



République Algérienne Démocratique et Populaire

**Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique**

Université Echahid Hamma Lakhdar. El Oued

Faculté de la Technologie

Mémoire de Fin d'Etude

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Génie des procédés

Spécialité : Génie chimique

Présenté par :

Chérait Khaoula

Slimani Hiam

Thème

**valorisation de matière végétale (cas de palmier dattier) et son
utilisation en domaine des matériaux composites**

Soutenu le .././2020

Devant le Jury :

Mr
Mr . A. Boughezal
Mr

Président
Encadreur
Rapporteur

Université d'El Oued.
Université d'El Oued.
Université d'El Oued

Année universitaire : 2019/2020



Remerciements

Le premier merci avant tout à ALLAH, pour la bénédiction du succès , pour m'avoir donné la santé et la force pour accomplir ce travail.

Je remercie ma famille d'avoir toujours été présente et de m'avoir soutenue dans mes projets. Maman, Papa merci.

Je voudrais remercier mon encadreur de thèse, Monsieur Abdeslam Boughezal pour m'avoir suivie, et Je voudrais exprimer ma gratitude, pour m'avoir confié ce travail. Je lui suis très reconnaissante pour la qualité de ses conseils.

Mes remerciements vont aussi à messieurs les membres du jury pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de lire et de juger ce mémoire. d'avoir accepté d'évaluer mon travail.

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



Dédicace

Je dédie ce mémoire

A mon très cher père..... Qui a toujours garni mes chemins avec force et lumière.

A ma tendre mère..... la plus belle perle du monde.

Pour leur patience, leur amour, leur soutien et leurs encouragements.

A mes sœurs et frères..... je leur souhaitant tout le succès, tout le bonheur.

A mes amis.... Pour une sincérité si merveilleuse.

A toute personne..... Qui m'a aidé à franchir les difficultés dans ma vie.

Chérait khaoula.



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A mon cher père qui est toujours présent dans mon cœur.

A ma chère mère qui m'a beaucoup soutenu

A mes frères Mohammed Ayoub et Louai

A mes sœurs Nardjes, Afrah, Maroua et Chadha

A mon époux Youcef et ma petite princesse Zineb

A toute mes amies et mes collègues le long de mes études

A toute ma famille.

Résumé :

La valorisation des matières bio-sourcés constitue un enjeu très terrissant pour les chercheurs dans le domaine de l'environnement. Elle consiste en la recherche de nouvelles applications et l'élargissement ainsi, des domaines d'utilisation. Les matières végétales à base du palmier dattier disponibles dans le sud algérien avec des quantités importantes sont un bon exemple. Dans ce travail, qu'est une synthèse bibliographique, nous allons choisir le domaine des matériaux composites à base d'une matrice polymère et se focaliser ainsi, sur ces différents axes à savoir les procédés de préparation, type de la matrice, domaines d'applications...etc. en basant sur des recherches récentes dans ce domaine.

Mots clés : composites, matrice polymère, matière végétale, palmier dattier.

ملخص:

يعتبر تثمين المواد ذات المصادر الحيوية مسألة مهمة للغاية لدى الباحثين في مجال البيئة. وذلك من خلال البحث عن تطبيقات جديدة وبالتالي توسيع مجالات استخدامها. المواد النباتية على أساس نخيل التمر المتوفرة في جنوب الجزائر بكميات كبيرة خير مثال على ذلك.

في هذا العمل، وهو بحث ببيوغرافي، سنختار مجال المواد المركبة بناءً على مصفوفة بوليميرية وبالتالي نركز على هذه المحاور المختلفة، وهي عمليات التحضير ونوع المصفوفة ومجالات تطبيقها... إلخ. بناءً على الأبحاث الحديثة في هذا المجال.

الكلمات المفتاحية: مركب، مصفوفة بوليميرية، مادة نباتية، نخيل التمر.

LISTE DES ABREVIATIONS

PE: polyéthylène.

PVC: polychlorure de vinyle.

PS: polystyrène.

PET: polyéthylène téréphtalate.

PAN: poly acrylonitrile.

PP: polypropylène.

EFRG: Epoxy/fibres de rachis.

FPRG: fibres d'Elghars.

EPS: polystyrène expansé.

LPC: composite Feuilles-Polystyrène.

K: conductivité thermique.

a: diffusivité thermique.

MEB: Microscopie électronique à balayage.

FNT: fibres non traitées.

FT: fibres traitées.

PAV: polyacétate de vinyle.

PEBD: polyéthylène basse densité.

LDPE: polyéthylène basse densité.

NaOH: hydroxyde de sodium.

DPF: fibres de palmier dattier.

FTIR: Spectroscopie Infra-Rouge à Transformée de Fourier.

DRX: Diffraction de rayon X.

DSC: Analyse calorimétrique différentielle.

UV: rayonnement ultraviolet.

GL : Longueur de mesure (distance entre les mors de la machine d'essai).

NFC : composites de fibres naturelles

DPTRF: tronc de palmier dattier.

