



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la technologie
Département des Génies Mécaniques

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences et Techniques

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Construction Mécanique

Réf. :

Présenté et soutenu par :

GAGUI Adel

Le : Juin 2022

Effet du traitement Alcalin des composites Polyéthylène sur les caractéristiques mécaniques

Jury :

Dr Djemoui Mhamedi	MCB	Université Mohamed Khider- Biskra	Président
Dr Guerira Belhi	MCB	Université Mohamed Khider- Biskra	Rapporteur
Dr Saleh Guerbaai	MCA	Université Mohamed Khider- Biskra	Examineur

Année universitaire : 2021 - 2022

REMERCIEMENTS

Je remercie avant tout le Bon Dieu de m'avoir donné le savoir et la faculté de pouvoir pour suivre mes études.

Je souhaite adresser mes remerciements les plus sincères à mon promoteur Mr GUERIRA Belhi qui m'a permis de bénéficier de la qualité de son encadrement, les conseils qu'elle m'a prodigués, la patience et la confiance qu'elle m'a témoignée.

Mes vifs remerciements vont au Mr DJOUDI Tarek d'avoir accepté la présidence du jury, je tiens compte à exprimer toute mes reconnaissances à Mr BELGROUN Abd elmalak qui m'a fait l'honneur d'examiner mon travail, leur regards critiques ne sauront que rehausser le niveau de mon savoir-faire.

Nous exprimons bien entendu nos remerciements les plus sincères pour tout l'ensemble du personnel de l'Enterprise Nationale des Industries des Câbles Biskra (ENICAB) pour son accueil et son aide, notamment que l'élaboration d'une partie de notre étude expérimentale et certaines caractérisations des composites ont été réalisées au niveau de l'entreprise, ENICAB.

Nous tenons à remercier aussi tous les membres du laboratoire de génie mécanique à la faculté des sciences et de la technologie de l'université de Biskra, pour leur disponibilité et leur précieuse aide.

Liste des figures	
Figure I.1 : Arbre de palmier dattier.	3
Figure I.2 : (a) Régime et hampe (b) Palme (feuille) de palmier dattier	5
Figure I.3 Echelle de variation de la cristallinité et de la densité du PE	5
Figure I.4: Schéma de la polymérisation de l'éthylène	6
Figure I.5 : Les différentes architectures des PE	7
Figure I.6. Matériaux composite	8
Figure I.7 : Classification des fibres naturelles en fonction de leur origine	9
Figure I.8 : Molécule de la cellulose (n répétitions du glucose)	10
Figure I.9 : Molécule de l'hémicellulose	11
Figure I.10 Formule chimique de la lignine	11
Figure I.11 Structure d'une chaîne d'acide uronique	12
Figure I.12 Traitement des fibres par une solution de soude	15
Figure I.13 montre la modification chimique des fibres cellulosiques par l'acide acrylique	16
Figure II.1 : Polyéthylène linéaire à basse densité PE-LBD	17
Figure II.2: broyage des fibres de palmier dattier	19
Figure II.3 : Modification chimique de la fibre par la soude NaOH	19
Figure II.4: Extrudeuse de type PolyLab OC	20
Figure.II.5 Presse "SWHWABENTHAN POLYSTAT 300S	21
Figure.II.6 Les plaques des composites obtenus après moulage.	21
Figure II.7 Éprouvettes des essais	21
Figure II.8 Spectrophotomètre SHIMADZU – FTIR 8400S.	22
Figure.II.9 Machine de traction type INSTRON modèle 5969.	23
Figure III.1. : Spectres IRTF des fibres de palmier dattier traitée et non traitée.	24
Figure III.2 : Evolution de la contrainte à la rupture des composites en fonction de la taille des fibres traitées et non traitées.	26
Figure III.3 : Evolution de l'allongement à la rupture des composites en fonction de la taille des fibres traitées et non traitées.	27
Figure III.4 : Evolution du module d'Young des composites en fonction de la taille des fibres traitées et non traitées.	28
Figure III.5 : Evolution la dureté shore D des composites en fonction de la taille des fibres traitées et non traitées	29

Liste des tableaux	
Tableau I.1 Composition chimique des fibres végétales [[MWA-06]	16
Tableau II.1: Caractéristiques de polyéthylène PE-LLD	17
TableauII.2 : Caractéristiques de l'hydroxyde de sodium	18
Tableau II. 3 : Les caractéristiques de L'acide chlorhydrique	18
Tableau II.4: Composition des différentes formulations	20

Dédicace	P
Remerciement	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Sommaire	
Introduction	
Chapitre I Etude bibliographique	
I.1 Fibre de palmier	3
I.1.1 Le tronc	3
I.1.2 La couronne	3
I.1.3 Palme	4
I.2 Polyéthylène PE	5
I.2.1 Polyéthylène haute densité (PEHD) :	6
I.2.2 Polyéthylène basse densité (PEBD) :	6
I.2.3 Polyéthylène basse densité linéaire (PEBDL) :	6
I.3 Matériaux composites polymère / fibres végétales :	7
I.3.1 Composition des fibres végétales	10
a) Cellulose	10
b) Hémicellulose	10
c) Lignine	11
d) Pectine	11
e) Les extractibles	12
I.3.2 Utilisations des fibres naturelles	13
I.4 Interface d'un matériau composite : notion d'adhésion :	13
I.4.1 Interface fibres végétales / polymères thermoplastiques :	13
I.4.2 Modification des fibres végétales :	13
I.4.2.1 Les méthodes physiques de modification de la surface :	14
I.4.2.2 Les méthodes chimiques de modification de la surface :	14
I.4.2.2. a. Traitement à l'hydroxyde de sodium	15
I.4.2.2. b. Imprégnation des fibres :	15
I.4.2.2. c. couplage chimique :	15
Chapitre II Matériaux et techniques expérimentales et caractérisations	17
II.1. MATERIAUX UTILISE :	17
II.1.1. Le Polyéthylène :	17
II.1.2. L'hydroxyde de sodium	18
II.1.3. L'acide chlorhydrique	18
II.2. TECHNIQUES EXPERIMENTALES :	18
II.2.1 Préparations des fibres de palmier dattier	18
II.2.2. Modification chimique de la fibre de palmier dattier	19
II.2.2.1. Modification chimique de la fibre par la soude NaOH	19
II.2.3. Préparation des mélanges :	19
II.2.4. Moulage des composites	20
II.3 TECHNIQUES DE CARACTERISATIONS :	22
II.3.1 Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier (FTIR)	22
II.3.2 Essai de traction	22
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSIONS	24
III.1. CARACTERISATION DE FIBRES DE PALMIER DATTIER	24
III.1.1. Analyse spectroscopique infrarouge à transformée de Fourier FTIR	24
III.2. CARACTERISATION DES COMPOSITE ELABORES	25
III.2.1. Essai de traction	25
III.2.1.a. Contrainte à la rupture	25
IV.1.1.1.a Allongement à la rupture	27
IV.1.1.1.b Module d'Young	28
III.2.2. Dureté Shore D	29

CONCLUSION GENERALE	30
REFERENCE	
RESUME	

INTRODUCTION GENERALE

Dans les dernières décennies, les matériaux polymères ont partiellement remplacé les matériaux traditionnels tel que le papier, le métal, le verre et le bois dans les domaines de l'habillement, l'électricité, l'électroniques, l'automobile, l'aéronautique, le loisir, l'emballage de la nourriture, les produits sportifs, etc. L'idée d'utiliser des fibres végétales naturelles comme renfort dans une matrice de polymère n'est pas tout à fait nouvelle, mais dans un contexte où le recours à des ressources renouvelables tend à devenir une priorité, elle est désormais considérée comme une voie prometteuse et doit poursuivre sa contribution aux objectifs de développement durable tout en continuant à répondre aux préoccupations environnementales. D'autant que des industriels ont déjà mis au point la production de composites renforcés de fibres végétales pour des applications ciblées. Ils s'efforcent donc d'élargir leurs marchés qui sont encore modestes [1].

L'utilisation croissante de fibres végétales comme renforts dans les composites à matrices thermodurcissables ou thermoplastiques fournit des avantages environnementaux très intéressants. Les caractéristiques marquantes de ces fibres sont leur faible coût, faible masse, haut module spécifique. Le défi majeur dans l'utilisation de ces fibres comme éléments de renforcement dans les matériaux composites est de réaliser une bonne liaison entre les fibres et la matrice polymère. Les fibres naturelles sont de nature hydrophile, car elles sont dérivées de la cellulose, qui contient des groupes hydroxyles fortement polarisés. La mauvaise adhérence interfaciale fibre/matrice et les difficultés dans le mélange en raison de mauvais mouillage de la fibre avec la matrice limitent l'utilisation de ces fibres comme matière de renforcement dans les matériaux bio-composites [2].

Parmi la diversité des matériaux composites, notre étude se focalisera sur les matériaux composites polymère / charge végétale et plus précisément sur l'incorporation des fibres palmier dattier dans une matrice polyéthylène basse densité. Cet intérêt pour les matériaux composites s'explique aussi par une amélioration des propriétés, comparées à celles des composites conventionnels, telles que les propriétés mécaniques, thermiques.

Pour une étude détaillée et approfondie de cette problématique, ce manuscrit est subdivisé en trois chapitres :

- Le premier chapitre sera consacré aux généralités sur les matériaux composites, dans laquelle nous poserons les bases de ce travail en réalisant un état de l'art des

connaissances sur les matériaux composites à base d'une matrice organique. Elle met en avant l'importance de l'interface fibre-matrice polymères renforcés par des fibres végétales, nous intéressons plus particulièrement à l'amélioration de la compatibilité entre la fibre et la matrice.

- Le deuxième chapitre constitue la partie expérimentale qui présente les matériaux utilisés, la préparation des formulations à base de PE fibre de palmier dattier, et les différentes techniques utilisées pour caractériser les composites élaborés.
- Le dernier chapitre traitera l'ensemble des résultats obtenus et les discussions. Enfin, une conclusion générale permet de résumer les résultats des travaux présentés.

CHAPITRE I

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1 Fibre de palmier

Le palmier dattier appartient à la classe des monocotylédones (une feuille embryonnaire dans la graine). Le bois de palmier présentant une structure et des propriétés bien différentes de celle des autres arbres [01], [02]. En effet, le palmier est une herbe géante de 20 à 30 m de hauteur (figure I.1), au tronc cylindrique (le stipe), portant une couronne de feuilles pennées, divisées avec une longueur de 4 à 7 m. Il porte des inflorescences mâles ou femelles [03].

