



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences et de la technologie
Génie mécanique

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences et Techniques

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Construction Mécanique

Réf. :

Présenté et soutenu par :

Touir Imad Eddine

Soltan Hadjar

Le : Mercredi 22 juin 2022

Élaboration et caractérisation mécaniques des composites à matrice polyéthylène renforcés par des fibres de palmier dattier (Déglet Nour Ouled Djellal)

Jury :

Dr. Chabane Foued	MCA	Université de Biskra	Président
Dr. GUERIRA Belhi	MCA	Université de Biskra	Rapporteur
Dr. Salah Guerbaai	MCA	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2021 – 2022

Remerciements

Avant tout, nous remercions Dieu de nous avoir donné la connaissance et la force.

La possibilité de poursuivre nos études.

*Nous tenons à adresser nos sincères remerciements à notre promoteur, **Dr. GUERIRA Belhi** pour nous avoir permis de bénéficier de la qualité de ses services formation, conseils qu'il nous a prodigués, patience et confiance sont nos témoignages.*

Nous remercions sincèrement les membres du jury qui ont eu la gentillesse de revoir et de discuter de notre travail.

*Nous remercions également **Mme. H. BOUSSEHEL** de nous avoir soutenu dans ce travail.*

*Nous exprimons notre sincère gratitude et nos remerciements à tous les employés de l'Entreprise Nationale de l'Industrie du Câble de Biskra (**ENICAB**) pour leur accueil et leur aide, d'autant plus que l'élaboration d'une partie de notre étude de caractérisations expérimentales et de certaines caractérisations de véhicules ont été faites au niveau de la société mentionnée, **ENICAB**.*

*Nous tenons également à remercier tous les membres du Laboratoire de Chimie de l'Université de Biskra pour leur disponibilité et leur aide précieuse, ainsi que tous les membres du corps professoral du Département de Génie Mécanique de l'Université **MOHAMED KHIDER** de Biskra pour la formation que vous avez dispensée au cours des cinq dernières années.*

Dédicace

Au nom de Dieu le Miséricordieux Louange à Allah

Je dédie cet humble travail en signe de respect, d'appréciation et de remerciement :

*A la mémoire de mon père **Mohamed** :*

Domage que tu ne sois plus là. Je voulais partager avec vous les fruits de vos sacrifices que vous avez faits pour mon éducation et mon bien-être, et ce que vous avez apporté dans ma vie est incommensurable et incommensurable. Je dis merci, tu me manqueras toujours.

Que Dieu vous bénisse, père.

A ma chère maman : une source intarissable de tendresse, de patience et de sacrifice. Vos prières et vos bénédictions m'ont été utiles toute ma vie. Que Dieu Tout Puissant vous protège et vous donne santé, longue vie et bonheur.

*A mes frères **Abdelhakim, Abdour**, mes fidèles compagnons qui m'ont soutenu dans la plupart des moments de cette vie, et à ma sœur **Khadija**, ma compagne qui était mon soutien*

*Aux enfants de ma sœur, **chaïma, Mohamed et Yahia**.*

*A mon compagnon dans ce travail, qui m'a soutenu **Touir Imad Eddine**, je te remercie pour tout ce que tu as fait.*

Je n'oublierai jamais le soutien que tu m'as apporté tout au long de l'année scolaire.

*A mes sœurs qui n'ont pas été mises au monde par ma mère : **Afaf, Merieme, Amina, Amira...***

*A mon ami **Abderrahmane** et à tous ceux que je connais, je me souviendrai toujours de tous les bons moments que nous avons partagés ensemble qui resteront gravés dans ma mémoire.*

Tous mes camarades sont issus de la promotion de mécanique 2022/2021. A tous ceux qui m'ont aidé à développer ce travail.

Merci

Hadjer Soltane

Dédicace

Au nom de Dieu le Miséricordieux Louange à Allah.

Je dédie cette modeste thèse qui résulte de nombreuses années d'études, tout d'abord :

*Mon cher père, **Abdelhak**, qui m'a donné la volonté de faire ce travail et de le terminer, et à ma chère mère, à qui je dois beaucoup de ces sacrifices, son amour, son aide et son soutien afin de me voir accomplir ce que je suis, que Dieu Tout-Puissant vous protège et vous accorde santé, longue vie et bonheur.*

*À ma sœur **Yakín** je vous souhaite un avenir radieux.*

*A mes frères **Faysal** et **Abderrahmane** et **Amir** de mes camarades qui ont toujours été à mes côtés.*

*À mon partenaire dans ce travail, **Soltan Hadjar**, merci pour votre participation et votre contribution à ce travail et pour tout le soutien et l'effort pendant notre carrière scolaire.*

*Pour mon ami **Abdul Rahman**, merci pour tous vos efforts et pour tous les conseils que vous avez contribué à notre travail.*

Je dédie également ce travail à tous mes amis avec qui je partage tous les souvenirs et à tous mes camarades de classe 2022/2021. A tous ceux qui m'ont aidé à développer ce travail.

Merci

Touir imad eddine

Liste des Matières

Remerciements	I
Dédicace	II
Liste des Matières	IV
Liste des Tableaux	VII
Liste des Figures	VIII
Liste des Abréviations	X

Introduction générale

Introduction générale	1
-----------------------------	---

CHAPITRE I

Généralités et synthèse bibliographique

I.1. Les matériaux composites	5
I.1.1. Définition	5
I.1.2. Avantages et inconvénients des matériaux composites	5
A. Avantages des matériaux composites.....	5
B. Inconvénients des matériaux composites	6
I.1.3. Composants d'un matériau composite	6
I.1.3.a. Matrice.....	6
A. Les Composites à Matrice	6
B. Types de matrices	7
I.1.3.b. Renfort.....	8
I.2. Le polyéthylène.....	8
I.2.1. Classification de polyéthylène	9
A. Polyéthylène de poids moléculaire élevé (UHMWPE)	9

B. Polyéthylène haute densité (HDPE)	9
C. Le polyéthylène moyenne densité (MDPE)	10
D. Polyéthylène basse densité linéaire (LLDPE)	10
I.3. Les fibres naturelles	10
I.3.1. Structure et composition chimique des charges végétales	10
I.3.1.a. Cellulose	11
I.3.1.b. Les hémicelluloses	11
I.3.1.c. Les lignines	12
I.4. Fibre de palmier dattier	13
I.4.1. Les déchets de palmier dattier	14
I.5. Interface d'un matériau composite	16
I.5.1. Interface Fibre/Matrice	16
I.5.2. Les méthodes chimiques de modification de la surface	17
I.5.2.a. Le traitement alcalin	17
I.5.2.b. Couplages chimiques	17
Références	19

CHAPITRE II

Matériaux et Techniques Expérimentales et Caractérisations

II.1. Matériaux utilise	23
II.1.1. Le Polyéthylène	23
II.1.2. L'hydroxyde de sodium	23
II.1.3. Permanganates de potassium	23
II.2. Techniques expérimentales	24
II.2.1. Préparation de la fibre de palmier dattier	24
II.2.2. Modification chimique des fibres de palmier dattier	24

II.2.2.1. Modification chimique des fibres de palmier par la soude NaOH	24
II.2.3. Préparation des mélanges de composites PE/ fibres de palmier	25
II.2.4 Extrusion monovis	26
II.2.5. Moulage des composites.....	26
II.3. Techniques de caractérisations	28
II.3.1. Analyse spectroscopique infrarouge à transformée de Fourier FTIR	28
II.3.2. Essai de traction.....	28
II.3.3. Test de la dureté.....	29

CHAPITRE III

Résultats et discussions

III.1. Caractérisation des fibres de palmier dattier.....	33
III.1.1. Analyse spectroscopique infrarouge à transformée de Fourier FTIR	33
III.2. Caractérisation des composites élaborés	34
III.2.1. Essai de traction	34
III.2.1.1. Contrainte à la rupture	34
III.2.1.2. Allongement à la rupture	35
III.2.1.3. Module d'Young.....	36
III.2.2. Dureté Shore D	37
Références	39

Conclusion générale

Conclusion générale.....	43
Résumé.....	44
Abstract.....	44
ملخص	44

Liste des Tableaux

CHAPITRE II

Matériaux et Techniques Expérimentales et Caractérisations

Tableau II.1. Caractéristiques de polyéthylène PE-LLD.	23
Tableau II.2. Caractéristiques de l'hydroxyde de sodium.	23
Tableau II.3. Caractéristiques de permanganate de potassium.	24
Tableau II.4. Composition des différentes formulations.	26

Liste des Figures

CHAPITRE I

Généralités et synthèse bibliographique

Figure I.1. Structure d'un matériau composite	5
Figure. I.2. Types de matrices	7
Figure I.3. Classification des Renforts	8
Figure I.4. Caractéristiques et propriétés de polyéthylène	9
Figure I.5. Echelle de variation de la cristallinité et de la densité du PE	9
Figure I.6. Structures schématique d'une fibre végétale	10
Figure I.7. Représentation des micro fibrilles constituant les fibres de cellulose.	11
Figure I.8. Molécule de cellulose (n répétitions du motif cellobiose).	11
Figure I.9. Principaux glucides constituant les hémicellulose	12
Figure I.10. Modèle de la lignine	13
Figure I.11. Schéma du palmier dattier	14
Figure I.12. Déches des palmiers dattiers : a) palmes sèches, b) stipes	15
Figure I.13. Quelques utilisations des déchets de palmier dattier : a) Charpentes de maison, b) Panier	15
Figure I.14. Bois MDF à base de palmier dattier	16

CHAPITRE II

Matériaux et Techniques Expérimentales et Caractérisations

Figure II.1. Préparation des fibres de palmier.	24
Figure II.2. Fibres de palmier traité avec 2% de NaOH.	25

Figure II.3. Fibres de palmier traité avec 0,02% de KMnO ₄	25
Figure II.4. Principe du procédé d'extrusion.	26
Figure II.5. Plaques des composites élaborés.....	27
Figure II.6. Le découpage des plaques sous forme d'haltères par la découpeuse.	28
Figure II.7. Spectrophotomètre SHIMADZU – FTIR 8400S.....	28
Figure. II.8. Machine de traction type INSTRON modèle 5969.	29
Figure II.9. Le d'uromètre utilisé.	30

CHAPITRE III

Résultats et discussions

Figure .III.1. Spectres IRTF de la fibre de palmier traitées et non traitées.	33
Figure III.2. Evolution de la contrainte à la rupture de PE vierge et ces composites en fonction du taux des fibres traitées et non traitées.....	35
Figure III.3. Evolution de l'allongement à la rupture de PE vierge et ces composites en fonction de taux des fibres traitées et non traitée.....	36
Figure III.4. Evolution de module d'Young de PE vierge et ces composites en fonction du taux des fibres traitées et non traitées.	37
Figure III.5. Evolution de la dureté Shore D de PE vierge et ces composites en fonction du taux des fibres traitées et non traitées.	38

Liste des Abréviations

- CMM** : Composites à Matrice Métallique (CMM) ;
- CMC** : Composites à Matrice Céramique (CMC) ;
- CMO** : Composites à Matrice Organique (CMO) ;
- UHMWPE** : Polyéthylène de poids moléculaire élevé (UHMWPE) ;
- HDPE** : Polyéthylène haute densité (HDPE) ;
- LDPE** : Polyéthylène basse densité (LDPE) ;
- MDPE** : Le polyéthylène moyenne densité (MDPE) ;
- LLDPE** : Polyéthylène basse densité linéaire (LLDPE) ;
- PE** : Le polyéthylène (PE) ;
- NaOH** : L'hydroxyde de sodium (NaOH) ;
- KMnO₄** : Permanganates de potassium (KMnO₄) ;
- FNT** : Fibre de palmier dattier non traitée ;
- FTA** : Fibres de palmier traité avec 2% de NaOH ;
- FTK** : Fibres de palmier traité avec 0,02% de KMnO₄ ;
- PE/FNT** : Formulation du composite à matrice de PE et fibres non traitées ;
- PE/FTA** : composite à matrice de PE et fibres traitées par L'hydroxyde de sodium (NaOH) ;
- PE/FTK** : composite à matrice de PE et fibres traitées par Permanganates de potassium (KMnO₄) ;
- FTIR** : Analyse spectroscopique infrarouge à transformée de Fourier FTIR ;

Introduction générale

Introduction générale

Les fibres naturelles, en tant que renfort, ont récemment suscité l'intérêt des chercheurs en raison de leur compensation par rapport à d'autres matériaux bien établis. La recherche sur les nouveaux matériaux a pris une place importante dans la technologie et l'industrie [1].

Les industrialistes utilisent de plus en plus les matériaux composites avec des fibres comme des renforts. Ils sont respectueux de l'environnement, entièrement biodégradables, abondants, renouvelables, économiques et de faible densité. Les fibres végétales sont légères par rapport aux fibres synthétiques.

Bien que les fibres naturelles et leurs mélanges soient respectueux de l'environnement et renouvelables, leur accès est limité dans de nombreuses sources. Ceux-ci ont : une faible mouillabilité, une incompatibilité avec certaines matrices polymères et une forte absorption d'humidité. Les matériaux composites fabriqués à partir de fibres végétales inchangées présentent souvent des propriétés mécaniques insuffisantes.