DPLST: pédoncule de palmier dattier.

DPLSH: gaine foliaire de palmier dattier.

DPFBS: pédoncule fruitier de palmier dattier.

Liste des figures

Chapitre 01 : Les palmier dattier : source des matières valorisables

Figure 1: le tronc.....	4
Figure 2 : Le pétiole de palmier dattier.	5
Figure 3: Fibrillum de palmier dattier (Lif).....	5
Figure 4: Composition d'une palme.....	6
Figure 5: Le grappe.....	6
Figure 6: les dattes.....	7
Figure 7: les graines.....	7
Figure 8: Les Spathes.	8
Figure 9: Déchets de palmier dattier.	9

Chapitre 02 : Les matériaux composites : cas des composites Polymère/fibre végétale

Figure 1 : La constitution d'un polymère.....	19
Figure 2 : matériau composite.	20
Figure 3: classification de matériaux composites.....	21
Figure 4: classification des fibres végétales	24
Figure 5 : Structure schématique d'une fibre végétale.....	25
Figure 6 : structure de la molécule de cellulose	26
Figure 7: les trois alcools constitutifs des lignines.....	26
Figure 8: représentation schématique de la lignine.	26
Figure 9: structure des hémicelluloses.....	27
Figure 10 : différentes nature de fibre	29
Figure 11: différentes familles de matrice.....	29
Figure 12 : Microstructure d'un composite.	32

Chapitre 03 : Domaines d'application des composites Polymère/fibre palmier dattier

Figure 1 : L'évolution de la masse en Fonction de la température.	39
Figure 2: l'évolution de la perte de masse en fonction de la température.....	39
Figure 3: Les conductivités thermiques de différentes parties du palmier	39
Figure 4: Micrographes MEB des composites de polychlorure traités par la soude ; (a) PVC/FT1, (b) PVC/FT3, (c) PVC/FT8.	40
Figure 5: Essai de flexion	41

Figure 6: Epreuve délaminé après essai de flexion	41
Figure 7: MEB de la surface fraîchement rompue de matériaux composites à matrice polypropylène avec (a) 0% en poids, (b) 30 % en poids de fibres de folioles et (c) 30 % en poids de fibres en présence de 30 % de polyéthylène greffé anhydride maléique	42
Figure 8: MEB de la surface fraîchement rompue de matériaux composites à matrice polyéthylène à base densité avec (a) 0 % en poids, (b) 20 % en poids de fibres de folioles et (c) 30 % en poids de fibres en présence de 10 % de polyéthylène greffé anhydride maléique	42
Figure 9: l'effet du choc et la rupture.....	44
Figure 10: Les valeurs de conductivité thermique des échantillon	44
Figure 11 : Histogrammes de variation du taux d'absorption des composites à 40 ° C.	45
Figure 12: Spectre IR (avant et après filtration)	45
Figure 13 : Histogrammes de la variation de la capacité de filtration en fonction du temps .	45
Figure 14 : Histogrammes du taux d'adsorption des composites 1,2 et 3 en fonction du temps.	46
Figure 15: Échantillon avant filtration.....	46
Figure 16: Échantillon après filtration.....	46
Figure 17: Absorption d'eau du PVC pur et des composites avec des fibres traitées et non traitées.....	49
Figure 18: Comparaison du rapport module d'élasticité spécifique du palmier dattier -coût avec d'autres types sélectionnés.....	50
Figure 19: Certains diagrammes contrainte-déformation pour les fibres simples avant et après le traitement alcalin.	51
Figure 20: les dommages sur des éprouvettes PCL/ Fibre touché à 25 Joules (a) dommages à la face avant et (b) des dommages à la face arrière.	52
Figure 21: les dommages sur des éprouvettes PCL/ Fibre touché à 50 Joules (a) des dommages à la face avant et (b) des dommages à la face arrière	52
Figure 22: Images SEM du polymère d'origine, PR, et son composite, PRf, avant et après l'enfouissement du sol.	53
Figure 23: Comparaison des modèles expérimentaux vs mathématiques pour le coefficient d'absorption sonore de la fibre de DPF (A = 20mm, B = 30mm, C = 40mm épaisseur).....	54

Liste des tableaux

Chapitre 01 : Les palmier dattier : source des matières valorisables

Tableau 1 : Différentes variétés de palmier dattier en Algérie..... 3

Chapitre 02 : Les matériaux composites : cas des composites Polymère/fibre végétale

Tableau 1: présente la composition chimique de fibres végétales (a base de palmier dattier).27

Tableau 2: les avantages et l'inconvénients de fibre végétale [16].28

Tableau 3: caractéristiques principales des matrices polymères [21].31

Chapitre 03 : Domaines d'application des composites Polymère/fibre palmier dattier

Tableau 1 : Résultats de la masse volumique des composites.37

Tableau 2 : Résultats de l'essai de traction sur les éprouvettes de composite.....37