Le palmier dattier produit entre 5 à 15 bouquets de dattes par arbre. Chaque bouquet peut contenir jusqu'à 1000 dattes correspondant à un poids approximatif entre 6 à 8 Kg. un arbre de palmier commence à produire des dattes à partir de 3 ans, mais généralement entre 3 à 5 ans. Il peut rester vivant et productif pendant 150 ans environ [03]. La forme, la taille et la couleur des fruits varient selon la variété.

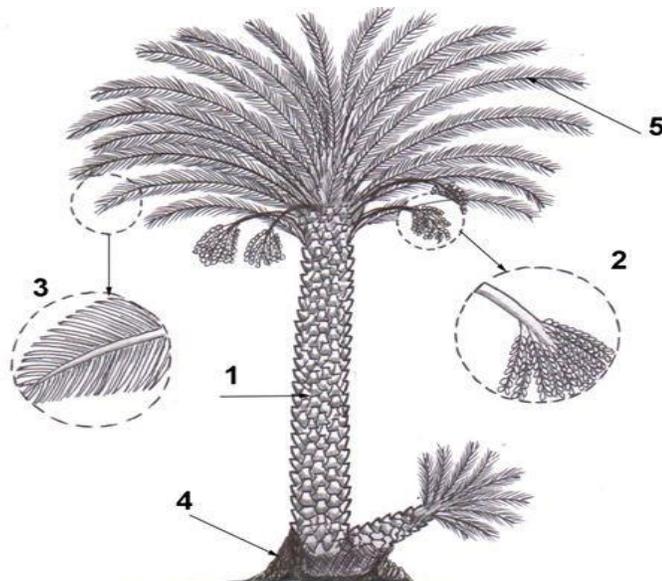


Figure I.1 : Arbre de palmier dattier.

Le palmier dattier a une structure fibreuse, possédant cinq types de fibres [04]:

- (1) fibres de bois du tronc ;
- (2) fibres de tige au niveau des tiges des pédoncules et du support dattier (grappe) ;
- (3) fibres de feuilles au niveau des pédoncules ;
- (4) fibres de surface autour de son tronc ou de base de palmes (pétiole) ;
- (5) fibres de liffè (entre les Kornaf, le tronc est recouvert d'une bourre fibreuse que l'on appelle le liffè).

I.1.1 Le tronc

Le palmier dattier a un tronc unique colonnaire sans branche appelé stipe. Le stipe se termine par un bourgeon terminal unique produisant des feuilles appelées palmes (frondes), il est généralement cylindrique. L'enveloppe extérieure, l'écorce, n'est qu'une expansion de la base des pétioles des feuilles [05]. Les fibres des pétioles ne forment point un tissu comme dans le bois ordinaire. Ce tissu présente des couches assez semblables à des toiles d'araignées (elles sont placées sans ordre, les unes à côté des autres). Le tronc n'est composé que des fibres pétiolaires superposées les unes sur les autres de l'intérieur à l'extérieur [02].

I.1.2 La couronne

On appelle la couronne, l'ensemble des palmes vertes. Le nombre de palmes chez un palmier dattier adulte peut atteindre de 50 à 200 palmes. Elles sont émises par le bourgeon terminal ou phallophores.

I.1.3 Palme

La palme ou Djérid est une feuille pennée dont les folioles sont régulièrement disposées en position oblique le long du rachis qui s'étend au pétiole. Les segments inférieurs sont transformés en épines, plus ou moins nombreuses, et plus ou moins longues. Le pétiole (Kornaf) est dur et relativement rigide [05].

Chaque année, le palmier dattier produit un certain nombre de palmes à partir de bourgeon et perd un nombre similaire de palmes par dessèchement [05].

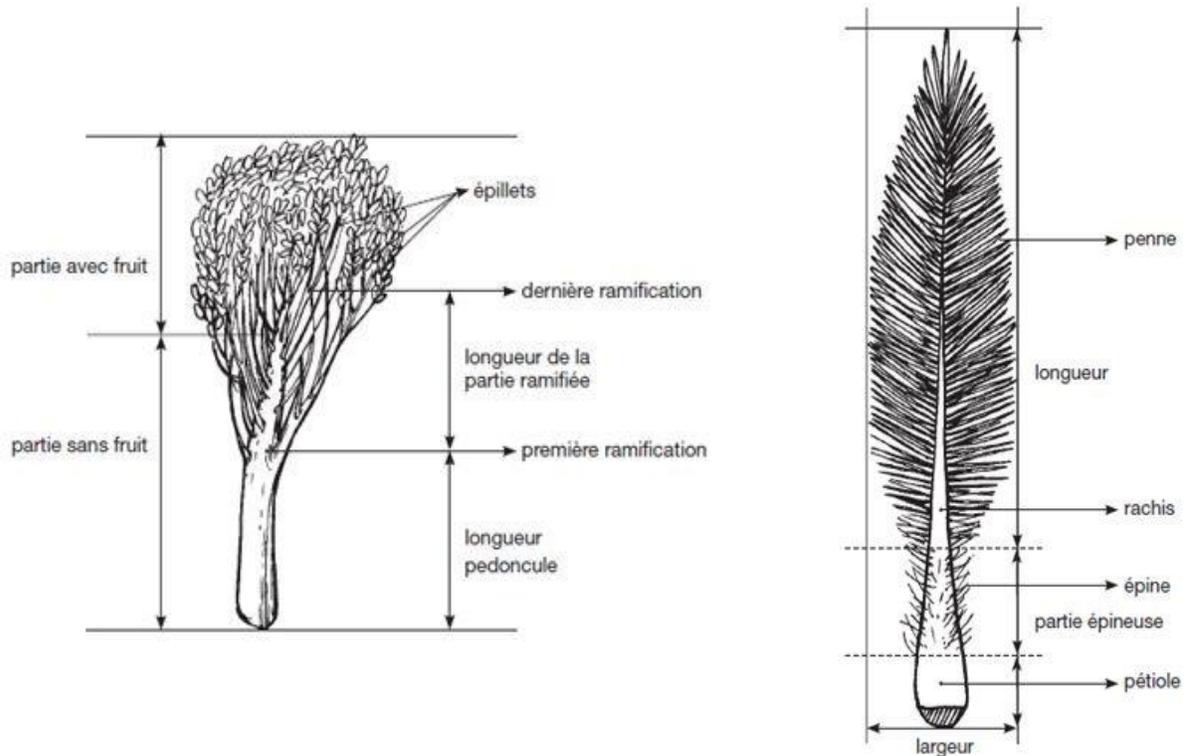


Figure I.2 : (a) Régime et hampe (b) Palme (feuille) de palmier dattier [06]

I.2 Polyéthylène PE

Le polyéthylène est une des résines les plus couramment utilisées. Les propriétés du PE varient en fonction de la structure de la chaîne moléculaire, de sa densité ainsi que de son taux de cristallinité comme le montre la figure I.4 :

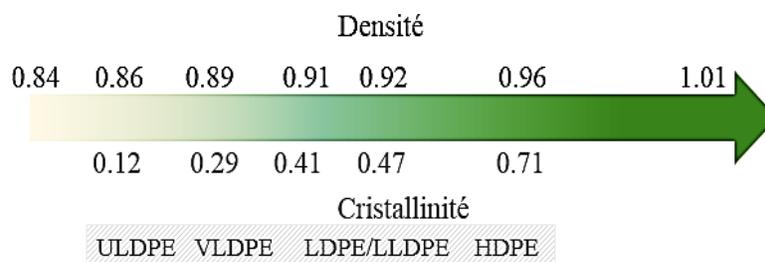


Figure I.3 Echelle de variation de la cristallinité et de la densité du PE

Suivant le procédé de polymérisation les polyéthylènes peuvent être dits de basse densité (PEBD), de haute densité PEHD, basse densité linéaire PEBDL (qui sont des copolymères α -oléfines) ou à haut poids moléculaire PEUHMW (pour Ultra High Molecular Weight). Le schéma de polymérisation de l'éthylène est présenté sur la figure 2. La figure 3 présente ainsi les différentes architectures de polyéthylène.

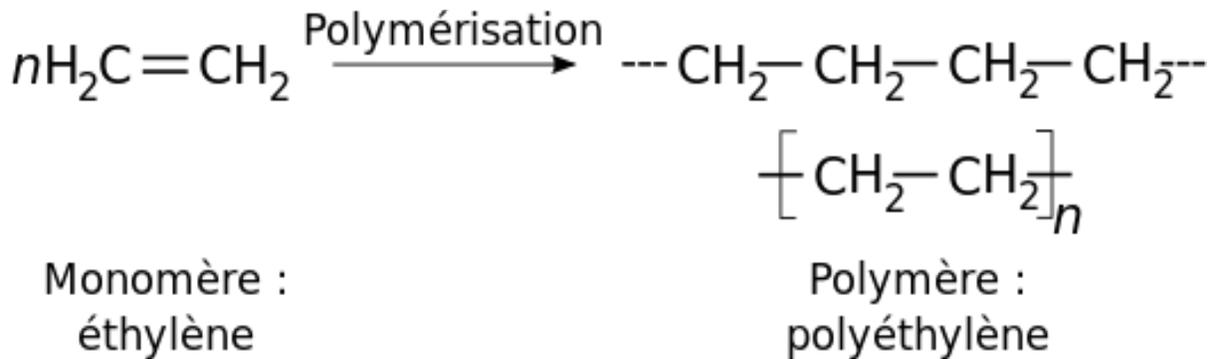


Figure I.4: Schéma de la polymérisation de l'éthylène

I.2.1 Polyéthylène haute densité (PEHD) :

Le polyéthylène haute densité est un matériau thermoplastique semi-cristallin obtenu par polymérisation de monomère d'éthylène en utilisant un système catalytique (chrome, Ziegler, métallocène ...) à basse pression. Comme son nom indique il possède une cristallinité élevée due à sa structure linéaire et régulière et donc une densité élevée (Figure 3).

I.2.2 Polyéthylène basse densité (PEBD) :

Il est obtenu par polymérisation radicalaire sous haute température et pression (Figure 3). Il possède une structure ramifiée qui dépend des conditions de polymérisation dans le réacteur. Ces ramifications donnent une certaine flexibilité au PEBD du fait d'une cristallinité plus faible que pour le PEHD. Par conséquent, sa rigidité est plus faible.