Pour surmonter cela, dans de nombreux cas, un traitement de surface ou des agents d'accompagnement doivent être utilisés avant la fabrication du composite. Les propriétés peuvent être améliorées par des traitements physiques et chimiques. Les propriétés mécaniques des fibres naturelles sont bien inférieures à celles des fibres synthétiques mais leurs propriétés spécifiques, notamment la dureté, sont comparables à celles des fibres synthétiques.

Dans cette étude, nous nous intéresserons sur la fibre de palmier dattier. Qui constitue l'une des richesses végétales les plus abondantes dans nos régions et qui de nos jours, restent peu exploitées. En effet, L'entretien annuel des palmiers génère de grandes quantités de déchets constitués principalement de palmiers qui peuvent être utilisés comme renfort fibreux dans les composites.

L'objectif de cette étude a caractérisé des matériaux composites à base de polyéthylène renforcé par la fibre de palmier dattier Déglet Nour de la région d'Ouled Djellal Biskra.

À terme ce projet, nous avons structuré ce travail en trois chapitres suivants :

- Le premier chapitre généralités sur les matériaux composites, dans ce chapitre, on donne un aperçu sur les matériaux composites d'une manière générale ;

- Le deuxième chapitre constitue la partie expérimentale qui présente les matériaux utilisés, la préparation des formulations PE/FP, et technique de caractérisation ;
- Le troisième traitera l'ensemble des résultats obtenus et les discussions. Enfin, une conclusion générale permet de résumer les résultats des travaux présentés.

CHAPITRE I

Généralités et synthèse bibliographique

I.1. Les matériaux composites

I.1.1. Définition

Un matériau composite est constitué de différentes phases nommées renforts et matrice. Lorsque le matériau composite est non endommagé, les renforts et la matrice sont parfaitement liés et il ne peut pas y avoir ni glissement ni séparation entre les différentes phases. Les renforts se présentent sous forme de fibres continues ou discontinues. Le rôle du renfort est d'assurer la fonction de résistance mécanique aux efforts. La matrice assure quant à elle la cohésion entre les renforts de manière à répartir les sollicitations mécaniques. L'arrangement des fibres, leur orientation permettent de renforcer les propriétés mécaniques de la structure. [1]. Les propriétés des matériaux composites dépendent :

- Des propriétés des matériaux constitutifs ;
- De distribution géométrique des fibres ;
- De l'interaction fibre-matrice.

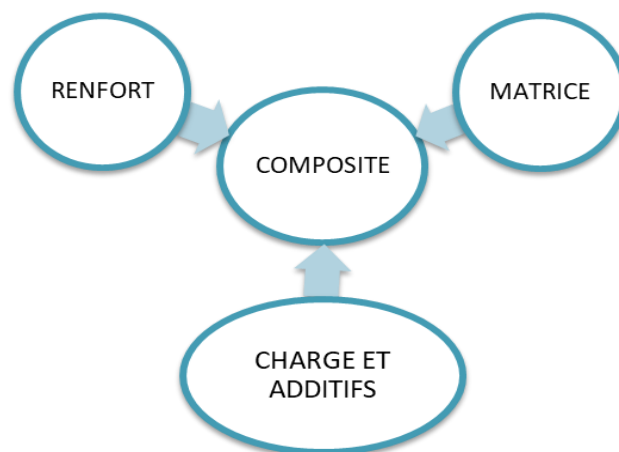


Figure I.1. Structure d'un matériau composite [2].

I.1.2. Avantages et inconvénients des matériaux composites

A. Avantages des matériaux composites

Les composites sont préférés à d'autres matériaux parce qu'ils offrent des atouts liés à :

- Leur légèreté ;
- Leur résistance à la corrosion et aussi à la fatigue ;
- Leur insensibilité aux produits comme les graisses, les liquides hydrauliques, les peintures et les solvants.

- Leur possibilité de prendre plusieurs formes, d'intégrer des accessoires et permettre la réduction de bruit [3].

B. Inconvénients des matériaux composites

Inconvénients qui freinent leur diffusion :

- Les coûts des matières premières et des procédés de fabrication ;
- La gestion des déchets engendrés et la réglementation de plus en plus stricte ;

L'industrie des matériaux composites doit donc aujourd'hui relever certains défis tels que :

- La maîtrise des émanations de produits organiques volatiles, par exemple le styrène ;
- La maîtrise des procédés de transformations et des performances des matériaux qui sous-entend une très bonne connaissance des constituants mis en place ;
- La mise en place de technologies et des filières pour la gestion des déchets en fin de vie qui est la partie la plus difficile à satisfaire en raison du caractère thermostable de la plupart des composites [3].

I.1.3. Composants d'un matériau composite

I.1.3.a. Matrice

A. Les Composites à Matrice

La matrice a pour rôle de lier les fibres du renfort fibreux entre elles, ainsi que de répartir les efforts (Résistance à la compression ou à la flexion), répartir les contraintes subies, apporter la tenue chimique de la structure et donner la forme désirée au produit. La matrice est facilement déformable et assure la protection chimique des fibres [4].

- **Composites à Matrice Métallique (CMM)**

Les composites à matrice de métal (MMC) ont une bonne résistance à la température et de bonnes propriétés électriques et thermiques. Par rapport aux métaux, ils ont une meilleure stabilité dimensionnelle, ainsi qu'une meilleure résistance à l'usure [5].

- **Composites à Matrice Céramique (CMC)**

Les mélanges à matrice céramique (CMC) sont fabriqués afin de remédier au caractère fragile de la céramique et donc d'améliorer la durabilité du matériau. CMC (Al_2O_3 , SiO_2 , Cr_2O_3 , MgO , etc.) peut être atteint par imprégnation de préformes de fibres (Essence, Verre, Aramide, Carbone, Céramique) ou par dormances liquides, également frittées à haute pression, ou par des fêtes réactives permettant le dépôt entre les fibres.

- **Composites à Matrice Organique (CMO)**

Les mélanges à matrice organique (CMO), ou les mélanges à matrice polymérique (CMP), offrent des colis mécaniques élevés, une résistance élevée à l'érosion et à l'oxydation, de bons colis électriques et diélectriques. L'inconvénient de ces matrices est leur résistance limitée à la température et au feu. Leur vieillissement est également un inconvénient.

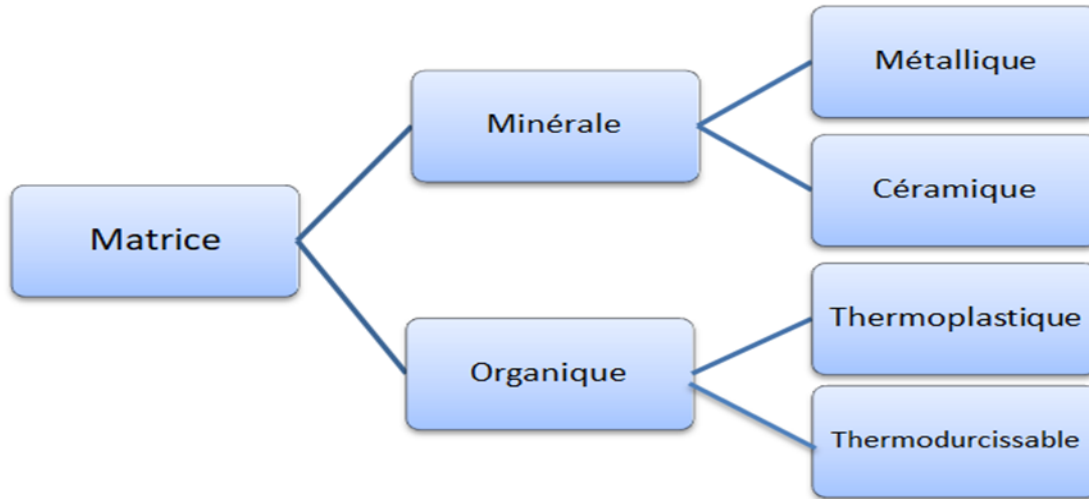


Figure. I.2. Types de matrices.

B. Types de matrices

- **Les thermoplastiques**

Les thermoplastiques sont généralement des dérivés de monomères linéaires ou légèrement ramifiés.

Ces monomères constituant le motif de base qui est répété plusieurs fois pour au final former la chaîne polymère.

- **Les thermodurcissables**

Un matériau thermodurcissable est un polymère structurel tridimensionnel, qui ne peut pas revenir à son état solide d'origine après avoir chauffé en raison des grandes liaisons chimiques entre les macromolécules [5].

- **Les élastomères**

Les élastomères sont réticulés de manière déficiente. Le degré de réticulation est faible, contrairement aux élastomères thermodurcissables.

Les dérivations permettent les macromolécules pour revenir placer plus ou moins rapidement après une souche. C'est la propriété abécédaire des élastomères [6].

I.1.3.b. Renfort

Le renfort est un matériau permettant d'améliorer les propriétés de la matrice dans le but d'assurer des meilleures propriétés du matériau composite à élaborer. Les composites sont souvent désignés selon la géométrie de renfort [7].

Il se présente généralement sous la forme de fibres, dont la conception de l'orientation au sein du composite dépend principalement de la direction du chargement mécanique à supporter. Les caractéristiques recherchées pour les fibres sont : La rigidité et la résistance mécanique élevée.

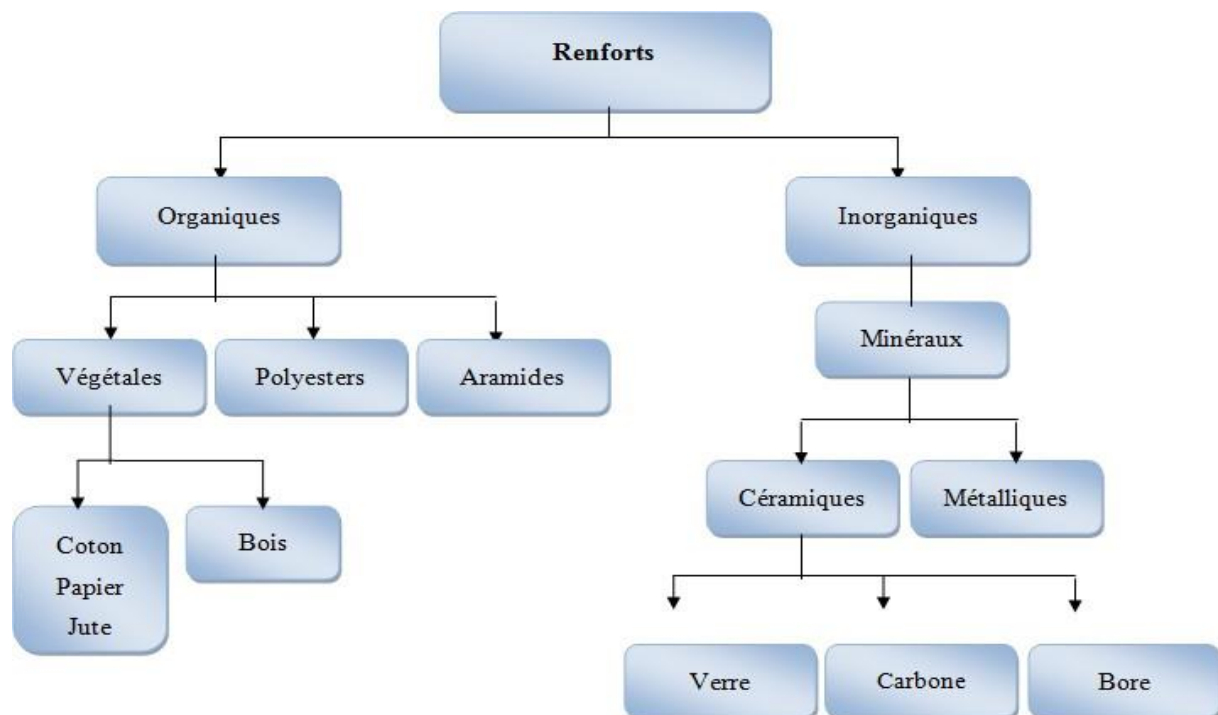


Figure I.3. Classification des Renforts [8].

I.2. Le polyéthylène

Le polyéthylène (Également connu sous le nom polythène) est un polymère parmi les polymères synthétiques le plus connu des matières plastiques. Souvent indiqué par l'abréviation «PE ». Le polyéthylène a la formule chimique $(-C_2H_4-)_n$ où le degré de polymérisation n peut atteindre plusieurs millions. Les chaînes peuvent être de longueur variable et plus ou moins ramifiées [9].

Le polyéthylène est une résine thermoplastique, ressemble à un transparent solide (Forme amorphe) ou blanc (Forme cristalline) avec d'excellentes propriétés d'isolation et de stabilité chimique, il est un matériau très souple et l'un des plastiques moins chers; les utilisations les plus courantes sont comme isolant pour les câbles électriques, des films pour l'agriculture, des

sacs et des sacs en plastique, divers types de conteneurs, des tuyaux, la couche interne des contenants aseptiques pour liquides alimentaires et bien d'autres [9].

