa et la valeur de l'échantillon SA0 est 17 MPa une diminution de 54.54% Cette diminution signifie que l'ajout de poudre de marbre réduit la contrainte lors de la réalisation l'essai de traction.

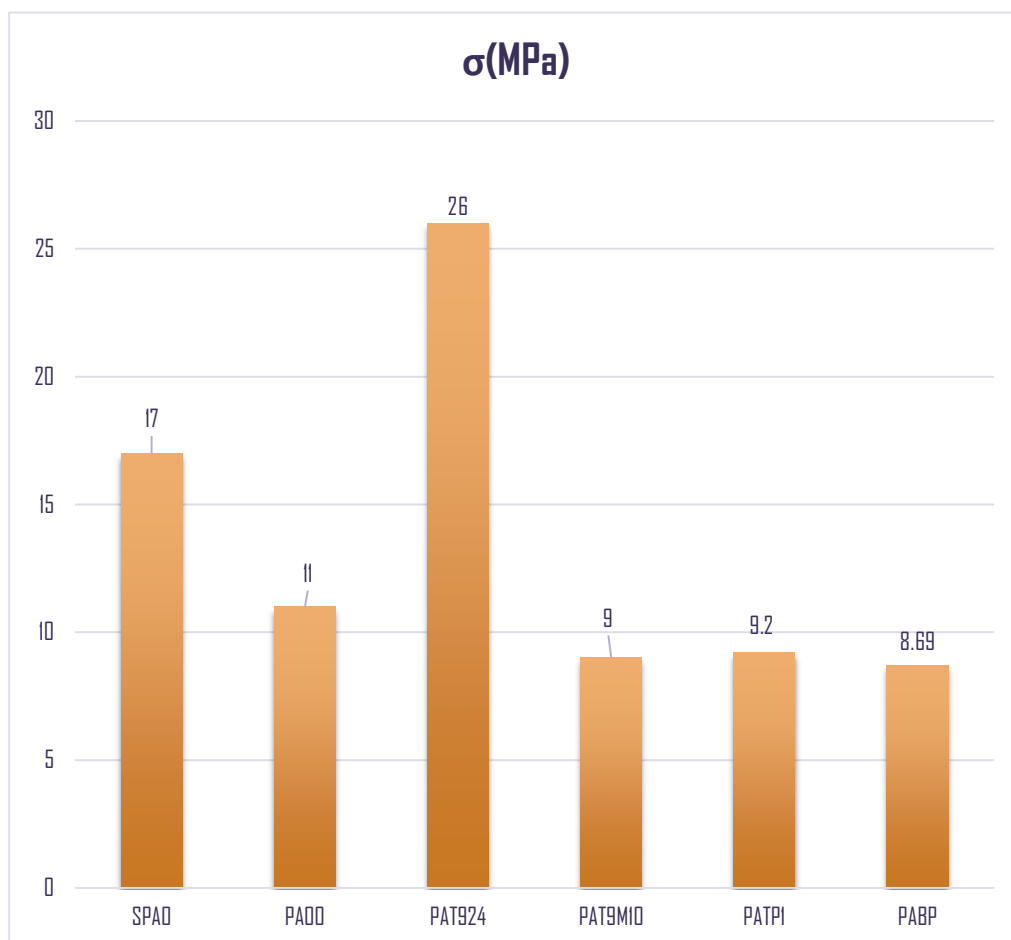


Figure 26 : la contrainte de traction des composés tels que préparés.

IV.2.2.2 Module de Young

La figure 27 montre Module d'Young pour divers échantillons traités et non traités. On note une augmentation des valeurs du module d'Young des composés fortifiés avec des fibres Alfa traitées par rapport à celles non traitées. Sa valeur maximale était d'environ 6.0571 MPa pour les fibres Alfa traité avec une concentration de 9M Et 2.1724 pour PA00 avec une augmentation de 64.13 % par rapport à l'échantillon non traité. Aussi, les résultats ont montré que le module de traction de l'échantillon sans poudre SPA de marbre 3.2678 est une valeur élevée par rapport à la valeur du module de traction pour l'échantillon non traité PA00 auquel la poudre de marbre est ajoutée.