I.2.3 Polyéthylène basse densité linéaire (PEBDL) :

Il est issu de la copolymérisation de l'éthylène avec un alcène (1-butène, 1-hexène, 1-octène...). Il est obtenu par polymérisation à l'aide de catalyseurs de type Ziegler ou Phillips. Le PEBDL possède des ramifications plus courtes que le PEBD (en C2, C4 ou C6 selon le

comonomère). Sa densité et son taux de cristallinité varient en fonction de la distribution et de la teneur en comonomère. [5].

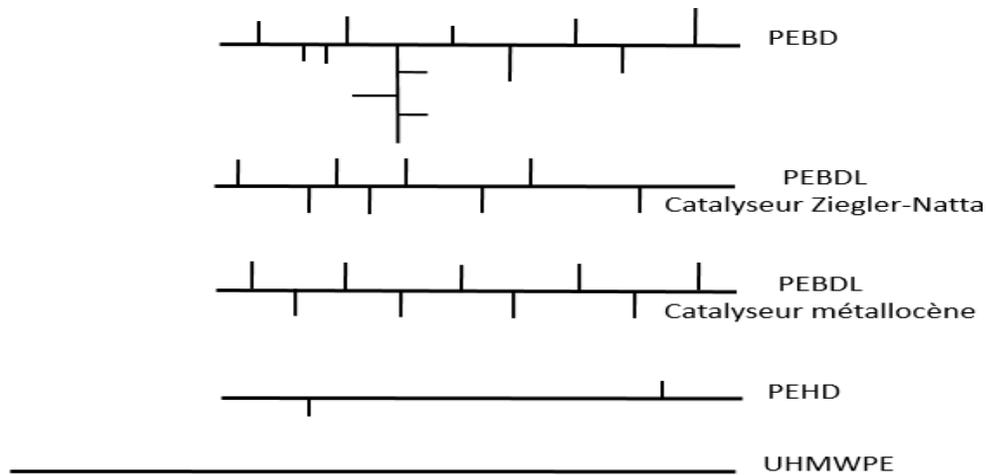


Figure I.5 : Les différentes architectures des PE

I.3 Matériaux composites polymère / fibres végétales :

Les composites sont constitués d'une ou plusieurs phases discontinues réparties dans une seule phase continue. Ainsi, ils ont au moins deux matériaux séparés complètement non miscibles combinés ensemble pour former un composite. La phase continue s'appelle la matrice, et la phase discontinue s'appelle le renfort. Ils doivent être compatibles et unifiés, et pour cela nécessite un agent de contact appelé interface. Des charges et des additifs peuvent être ajoutés aux matériaux composites sous forme d'éléments fragmentés, de poudres ou de liquides pour modifier les propriétés du matériau que nous y ajoutons [6].

Des mélanges de ces deux phases donnent naissance à de nouveaux matériaux hétérogènes et souvent anisotropes [6].

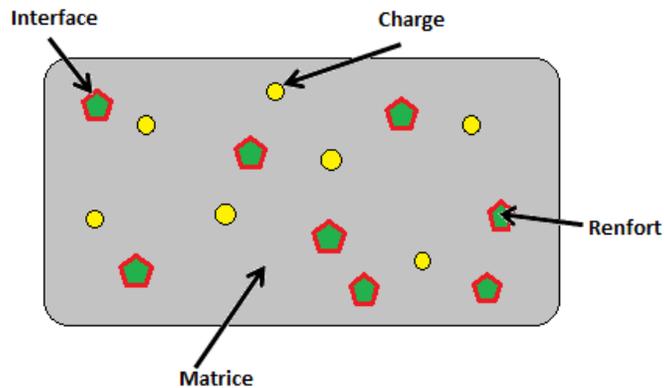


Figure I.6. Matériaux composite.

Les matériaux de renfort confèrent aux composites leurs caractéristiques mécaniques : Rigidité, résistance à la rupture, dureté, etc. Ces renforts permettent également d'améliorer certaines propriétés physiques : comportement thermique, teneur en température, tenue au feu, résistance à l'abrasion, propriétés électriques, etc. Les caractéristiques recherchées pour les renforts sont: des caractéristiques mécaniques élevées, une masse volumique faible, une bonne compatibilité avec les résines, une bonne facilitée de mise en œuvre, un faible cout, etc. En fonction des utilisations, les renforts peuvent être d'origine diverses : végétale, minérale ou synthétique [07].

Les fibres d'origine naturelle sont extraites de la nature. Il s'agit:

- Des fibres végétales extraites de plantes, de fruits et d'arbres comme le coton, le lin, l'agave, le jute, le chanvre, etc ;
- Des fibres animales extraites de poil d'animaux comme le mouton, la chèvre, le chameau, le lama, etc ;
- Des fibres minérales comme l'amiante.

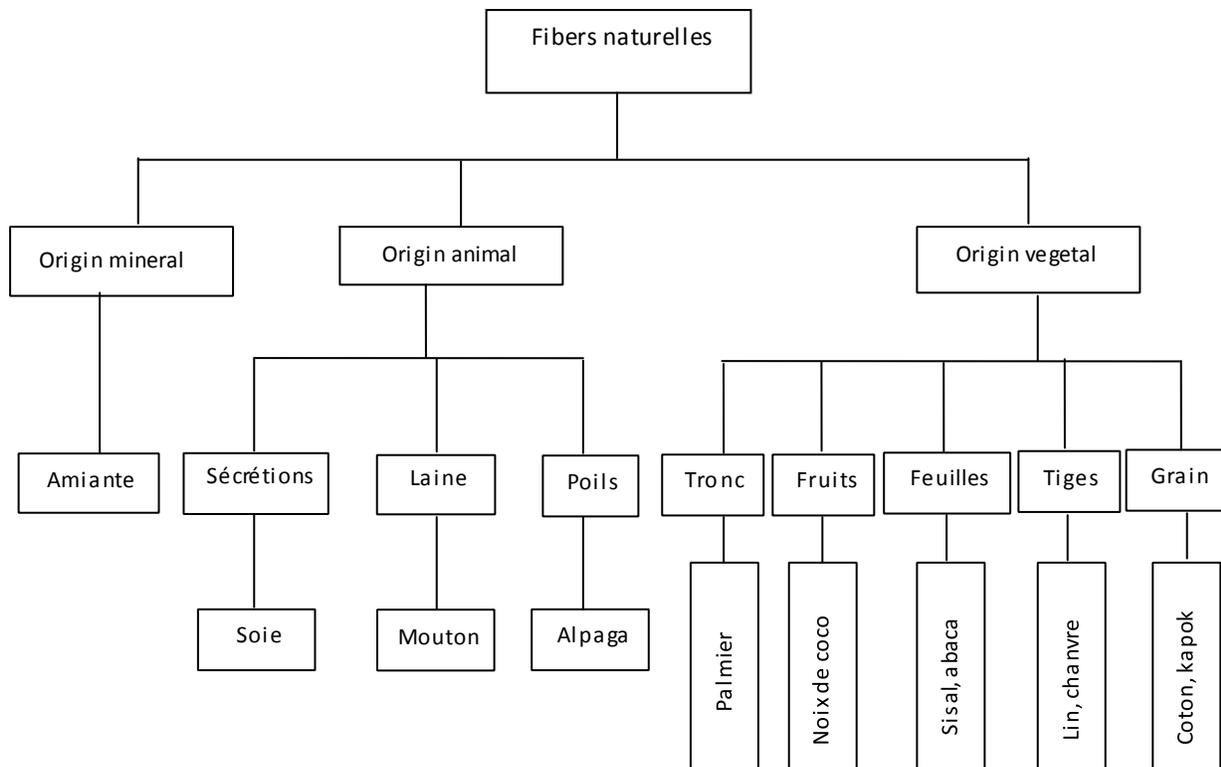


Figure I.7 : Classification des fibres naturelles en fonction de leur origine [08].

Toutes les fibres naturelles sont biodégradables, ce qui veut dire que la nature peut les dégrader jusqu'à leurs composants de base sans intervention de l'homme. Autrefois, les fibres naturelles étaient dépassées par les fibres synthétiques qui étaient moins chères et plus faciles à produire et qui avaient des propriétés supérieures. A cause de la tendance actuelle de respect croissant pour la nature, la biodégradabilité des fibres devient de plus en plus importante. C'est pourquoi les fibres naturelles biodégradables ont de nouveau gagné de l'ampleur par rapport aux fibres synthétiques non biodégradables.

Une caractéristique des fibres naturelles est la variation des propriétés mécaniques et chimiques due à la variation de leur composition. L'origine de cette variation de composition est d'une part le fait qu'il existe plusieurs variétés de plantes (plusieurs espèces de coton) et des animaux (plusieurs espèces de laine) dont sont extraites les fibres et d'autre part le fait que même les fibres de coton d'une plante particulière et les fibres de laine d'un seul mouton varient en longueur, épaisseur, rigidité, couleur, etc.

Les fibres végétales elles-mêmes sont divisées en trois catégories [08].:

- Les fibres de graines ou de fruits : le coton et le coco.
- Les fibres de feuilles : le sisal, l'abaca et l'alfà ... etc
- Les fibres libériennes ou fibres de tige : le lin, le jute, le chanvre et la ramie.

I.3.1 Composition des fibres végétales

a) Cellulose

La cellulose est le constituant principal de la masse végétale d'un grand nombre des matériaux végétaux [09]. D'un point de vue chimique, la cellulose est un polymère linéaire, se compose seulement des unités de glucose ($C_6H_{11}O_5$) répétés, reliés entre elles par des liaisons hydrogène. La cellulose contient des zones cristallines ordonnées et des zones amorphes désordonnées. Elle est fortement hydrophile à cause de la présence de groupement hydroxyle (OH), résistant aux oxydants. Elle donne à la fibre sa rigidité [09].

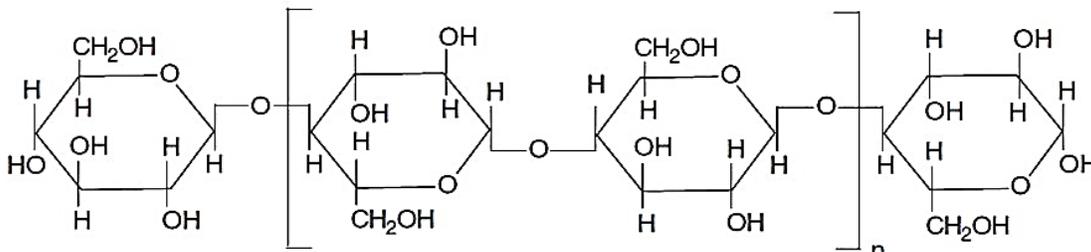


Figure I.8 : Molécule de la cellulose (n répétitions du glucose) [09].

b) Hémicellulose

Les hémicelluloses sont des polymères solubles dans l'eau. Elles sont amorphes, de masse moléculaire plus faible que celle de la cellulose. Ils contiennent plusieurs unités de sucre (xylose, arabinose, galactose, glucose, ...) et plusieurs branchements différents. C'est le constituant responsable de l'élasticité des fibres [09].