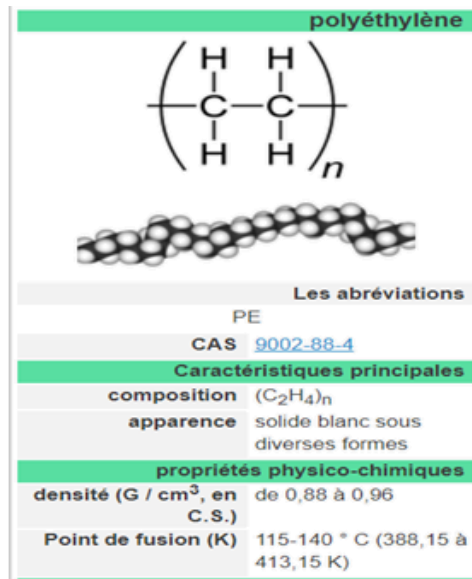


Figure I.4. Caractéristiques et propriétés de polyéthylène [9].

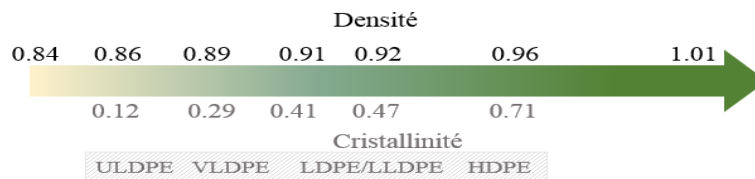


Figure I.5. Echelle de variation de la cristallinité et de la densité du PE [2].

I.2.1. Classification de polyéthylène

En fonction de la distribution du poids moléculaire et le degré de ramification, le polyéthylène classifie à plusieurs types avec des propriétés différentes et utilisations :

A. Polyéthylène de poids moléculaire élevé (UHMWPE)

Il est un polyéthylène ayant une masse moléculaire moyenne comprise entre 3×10^6 et 6×10^6 unités [2].

Ce type de polyéthylène est synthétisé par polymérisation de coordination avec métalloène. Les propriétés mécaniques particulières rendent approprié, contrairement à d'autres types les plus courants de polyéthylène, pour des utilisations particulières, telles que prothèse et gilets pare-balles.

B. Polyéthylène haute densité (HDPE)

Il est un peu polyéthylène ramifié, donc il a de grandes forces intermoléculaires et plus rigidité par rapport au polyéthylène basse densité ; Il est généralement synthétisé par la polymérisation en coordination avec système de catalyseur de type Ziegler-Natta.

Polyéthylène basse densité (LDPE) : est très ramifiée, il est donc un matériau plus ductile et moins rigide, est généralement synthétisé par polymérisation radicalaire.

C. Le polyéthylène moyenne densité (MDPE)

Elle se caractérise par des proportions plus faibles des chaînes ramifiées par rapport à du polyéthylène basse densité (LDPE).

D. Polyéthylène basse densité linéaire (LLDPE)

Il est un polyéthylène sensiblement linéaire a un nombre important de branches courtes ;

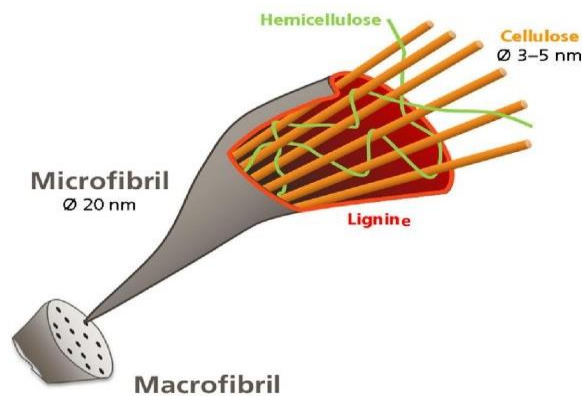


Figure I.6. Structure schématique d'une fibre végétale [2].

Il est normalement obtenu par polymérisation d'un mélange d'éthylène et d' α -oléfines (Butène, Hexène, Octène) Avec des catalyseurs de type Ziegler-Natta [10, 11].

I.3. Les fibres naturelles

Les fibres naturelles sont des structures naturelles composées essentiellement de cellulose, d'hémicellulose et de lignine. Ils contiennent également des matières extractibles, des protéines et certains composés inorganiques en petites proportions. Les fibres végétales ont de nombreuses opérations dans le domaine des tissus (Habillement, Ebénisterie). Vu leurs propriétés mécaniques spécifiques et leur caractère renouvelable, elles commencent à trouver des débouchés dans d'autres secteurs d'activité industrielle (Emballage, Automobile)] 12].

I.3.1. Structure et composition chimique des charges végétales

La biomasse végétale est constituée de plusieurs macromolécules étroitement liées entre elles au sein de la paroi végétale.

I.3.1.a. Cellulose

La cellulose est la parcelle naturelle la plus abondante sur terre. D'un point de vue chimique, la cellulose est une macromolécule constituée par une chaîne stéréo régulière véritablement longue composée de maillons de glucose $C_6H_{12}O_6$. Le motif de répétition est le dimère cellobiose. Le nombre de motifs de répétition ou le degré de polymérisation varie suivant l'origine de la cellulose. Ce polymère présente un grand intérêt du point de vue industriel puisque de nombreuses fibres (coton, chanvre, jute, lin...) sont composées de cellulose.

La cellulose a une structure fibrillaire et partiellement liquide, les microfibrilles de cellulose correspondent à des zones cristallines ordonnées et à des zones non ordonnées complètement désordonnées [13].

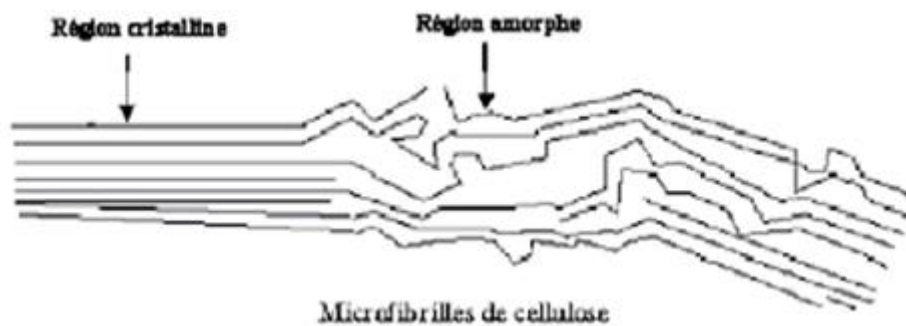


Figure I.7. Représentation des micro fibrilles constituant les fibres de cellulose.

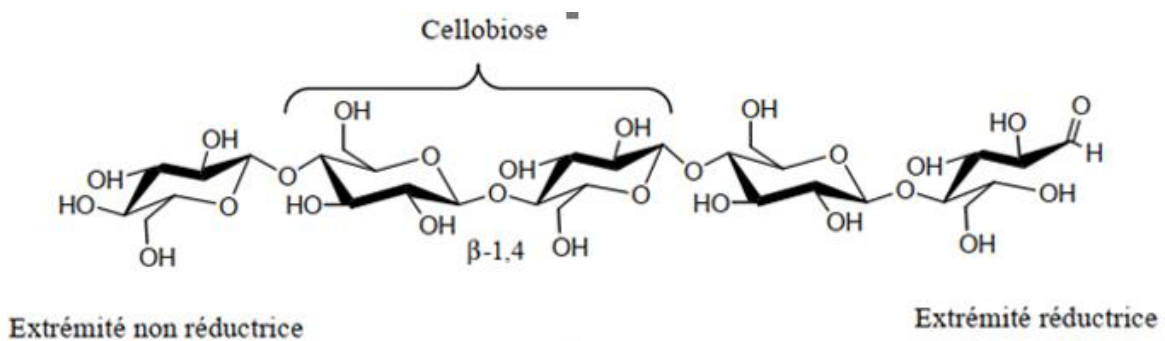


Figure I.8. Molécule de cellulose (n répétitions du motif cellobiose).

I.3.1.b. Les hémicelluloses

Dans la plupart des fibres naturelles, la cellulose est mélangée avec de l'hémicellulose, qui sont aussi des polysaccharides. Les hémicelluloses sont une classe de polymères très variée

qui sont responsables de l'eau et peuvent être déracinées de la paroi des cellules d'usine par des résultats alcalins. En plus du glucose, les monomères de l'hémicellulose peuvent être de la xylose, du mannose, du galactose, du rhamnose ou de l'arabinose. Les hémicelluloses sont essentiellement composées de D-pentoses, parfois de petites quantités de L-shapedose. La xylose est toujours le plus représenté, mais les acides mannuriques et galacturiques sont également fréquemment présents. Les hémicelluloses ont un degré de polymérisation entre 200 et 300 et leur structure dépend de l'espèce de l'usine (type de cellule, position dans le mur ou même l'âge des apkins [14, 15].

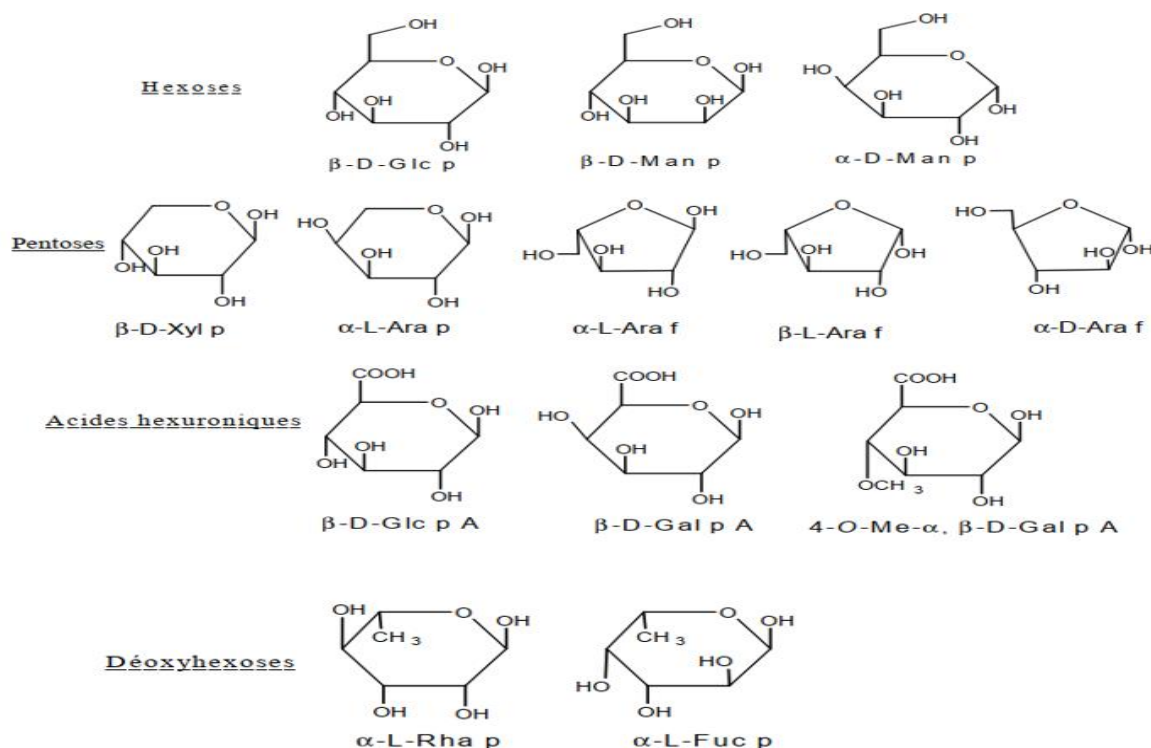


Figure I.9. Principaux glucides constituant les hémicelluloses [16].

I.3.1.c. Les lignines

La lignine ou lignine sont des polymères tridimensionnels déduits de la polymérisation radicale de trois alcools phénylpropénoïques (Alcool coumarylique, Alcool coniférylique et Alcool sinapylique), dont la structure dépend également des espèces d'usine. Par conséquent, on ne peut leur attribuer une structure moléculaire définie. Ils sont composés d'ingrédients aliphatiques et sucrés. La lignine contribue à la résistance mécanique des parois cellulaires et soutient la cohésion des fibres dans la partie boisée. En considérant la fibre comme un matériau composite, la lignine représenterait la matrice. Elle sert d'agent complexant pour les minéraux et aide à la conservation de l'humidité dans les plantes. La lignine est responsable de la rigidité et de la dureté des bois et des plantes. Elle est peu sensible à la dégradation biologique, elle crée

une barrière morphologique à la pénétration et à la progression des agents pathogènes, et contribue à la protection naturelle des végétaux contre certaines attaques parasitaires [17].

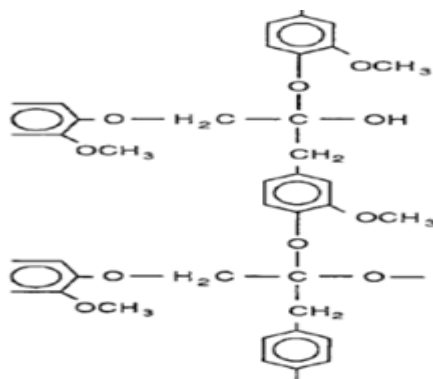


Figure I.10. Modèle de la lignine [16].

I.4. Fibre de palmier dattier

Le nom scientifique du palmier dattier est *Phoenix dactylifera*. Qui provient du mot *Phoenix* qui signifie dattier chez les phéniciens, et *dactylifera*, du terme grec *dactulos* signifiant doigt, allusion faite à la forme du fruit (Djerbi, 1994). *Phoenix dactylifera* est une espèce dioïque, monocotylédone, appartenant à la famille des *Palmaceae*, et à la sous-famille des *Coryphineae*.