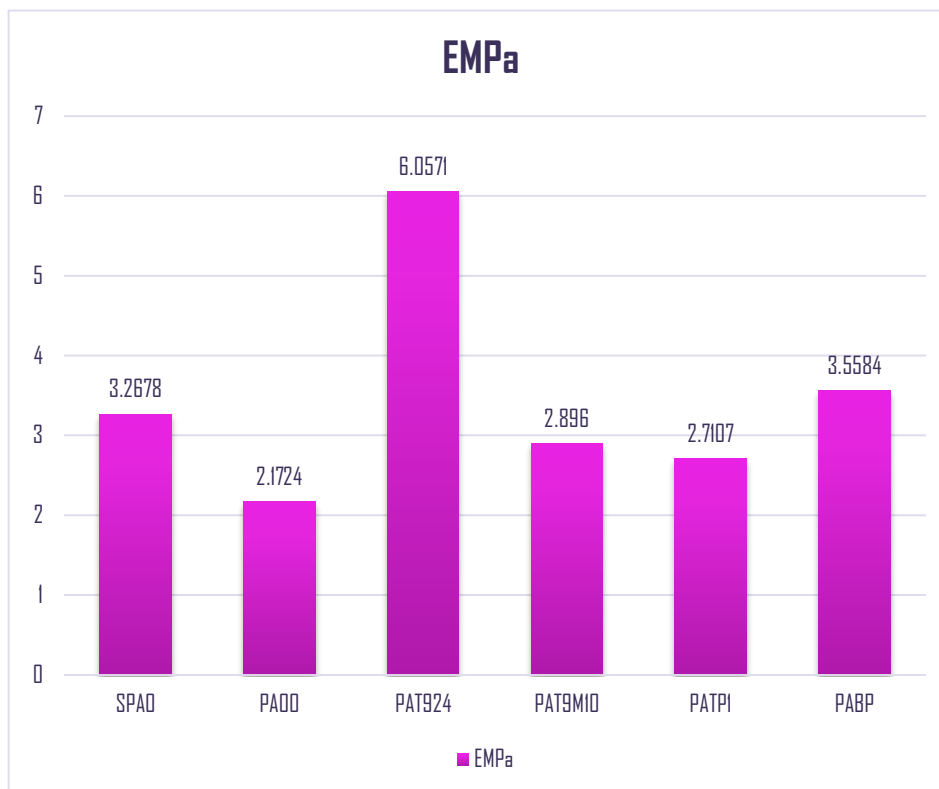


Figure 27: module de Young des composés tels que préparés.

Conclusion

L'objectif principal de cette recherche est d'étudier l'effet des additifs sur les propriétés mécaniques d'un matériau composite basé sur polyester insaturé renforcé de fibres d'Alfa de la région de M'sila afin d'utiliser des fibres végétales comme alternative aux fibres synthétiques dans la fabrication du matériau composite.

Dans un premier temps nous avons traité les fibres d'Alfa avec une solution de peroxyde de Benzoyle à 9% du permanganate à 0.2% et NaOH à 9% pendant 24 h et 9% tout en les plaçant à la micro-onde pendant 10 min pour voir l'effet des traitements chimiques sur la structure morphologique des fibres d'Alfa.

Dans un deuxième temps et pour connaître l'effet des additifs et des traitements chimiques sur les propriétés mécaniques du matériau composite nous avons préparé des échantillons du Composite renforcé de fibres de Alfa avec ajout de marbre à ce composé.

A travers cette étude nous pouvons titrer les conclusions suivantes:

Parmi les tests de diagnostics utilisés dans cette étude se trouve le FTIR et le test de traction Grâce au test spectroscopique infrarouge il a été constaté que le traitement alcalin diminue le groupe hydroxyle qui donne la propriété hydrophile des fibres, ce qui signifie que ce traitement réduit la propriété hydrophile et libère également les fibres des impuretés de surface et des corps gras réduisant ainsi la teneur en pectine de surface hémicellulose et cellulose tout cela conduit à une adhérence accrue entre les fibres et la matrice améliorant ainsi les propriétés mécaniques du composite.

Cette étude a conclu que les conditions optimales pour traiter les fibres Alfa sont une concentration de 9% de soude pendant 24 h.

Grâce au test de traction des échantillons il a été constaté que la meilleure contrainte de traction était l'échantillon (PAT924) traité avec une solution de NaOH à une concentration de 9% pendant 24 h à température normale avec l'ajout de marbre où l'augmentation de la traction la contrainte était de 57.69 % par rapport à l'échantillons renforcés avec des fibres non traitées et sans ajoute. La valeur maximale de module de Young était également pour l'échantillon (PAT924) avec une augmentation de 64.13 % par rapport aux échantillons non traité.

Comme le montre la comparaison des échantillon renforcé de fibres non traitées avec l'ajout de poudre de marbre et un échantillon renforcé de fibres sans ajouter que les additifs augmentent le processus d'adhésion entre les fibres et le polymère, résistant aux rayons ultraviolets et donnent également au composé une haute résistance à la pression il aide à la formation du composé.