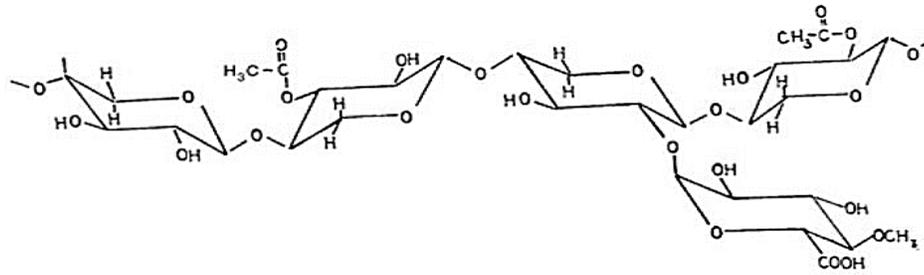


Figure I.9 : Molécule de l'hémicellulose [09].

c) Lignine

La lignine est un polymère hydrocarbure complexe, elle se compose de trois types d'alcools. C'est l'élément qui donne la rigidité aux plantes [09]. Elle est totalement amorphe, hydrophobe (insoluble dans l'eau ou n'a pas la capacité de créer des liaisons hydrogène avec les molécules d'eau).

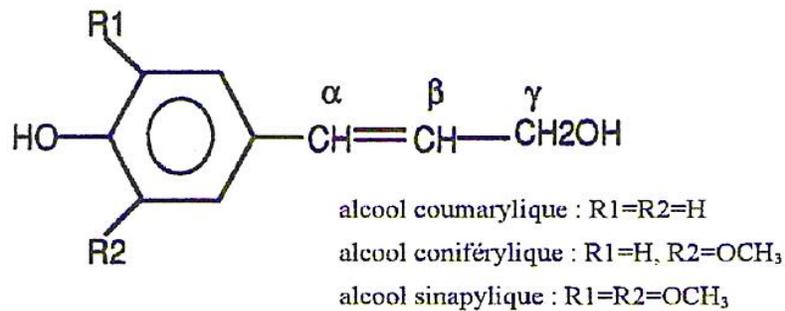


Figure I.10 Formule chimique de la lignine [09].

d) Pectine

La pectine est un polymère acide, composée d'une chaîne d'acide uronique (l'acide uronique est obtenu par oxydation du dernier carbone de sucre). Elle fournit la flexibilité à la plante.

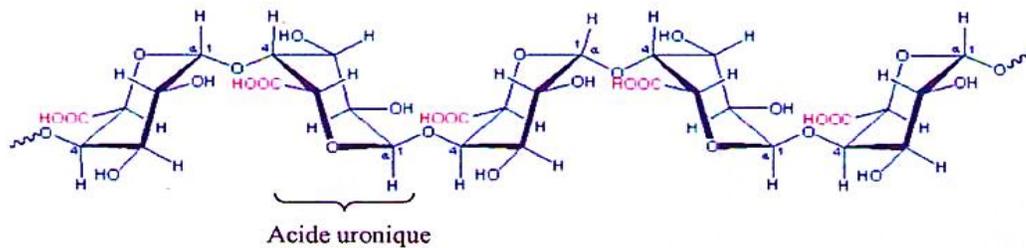


Figure I.11 Structure d'une chaîne d'acide uronique [09].

e) Les extractibles

Ils comprennent plusieurs substances chimiques différentes comme les graisses, qui sont insolubles dans l'eau et dans divers acides, elles peuvent être extraites par une solution organique. En effet, les polymères des parois cellulaires des matériaux naturels ont beaucoup de groupes hydroxyles responsables de l'absorption d'eau. Cependant, la cellulose, l'hémicellulose et la lignine absorbent l'humidité à différents degrés car le contenu en hydroxyles pour chaque polymère est différent [09]. Ainsi qu'ils sont responsables des propriétés mécaniques des matériaux. Le tableau I.2 montre les compositions chimiques des différents types des matériaux naturels.

Tableau I.1 Composition chimique des fibres végétales [[MWA-06]

Fibre	Cellulose (%)	Hémicellulose (%)	Lignine (%)	Pectine (%)	Graisses (%)
Coton	85-90	5,7	0,5 – 1,6	5,7	0,6
Ramie	68,6 -76,2	13,1 -16	0,6 -0,7	1,9 -2	0,3
Sisal	65,8	12	9,9	0,8 -2	2
Jute	64 ,4-84	12 -20	12 -13	0,2	0,5
Lin	64,1 -81	16,7 -20,6	2 - 3	0,9 -1,8	1,5
Chanvre	68 -92	15 -22	10	0,9	0,8
Noix de Coco	32 -46	0,15 -0,3	40-45	4	-
Palmier	32 -35,8	24,4 -28,1	26,7 -28,1	-	7

I.3.2 Utilisations des fibres naturelles

L'utilisation des fibres végétales comme renfort dans les matériaux composites a pour but de : valoriser les ressources locales dans les pays industrialisés ou peu industrialisés et d'ouvrir ainsi de nouveaux débouchés aux produits agricoles, développer des matériaux et des technologies tenant compte de l'impact sur l'environnement [09].

Les composites à base de fibres végétales trouvent de plus en plus des applications industrielles et leurs utilisations augmentent de jour en jour. Les principales raisons sont la disponibilité d'un grand éventail de fibres végétales, le respect de l'environnement et la recyclabilité quand ils sont combinés avec des polymères adéquats. L'incorporation des fibres végétales à savoir le lin [10], le chanvre, le jute, le ramie [10], le sisal [11], le kenaf, le coco, le abaca [11], et d'autres fibres, dans des matériaux thermo-plastiques ou thermodurcissables en remplacement des fibres de verre est un concept qui commence à être industrialisé et commercialisé. Les composites renforcés par des fibres végétales trouvent des applications dans la fabrication des habitacles de plusieurs marques de voitures, de petits bateaux et kayaks, et même dans la boiserie et les constructions en génie civil ou bien dans des structures secondaires dans des applications qui répondent au souci de la préservation de l'environnement [12].

I.4 Interface d'un matériau composite : notion d'adhésion :

I.4.1 Interface fibres végétales / polymères thermoplastiques :

L'interface fibres/matrice joue un rôle déterminant sur les propriétés finales des matériaux composites. Des méthodes physiques et chimiques, dont l'objectif est de rendre compatibles les fibres et les matrices, peuvent être utilisées pour optimiser cette interface. Ces méthodes reposent sur la modification de surface des fibres et/ou de la matrice et la mise en place de nouvelles propriétés inter-faciales.

I.4.2 Modification des fibres végétales :

Le principal frein au développement des matériaux composites à renfort de fibres de cellulose réside dans la faible compatibilité entre la matrice polymère et les fibres. On se trouve

en présence d'un renfort hydrophile polaire et d'une matrice hydrophobe apolaire, d'où une faible adhésion fibre/matrice. Ceci conduit à des matériaux composites dont les propriétés mécaniques sont bien en deçà de celles attendues. De plus, les fibres de cellulose possèdent une faible résistance à l'humidité, ce qui est néfaste à la durabilité des composites. Pour incorporer efficacement des fibres de cellulose au sein d'une matrice thermoplastique, il est nécessaire d'améliorer l'interface fibre/matrice afin d'optimiser leur adhésion. Pour ce faire, différentes stratégies utilisant des méthodes physiques ou chimiques sont relatées dans la littérature [12].

Etant donné les problèmes rencontrés avec l'utilisation des fibres végétales en complément d'une matrice, de nombreuses études ont été menées dans le but de modifier certaines de leurs caractéristiques avant l'élaboration de composites. La plupart des traitements ont pour but de limiter le comportement hydrophile du végétal et le relargage d'extractibles. Ces modifications ont pour objectif de :

- ✓ Créer des liaisons fortes entre la fibre et la matrice ;
- ✓ Abaisser le caractère hydrophile des fibres végétales.

I.4.2.1 Les méthodes physiques de modification de la surface :

Les traitements physiques de surface ont la particularité de ne pas modifier la composition chimique de la fibre cellulosique. Ces modifications ne sont pas les plus utilisées pour le traitement de surface des fibres cellulosiques mais ont fait l'objet de plusieurs études. Le traitement corona, les décharges diélectriques et plasma sont parmi les plus connus. De nouvelles techniques sont utilisées de plus en plus comme les irradiations laser, UV ou même les rayonnements γ [08].

I.4.2.2 Les méthodes chimiques de modification de la surface :

Le principe des modifications chimiques est l'introduction d'un troisième matériau aux propriétés intermédiaires afin de rendre compatibles les deux matériaux de base. Le couplage réalisé permet l'association des fibres cellulosiques fortement hydrophiles avec des polymères hydrophobes. Dans cette partie, on va citer quelques méthodes courantes de traitement chimique des fibres de bois à fin d'améliorer l'adhérence [09].

I.4.2.2. a. Traitement à l'hydroxyde de sodium

La mercerisation est un procédé chimique inventé par John Mercer en 1844 et qui consiste à traiter une étoffe de coton (cellulose) afin d'améliorer les caractéristiques physicochimiques des fibres, comme de leur donner un aspect lustré. Le traitement à la soude ou mercerisage est l'un des traitements les plus utilisés avec les fibres naturelles lorsqu'elles sont utilisées pour renforcer les thermoplastiques et les thermodurcissables. La modification importante apportée par un traitement alcalin est la diminution des liaisons hydrogène entre la cellulose et les deux autres principaux constituants : hémicellulose et lignine [7].



Figure I.12 Traitement des fibres par une solution de soude [7].

I.4.2.2. b. Imprégnation des fibres :

Une meilleure association des fibres et de la matrice est obtenue par imprégnation des fibres de renfort par des matrices polymères compatibles avec la fibre. A cet effet, des solutions polymères ou agents dispersants de faible viscosité sont utilisés. Pour un certain nombre de polymères intéressants, le déficit de solvants appropriés limite le recours à l'imprégnation. Lorsque les fibres cellulosiques sont imprégnées en présence de l'agent dispersant polychlorure de vinyle (PVC) plastifié par du butylbenzylphthalate, une excellente répartition peut être réalisée dans du polystyrène (PS) et le PVC.