Tableau 3: Comparaison des résultats des propriétés mécaniques obtenues avec ceux de la littérature.....49

Table des matières

Remerciements	
Dédicace	
Dédicaces.....	
Résumé :	
LISTE DES ABREVIATIONS	
Liste des figures.....	
Liste des tableaux	
Table des matières	
Introduction générale.....	1
CHAPITRE 01: Les palmier dattier : source des matières valorisables	
1) Généralités sur le palmier dattier:	3
2) Variétés de palmier dattier en Algérie:	3
3) Etude morphologique du palmier dattier:	4
3.1) constituants du palmier dattier:	4
3.1.1)tronc:	4
3.1.2) Pétiole:	5
3.1.3) Le fibrillum:	5
3.1.4) palme:.....	6
3.1.5) Le grappe:	6
3.1.6) Les Dattes :	6
3.1.7) Graine où noyau:.....	7
3.1.8) Les Spathes :	7
4) déchet de palmier dattier:	8
5) Fibre de palmier dattier:	9
6) Sous-produits de palmier dattier:	9
7) Propriétés des fibres de palmier dattier:.....	10
7.1) Propriétés mécaniques:	10
7.2) Propriétés chimiques:	10
7.3) Propriétés hydrophilique:	10
7.4) Propriétés physiques:.....	10
7.5) Propriétés thermiques et diélectriques:.....	11
8) Extraction de fibre lignocellulosique :	11
8.1) Les méthodes physiques d'extraction:.....	11

8.1.1) Homogénéisation	11
8.1.2) Le broyage mécanique:	12
8.2) La méthode chimique d'extraction:	12
9) traitement de fibre végétale:	13
9.1) traitement chimique:	13
9.1.1) Traitement alcalin:	13
9.1.2) Traitement par acétylation:	13
9.1.3) Traitement par les silanes:	13
9.2) Les traitements physiques:	14
9.2.1) Traitement plasma:	14
9.2.2) Traitement corona:	14
9.3) Traitement enzymatique :	15
9.3.1) Blanchiment enzymatique:	15
9.3.2) Biodécreusage:	15
9.3.3) Dégommage:	15
Références:	16

CHAPITRE 02: Les matériaux composites : cas des composites Polymère/fibre végétale

1) Polymère:	19
2) Classification des polymères:	19
2.1) Polymères naturels:	19
2.2) Polymères synthétique:	19
3) Applications des polymères :	20
4) Les matériaux composite: (composites polymère).....	20
4.1) Définition:	20
4.2) Les caractéristiques des matériaux composites:	21
4.3) Classification des matériaux composites :	21
4.3.1) composites renforcés par des particules:	22
4.3.2) composites renforcés par des fibres:	22
4.3.3) Structures Composite stratifiées:	22
5) Les constituant de matériaux composite:	22
5.1) Le renfort:	22
5.1.1) Fibres céramiques:	23
5.1.2) fibres de verre:	23

5.1.3) fibres de carbone:.....	23
5.1.4) fibre d'aramide:	23
5.1.5) Fibres végétal:.....	24
5.2) La matrice:.....	29
5.2.1) Différentes natures de la matrice:	29
5.2.2) Les matrices organique (matrices polymères):	30
5.2.3) Les caractéristique des matrices polymères:.....	31
5.3) Les additifs:	31
5.4)L’interface:	31
6) Adhésion renforts / matrice:.....	31
7) Ensimage:.....	32
Référence:.....	33

CHAPITRE 03: Domaines d'application des composites Polymère/fibre palmier dattier

1) Nouveaux matériaux et fibres naturelles:.....	36
2) Domaines d’application des matériaux composites à fibres végétales:	36
3) Synthèse bibliographique des travaux de recherches :.....	37
3.1) domaine des Travaux publics et construction:	37
3.1.1)Travaux de T. Djoudi, et al :.....	37
3.1.2) Travaux de T. MASRI, 2018	38
3.1.3) Travaux de N. benmansour, et al	38
3.1.4) Travaux de N. DEBABECHE et al.....	39
3.1.5) Travaux de K. Almi et al	40
3.1.6) Tarvaux de S .Amirou:.....	40
3.2) domaine de fabrication de produits en plastique polyvalents:.....	41
3.2.1) Travaux de A. BENDAHOU, et al	41
3.2.2) Travaux de redha Ibrahim Saleh:	42
3.2.3) Travaux de Ramdan nasser	43
3.2.4) Travaux de T. Mandil, et al.....	44
3.3) domaine de filtration des eaux:.....	45
3.3.1) Travaux de B. Ben Abdelhamid et al.....	45
3.3.2) Travaux de S.Houba et al.....	46
3.4) L’utilisation de matériaux composites dans l’industrie :.....	47
3.4.1) Travaux de A. Al-Khanbashi et al	47