La famille des *Palmaceae* compte environ 235 genres et 4000 espèces (Munier, 1973). Le palmier est une composante essentielle de l'écosystème oasien (Toutain et al., 1990), grâce à sa remarquable adaptation aux conditions climatiques, la haute valeur nutritive de ses fruits, les multiples utilisations de ses produits (Bousdira et al., 2003 ; Bakkaye, 2006) et sa morphologie favorisant d'autres cultures sous-jacentes (El Homaizi, 2002) [18].

Le palmier dattier a une structure fibreuse, possédant cinq types de fibre [19] :

- Fibres de bois de tronc ;
- Fibres de feuilles au niveau des rachis (Fibre de foliole) ;
- Fibres de tige de la grappe ;
- Fibres de surface autour de son tronc ou de bases de palmes (Pétiole) ;
- Fibres de Lif (Bourre fibreuse entre les pétioles et le tronc).

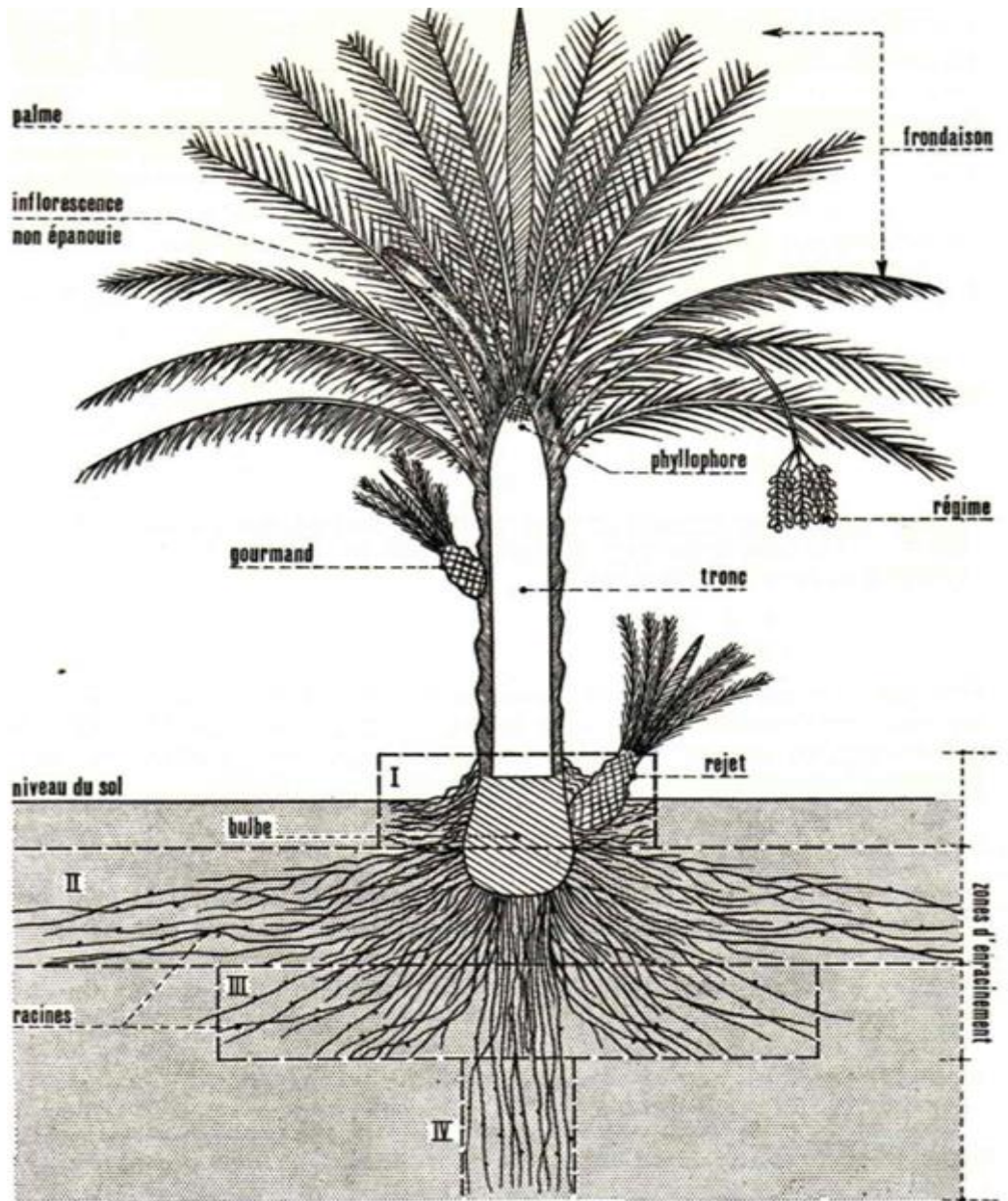


Figure I.11. Schéma du palmier dattier [19].

I.4.1. Les déchets de palmier dattier

La croissance et le développement naturel d'un palmier passent par quatre étapes successives qui sont définies par les termes triomphes de la jeunesse, triomphes adultes, triomphes mûrs et triomphes secs [20].

La date de victoire produit un véritable grand quantique de bois filandreux et de filaments (Lif) à chaque fois sous la forme de déchets abandonnés, dans les oasis du désert du Sahara. Ces déchets sont liés à des sous-produits de datation (Spadice, Grappe, Palmes secs, Rebuts de dattes et Lif). Cette quantité de déchets peut atteindre 80000 tonnes par temps dans la seule région de Biskra (Algérie). Chaque année, le palmier dattier produit un certain nombre de

palmes à partir de bourgeons et perd un nombre similaire de palmes par dessèchement. Une palme pèse en moyenne 1.4 Kg. Le palmier dattier donne en moyenne 15 palmes par an ; on dénombre environ 18.4 millions de palmier dattier en Algérie dont 4.3 millions dans la région de Biskra. On peut estimer le total de palmes séchées à environ 382200 tonnes/an en Algérie [21].



Figure I.12. Déchets des palmiers dattiers : a) palmes sèches, b) stipes [21].

Les déchets de palmiers en fibres ne sont exploités que de manière artisanale pour des opérations traditionnelles. Ils peuvent être utilisés pour l'illustration dans l'artisanat (Avec la fabrication de coiffures, de paniers et de tapis, etc.) mais aussi dans la construction (Cadres de maison) [22].

Le Tableau II.1 montre l'utilisation de ces déchets. La Figure I.19 montre certaines applications de ces déchets.

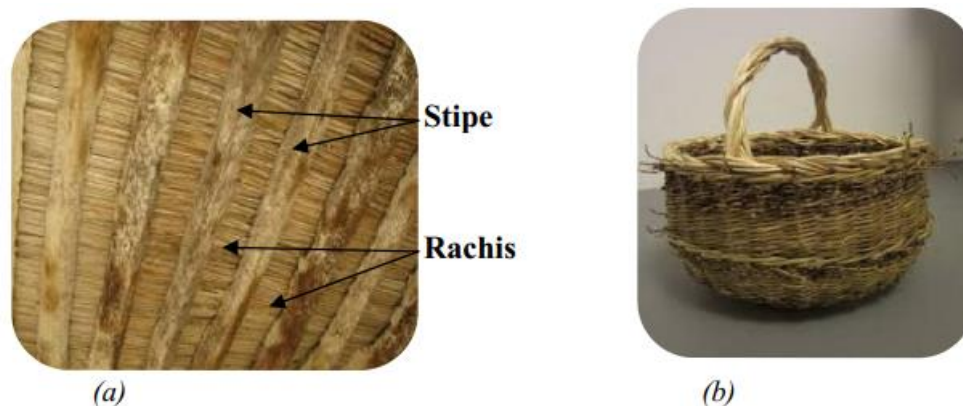


Figure I.13. Quelques utilisations des déchets de palmier dattier : a) Charpentes de maison, b) Panier [22].

Actuellement, le bois filandreux est utilisé pour la fabrication de plaques de bois artificielles colorées (MDF, HDF, LDF, etc.) (Figure I. 19). Cette mode est utilisée par de nombreux fabricants artificiels dans le monde entier. D'autre part, les fibres déracinées du bois

fibres attirent l'intérêt des expérimentateurs pour être utilisées comme supports dans les accouplements composés. En général, les drogués ont considéré que le bois et les fibres déracinées de la victoire ont les mêmes parcelles.



Figure I.14. Bois MDF à base de palmier dattier [22].

I.5. Interface d'un matériau composite

- **Notion d'adhésion**

La nature de l'adhésion Fibre / Matrice comprend verrouillage mécanique, aimant électrostatique, piège moléculaire, et la réponse chimique. L'interphase se compose de la face de contact (Interface) Fibre / Matrice ainsi que la région d'un volume fini étendu dans la matrice. Il peut être considéré comme un élément du composé parce qu'il a différentes parcelles chimiques, physiques et mécaniques que la fibre et la matrice.

L'interphase fournit le lien Fibre / Matrice et permet le transfert de contraintes de l'un à l'autre sans relégation relative. Cependant, la supposition que l'interphase n'a pas de consistance est fréquemment faite pour graisser l'analyse micromécanique des mélanges [23].

I.5.1. Interface Fibre/Matrice

La liaison entre la fibre et la matrice dépend généralement de l'arrangement infinitésimal et moléculaire ainsi que des compositions chimiques de la fibre et de la matrice. Néanmoins, les parcelles morphologiques et la capacité de prolixité de chaque matériau doivent également être prises en compte dans la compréhension des merveilles interraciales. Plusieurs facteurs peuvent ainsi impacter l'interface et le transfert de cargaison entre fibre et matrice. Généralement, il s'agit du don de plusieurs facteurs.

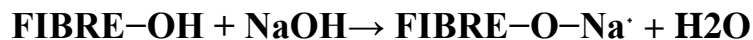
Pour améliorer l'adhérence Fibre / Matrice, la fibre est réutilisée chimiquement ou physiquement. Dans le cas du verre ou des fibres de carbone, la fibre est recouverte d'une

substance chimique appelée ensimage qui dépend du type de fibre et de la matrice. Néanmoins, ces ensimages sont optimisés pour les thermo sets et beaucoup pour les thermoplastiques [24].

I.5.2. Les méthodes chimiques de modification de la surface

I.5.2.a. Le traitement alcalin

Le traitement alcalin des fibres naturelles, également appelé mercerisation, est un système généralement utilisé. Le schéma de la réaction est :



Le traitement alcalin conduit à une défibrillation de la fibre ce qui augmente ainsi sa surface spécifique, réduit le diamètre de la fibre et augmente le rapport d'aspect conduisant à d'une topographie de surface rugueuse, qui se traduit par une meilleure adhérence à l'interface fibre/matrice et une augmentation des propriétés mécaniques [25].

Aussi, le traitement alcalin augmente le nombre de sites réactifs possibles, permet un meilleur mouillage des fibres et réagit sur la composition chimique des fibres, sur le grade de polymérisation et sur l'orientation moléculaire de la cellulose cristalline. Et ce, en raison de l'absence des substances de cimentation (La lignine et l'hémicellulose) qui ont été supprimées lors de ce traitement alcalin.

En conséquence, ce traitement a eu une incidence considérable sur les propriétés mécaniques des fibres naturelles et surtout sur la résistance à la traction et la rigidité du composite. Sauf que si le traitement est fait à haute concentration de la soude NaOH, il pourrait y avoir une extraction excessive de la lignine et d'hémicellulose, ce qui peut se traduire par l'endommagement des parois des cellules ultimes. Des réductions des propriétés mécaniques ont été rapportées dans la littérature après traitement alcalin excessif [25].

Ce traitement est reconnu pour le fait qu'il hydrolyse les parties amorphes de la cellulose présente dans les fibres de sorte qu'après traitement, le matériau (contenant de la cellulose) présente une forte cristallinité [26].

Par ailleurs, il élimine les cires et les huiles des surfaces [27].

I.5.2.b. Couplages chimiques

Il s'agit de l'une des principales méthodes de modification chimique des fibres. Son principe repose sur l'utilisation d'agents de couplage qui permettent de former un pont

chimique entre la fibre et la matrice. Ces matériaux sont couramment utilisés dans les composites de fibres [28].

- **Les agents de couplage organiques**

Sont les plus utilisés pour les produits à base de bois. Ils disposent dans leurs structures moléculaires des groupes bis- ou multifonctionnels. Ces groupes fonctionnels tels que les isocyanate ($-N=C=O$), l'anhydride maléique ($-(CO)_2 O-$), interagissent avec les groupes polaires ($-OH$) de la cellulose et de la lignine pour former des liaisons covalentes ou hydrogènes [29].

- **Traitement avec le permanganate de potassium**

Il est effectué en utilisant une attention différente de permanganate de potassium résultat ($KMnO_4$) dans l'acétone avec une durée de 1 à 3 min après le prétraitement alcalin. À la suite du traitement au permanganate, la tendance hydrophile des filaments est réduite, et donc, l'immersion de l'eau des filaments composés diminue avec l'augmentation de l'attention de $KMnO_4$. Permanganate système indiqué comme l'un des styles élégants à améliorer se rapportant à l'interface fibre-polymère [29].