A travers cette étude il a été constaté que les fibres Alfa sont candidates à la formation de composés d'origine végétale avec le bénéfice d'additifs qui contribuent à la formation et à l'amélioration des propriétés du composé et son utilisation dans le domaine industriel .

Références

- [1] C. Baley, “Fibres naturelles de renfort pour matériaux composites. sl: Techniques de l’ingénieur,” *Ref. AM*, vol. 5, p. 130, 2014.
- [2] M. Malha, “Mise en œuvre, caractérisation et modélisation de matériaux composites: polymère thermoplastique renforcé par des fibres de Doum,” *université mohammed v-agdal*, 2013.
- [3] F. Michaud, “Rhéologie de panneaux composites bois/thermoplastiques sous chargement thermomécanique: aptitude au postformage,” 2003.
- [4] A. Y. Nenonene, “Elaboration et caractérisation mécanique de panneaux de particules de tige de kénaf et de bioadhésifs à base de colle d’os, de tannin ou de mucilage.” thèse de doctorat. UNIVERSITE DE TOULOUSE. Sciences des Agroressources, p. 217, 2009.
- [5] “J.E.G.Van Dam et H.L. Bos, «Consultation sur l’impact environnemental des fibres naturelles dans les applications industrielles», Congrès de Food and Agriculture Organization(FAO), Rome, 2004, 263p.”
- [6] Aliprandi. G, *Matériaux réfractaires céramiques Tech.*, pp. 489-519.
- [7] C. A. R. M. . C. d’animation régional en matériaux avancées (GLOSSAIRE D. M. C. A. O. 2006.,
- [8] J.-M. Béguin, G. Rotman, A. Bentolila, and B. Baroin, “Les matériaux composites. Dynamisme et innovation,” *Le*, vol. 4, pp. 1151–1241, 2002.
- [9] A. Laichaoui, “Analyse expérimentale du comportement des poutres en béton armé renforcées par matériaux composites.” Alger, Ecole Nationale Polytechnique, 2006.
- [10] R.Harry, “, Toulouse : France (),” *R.Harry, «Les matériaux Compos. Lab. Génie Mécanique, Toulouse Fr. (2009)»*.
- [11] E. J. Jules, “Couplages entre propriétés thermiques, réactivité chimique et viscosité des matériaux composites thermodurcissables en relation avec les conditions de leur élaboration fondée sur l’hystérésis diélectrique.” Arts et Métiers ParisTech, 2001.
- [12] N. Haddadou, “Etude du comportement mécanique en statique des matériaux composites stratifiés en flexion 3 points.” Boumerdes, Université de M’hamed Bougara. Faculté des sciences de l’ingénieur, 2004.
- [13] V. V. Do Thi, “Matériaux composites à fibres naturelles/polymère biodégradables ou non.” Thèse, Université de Grenoble; Université des Sciences Naturelles d’Ho Chi Minh Ville, 2011.

- [14] D. Sedan, "Étude des interactions physico-chimiques aux interfaces fibres de chanvre/ciment: influence sur les propriétés mécaniques du composite." Limoges, 2007.
- [15] Z. Meriem, "Extraction, caractérisation morphologique, physico-chimique et mécanique des fibres caulinaires de *Retama monosperma* L.Boiss Domaine." thèse de doctorat. Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf Faculté, 2016.
- [16] "«L'alfa: Importance écologique et socio-économique», Portail de l'agriculture marocaine, Terre et Vie, N°61-62, (Novembre 2002)."
- [17] M. Dallel, "Évaluation du potentiel textile des fibres d'Alfa (*Stipa Tenacissima* L.): Caractérisation physico-chimique de la fibre au fil." Université de Haute Alsace-Mulhouse, Thèse de doctorat, 2012.
- [18] E. Rogge, "Extraction et étude des propriétés physiques et mécaniques des fibres d'Alfa (*Esparto grass*) en vue d'applications textiles," *Mémoire maîtrise pour l'obtention du grade académique master, Génie des matériaux, Ec. Natl. Supérieure d'Ingénieurs Sud-Alsace (UHA, Mulhouse, Fr. Année Univ., 2010).*
- [19] C. Oudet, "Polymères structure et propriétés, Introduction, édition Masson Milan Barcelone paris 1994," *Les sites web*, p. 130, 2006.
- [20] "Nadia BEHLOULI «Cours matériaux composites» «<http://www-ipst.u-strasbg.fr/cours/materiaux-composites/comp0.htm>»."
- [21] A. HOUIDEG, "Transfert de charge et frottement Fibre/Matrice d un Matériau Composite (T300/914)." USTO, 2012.
- [22] "R. Harry, «Les matériaux composites», Laboratoire de Génie Mécanique, Toulouse : France (2009)."
- [23] F. Bensadoun, "Développement et caractérisation d'un procédé de fabrication de composites et biocomposites à base de nanoparticules d'argile et de résine polyester insaturée destinés à l'industrie du transport." École Polytechnique de Montréal, 2011.
- [24] "Matériaux composites". Édition Hermes. 1997 Gay, D.,
- [25] S. Ghorab and B. Necib, "Comportement viscoélastique des matériaux orthotropes." Constantine: Université Mentouri Constantine, 2005.
- [26] W. D. Callister, "Science et génie des matériaux," 2001.
- [27] M. Ragoubi, "Contribution à l'amélioration de la compatibilité interfaciale fibres naturelles/matrice thermoplastique via un traitement sous décharge couronne." Nancy 1, 2010.