3.4.2) Travaux de Y. Djebloun	47
3.4.3) Travaux de H .Boussehe et al	48
3.4.4) Travaux de S. AMROUNE	49
3.4.5)Travaux de Faris M et al	49
3.4.6) Travaux de A. Abdal-hay et al	50
3.4.7) Travaux de N.Saba et al [.....	51
3.5) domaine Biologique:	52
3.5.1) Travaux de H. Dhakal et al	52
3.5.2) Travaux de M.Alshabanat	53
3.6) Utilisation de matériaux composites dans le domaine d'absorption acoustique:	53
3.6.1) Travaux de E.Taban et al	53
Référence:	55
Conclusion générale	59

INTRODUCTION

GENERALE

Introduction générale

Le développement durable est l'un des principaux défis dans ces dernières décennies. Il est basé sur la promotion de la conscience environnementale concernant la nécessité de limiter les impacts de l'activité humaine sur l'environnement. En plus de la valeur environnementale avec l'épuisement des matières fossiles, l'augmentation des coûts et des dommages graves pour la santé, la valorisation des déchets lignocellulosique s'avère une nécessité absolue.

Par conséquent, l'orientation actuelle de l'exploitation et l'utilisation des matériaux naturels disponibles et durables est vivement dans divers secteurs. puisque ces éco-matériaux présentent des avantages, telles que la disponibilité à faible coût, d'une part, ses performances mécaniques et thermiques d'autre part. De plus, les matériaux naturels aussi biodégradables et recyclables au caractère renouvelable. Ces propriétés sont très importantes actuellement pour éviter les dommages relatifs à l'environnement et à la santé humaine causés par l'utilisation des matériaux synthétiques.

En raison de la présence accrue de polymères dans la vie quotidienne. De tout temps l'homme a cherché à les exploiter. Cependant, on les utilise rarement seuls, mais combinés à d'autres matériaux, Actuellement, l'une des solutions alternatives proposées par la recherche est le recours aux ressources naturelles comme constituant dans les matériaux composites.

Aujourd'hui, le choix des ressources naturelles est inévitable et cela est principalement dû Les avantages qu'il offre. Où il est obtenue à partir des déchets solides générés par l'activité de production agricole. En effet, les dernières années ont vu une augmentation spectaculaire de l'utilisation des déchets agricoles issus des fibres végétales comme renforts dans les composites à base de matrice polymères telles que les feuilles de lin, chanvre, sisal et surtout le palmier pour fabriquer des nouveaux types de composites respectueux à l'environnement.

C'est pour cette raison que cette étude bibliographique a été entreprise dans l'objectif de collecter et d'exposer quelques travaux de recherches dans le domaine des composites polymère/ fibre du palmier dattier.

Cette synthèse bibliographique est répartie en 03 chapitres :

- Le premier chapitre comprend des généralités sur le palmier dattier.
- Le deuxième chapitre est consacré à une étude générale sur les matériaux composites.
- Le troisième chapitre est un exposé de quelques travaux de recherches dans plusieurs domaines d'application de ces matériaux composites.

CHAPITRE 01

**Les palmier dattier : source des matières
valorisables**

1) Généralités sur le palmier dattier:

Le palmier dattier a longtemps été l'une des cultures fruitières les plus importantes dans les régions arides de la péninsule arabique, et de l'Afrique du Nord et du Moyen-Orient. Il est rustique s'adaptant aux régions les plus arides du monde et constitue la principale source de vie de la population saharienne.

Le palmier dattier, fut dénommé Phoenix dactylifera par Linné en 1753. Cette dénomination découle de la forme des fruits qui se présentent sous forme de doigts (dactylus en latin) [1]. Le palmier dattier est une composante essentielle de l'écosystème oasien grâce à son adaptation aux conditions climatiques, sa haute valeur nutritive de ses fruits et ses multiples utilisations de ses produits. Le Phoenix est une plante dioïque, avec deux organismes mâles et femelles[2].

Selon la littérature , il existe environ 100 millions de palmier dattier dans le monde. Les palmes sèches et fraîches sont découpées chaque année. Une estimation annuelle des palmes découpées est évaluée à 1 500 000 tonnes [3]. Selon les données du ministère de l'Agriculture et du développement rural de l'Algérie; il y a environ 18.4 millions de palmier dattier répartis sur une superficie de plus de 160 milles hectares. Bien que ce patrimoine soit reparti dans 17 wilayas (départements), il se concentre principalement dans les wilayas Sud- Est et Sud-Centre d'Algérie[4].

2) Variétés de palmier dattier en Algérie:

Tableau 1 : Différentes variétés de palmier dattier en Algérie [3].