I.4.2.2. c. couplage chimique :

Une autre méthode importante de traitement est le couplage chimique car il améliore la qualité de l'interface fibre/matrice. La surface de la fibre est traitée avec un composé chimique servant de pont des liaisons chimiques entre les fibres cellulosiques et la matrice. Les agents de couplage datent du début des années soixante et ce n'est qu'à la fin de cette décennie que l'on suggère leur utilisation pour améliorer les propriétés mécaniques. On distingue trois grandes catégories : les agents organiques, inorganiques et hybrides organiques-inorganiques.

➤ Agents de couplage organiques :

Ils possèdent des groupes fonctionnels qui interagissent avec les groupes polaires de la cellulose et de la lignine pour former des liaisons covalentes ou hydrogènes. On site

comme exemples d'agents de couplage organiques :

- Le traitement avec un composé contenant des groupes méthylols (-CH₂-OH).
- Les traitements aux isocyanates.
- Le traitement aux anhydrides comme l'anhydride maléique et l'anhydride succinique

➤ **Les agents de couplage inorganiques :**

Ce type d'agent, comme les silicates, agit comme un agent dispersif qui contre balancerait la polarité de la surface des fibres.

Traitement avec les acides acryliques et méthacrylates :

Les acides acryliques et méthacrylates présentent une structure similaire avec celle de l'anhydride maléique, le Figure I-18 : montre la modification chimique des fibres celluloses par l'acide acrylique[7].

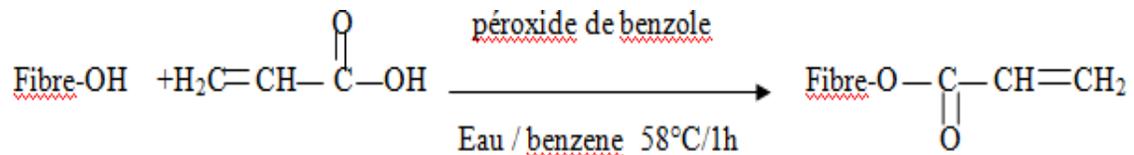


Figure I.13 montre la modification chimique des fibres celluloses par l'acide acrylique [7]

Référence bibliographie de Chapitre I

- 01 **KARECHE Abdelhak (2014). Etude des matériaux à base de bois de palmier dattier durabilité, dégradation et propriétés structurales et de transfert. Mémoire de magister, Faculté de Technologie, Université El Hadj Lakhdar (Algérie).**
- 02 **Benmansour, N. (2011). Etude des performances de produits renouvelables et locaux adaptés aux applications de l'isolation thermique dans le bâtiment. Mémoire de magister, Faculté des sciences, Université El Hadj Lakhdar (Algérie).**
- 03 **Alaoui S. B., 2005. Référentiel pour la Conduite Technique du palmier dattier. In "Référentiel de Conduite Technique des Principales Cultures au Maroc". Éditeurs: Si Bennesseeur Alaoui et Ajiro Yasuhei. 102-112.**
- 04 **Kriker, A. (2005). Caractérisation des fibres de palmier dattier et propriétés des bétons et mortiers renforcés par ces fibres en climat chaud et sec (Doctoral dissertation, Ecole nationale supérieure polytechnique).**
- 05 **Placet, V., Trivaudey, F., Cisse, O., Gucheret-Retel, V., & Boubakar, M. L. (2012). Diameter dependence of the apparent tensile modulus of hemp fibres: A morphological, structural or ultrastructural effect?. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 43(2), 275-287.**
- 06 **Rhouma Abdelmadjid "Le palmier dattier en Tunisie " International Plant GeneticResources Institute, 2005**
- 07 **BERTHELOT Jean-Marie (2010) Matériaux composites (5° Éd.) : Comportement mécanique et analyse des structures. Edition Lavoisier.**
- 08 **BALEY, C. (2013). Fibres naturelles de renfort pour matériaux composites. Ed. Techniques Ingénieur.**
- 09 **Mohanty, A. K., Misra, M., & Drzal, L. T. (Eds.). (2005). Natural fibers, biopolymers, and biocomposites. CRC Press.**
- 10 **Saporta, G. (2006). Probabilités, analyse des données et statistique. Editions Technip**
- 11 **Belaadi, A., Bezazi, A., Bourchak, M., & Scarpa, F. (2013). Tensile static and fatigue behaviour of sisal fibres. Materials & Design, 46, 76-83.**
- 12 **BALEY, C. (2013). Fibres naturelles de renfort pour matériaux composites. Ed. Techniques Ingénieur**

CHAPITRE II

MATERIAUX ET TECHNIQUES EXPERIMENTALES ET CARACTERISATIONS

II.1. MATERIAUX UTILISE :

II.1.1. Le Polyéthylène :

Le polymère utilisé est le polyéthylène (EgypopteneLLD3505U) ses caractéristiques sont résumées dans le tableau II.1

Tableau II.1: Caractéristiques de polyéthylène PE-LLD

Propriété	Valeur
Débit de fusion (2,16 kg)	5 g/10min
Densité	0.935 g/m ³
Résistance à la traction à la limite d'élasticité	18 MPa
Allongement à la rupture	700 %
Module de flexion	700 MPa
Résistance aux chocs Charpy	30 KJ/M ²
Taille moyenne des particules	500µm
Densité en vrac	0.37 g/cm ³
Fluidité	26 s



Figure II.1 : Polyéthylène linéaire à basse densité PE-LBD

II.1.2. L'hydroxyde de sodium

L'hydroxyde de sodium utilisée a été produite par la société, « **BIOCHEM Chermopharma** », ses caractéristiques sont représentées dans le tableau II.2.

Tableau II.2 : Caractéristiques de l'hydroxyde de sodium

Formule chimique	Masse moléculaire	Pureté
NaOH	40 g/mol	99%

II.1.3. L'acide chlorhydrique

L'acide chlorhydrique utilisé est fabriqué par la société «BIOCHEM Chermopharma». Ses caractéristiques sont données dans le tableau II.3.

Tableau II. 3 : Les caractéristiques de L'acide chlorhydrique.

Formule chimique	Masse moléculaire	Densité	Pureté
HCl	36.46 g/mol	1.18	35-38%

II.2. TECHNIQUES EXPERIMENTALES :

II.2.1 préparation des fibres de palmier dattier

Dans notre étude, la charge utilisée est fibre de palmier dattier. Il a été récupéré au niveau de la région de Biskra située au sud de l'Algérie, ces fibres ont subis plusieurs prés traitements :

- Lavage avec de l'eau froide afin d'éliminer les impuretés solubles dans l'eau froide
- Lavage avec de l'eau chaude pour éliminer les impuretés insolubles dans l'eau froide.
- Séchage à l'air libre pendant 48 heures.
- Broyage suivit par le tamisage pour avoir des fibres à deux tailles différents $T_{125}=125\mu\text{m}$ et $T_{500}=500\mu\text{m}$.



Figure II.2: broyage des fibres de palmier dattier

II.2.2. Modification chimique de la fibre de palmier dattier

Toutes les concentrations sont exprimées en % massique.

II.2.2.1. Modification chimique de la fibre par la soude NaOH

- Dans un bécher, on introduit 500g de la fibre de palmier et on l'immerge dans une solution de la soude NaOH à 5%, avec l'agitation pendant 14 heures.
- Filtration des fibres suivi par le lavage avec l'eau distillé contenant HCl de 5%, pour éliminer l'excès en NaOH et neutraliser la solution "pH=7"
- En fin filtration de la charge et le séchage dans une étuve à 80°C pendant 24h.
- Ce protocole se fait pour les deux tailles de fibres.



Figure II.3 : Modification chimique de la fibre par la soude NaOH

II.2.3 Préparation des mélanges :

Les matériaux composites ont été fabriqués à partir de polyéthylène base densité (PE-LLD) renforcés par des fibres de palmier dattier traitées et non traitées. Les mélanges à différentes proportions massiques (10 à 30%) ont été préparés par pesée et placés dans une étuve à 80°C pendant une heure. La composition des différentes formulations sont rapportées dans le tableau II.4

Tableau II.4: Composition des différentes formulations

Formulations	Les pourcentages de compositions	
	PE	FIBRE
PE	100%	0%
PE/FNT ₁₂₅	85%	15%
PE/FNT ₅₀₀	70%	30%
PE/FTA ₁₂₅	85%	15%
PE/FTA ₅₀₀	70%	30%

- **PE** : La formulation du PE non chargée.
- **PE/FNT**: La formulation du PE chargées avec les fibres de palmier non traitée à 15% en poids et à différents tailles $T_{125}=125\mu\text{m}$ et $T_{500}=500\mu\text{m}$.
- **PE/FTA** : La formulation du PE chargées avec les fibres de palmier non traitée à 15% en poids et à différents tailles $T_{125}=125\mu\text{m}$ et $T_{500}=500\mu\text{m}$.

Les mélanges précédents vont alimenter une extrudeuse de type PolyLab OC au niveau du laboratoire de génie mécanique LGM de l'université de Biskra. Les températures maximales ont été maintenues entre 160 et 200°C et la vitesse de rotation de la vis est fixée à 45 tours/minute.

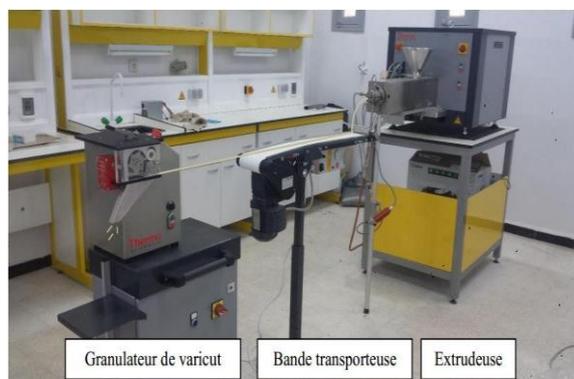


Figure II.4: Extrudeuse de type PolyLab OC

II.2.4 Moulage des composites

La presse que nous avons utilisée pour le moulage est une presse hydraulique à chauffage électrique de type : SCHWABENTHAN POLYSTAT 300S dans ENICAB (Entreprise nationale des industries des câbles Biskra). Le moulage du composite a été réalisé comme suit : les granules obtenus par extrusion ont été introduite dans un moule entre deux tôles d'aluminium dans une presse à une température de 180°C, à une pression de 300 bars. Un

préchauffage est effectué jusqu'à ce que le mélange soit initialement fondu, et pour éviter la présence de bulles d'air, un dégazage est effectué avant l'application de la pression finale. Des plaques d'une épaisseur de 2 mm ont été obtenues puis découpées en haltères et en carrés pour différents tests de caractérisation.