- [28] L. Merad, "Etude par Spectroscopie Raman et modélisation d'une résine composite RTM." Université Paul Verlaine-Metz, 2010.
- [29] A. Benyahia, "تأثير المعالجة القلوية على بنية الحلفاء (منطقة بوسعادة) وانعكاسها على الخصائص الميكانيكية," "لمركب ذو أساس من البولي أستر غير المشبع" Université de M'SILA. Faculté des Science, p. 173, 2014.
- [30] A. Benyahia, A. Merrouche, Z. E. A. Rahmouni, M. Rokbi, W. Serge, and Z. Kouadri, "Study of the alkali treatment effect on the mechanical behavior of the composite unsaturated polyester-Alfa fibers," *Mech. Ind.*, vol. 15, no. 1, pp. 69–73, 2014.
- [31] J. Brandrup, E. H. Immergut, E. A. Grulke, A. Abe, and D. R. Bloch, *Polymer handbook*, vol. 89. Wiley New York, 1999.

ملخص

تم تحضير المركب باستخدام ألياف الحلفاء كدعامة للمصفوفة المتمثلة في البولي أستر الغير مشبع و مسحوق الرخام كمادة مضافة الهدف من هذه الدراسة هو تحسين السلوك الميكانيكي لهذا المركب ، تتميز الألياف النباتية بخصائص فيزيائية وكيميائية عالية منها وفرتها في الطبيعة خفة وزنها، قابليتها للتحلل الحيوي، تكلفتها المنخفضة هذه الخواص جعلت الألياف النباتية منافسة للألياف الصناعية في تحضير المركبات . لتحسين سطح ألياف الحلفاء قمنا بمعالجتها ببنزويل البيروكسيد بتركيز 9 % و البرمنغنات بتركيز 0.2% و الصودا بتركيز 9 % لمدة 24 ساعة والصودا بتركيز 9% مع وضعها في الميكرووند لمدة 10 دقائق .

أظهرت النتائج المتحصل عليها من الإختبارات التي اجريت على المركب والألياف أن المعالجة بالصودا بتركيز 9% لمدة 24 ساعة كان لها تأثير في تحسين الخصائص الميكانيكية للمركب و الألياف مقارنة بالألياف الغير معالجة والمعالجات الأخرى كما أثبتت أن مسحوق الرخام المضاف كان له تأثير بارز في تحسين السلوك الميكانيكي، من بين الإختبارات التشخيصية المستعملة في هذه الدراسة هي طيف الأشعة تحت الحمراء ، إختبار الشد .
الكلمات المفتاحية : المواد المركبة ، بولي أستر غير مشبع ، الحلفاء، قوة الشد .

Abstract

The compound was prepared using Alfa fibers as a reinforcement of the unsaturated polyester matrix and powder of marble as an additive, the aim of this study is to improve the mechanical behavior of this compound.

Plant fibers are characterized by high physical and chemical properties that are abundant in nature light weight biodegradability and low cost these properties made vegetable fibers competitive with synthetic fibers in the preparation of compounds, to improve the surface of the Alfa fibers we treated them with benzoyl at a concentration 9%, permanganate 0.2%, soda at a concentration of 9% for 24 h, and soda at a concentration of 9% and put it in the microwave for 10 min.

The results obtained from the tests carried out on the composite and the fibers showed that the treatment with sodium hydroxide at a concentration of 9% for a period of 24 h had the effect of Improving the mechanical properties of the composite and the fibers by compared to untreated fibers and other treatments, and it also proved that the added powder of marble had a prominent effect in improving the mechanical behavior.

Diagnostic tests used in this study: tensile test, infrared spectrum.

Key word: unsaturated polyester, composite materials, Stipa Tenacissima, Tensile strength.