Wilaya	Superficie (hectare)	Nombre Palmiers dattiers
Biskra	42 000	4 213 000
El Oued	36 200	3 730 000
Adrar	27 700	3 705 000
Ouargla	21 400	2 507 000
Béchar	13 900	1 591 000
Ghardaïa	10 500	1 214 000
Tamanrasset	7 000	689 000
Illizi	1 200	126 000
El Bayadh	920	78 000
Khenchela	750	122 000
Naâma	500	51 000

Tindouf	430	45 000
Laghouat	310	33 000
Batna	190	29 000
Djelfa	100	9 000

3) Etude morphologique du palmier dattier:

Appartenant à la classe des monocotylédones, le palmier dattier à une anatomie distincte, il n'a pas de cambium (une couche mince apparait entre le bois et l'écorce), alors que le bois de palmier a une structure et des propriétés bien définies et diffère de celle des autres arbres. Le palmier comporte cinq types principaux du bois, celui de folioles, du rachis, du bois de tronc, de pétioles et de la grappe, est par conséquent une herbe géante de 20 à 30m de hauteur, à un tronc cylindrique (le stipe), basé sous une couronne de feuilles pennées, avec une longueur qui varie de 04 à 07 m[5].

3.1) constituants du palmier dattier:

3.1.1)tronc:

Le tronc du palmier dattier "the trunk" peut atteindre 30 à 40 m . Egalement appelé tige ou stipe, est vertical, cylindrique et en forme de colonne . Il est de couleur brune, lignifié et sans ramification . Sa circonférence moyenne est d'environ 1 à 1,10 m. Le tronc est composé de faisceaux vasculaires fibreux résistants, cimentés dans une matrice de tissu cellulaire qui est beaucoup lignifiée près de la partie externe du tronc[1].

Le tronc est structuré par des fibres pétiolaires associés les unes sur les autres de l'intérieur à l'extérieur, C'est pourquoi le bois est plus dur à l'extérieur qu'à l'intérieur[5].



Figure 1: le tronc.

3.1.2) Pétiole:

Dans la partie centrale, on trouve les pétioles (kornafs) qui constituent les bases pétiolaires du palmier restant collées au stipe après la mort de la feuille. il se dessèchent à leur extrémité et assurent une protection du tronc. Le pétiole est dur et relativement rigide, il a une largeur de fronde atteint 0,5 m[1].



Figure 2 : Le pétiole de palmier dattier.

3.1.3) Le fibrillum:

Les feuilles de palmier dattier nouvelle sortent d'un tissu tendu qui, lors de la croissance de la feuille, reste à sa base attachée à ses bords latéraux et entourant le tronc de palmier. Entre kornafs, le tronc est recouvert d'un fibrillum, ce fibrillum est composé de fibres croisées de diamètres différents créent un tapis tissé naturel que l'on appelle lif [1] .



Figure 3: Fibrillum de palmier dattier (Lif).

3.1.4) palme:

Les feuilles ou la palme appelée encore « Djérid » se compose de rachis, épines, et folioles. On excluant le pétiole qui fait partie du tronc et du palme on même temps. L'ensemble des palmes vertes formes la couronne du palmier. Selon la variété, l'âge de palmier et les conditions environnementales, les feuilles d'un palmier dattier ont une longueur de 3 à 6 m (moyenne de 4 m) et ont une durée de vie normale de 3 à 7 ans. Un palmier dattier adulte a environ 100 à 125 feuilles vertes avec une formation annuelle de 10 à 26 nouvelles feuilles[1].



Figure 4: Composition d'une palme [1].

3.1.5) Le grappe:

Le grappe, appelée Régime de dattes (ou spéculé) est la partie qui supporte les fruits du palmier. Il est accroché au palmier par la hampe, qui est d'ailleurs tellement résistante qu'elle doit être sciée pour être décrochée. Il peut contenir plus de 1000 fruits, Le palmier devra être âgé d'au minimum 7 ans avant de produire des dattes [6].

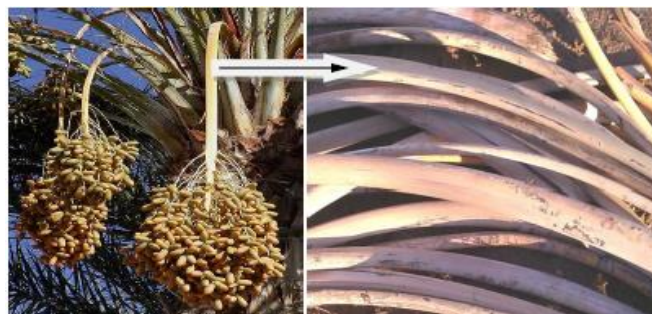


Figure 5: Le grappe

3.1.6) Les Dattes :

Ces fruits sont des baies de forme ovale de 3 cm de long. La chaire très sucrée entoure la graine. Récoltées en automne, leur couleur varie du rouge lumineux au jaune lumineux selon

les variétés; elles seront ensuite séchées au soleil. Un palmier dattier peut produire de 10 jusqu'à 100 kg par an [6].



Figure 6: les dattes.

3.1.7) Graine où noyau:

Comme pour le fruit, les caractéristiques des graines varient en fonction de la variété, de l'environnement et des conditions de croissance. Le poids d'une graine pourrait aller de moins de 0,5 g à environ 4 g, d'une longueur d'environ 12 à 36 mm et d'une largeur de 6 à 13 mm. Le poids des graines est de 18,34 % des dattes frais [1].