Figure. II.5 Presse "SWHWABENTHAN POLYSTAT 300S



Figure. II.6 Les plaques des composites obtenus après moulage.



Figure II.7 Éprouvettes des essais.

II.3 TECHNIQUES DE CARACTERISATIONS :

II.3.1 Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier (FTIR)

Les spectres sont enregistrés à l'aide d'un spectrophotomètre à double faisceaux de marque SHIMADZU FTIR-8400S qui est installé au laboratoire de chimie de l'université de Biskra, avec une résolution de 2 cm^{-1} , dans la région 4000 cm^{-1} à 400 cm^{-1} . Les échantillons à analyser sont préparés sous forme des pastilles. Il s'agit d'un mélange de 0,001g de fibres préalablement broyée (traité, ou non traité) et 0,2g de bromure de potassium (KBr)

**Figure II.8 Spectrophotomètre SHIMADZU – FTIR 8400S.**

II.3.2. Essai de traction

L'essai de traction est la méthode expérimentale qui est utilisée couramment pour la détermination des comportements mécaniques des matériaux. Ces comportements sont décrits par un ensemble de relations entre les contraintes, les déformations et leur évolution au cours du temps. On exerce une force de traction sur un cylindre de longueur qu'on a déterminé, car les résultats d'essai sont influencés par la précision de mesure des dimensions de l'éprouvette, Jusqu'à sa rupture. En enregistrant la force F appliquée à l'éprouvette par la machine de traction et son allongement progressif, on remarque que l'effort fourni augmente avec l'allongement puis atteint un maximum et commence à décroître. Les essais de traction sont effectués à l'aide d'une machine de traction universelle INSTRON 5969.

- La vitesse de traction utilisée est égale à 5 mm/min .
- L'essai se fait à la température ambiante (laboratoire).

Pour chaque mélange on utilise trois éprouvettes et on prend les valeurs moyennes de l'allongement à la rupture et de la résistance à la traction.



Figure. II.9 Machine de traction type INSTRON modèle 5969.

CHAPITRE III

RESULTATS ET DISCUSSIONS

III.1. CARACTERISATION DE FIBRES DE PALMIER DATTIER

III.1.1. Analyse spectroscopique infrarouge à transformée de Fourier FTIR

Les spectres Infrarouges à Transformée de Fourier (FTIR) des fibres non traitées et traitées par le NaOH sont présentés dans la figure III.1.

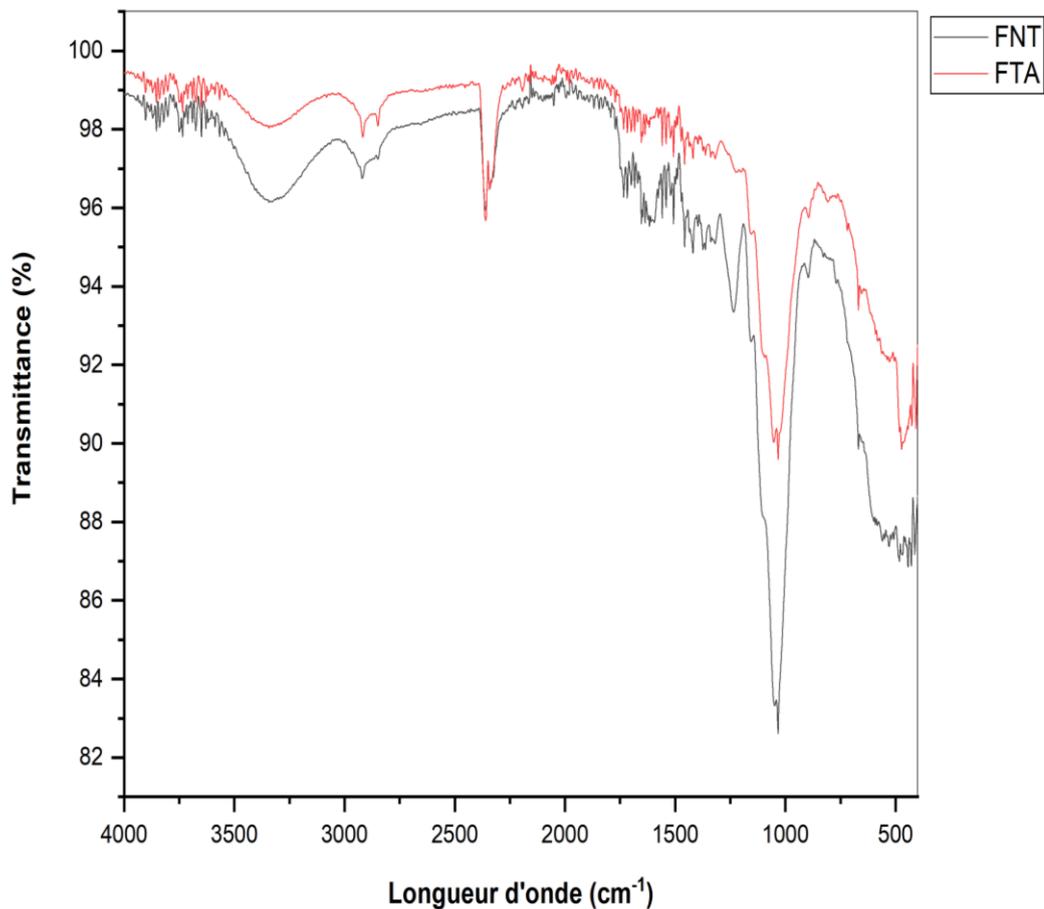


Figure III.1. : Spectres IRTF des fibres de palmier dattier traitée et non traitée.

- A 3338 cm^{-1} une large bande correspond à la vibration d'élongation de la liaison O-H intramoléculaire de la cellulose et hémicellulose [1].
- A $2915 - 2846\text{ cm}^{-1}$ deux bandes fine respectivement correspond à la vibration d'élongation

symétrique et asymétrique de la liaison C-H de groupement méthyle et méthylène de chaînes latérales de la cellulose et hémicellulose [1, 2].

- On observe à 1733 – 1715 cm^{-1} des bandes fines de faible intensité correspondent à la vibration d'élongation des groupements carbonyles C=O présentent dans les hémicelluloses et lignine extractives [2].
- On observe à 1652 cm^{-1} une bande fine de moyenne intensité correspond à la vibration en mode de flexion de la liaison O-H de l'eau absorbée par la fibre de palmier [3, 1].
- A 1507 cm^{-1} une bande fine correspond à la vibration élongation de la liaison C=C de groupement aromatique de lignine [2, 3].
- On observe à 1455 - 1418 cm^{-1} deux bandes fines correspond à la vibration de déformation de la liaison C-H asymétrique des groupements OCH_3 , CH_2 de la lignine et l'hémicellulose [2, 4].
- On observe à 1237 cm^{-1} une bande fine correspond à la vibration de flexion de la liaison C-H dans le plan de la cellulose et hémicellulose [1].
- On observe à 1033 cm^{-1} une bande large de forte intensité correspond à la vibration de déformation des liaisons C-O-C de la cellulose et de l'hémicellulose [5].
- On observe à 720 cm^{-1} une bande fine de très faible intensité correspond à la vibration de déformation des hydroxyles O-H [2].
- A 664 cm^{-1} une bande fine de très faible intensité correspond à la vibration en mode flexion en dehors du plan de la liaison C-OH [1].

Après la modification chimique, on observe la diminution du pic située vers 3338 cm^{-1} qui correspond aux groupements hydroxyles -OH. Cette diminution de l'intensité a été attribuée à la diminution des groupements hydroxyles -OH et la solubilisation de lignine. Ainsi la disparition de la bande à 1733 cm^{-1} associée à la vibration d'élongation des groupements carbonyles C=O des esters ou des groupes acétyles des hémicelluloses, des pectines et des cires du fibre de palmier [9,10]. Un abaissement des pics à 1455-1418 cm^{-1} de la liaison C-H asymétrique des groupements OCH_3 , CH_2 de la lignine et l'hémicellulose. On note également la diminution de l'intensité du pic à 1109 cm^{-1} assigné à l'élongation des groupements éthers C-O-C de la lignine, cette diminution essentiellement dues à la solubilisation de la lignine, des cires et des pectines dans l'hydroxyde de sodium [6, 7]. La réaction entre la cellulose et la soude est décrite Par :



Schéma III.1 : Réaction entre la cellulose et la soude.

III.2. CARACTERISATION DES COMPOSITE ELABORES

III.2.1. Essai de traction

III.2.1.a. Contrainte à la rupture

L'évolution de la contrainte à la rupture des composites élaborés en fonction de la taille des fibres est illustrée sur la figure III.2. On constate une diminution de la contrainte à la rupture pour les composites avec l'augmentation de la taille des fibres non traitée comparé au PE vierge. Cette abaissement est attribué à la diminution de la force de liaison entre les fibres et la matrice qui obstrue la propagation d'effort [8], et que la taille des fibres est un paramètre prépondérant influence sur les propriétés mécaniques [9], on distingue que les petites particules sont bien dispersées dans la matrice par rapport aux long fibres. Il s'ajoute à cela une faible adhésion interfaciale des composites (PE/FNT) à cause du caractère hydrophobe de la matrice de PE et le caractère hydrophile de la charge [10].