- **Les agents de couplage inorganiques**

Sont nettement moins importants dans les composites WPC. Par exemple, les silicates peuvent établir une certaine compatibilité entre la fibre ligneuse et le polymère. Il faut noter que ce type d'agent agit plutôt comme un agent dispersif qui contrebalancerait la polarité de la surface des fibres de bois [30].

Références

- [1]. Gornet, L. (2008). Généralités sur les matériaux composites. 2008, France.
- [2]. G. . Oussama, « Elaboration et caractérisation des composites de polyéthylène/fibres de liège., » 2020.
- [3]. K. ROUAM, « Elaboration, caractérisation mécanique et hygrothermique d'un stratifié renforcé par des fibres naturelles », Mémoire de Magister, université de Boumerdes, Algérie ,2014.
- [4]. H. DJEMAI, «Contribution à l'étude de l'endommagement dans les matériaux composites sandwiches (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider-Biskra).2017
- [5]. A. Achour Achouak, « L. Elaboration et caractérisation des matériaux composites polyéthylène PE/Farine de bois, » 2020.
- [6]. F. Lakhdari, «Synthèses De Polymères Photorésistants. Mémoire de Magister. universite des sciences et de la technologie d'oran Mohamed Bodiaf,» 2008.
- [7]. S. NEDJMA, « Effet De La Modification Chimique Des Déchets Ligno-cellulosiques Sur Les Propriétés Physico-chimiques Des Composites Pvc/Papier Journal, These De Doctorat, Universite de Bejaia,» 2014.
- [8]. (FR) Kenneth S. Whiteley, Geoffrey T. Heggs, Hartmut Koch, Ralph L. Mawer, Wolfgang Immel, polyoléfines [connexion terminée], en Encyclopédie de chimie industrielle de Ullmann, 2000 DOI:10.1002 / 14356007.a21_487.
- [9]. Vittorio Villavecchia, Gino Eigenmann, Ivo Ubaldini, Nouveau Dictionnaire des produits commercialisables et de chimie appliquée, Volume 5, éditeur Hoepli, 1975 ISBN 88-203-0532-1.
- [10]. Andrew J. Peacock, Manuel de polyéthylène: structures, propriétés et applications, Volume 57 Engineering Plastics, CRC Press, 2000 ISBN 0-8247-9546-6.
- [11]. R. M. Rowell, «Chemical modification of agro-resources for property enhancement (Vol. 54, pp. 351-375), » 1997 ,.
- [12]. G. B. &. M. P. S. Mitra, «X-ray diffraction study of fibrous polymers. I. Degree of paracrystallinity—a new parameter for characterizing fibrous polymers. Polymer, 21(12), 1403-1409.1980 «,.

- [13]. Fengel. D., Wegener. G., Wood chemistry ultrastructure and reactions, Edition K.V. Sarkanen et G.H. Ludwig, Wiley Interscience, (1984), p. 106.
- [14]. Shimizu. K., Chemistry of hemicelluloses, Wood and cellulosic chemistry, Edition D. N-S. Hon et N. Shiraishi, (1991), p. 177-214.
- [15]. Lohani. B.K., Biswas. B., Examination of the bast fibre of Cannabis sativa, lin (wild variety), The Textile Manufacturer, (1953), p. 329-332.
- [16]. Bledzki, A.K., Gassan, J., "Composite reinforced with cellulose based fibers." Progress in Polymer Science, (1999). 24, p. 221-274
- [17]. DJOUDI, « Contribution à l'identification et à la caractérisation de quelques accessions du palmier dattier (Phoenix Dactylifera. l) dans la région de Biskra (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider Biskra,» 2013.
- [18]. Y. DJEBLOUN, « Contribution a la caractérisation des matériaux composites renforcés de fibres végétales (Doctoral dissertation, UNIVERSITE MOHAMED KHIDER BISKRA,» 2018.
- [19]. G. Peyron, Cultiver le palmier-dattier, 2000.
- [20]. H. Nacer, « Effet des différents méthodes d'extractions de traitements des fibres végétales (palmier dattier) sur les propriétés mécaniques,» : 2019
- [21]. T. DJOUDI, « Elaboration et caractérisation de composites bio-sourcés à base de fibres de palmier dattier (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider-Biskra,» 2019.
- [22]. T. GUETTAF TEMAM, « Modélisation du comportement mécanique des constituants du palmier dattier (Doctoral dissertation, UNIVERSITE MOHAMED KHIDER BISKRA,» 2017.
- [23]. S. Bouzouita, « Optimisation des interfaces fibre-matrice de composites à renfort naturel (Doctoral dissertation, Ecole Centrale de Lyon; Ecole Nationale d'Ingénieurs de Monastir,» 2011.
- [24]. P. Prombut, « Caractérisation de la propagation de délaminage des stratifiés composites multidirectionnels (Doctoral dissertation, Toulouse 3,» 2007.
- [25]. E. S. S. P. M. & V. A. Rodriguez, «Effects of fibers' alkali treatment on the resin transfer molding processing and mechanical properties of Jute—Vinylester composites. Journal of Composite Materials, 41(14), 1729-1741,» 2007.

- [26]. M. S. D. P. C. B. J. P. S. A. G. R. .. & K. P. Le Troedec, «Influence of various chemical treatments on the composition and structure of hemp fibres. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 39(3), 514-522,» 2008.
- [27]. L. Y. El Hadji Babacar, « Nouveaux matériaux composites thermoformables à base de fibres de cellulose. Institut National Polytechnique de Grenoble,» 2008. Ly/publication/30517528_Nouveaux_materiaux_composites_thermoformables_a_base_de_fibres_de_cellulose/links/02e7e5339ffb3a641c000000/Nouveaux-materiaux-composites-thermoformables-a-base-de-fibres-de-cellu.
- [28]. A. K. R. S. & G. J. Bledzki, «Properties and modification methods for vegetable fibers for natural fiber composites. Journal of applied polymer science, 59(8), 1329-1336,» 1996.
- [29]. F. Michaud, « Rhéologie de panneaux composites bois/thermoplastiques sous chargement thermomécanique: aptitude au postformage, » 2003.
- [30]. M. S. K. M. G. J. S. J. M. & T. S. Sreekala, «Oil palm fibre reinforced phenol formaldehyde composites: influence of fibre surface modifications on the mechanical performance. Applied Composite Materials, 7(5), 295-329,» 2000.

CHAPITRE II

Matériaux et Techniques

Expérimentales et Caractérisations

II.1. Matériaux utilisés

II.1.1. Le Polyéthylène

Le polymère utilisé est le polyéthylène (Egypoptene LLD 3505 U. Il est fabriqué par la société « Egyptien Européen compagnie », Egypt. Ses caractéristiques sont résumées dans le Tableau III.1.

Tableau II.1. Caractéristiques de polyéthylène PE-LLD.

Propriété	Méthode d'essai	Unité	Valeur
Débit de fusion (2,16 kg)	ISO 1133	g/ 10 min	5
Densité	ISO 1872/1	g/ m ³	0.935
Résistance à la traction à la limite d'élasticité	ISO 527/1	Mpa	18
Allongement à la rupture	ISO 527/1	%	700
Module de flexion	ISO 178 1975	Mpa	700
Résistance aux chocs Charpy	ISO 179	KJ / M ²	30
Taille moyenne des particules	ASTM D1921-89	Micron	500
Densité en vrac	ASTM D 1895	g/cm ³	0.37
Fluidité	ASTM D 1895	Seconds	26

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 III.2.

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

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

II.1.3. Permanganates de potassium

Le permanganate de potassium utilisée a été produite par la société « Chemnova » ses caractéristiques sont représentées dans le Tableau II.3 :

Tableau II.3. Caractéristiques de permanganate de potassium.

Formule chimique	Masse moléculaire	Pureté
KMnO ₄	158.04g /mol	99%

II.2. Techniques expérimentales

II.2.1. Préparation de la fibre de palmier dattier

Des feuilles de palmier crues ont été récupérées directement dans la région de OULED DJELLAL, dans le sud de l'Algérie.

Découpage des feuilles de palmier à une longueur de 1 à 2 cm, ensuite le broyage par un broyeur à l'Institut national de l'agriculture de Biskra.

Tamisage des fibres obtenue à travers d'un tamis de taille de 125-500 µm.



Figure II.1. Préparation des fibres de palmier.

II.2.2. Modification chimique des fibres de palmier dattier

II.2.2.1. Modification chimique des fibres de palmier par la soude NaOH

Dans un récipient de 5000mL, on fait émerger 500 g de farine de palmier dattier et 3000 ml de NaOH à 2% en poids pendant 6 jours sous agitation et température ambiante.

Les fibres sont ensuite rincées plusieurs fois à l'eau distillée contenant 50 ml d'acide chlorhydrique HCl pour neutraliser l'excès de soude, puis laver avec l'eau distillée et séchées dans une étuve à 80°C pendant 24 heures.



Figure II.2. Fibres de palmier traité avec 2% de NaOH.

Modification chimique des fibres de palmier par le permanganate de potassium KMnO_4
On prépare une solution de KMnO_4 à 0,02% et chauffer jusqu'à $50\text{ }^\circ\text{C}$, puis on ajoute 100 g des fibres traitée à la soude. Après 6 minutes en remuant. Le lavage est effectué avec l'eau distillée suivit par le séchage dans une étuve à $80\text{ }^\circ\text{C}$ pendant 24h.

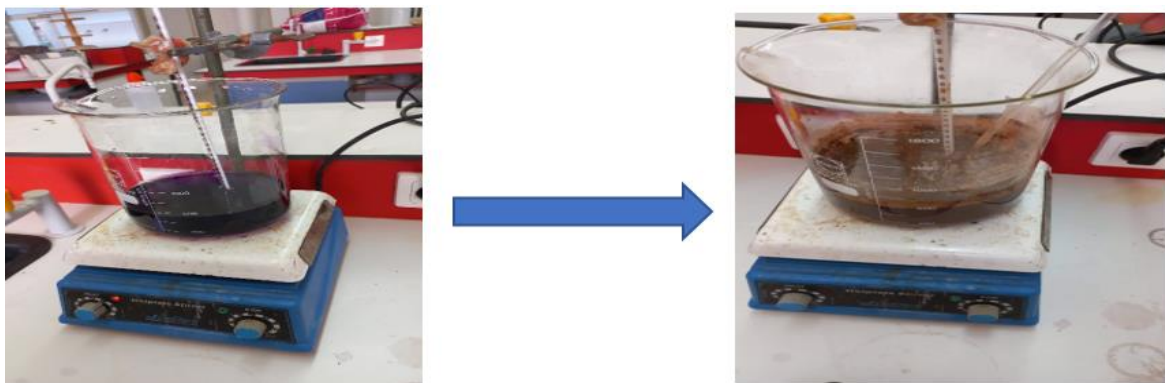


Figure II.3. Fibres de palmier traité avec 0,02% de KMnO_4 .

II.2.3. Préparation des mélanges de composites PE/ fibres de palmier

Les différentes formulations utilisées pour la préparation des composites sont présentés selon le tableau ci-dessus ;

Tableau II.4. Composition des différentes formulations.

Formulation	Taux %			
	PE	PE/FNT	PE/FTA	PE/FTK
PE	100	/	/	/
PE/FNT15	/	85/15	/	/
PE/FNT 25	/	75/25	/	/
PE/FTA15	/	/	85/15	/
PE/FTA25	/	/	75/25	/
PE/FTK15	/	/	/	85/15
PE/FTK25	/	/	/	75/25

II.2.4 Extrusion monovis

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 190 et 230°C et la vitesse de rotation de la vis est fixée à 45tours/minute.

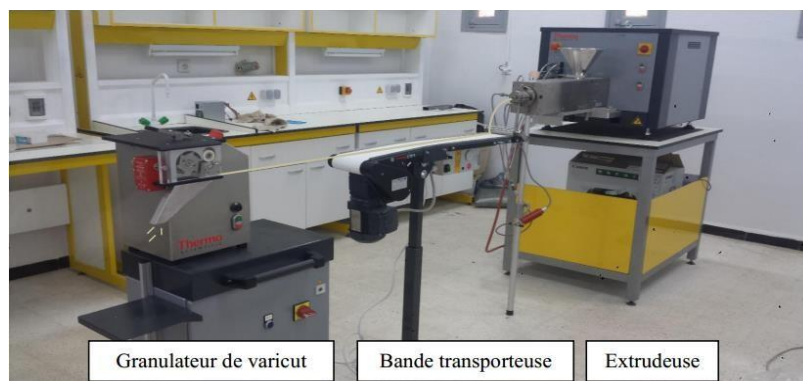
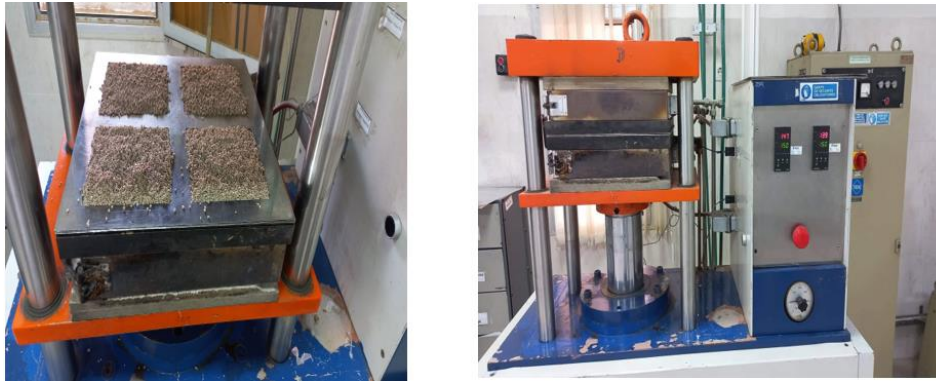


Figure II.4. Principe du procédé d'extrusion.