Figure 7: les graines.

3.1.8) Les Spathes :

La Spathe ou " Spathe " en Anglais et " Eldjof " en Arabe. C'est une enveloppe qui recouvre une inflorescence avant son développement et qui se déchire automatiquement pendant la maturation. La spathe est de forme lenticulaire aplatie aux extrémités. Sa surface extérieure est brune, ferme et polie, et celle de l'intérieure est jaune et très lisse. La spathe

femelle diffère de la spathe male; elle est plus longue et plus large que celui du male. Donc, on trouve des spathe mesurant de 25 à 100 cm de longueur. Généralement, le palmier male " Dokkar " produit des spathe plus que le palmier femelle " Nakhla ", il donne de 10 à 30 spathe par ans par contre la femelle ne donne que 6 à 18 spathe par ans et parfois elle ne donne rien durant l'année [7].



Figure 8: Les Spathes.

4) déchet de palmier dattier:

Avec une inquiétude croissante concernant l'épuisement des ressources fossiles et les risques environnementaux causés par leur utilisation excessive, on s'attend à ce que le monde se dirige vers des sources naturelles renouvelables. Les fibres naturelles comme renforcement ont un grand intérêt pour les nouvelles technologies qui traitent de l'aspect environnemental. Les résidus de palmiers dattiers sont l'une des sources intéressantes des fibres naturelles car elles sont renouvelables et abondamment disponibles, le palmier fournit huit types de résidus (Tronc, pétiole, febrilium, rachis, épines, feuillet, Spathe, grappes), dont on peut ajouter aussi les grains de dattes comme neuvième résidu. En effet, les feuilles de palmier datées sont l'une des sources naturelles importantes de fibres où les applications ont été étendues à presque tous les champs. D'autre part, le palmier dattier est considéré comme une source de matières premières à des limites industrielles [1].

Dans le monde, 1,5 millions de tonnes par an de déchets de palmier dattier sont abandonnés. On dénombre environ 18.4 millions de palmier dattier en Algérie [8], On peut estimer le total de palmes séchées à environ 382200 tonnes/an en Algérie [9]. L'idée d'exploiter ces déchets dans l'industrie n'est pas récente et déjà été appliquée dans la production des panneaux de fibres (MDF), des panneaux de particules et des portes en bois en plastique à partir de la palme de palmier dattier en Irak à les années 1980 [10]. En 2011, une usine égyptienne a

réussi à produire le premier bois à partir de "palme", capable de concurrencer le bois importé, tout en maintenant la qualité et l'environnement [11].



Figure 9: Déchets de palmier dattier [10].

5) Fibre de palmier dattier:

Parmi les fibres végétales les plus cultivées, on peut citer les fibres de palmier dattier. Dans le sud du notre pays, il y' a plus de 800 variétés de palmier dans oasis d'après des statistiques universitaires. Les types les plus connus sont: Deglet Nour, Dokar, Elghers (appellation local) [12].

Le palmier dattier a une structure fibreuse, possédant quatre types de fibres [3].

- fibres de bois de tronc.
- fibres de feuilles au niveau des pédoncules.
- fibres de tige au niveau des tiges des pédoncules et du support dattier (grappe).
- fibres de surface autour de son tronc ou de bases de palmes (pétiole)
- fibres de liffe (entre les Kornafs , le tronc est recouvert d'une bourre fibreuse que l'on appelle le liffe).

6) Sous-produits de palmier dattier:

En plus de sa production de dattes pour l'alimentation humaine, le palmier dattier offre une large gamme de sous-produits exploités par la production saharienne, à savoir:

- ✓ le vinaigre, l'alcool et les levures, par fermentation microbiologiques des dattes communes.

- ✓ farine de dattes utilisées dans la panification.
- ✓ jus de dattes, par extraction, utilisé comme sucrerie.
- ✓ tronc d'arbre, utilisé dans l'ébénisterie traditionnelle, bois de chauffage et charpentes de bâtiments.
- ✓ palmes sèches, utilisées comme clôtures, brises vent, dans la confection de couffins, de chapeau; etc., ils peuvent même servir en industrie du papier.
- ✓ les régimes de dattes, comme balais traditionnels, et comme combustibles.
- ✓ le Liffe pour la confection des semelles de sandales [3].

7) Propriétés des fibres de palmier dattier:

7.1) Propriétés mécaniques:

Le comportement mécaniques du bois de palmiers dattiers et généralement celui des fibres végétales est fortement dépendant de plusieurs paramètres à savoir les constituants microstructurales, les conditions de croissance, l'âge de la plante, la longueur et le diamètre de l'échantillon, les conditions de test comme la température, l'humidité de milieu.

Les valeurs typiques de la résistance à la traction des fibres de palmier dattier se situaient entre 170 et 275 MPa, tandis que les valeurs pour le module de Young se situaient entre 5 et 12 GPa. En outre, l'allongement à la rupture se situait entre 5 et 10% [7].