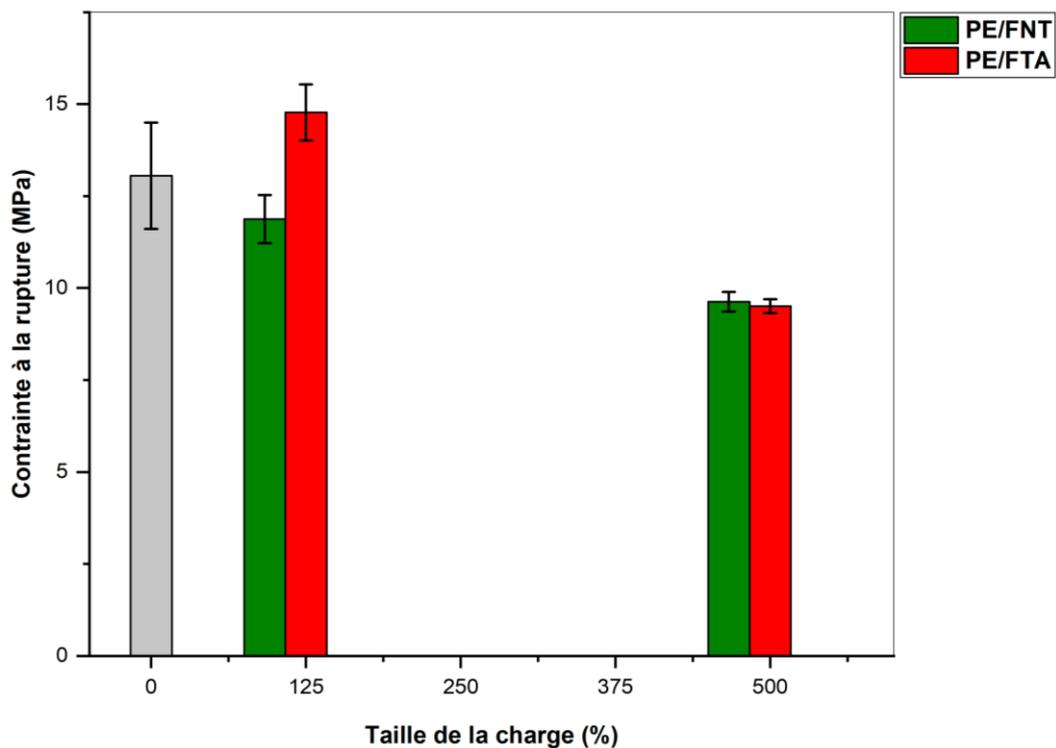


Figure III.2 : Evolution de la contrainte à la rupture des composites en fonction de la taille des fibres traitées et non traitées.

Le traitement alcalin des fibres de palmier conduit à l'amélioration de la contrainte à la rupture des composites (PE/FTA) par rapport aux composites renforcés par des fibres non traitées

(PE/FTA). Ceci est attribué à la bonne adhésion entre les fibres traitées et la matrice polymérique. Il est important de noter que le traitement alcalin permet la diminution de la taille des fibres [11, 12], ce qui améliore plus la dispersion des fibres dans la matrice. Le traitement alcalin permet d'extraire les impuretés et d'éliminer des constituants pariétaux tels que les lignines, les pectines et les substances cireuses qui recouvrent la surface externe des parois cellulaires de la fibre. Ce qui favorise la formation de fibrilles et donne une surface rugueuse à la fibre pour faciliter les interactions physico-chimiques à l'interface charge-polymère [13].

IV.1.1.1.a. Allongement à la rupture

Evolution de l'allongement à la rupture des composites en fonction de la taille des fibres est présenté sur la figure III.3. On constate que la tendance de l'ensemble des composites élaborés en fonction de la taille des fibres, est caractérisée par une baisse importante de l'allongement à la rupture. Cette diminution est principalement due à l'incorporation de la fibre de palmier de caractère rigide dans la matrice PE, qui réduit la mobilité des chaînes polymériques, et accélère la rupture des éprouvettes des composites renforcées [14].

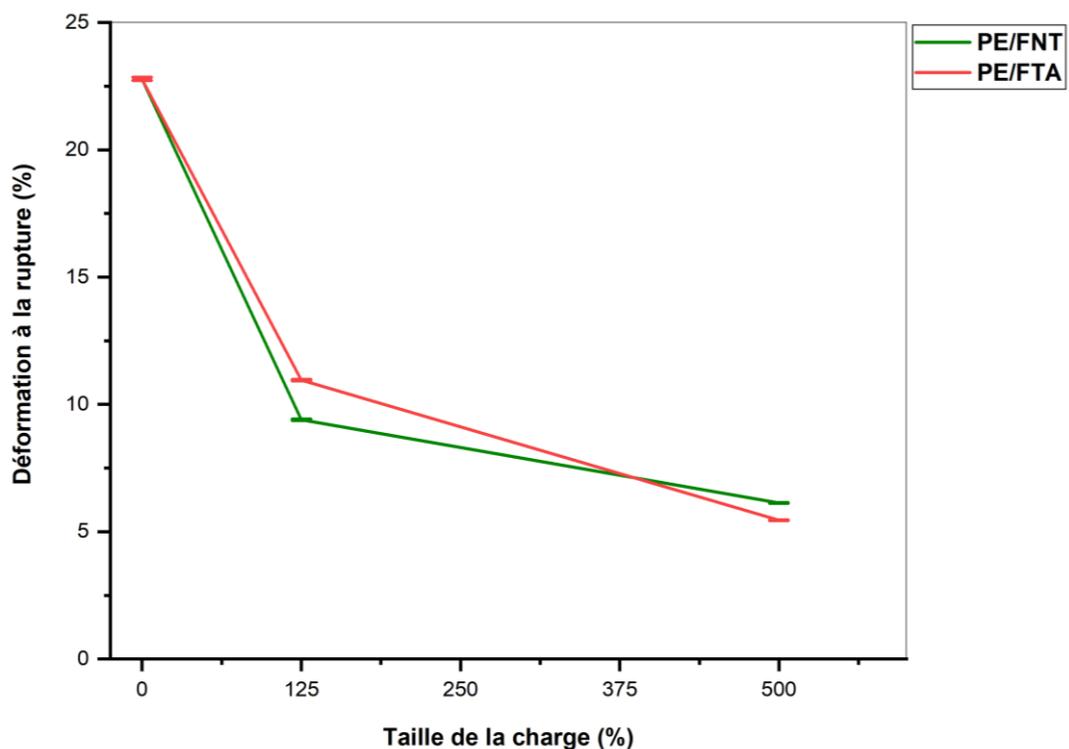


Figure III.3 : Evolution de l'allongement à la rupture des composites en fonction de la taille des fibres traitées et non traitées.

L'ajout des fibres de palmier traitées par le NaOH dans la matrice PE augmente l'allongement à la rupture pour la taille des fibres à 125 μm . Le PE/FTA₅₀₀ présente une diminution de l'allongement par rapport au composite PE/FNT₁₂₅. Cela peut être attribué à la présence d'un certain nombre d'extrémités de fibres dans les composites qui ont provoqué l'initiation de fissures et une défaillance potentielle du composite. De plus, l'agglomération de fibres pourrait avoir contribué à créer des zones de concentration de contraintes nécessitant moins d'énergie pour la propagation des fissures [15].

IV.1.1.1.b. Module d'Young

La figure III.4 met en évidence l'évolution du module d'Young des composites PE/fibre de palmier en fonction de la taille des fibres traitées et non traitées. D'une manière générale, on peut voir clairement que les composites renforcés par les fibres de palmier traitées et non traitées enregistrent des modules d'Young plus important que celui du PE. En effet, l'incorporation de la charge augmente la rigidité des composites [16, 17]. D'autre part, on observe qu'il y a une diminution du module d'élasticité avec l'accroissement de la taille des fibres. La raison probable que la longue fibre à partir de 500 μm risque de ne pas devenir compatible avec la matrice correctement. Ainsi, une liaison inadéquate se produit entre les fibres et la matrice. Selon des recherches précédentes [18], ils ont constaté que le facteur de la taille des particules des fibres, a une grande influence sur la rigidité des composites. Les composites PE/ FTA marquent une augmentation du module d'Young, cela peut être expliqué par la bonne orientation des fibres de palmier traités à du taille de 125 μm dans la matrice de PE [19].

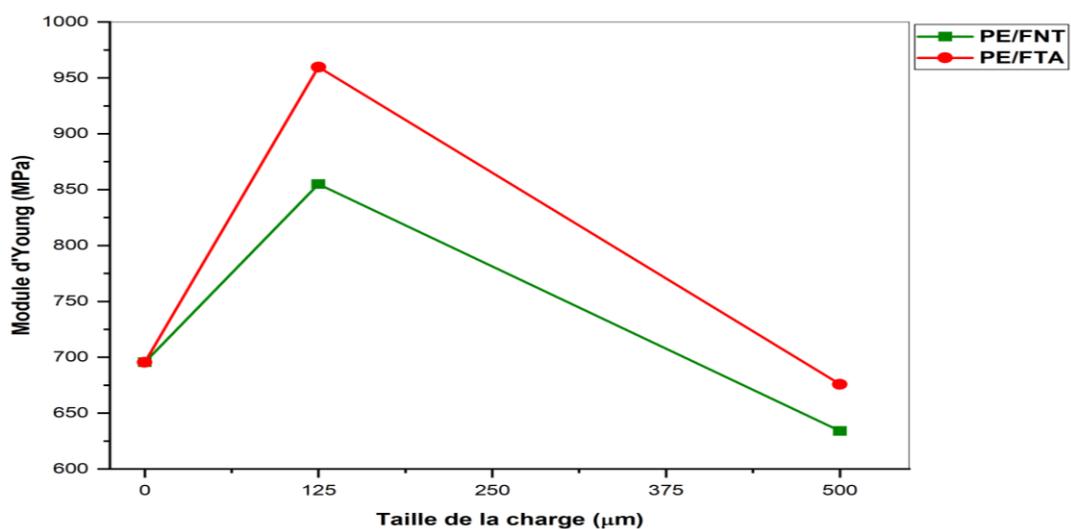


Figure III.4 : Evolution du module d'Young des composites en fonction de la taille des fibres traitées et non traitées.

III.2.2. Dureté Shore D

L'évolution de la dureté shore D des composites en fonction de la taille des fibres de palmier traitée et non traitée est illustrée sur la figure III.5.

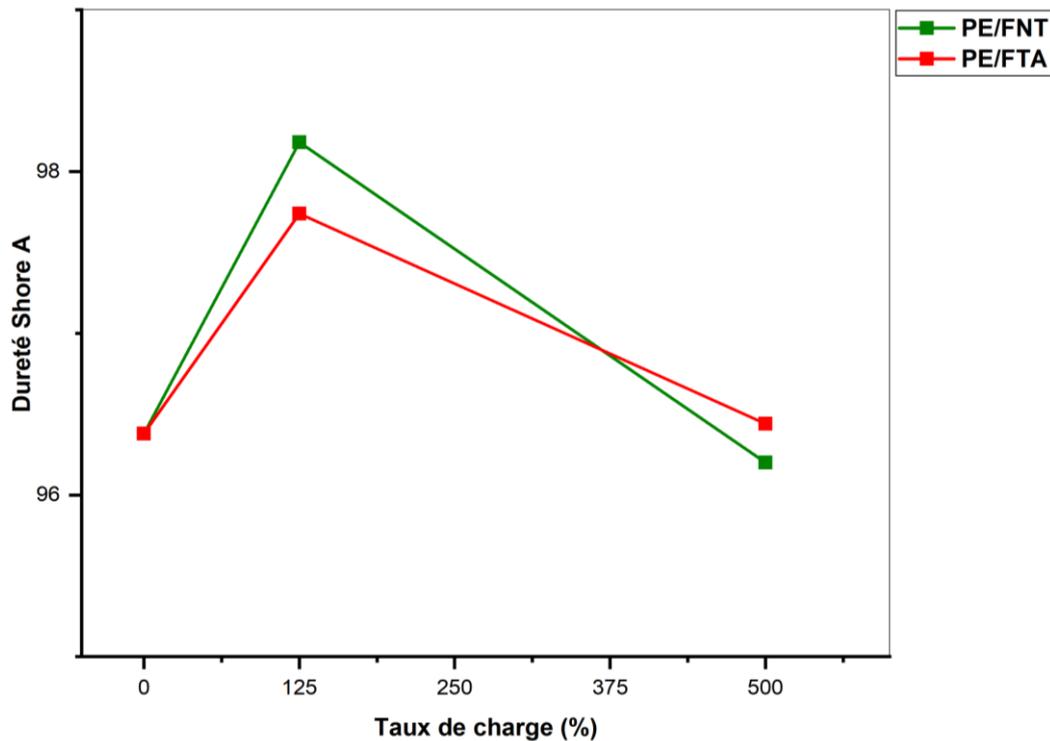


Figure III.5 : Evolution la dureté shore D des composites en fonction de la taille des fibres traitées et non traitées.