II.2.5. Moulage des composites

Pour mouler nos échantillons, nous utilisons une presse hydraulique de marque Schwabenthan polystat 300S. Le moulage des composites s'effectue de la façon suivante : les granulés obtenus par extrusion sont introduits dans le moule entre deux feuilles d'aluminium et compressés à l'aide de la presse, à une température de 170°C, sous une pression de 300 bar et pendant un temps de séjour de 15 min. Un préchauffage est réalisé jusqu'à une fusion préliminaire du mélange, afin d'éviter la présence des bulles d'air, un dégazage est effectué avant l'application de la pression finale. Des plaques d'épaisseur de 2 mm sont obtenues, elles

sont par la suite découpées sous forme d'haltère et carrés pour servir dans les différents tests de caractérisation.



Des plaques d'épaisseur de 2 mm sont obtenues, elles sont par la suite découpées sous forme d'haltère pour servir dans les différents tests de caractérisation.

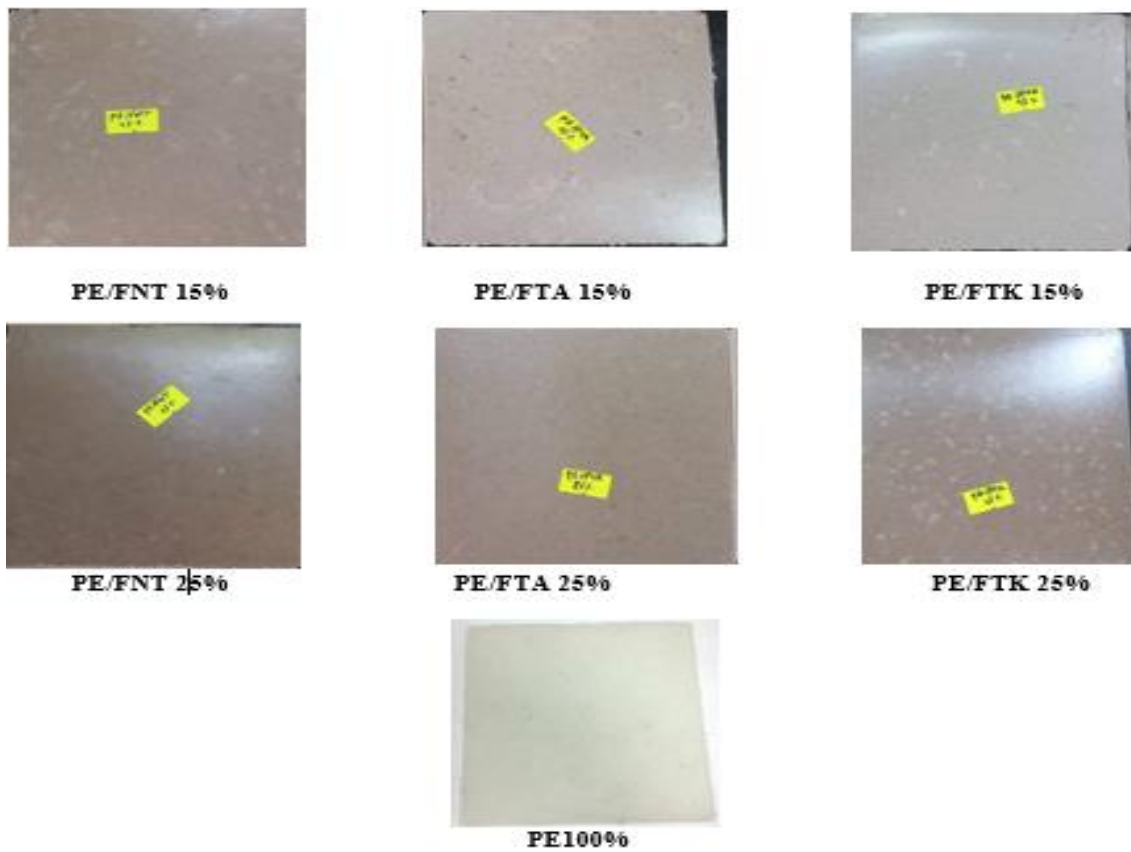


Figure II.5. Plaques des composites élaborés.

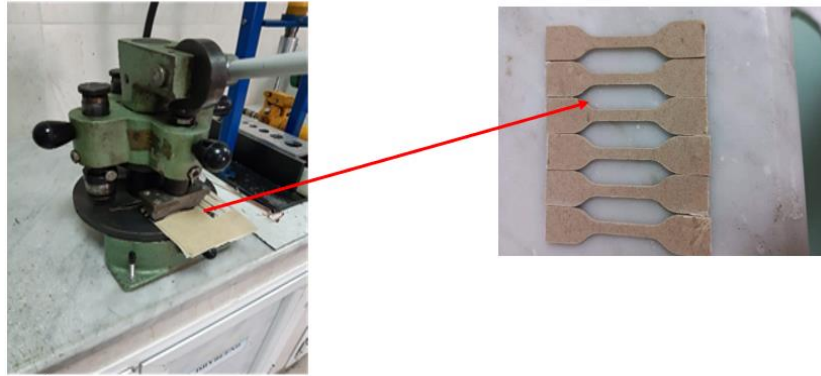


Figure II.6. Le découpage des plaques sous forme d'haltères par la découpeuse.

II.3. Techniques de caractérisations

II.3.1. Analyse spectroscopique infrarouge à transformée de Fourier FTIR

Les spectres infrarouges ont été réalisés avec un appareil SHIMADZU FTIR-8400S qui est installé au laboratoire de chimie de l'université de Biskra. 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 ont Traité) et 0.2g de bromure de potassium (KBr) dans la plage de balayage comprise entre 400 et 4000 cm^{-1} .



Figure II.7. Spectrophotomètre SHIMADZU – FTIR 8400S.

II.3.2. Essai de traction

Pour déterminer le comportement mécanique des matériaux, nous utilisons la méthode expérimentale appelée essai de traction. Ces comportements sont décrits à travers une gamme de relations entre les pressions et les distorsions et leur évolution dans le temps. La résistance à la traction est exercée sur des échantillons de forme et de longueur spécifiques. Les résultats des essais sont influencés par la précision de la mesure des dimensions de l'échantillon, Jusqu'à sa rupture, après enregistrement de la force f appliquée à l'échantillon par la machine de traction. On observe que la force de la tension fournie augmente avec l'allongement, puis atteint

le maximum et commence à diminuer. 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 composite on utilise trois éprouvettes et on prend les valeurs moyennes de l'allongement à la rupture et de la résistance à la traction.

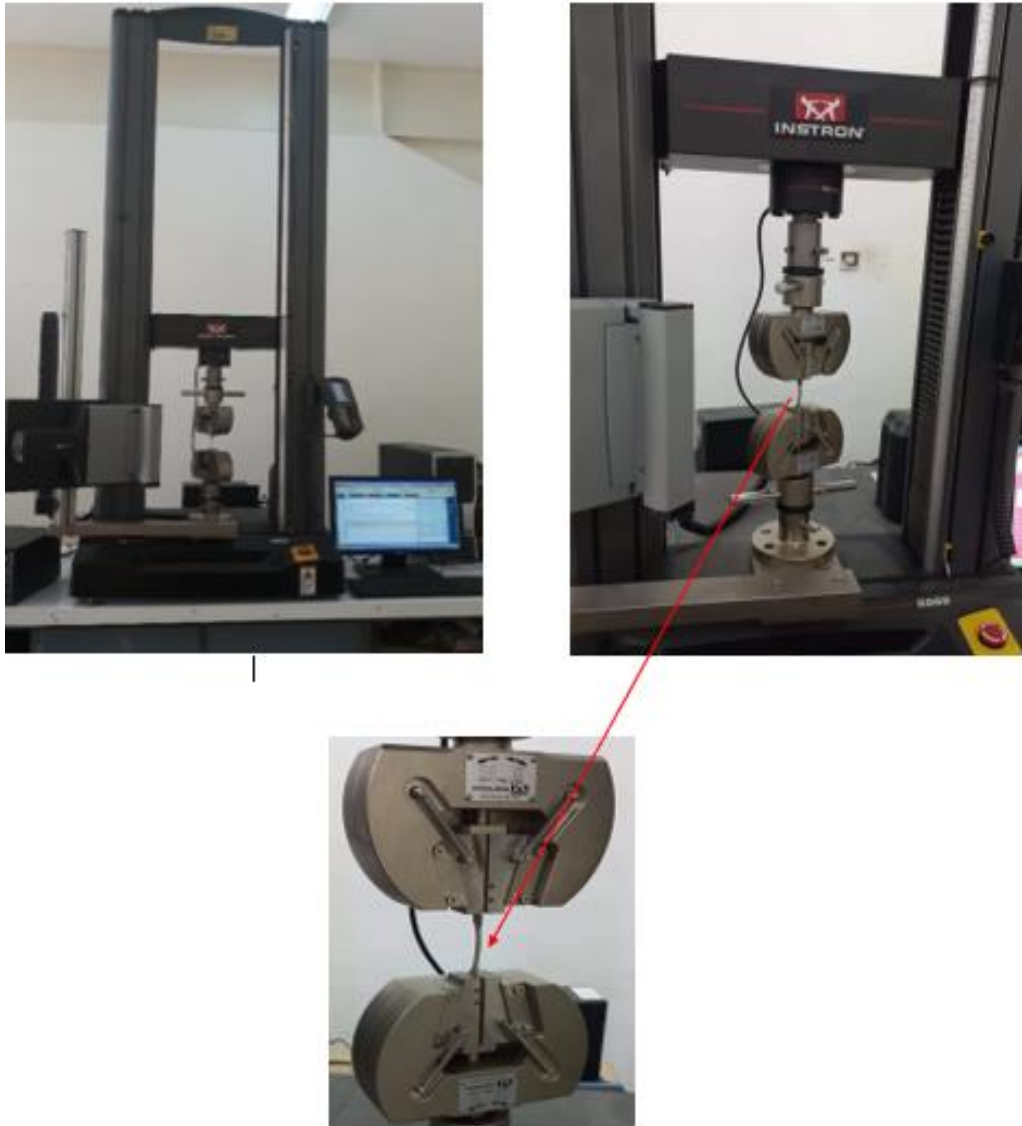


Figure. II.8. Machine de traction type INSTRON modèle 5969.

II.3.3. Test de la dureté

La dureté a été mesurée au niveau du laboratoire de physique dans l'unité nationale de l'industrie du câble "ENICAB" à Biskra. Le test consiste en une application de force qui tend à pousser l'aiguille de l'appareil de test de dureté selon NF ISO T 51-123, en des plaques de 10×10 cm².

La mesure est effectuée directement sur l'échelle d'endurance après pénétration pendant 15 secondes. Elle est mesurée au niveau de 5 points du plat.



Figure II.9. Le d'uromètre utilisé.

CHAPITRE III

Résultats et discussions

III.1. Caractérisation des fibres de palmier dattier

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

Les spectres infrarouges de la la fibre de palmier dattier non traités (FNT) et modifiées par mercerisation (FTA) et agent oxydant KMnO_4 (FTK) sont donnés dans la Figure III.1

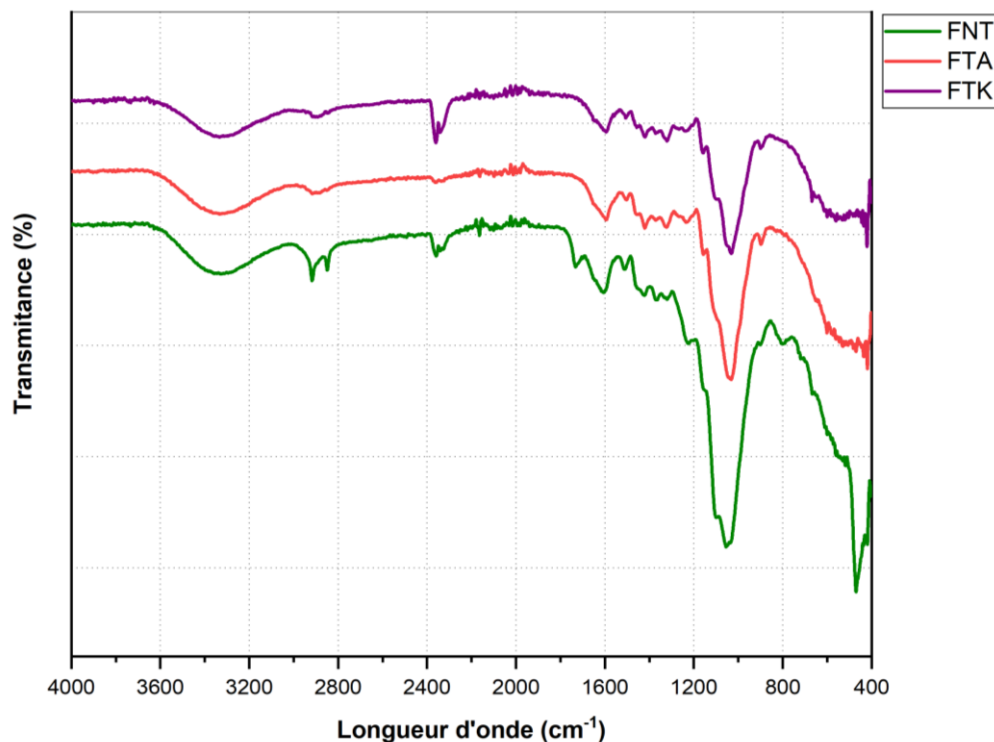


Figure. III.1. Spectres IRTF de la fibre de palmier traitées et non traitées.