7.2) Propriétés chimiques:

tous les murs de cellules végétales sont principalement constitués de polymères (cellulose, hémicelluloses) qui sont combinés avec de la lignine. Toutefois, les proportions de chaque constituant rapportées dans la plus part des études concernant le même organe ne sont pas trop différentes, Le taux moyen est de l'ordre de 27%, celui de cellulose est de l'ordre de 37% et celui de l'hémicellulose est de l'ordre de 28% [7].

7.3) Propriétés hydrophilique:

La fibre naturelle a une teneur élevée en hydroxyle de la cellulose qui la rend susceptible d'absorber de l'eau. Capacité d'absorption d'eau des fibres naturelles peut être attribuée à la taille de fibre et à la teneur en cellulose [7].

7.4) Propriétés physiques:

Les propriétés physiques du bois de palmier dattier ne se diffèrent pas trop lorsqu'elles sont déterminées dans des variétés différentes ou à l'intérieur de la même variété . Les résultats

expérimentaux des masses volumiques mesurés pour quelques types de bois de palmier dattier à savoir : le bois de grappe, de tronc et de pétiole provenant de différentes variétés , ont montré que le bois de pétiole présente la masse volumique la plus faible parmi les fibres des autres parties [13].

7.5) Propriétés thermiques et diélectriques:

La conductivité thermique du bois de palmier dattier a été mesurée pour la première fois en 1988 pour le bois folioles, les résultats ont révélé des valeurs de conductivité faibles comprises entre 0,122 et 0,210 W/m°C. ainsi qu'il n'y a pas une différence entre la conductivité thermique mesurée dans le sens horizontal et celle mesurée dans le sens vertical aux fibres du bois de pétiole . Cette dernière qui vaut environ 0.08 W/m°C est supérieure à celle de grappe et des autres variétés, mais elle est inférieure à celle du tronc quelque soit la variété du palmier dattier [13].

8) Extraction de fibre lignocellulosique :

8.1) Les méthodes physiques d'extraction:

8.1.1) Homogénéisation

L'homogénéisation est utilisée pour désintégrer mécaniquement la biomasse lignocellulosique en nanofibres ou la fibre cellulosique en cellulose nanofibrillées .

Dans ce contexte, deux types d'équipements sont utilisés : les homogénéisateurs et les microfluidiseurs [14].

a. Homogénéisation à haute pression:

Le procédé dit homogénéisation à haute pression (HPH) utilise un homogénéisateur comme appareillage. Ce procédé comprend, après un prétraitement de la biomasse lignocellulosique, le passage de la bouillie de cellulose à haute pression dans un récipient par une buse très petite. La vitesse et la pression élevées ainsi que les forces d'impact et de cisaillement sur le fluide génèrent des forces de cisaillement dans le courant et diminuent la taille des fibres à l'échelle nanométrique. Ainsi les celluloses nanofibrillées ou les nanofibres lignocellulosiques sont obtenues[14].

b. Microfluidisation:

Le microfluidiseur est un autre instrument similaire à un homogénéisateur qui peut aussi être utilisé pour produire les celluloses nanofibrillées. Il comprend une pompe

intensificatrice pour augmenter la pression et une chambre d'interaction pour défibriller les fibres en utilisant des forces de cisaillement et d'impact contre les courants de collision et les parois de canal [14].

8.1.2) Le broyage mécanique:

Une autre voie pour obtenir les nanofibres de cellulose est le broyage ultra fin de friction. Les broyeurs supermasscolloider sont couramment utilisés pour un tel traitement. Au cours d'un tel procédé, la biomasse prétraitée passe entre des pierres de meulage statiques et tournantes (ou disques). La distance entre ces disques peut être ajustée, ce qui permet d'éviter le problème de colmatage. Grâce aux forces de cisaillement générées entre les disques ou les meules, la paroi cellulaire est laminée et les nanofibrilles sont individualisées [14].

8.2) La méthode chimique d'extraction:

Généralement l'hydrolyse acide conduit à la production de nanocristaux de cellulose ou de filaments fins (whisker) de cellulose.

Aujourd'hui, la méthode de choix pour l'isolement de nanoparticules de la cellulose est encore basée sur l'hydrolyse contrôlée avec l'acide sulfurique en raison de la stabilité des suspensions résultantes.

D'autres acides tels que l'acide chlorhydrique, l'acide oxalique, l'acide hydrobromique et l'acide nitrique peuvent aussi être utilisés. La fonction essentiellement commune de ces acides réside dans leur capacité à libérer des protons H^+ pour le clivage hydrolytique des liaisons glycosidiques dans les chaînes moléculaires de cellulose au niveau des régions amorphes.