On observe que l'incorporation des fibres de palmier dans le polyéthylène est accompagnée d'une augmentation significative de la dureté des composites traitées et non traitées PE/FNT et PE/FTA comparé au PE vierge. Ces résultats sont prévisibles dans la mesure que la fibre de palmier est constituée de $\approx 40\%$ de cellulose qui est classée parmi les fibres dures ce qui se traduit par une plus grande résistance à la pénétration de l'aiguille du duromètre dans le matériau composite [20]. On constate une diminution de la dureté avec l'augmentation de la taille des fibres. Cette diminution est peut être due à la formation des agglomérats qui induisent une mauvaise adhésion interfaciale. Pour les composites PVC/FTA on remarque bien l'augmentation de la dureté cela s'explique par la bonne dispersion de la fibre dans la matrice avec la diminution des vides et une plus forte adhésion interfaciale fibre-matrice. Pour une même taille l'augmentation ou la diminution de la dureté des fibres traitées par rapport aux fibres non traitées est interprété par la présence ou l'élimination des constituants ayant un caractère dur [

CONCLUSION GENERALE

Ce travail constitue une contribution à la recherche des caractéristiques des matériaux composites polymériques et les fibres de liège.

Cette étude regroupe un certain nombre d'aspects sur la préparation des matériaux consacrée à la valorisation des déchets de fibres de liège comme renfort dans la fabrication des matériaux composites à matrice polyéthylène.

Les résultats du MEB des différents échantillons analysés indiquent clairement que les composites PE/FL présentent une mauvaise adhésion inter faciale par rapport aux composites PE/FL.

L'étude des propriétés mécaniques de la traction de nos composites a montré que contrainte à la rupture, allongement et module d'Young augmente avec l'augmentation du taux de fibres.

Les résultats des essais de flexion montrent un abaissement de la contrainte à la flexion des composites par rapport aux PE vierge, cela due par la capacité de transfert de force plus élevée à l'interface du composite. L'augmentation du module de flexion est proportionnelle à l'accroissement du taux des fibres.

REFERENCES INTRODUCTION GENERALE

- [1] K.BOURAI, Étude du comportement thermique d'un composite bois-polymère pour une application en rotomoulage, Mémoire de maîtrise, Université Laval, Canada, **2010**.
- [2] S.AMROUNE, Caractérisations mécaniques et étude de l'endommagement des matériaux composites renforcés par des fibres de palmier, Thèse de doctorat, Université de Guelma, **2016**.

REFERENCES

- [1] T.MASRI, H.OUNIS, L.SEDIRA, A.KACI, A.BENCHABANE, Characterization of new composite material based on date palm leaflets and expanded polystyrene wastes, *Construction and Building Materials*, 410–418, **2018**.
- [2] A.EL OUDIANI, S.MSAHLI, F.SAKLI, In-depth study of agave fiber structure using Fourier transform infrared spectroscopy, *Carbohydrate Polymers* 164, 242–248, **2017**.
- [3] D.DASONG, F.MIZI, Investigation of the dislocation of natural fibres by Fourier- transform infrared spectroscopy, *Vibrational Spectroscopy*, 55, 300–306, **2011**.
- [4] F.CARRILLO, A.X.COLOM, J.J.SUNOL J.SAURINA, Structural FTIR analysis and thermal characterisation of lyocell and viscose-type fibres, *European Polymer Journal*, 40, 2229–2234, **2004**.
- [5] P, A.SREEKUMAR, P, T.ELVIN, S.JEANM, J.KURUVILLA, G.UNNIKRISHNAN, and T.SABU, Effect of fiber surface modification on the mechanical and water absorption characteristics of sisal/polyester composites fabricated by resin transfer molding, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 40, 1777, **2009**.
- [6] A.ESPERT, F.VILAPLANA. and S.SKARLSSON, Comparison of water absorption in natural cellulosic fibres from wood and one-year crops in polypropylene composites and its influence on their mechanical properties, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 35, 1267–1276, **2004**.
- [7] F. ZHOU, G. CHENG, B. JIANG, Effect of silane treatment on microstructure of sisal fibers, *Applied Surface Science*, 292, 806- 812, **2014**.
- [8] E, F. MARQUÈS, J, A. MÉNDEZ, M, A. PÈLACH, F. VILASECA, J. BAYER ET P, Mutjé, Influence of coupling agents in the preparation of polypropylene composites reinforced with recycled fibers, *Chemical Engineering Journal*, 166, 1170–1178, **2011**.
- [9] S. MIGNEAULT, A. KOUBAA, F. ERCHIQUI, A. CHAALA, K. ENGLUND and M. WOLCOTT, Effect of Processing method and fiber size on the structure and properties of wood-plastic composites, *compos, Part A*, 40, 80-85, **2008**.
- [10] S.M.SHALER, Mechanics of the interface in discontinuous wood fiber composites,

WoodFiber/Polymer Composites, Fundamental concepts, processes and material options, Ed. By M.P.Wolcott, Forest Product Society, composites, Wisconsin, U.S.A, **1999**.

- [11] E, G. MYERS, P, C. KOLOSICK, I, S. CHAHYADI, C, A. COBERLY, J,A. KOUTSKY, D, S. ERMER, Extruded Wood - Flour Polypropylene Composites: Effect of a Maleated Polypropylene Coupling Agent on Filler – Matrix Bonding and Properties, *Mat. Res. Soc. Symp. Proc*, 97, 67-77, **1990**.
- [12] V.PLACET, F.TRIVAUDEY, O.CISSE, V.GUCHERET-RETEL and M, L. BOUBAKAR, Diameter dependence of the apparent tensile modulus of hemp fibres: A morphological, structural or ultrastructural effect, *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 43(2), 275-287, **2012**.
- [13] J.ANDERSONS, E.SPARNINS, E. JOFFE, L, R. WALLSTROM, Strength distribution of elementary flax fibres, *Composites science and technology*, 65(3), 693-702, **2005**.
- [14] B, A. ACHA, M, M. REBOREDO, N, E. MARCOVICH, Effect of coupling agents on the thermal and mechanical properties of polypropylene–jute fabric composites, *Polym Inter*, 55, 1104–1113, **2006**.
- [15] S, K. MAJHI, S, K. NAYAK, S. MOHANTY, L.UNNIKRISHNAN, Mechanical and fracture behavior of banana fiber reinforced Polylactic acid biocomposites, *Int J Plast Technol* 14, S57–S75, **2010**.
- [16] MD, N. ISLAM, MD, R. RAHMAN, MD, M. HAQUE, MD, M. HUQUE Physico-mechanical properties of chemically treated coir reinforced polypropylene composites, *Composites: Part A* 41, 192-198, **2010**.
- [17] R. BODÎRLĂU, I. SPIRIDONET C, A. TEACĂ, Influence of components ratio upon mechanical properties of wood/thermoplastic polymer composites, *Cellulose Chemistry and Technology*, 43, 205-209, **2009**.
- [18] NM. STARK, R. E. ROWLANDS, Effects of wood fiber characteristics on mechanical properties of wood/polypropylene composites, *Wood and fiber science*, 35, 167-174, **2003**.
- [19] J, E.CRESPO, R.BALART, L.SANCHEZ, J.LOPEZ, Mechanical behaviour of vinyl plastisols with cellulosique fillers,Analysis of the interface between particules and matrices, *Int J Adhesion & Adhesives*, 27,422-428, **2007**.
- [20] B. DAIRI, H. DJIDJELLI, A. BOUKERROU, Study and Characterization of Composites Materials Based on Poly(Vinyl Chloride) Loaded with Wood Flour, *Journal of Materials Science and Engineering A*, 3, 110-116, **2013**.
- [21] K.G. SATYANARAYANA, G.C. ARIZAGA, F. WYPYCH, Biodegradable composites based on lignocellulosic fibers—An overview, *Journal of Progress in Polymer Science*, 34, 982–1021, **2009**

Résumé

Ce manuscrit comporte une étude sur la valorisation des déchets agricoles dans l'industrie des matériaux composites polymériques. Un intérêt particulier sur les fibres de palmier dans le renforcement des composites en polypropylène (PP) avec des taux de charge variant de 10 à 30%. Les fibres ont été examinées par l'analyse IRTF, et leur impact sur les propriétés mécaniques des composites a été étudié.

Mots clé : matériaux composites, fibres de palmier dattier, propriétés mécaniques.

Abstract

This manuscript includes a study on the recovery of agricultural waste in the polymeric composite materials industry. A particular interest in palm fibers in the reinforcement of polypropylene (PP) composites with filler rates varying from 10 to 30%. The fibers were examined by IRTF analysis, and their impact on the mechanical properties of the composites was studied.

Key words: composite materials, palm fibers, mechanical properties.

الخلاصة

تهدف هذه الدراسة إلى تسليط الضوء على استغلال النفايات الزراعية لصناعة مركبات البوليمرات. اهتمام خاص بألياف النخيل كمادة داعمة لبوليمير البوليبروبيلين (PP) بمعدل تحميل من 10 إلى 30%. ألياف النخيل تم تحليلها بواسطة تقنيات مختلفة وتأثيرها على الخصائص الميكانيكية للمركبات تمت دراستها.

الكلمات الدالة: المواد المركبة، ألياف النخيل، الخصائص الميكانيكية.