Le pic vers 3340 cm^{-1} qui correspond à la vibration de valence des liaisons O-H subit après la modification une légère diminution d'intensité après les modifications. Ce pic correspond à l'ensemble des hydroxyles, primaires et secondaires.

Cette diminution est attribuée principalement à la diminution du caractère hydrophile de la fibre du palmier après les traitements avec NaOH et le KMnO_4 [1].

Les bandes d'intensité moyenne centrées vers 2914 et 2849 cm^{-1} traduit les vibrations d'élongation symétrique et asymétrique des liaisons C-H du groupe $-\text{CH}_2$ des segments de la cellulose et de la lignine [2, 3].

Les pics à 1732 et 1238 cm^{-1} correspondant aux groupements carbonyles $\text{C}=\text{O}$ de la lignine, ne sont plus observé après la modification. Du fait de l'hydrolyse partielle des

hémicelluloses en milieu alcalin, caractérisée par la rupture des liaisons C-O-C entre deux monomères [4].

L'intensité du pic à 1509 cm^{-1} caractéristique du groupe C=C diminue aussi [5].

Le pic vers 716 cm^{-1} qui traduit la déformation du groupement (-OH) disparaît aussi [6].

Les mécanismes de modification de la cellulose par NaOH puis par KMnO_4 ont été confirmés par l'analyse IRTF, ces réactions sont réalisées comme suit:



Schéma III.1. Réaction entre la cellulose et la soude (NaOH) [7].

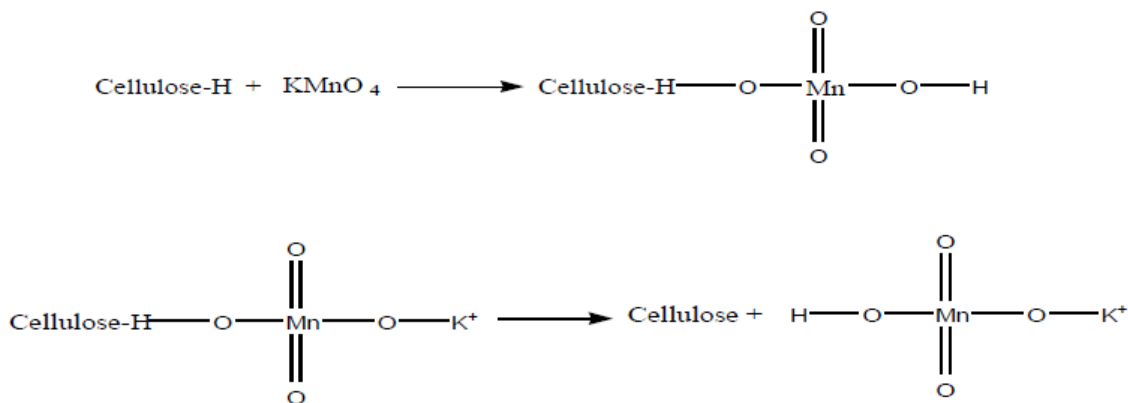


Schéma III.2. Réaction entre la cellulose et le permanganate de potassium (KMnO_4) [7].

III.2. Caractérisation des composites élaborés

III.2.1. Essai de traction

III.2.1.1. Contrainte à la rupture

L'évolution de la résistance à la rupture des composites non traités et traités en fonction du taux de la fibre de palmier dattier est illustrée sur la figure III.2. On remarque que l'incorporation de la charge ligne-cellulosiques provoque un abaissement de la contrainte à la rupture du polymère PE. Cette baisse est évaluée à 12.97 et 10.03 MPa pour les composites à 15 et 25% respectivement de charge. Ces résultats sont prévisibles [7, 8].

Ont attribué cette baisse à la diminution de la force de liaison entre la fibre et la matrice qui obstrue la propagation d'effort. Aussi attribuant ces résultats au fait que les fibres tendent à s'agglomérer ce qui empêche la bonne dispersion de la fibre [9].

Les composites PE/FTA et PE/FTK présentent des contraintes à la rupture des supérieurs, ces résultats sont en accord avec la littérature [10, 11].

Cela peut être expliqué que les deux traitements améliorent l'adhésion à l'interface et permet une meilleure adhérence avec la matrice.

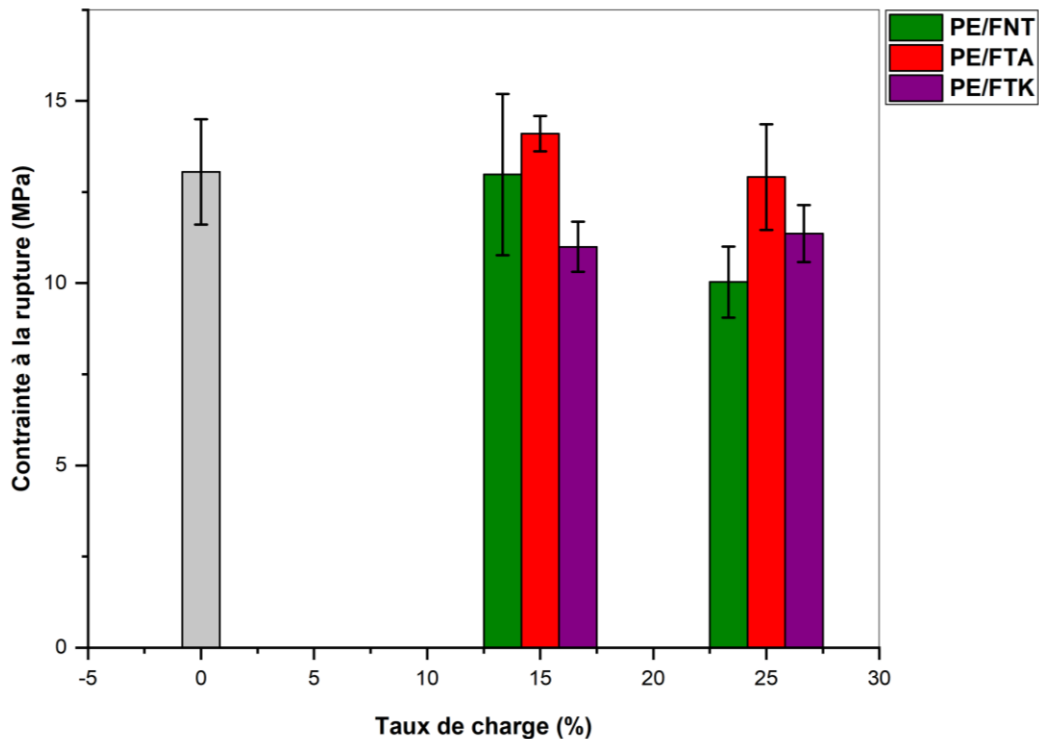


Figure III.2. Evolution de la contrainte à la rupture de PE vierge et ces composites en fonction du taux des fibres traitées et non traitées.

III.2.1.2. Allongement à la rupture

L'évolution de l'allongement à la rupture des composites traités et non traités en fonction du taux des fibres de palmier dattier est illustrée sur la Figure III.3. On remarque que la tendance de l'ensemble des formulations en fonction du taux des fibres non traitées et traitées, est caractérisée par une baisse significative de l'allongement à la rupture.

Pour les composites élaborés avec la fibre non traitée, cette diminution pourrait s'expliquer d'une part, par la nature hydrophile des fibres non traités qui absorbent plus d'humidité et provoque un gonflement dans la matrice PE ce qui provoque la fragilisation du matériau. Et d'autre part en raison du volume de plus en plus important qu'occupent les particules de la fibre, créant des défauts dans le système et réduit les interactions interchaines, associée à une variation ductile fragile de comportement du matériau [12].

En comparant les allongements à la rupture des différents composites, on peut voir clairement que les traitements chimiques ont apportés une légère amélioration. Cette augmentation est principalement attribuée à une meilleure dispersion de la fibre traitée [13, 14].

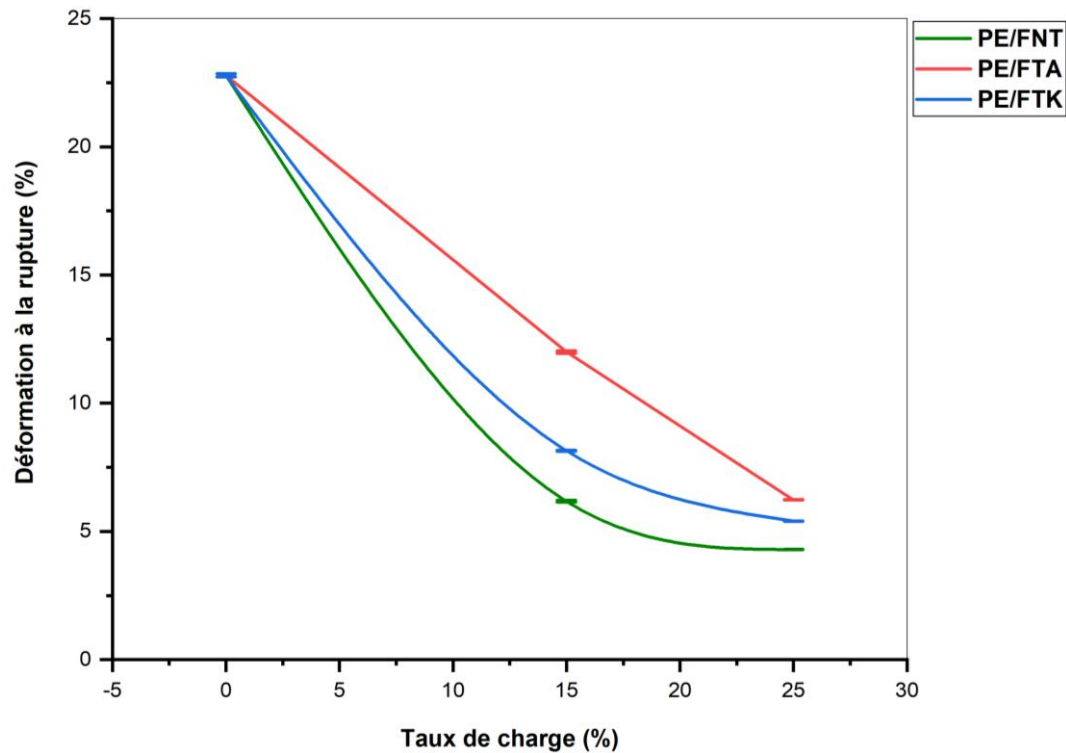


Figure III.3. Evolution de l'allongement à la rupture de PE vierge et ces composites en fonction de taux des fibres traitées et non traitée.

III.2.1.3. Module d'Young

La Figure III.4 met en évidence l'évolution du module d'Young des composites PE/fibre de palmier dattier en fonction du taux de charge à 15% et 25% traitées et non traitées. D'après ces courbes on peut voir clairement que le modules d'Young des composites élaborés augment au fur et à mesure avec l'augmentation du taux de la charge. Incorporation de la charge dans la matrice PE augmente la rigidité des composites.

Le traitement NaOH augmente considérablement le module de Young, comparé aux composites non traités. Cela peut être expliqué par la bonne orientation des particules de la charge traitée [8].

La diminution de la rigidité pour PE/FTK15 peut être expliquer seulement par le changement du mécanisme de déformation car le changement d'interaction ne justifie pas la diminution du module.

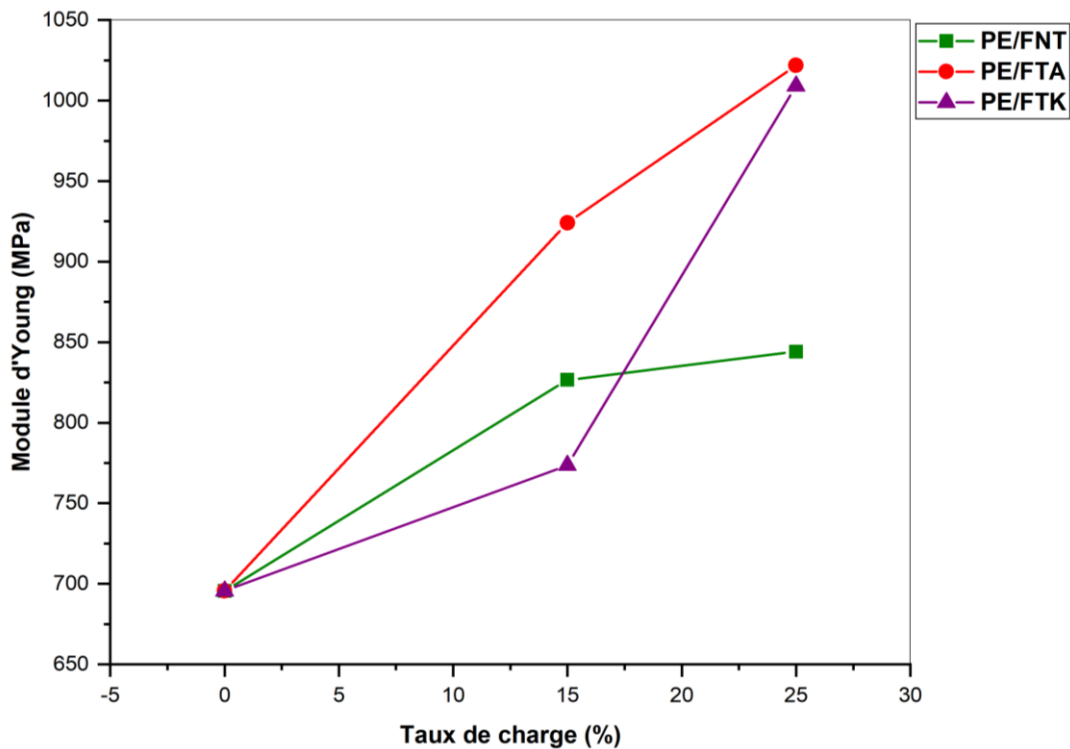


Figure III.4. Evolution de module d'Young de PE vierge et ces composites en fonction du taux des fibres traitées et non traitées.

III.2.2. Dureté Shore D

La Figure III.5 montre l'effet du taux de charge et des traitements chimiques sur la dureté des composites. Les courbes montrent clairement l'augmentations significative de la dureté avec l'incorporation de la fibre de palmier non traité. Ces résultats sont dus au caractère dur des fibres non traitées qui accroît la dureté des composites PE/FNT [15, 16].

L'incorporation de palmier dattier traitée par la soude (FTA) dans le polyéthylène (PE) est accompagnée d'une diminution de la dureté des composites PE/FTA comparé au composites PE/FNT. Cela attribué à la plastification des fibres FTA après le traitement, ce qui rend le composite moins dur, en lui conférant des propriétés de souplesses et le caractère non cassant.

D'autre part, les composites traités par KMnO_4 (PE/FTK) ont enregistré une augmentation de la dureté Shore en fonction du taux de charge. Cette augmentation est interprétée par la bonne dispersion de la fibre dans la matrice avec la diminution des vides et une plus forte adhésion interraciale fibre-matrice.

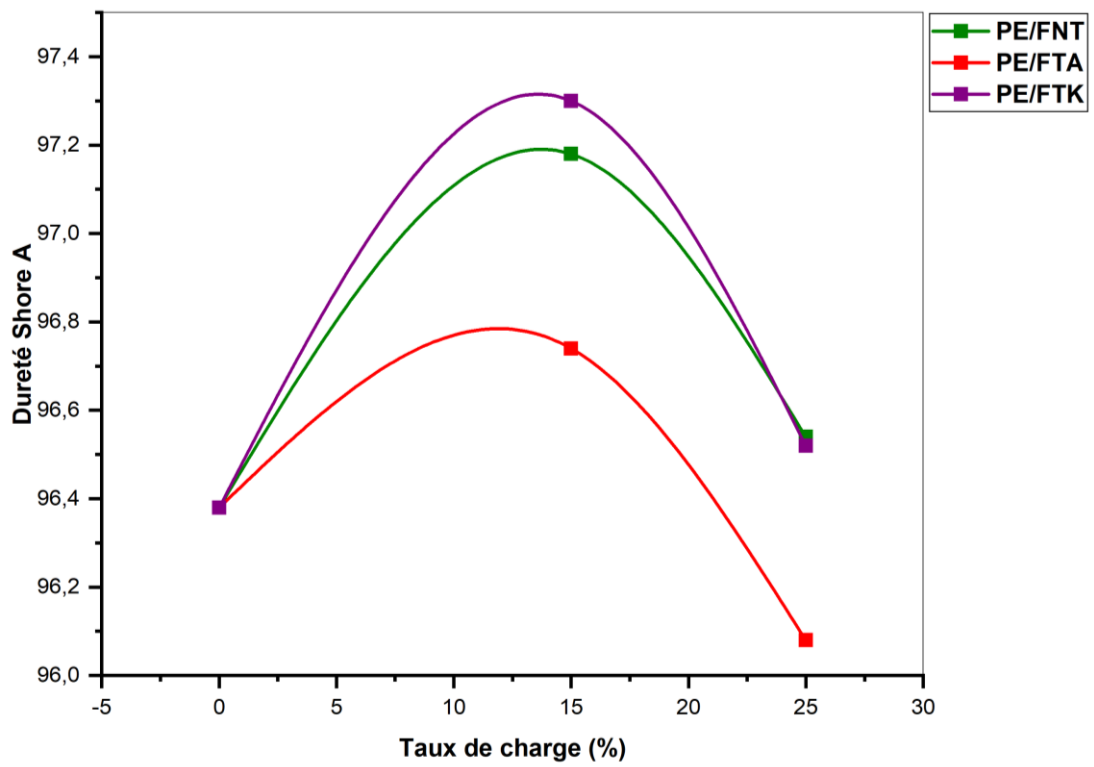


Figure III.5. Evolution de la dureté Shore D de PE vierge et ces composites en fonction du taux des fibres traitées et non traitées.

Références

- [1]. K. Goriparthi, K.N.S. Suman, N. M. Rao, Effect of fiber surface treatments on mechanical and abrasive wear performance of polylactide/jute composites, *Composites: Part A*, 43; 1800–1808, 2012.
- [2]. Alawar, A.M. Hamed, K. Al-Kaabi, Characterization of treated date palm tree fiber as composite reinforcement, *Composites: Part B*, , 40; 601–606. 2009.
- [3]. S.L Fáváro, T.A. Ganzerli, A.G.V de Carvalho Neto, O.R.R.F da Silva, E. Radovanovic, Chemical, morphological and mechanical analysis of sisal fiber-reinforced recycled high-density polyethylene composites, *Express Polymer Letters*,4; 465– 473,2010.
- [4]. P. Upadhyaya, M. Garg, V. Kumar, A. K. Nema, The Effect of Water Absorption on Mechanical Properties of Wood Flour/Wheat Husk Polypropylene Hybrid Composites, *Materials Sciences and Applications*, 3; 317-325,2012,
- [5]. Yu-T. Zheng, De-R. Cao, D-S.Wang, Jiu-Ji Chen, Study on the interface modification of bagasse fibre and themechanical properties of its composite with PVC, *Composites: Part A*, 38; 20–25, 2007.
- [6]. P.A. Sreekumar, P.S. Thomas, J.M. Saiter, J. Kuruvilla, G. Unnikrishnan, S. Thomas, Effect of fiber surface modification on the mechanical and water absorption characteristics of sisal/polyester composites fabricated by resin transfer molding, *Composites: Part A*, 40; 1777–1784, 2009.
- [7]. L. Y. Mwaikambo, M. P. Ansell, The Effect of Chemical Treatment on the Properties of Hemp, Sisal, Jute and Kapok Fibres for Composite Reinforcement, *Die Angewandte Makromolekulare Chemie*, 272; 108-116, 1999.
- [8]. H. Djidjelli, A. Boukerrou, R. Founas, A. Rabouhi, M. Kaci, J. Farenc, J. J. M. Vega, D. Benachour, Preparation and characterization of poly (vinyl chloride)/virgin and treated sisal fiber composites, *Journal of Applied Polymer Science* 103; 3630-3636, 2007.
- [9]. Shivappa, G. K. Ananda, N. Shivakumar, Mechanical Characteisation of Rice Husk Flour Reinforced Vinylester Polymer Composite, *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 2; 6271-6278, 2013.
- [10]. M. R. Rahman, M. Monimul Huque, M. Nazrul Islam, M. Hasan, Mechanical properties of polypropylene composites reinforced with chemically treated abaca, *Composites: Part A*, 40; 511-517, 2009.

- [11]. L. M. Matuana, R. T. Woodhams, J. J. Balatinecz, C. B. Park, Influence of interfacial interactions on the properties of PVC/cellulosic fiber composites, *Polymer composites*, 19; 446-455, 1998.
- [12]. S. Sultana Mir, M. Hasan, S. Naji, J. Hossain, N. Nafsin, Effect of Chemical Treatment on the Properties of Coir Fiber Reinforced Polypropylene and Polyethylene Composites, *POLYMER COMPOSITES*, 36; 1-7, 2015.
- [13]. S. M. Luz, J. Del Tio, G. J. M. Rocha, A. R. Gonçalves, A. P. Del'Arco, Cellulose and cellulignin from sugarcane bagasse reinforced polypropylene composites: Effect of acetylation on mechanical and thermal properties. *Composites:Part A*, 39; 1362-1369, 2008.
- [14]. M. Bengtsson, K. Oksman, The use of silane technology in cross-linking polyethylene/wood flour composites, *Composites, Part A*, 37; 752-765, 2006.
- [15]. T. Yu, J. Ren, L. Shumao, H. Yuan, L. Yan, Effect of fiber surface treatments on the properties of poly (lactic acid)/ramie composites, *Composites: Part A*, 4; 499-505, 2010.
- [16]. C. Ihamouchen, H. Djidjelli, A. Boukerrou, S. Krim, M. Kaci, J. J. Martinez, Effect of Surface Treatment on the Physicomechanical and Thermal Properties of High-Density Polyethylene/Olive Husk Flour Composites, *Journal of Applied Polymer Science*, 2012; 123: 1310–1319.
- [17]. A. Boukerrou, D. Hammiche, H. Djidjelli, H. Aouat, Physical and Mechanical Properties of Polymer Composite Materials Based on Olive Husk Flour, *J. Renew Mater*, 2014; 2: 249-257.

Conclusion générale

Conclusion générale

Notre travail avait pour objectif d'étudier l'effet de diverses modifications chimiques (Soude NaOH, permanganate de potassium KMnO₄) sur les propriétés des composites à matrice de polyéthylène PE-LLD / fibres de palmier comme renfort. Pour mettre en évidence l'efficacité de ces traitements, des techniques d'analyse ; spectroscopie infrarouge (FTIR), tests de traction, dureté shore,

Les résultats ont montré :

- L'analyse IRTF a permis de confirmer la modification des fibres de palmier par la disparition des pics à 1732 et 1238 cm⁻¹ du fait de l'hydrolyse partielle des hémicelluloses en milieu alcalin. Et par la diminution de pics à 3340 cm⁻¹ pour les traitements avec NaOH et le KMnO₄ attribuée à la diminution du caractère hydrophile de la fibre.
- Les propriétés mécaniques les composites ont montré la diminution de la contrainte et de l'allongement à la rupture pour les composites PE/ fibre non traités. Cependant une amélioration a été constatée dans le cas des composites PE/FTA et PE/FTK.
- La dureté Shore D a été augmentée avec l'addition des fibres non traités, tandis que les différents traitements ont abaissé légèrement la dureté par rapport à celles non traités.

Résumé

Cette étude consacrée à la valorisation des déchets lignocellulosiques, un intérêt particulier a été porté aux fibres de palmier dattier, comme charge dans la fabrication des matériaux composites à matrice polyéthylène avec un taux de charge de 15 à 25%.

Nous nous sommes intéressés particulièrement au problème d'adhésion à l'interface Fibre / Matrice. Par ailleurs, deux modes de traitement ont été choisis. Le premier traitement est la mercérisation (NaOH) des fibres de palmier. Le deuxième c'est la modification avec le permanganate de potassium (KMnO₄). La mise en évidence de la modification a été examinée par l'analyse FTIR, et l'impact des traitements sur les propriétés mécaniques, thermiques des composites a été de même étudié.

Mots clé

Matériaux composites, Polyéthylène, Fibre de palmier dattier, Propriétés mécanique, Propriétés thermique, Absorption d'eau.

Abstract

In this study on the valuation of lignocellulose wastes, particular attention was paid to palm date, as filler in the manufacture of composite materials with polyethylene matrix with a loading rate from 15 to 25%.

We focused particularly the problem of adhesion at the interface fiber / matrix. In addition, tow modes of treatment were chosen. The first is the mercerization and the second is the modification with KMnO₄. Highlighting the change was examined by FTIR, and the impact of treatment on the mechanical, thermal properties of composite analysis were similarly studied.

Key words

Composites materials, Polyethylene, Palm date fiber, Mechanical properties, Thermal properties, Water absorption.

ملخص

وفي هذه الدراسة المتعلقة بتقييم النفايات lignocellulose، أولي اهتمام خاص لألياف النخيل، كحشو في صناعة المواد المركبة بمصفوفة البولي إيثيلين بمعدل تحميل من 15 إلى 25 في المائة.

ركزنا بشكل خاص على مشكلة الالتصاق في مصفوفة/ألياف الواجهة. بالإضافة إلى ذلك، تم اختيار طرق السحب للعلاج. الأول هو الارتزاق والثاني هو التعديل مع KMnO₄. تم فحص تسليط الضوء على التغيير من قبل FTIR ، وبالمثل تمت دراسة تأثير المعالجة على الخصائص الميكانيكية والحرارية للتحليل المركب.

الكلمات الرئيسية

المواد المركبة، البولي إيثيلين، ألياف النخيل، الخصائص الميكانيكية، الخصائص الحرارية، امتصاص الماء.