La procédure typique pour la production de nanocristaux de cellulose comprend les étapes suivantes après un prétraitement

- Hydrolyse avec un acide fort de la biomasse lignocellulosique prétraitée dans des conditions strictement contrôlées de température, de temps, d'agitation et avec le contrôle d'autres conditions telles que la nature et la concentration de l'acide et le rapport acide/ biomasse;
- Dilution avec de l'eau pour arrêter la réaction et lavages répétés avec centrifugations successives;
- Dialyse complète contre l'eau distillée pour éliminer complètement les molécules d'acide libre;
- Traitement mécanique, habituellement une sonication, pour disperser les nanocristaux sous forme de suspension stable uniforme;

- Concentration éventuelle et séchage de la suspension pour donner des nanocristaux sous forme de poudre [14].

9) traitement de fibre végétale:

Les traitements des fibres de cellulose ont comme objective la réduction des contraintes liées aux propriétés des fibres végétales et d'améliorer leur adhésion avec une matrice polymérique et réduire l'absorption d'humidité. Leur stabilité thermique limitée et leur incompatibilité avec les matrices des polymères synthétiques constituent un défi majeur à leur introduction aux usages industriels[15].

Les différents traitements pouvant être appliqués sont généralement classés en trois catégories traitement chimique, physique et traitement enzymatique:

9.1) traitement chimique:

9.1.1) Traitement alcalin:

Le traitement alcalin avec la soude NaOH est le plus utilisé dans le traitement des fibres naturelles, il a pour but d'augmenter la surface de contact entre la fibre et la matrice. Il est souvent utilisé pour éliminer la lignine, l'hémicellulose et de supprimer les impuretés résiduelles de la fibre.

Le traitement augmente l'extraction des fibres à partir des faisceaux. En revanche, il peut nuire et détériorer la fibre si le procédé n'est pas optimisé. En effet, le temps, la température, et la concentration du traitement jouent sur les propriétés thermiques et mécaniques de la fibre. Le traitement d'alcalisation influence les propriétés thermiques et physiques des fibres naturelles ainsi que la morphologie et la dimension des fibres [15].

9.1.2) Traitement par acétylisation:

Le principe de cette méthode est de faire réagir les groupes hydroxyles (-OH) de la fibre avec les groupements acétyles (CH₃CO-). donc permet d'améliorer le pouvoir hydrophobe de la fibre et de rendre ainsi la surface de la fibre plus hydrophobe en entraînant une stabilité dimensionnelle des composites, car aucune absorption d'eau ne peut conduire à un gonflement ou un retrait du matériau composite[15].

9.1.3) Traitement par les silanes:

Ce traitement a pour objectif d'augmenter l'interaction entre les liaisons fibre/matrice.

Le traitement à base de silane est un moyen très répandu pour changer la surface de la fibre d'hydrophile à hydrophobe. En l'absence d'eau, même à une température élevée, aucune réaction ne se produit entre les liaisons Si-OR et les groupes OH de la cellulose, tandis que les liaisons Si-OR réagissent avec le groupement OH phénolique de la lignine. En présence d'humidité, un groupe alkoxy hydrolysable conduit à la formation de silanols. Le silanol réagit ensuite avec le groupe hydroxyle de la cellulose, en formant des liaisons covalentes stables avec la paroi cellulaire par chimisorption sur la surface de la fibre [16].

9.2) Les traitements physiques:

9.2.1) Traitement plasma:

Pendant le traitement plasma, le substrat est bombardé par des particules de haute énergie se déplacement dans le flux de plasma.

En conséquence, les propriétés de surface telles que la rugosité, la mouillabilité et la chimie de surface du substrat peut être modifiée sans avoir recours à des produits chimiques ou des solvants.

les traitements plasma modifie la surface des fibres naturelles par altération ou élimination des couches de surface faiblement attachée et la formation de nouveaux groupes fonctionnels (fonctionnalisation et réticulation). Selon le type et la nature des gaz utilisés, différentes modifications de surface pourront être introduites. Des réticulations de surface peuvent être introduites, la tension de surface peut être augmentée ou diminuée, des radicaux libres réactifs pourront être produits[17].

9.2.2) Traitement corona:

Les procédés de type corona (couronne) sont largement utilisés dans le traitement de surface des matériaux. Différents types de supports peuvent être traités :polymères, aluminium, textiles..., etc. Cette technique est basée sur l'utilisation d'une haute tension (1500V) à haute fréquence entre deux électrodes. L'air est ionisé et les électrons sont accélérés et réagissent ainsi avec les surfaces adjacentes.

Dans les cas des fibres de cellulose, le traitement corona entraine une augmentation de l'énergie de surface, de l'acidité et de la basicité ainsi que le rapport de quantité d'oxygène et de carbone (O/C)[17].

9.3) Traitement enzymatique :

9.3.1) Blanchiment enzymatique:

Le blanchiment est indispensable . Les conditions et les produits utilisés pour le blanchiment varient suivant l'origine des fibres ainsi que sa composition biochimique. La laccase (EC 1.10.3.2), est une enzyme oxydase (oxydoréductase, EC 1) ayant pour cofacteur du cuivre et que l'on retrouve dans de nombreuses plantes, champignons et micro-organismes. Par la réduction de l'oxygène elle est impliquée dans l'oxydation d'une large gamme de substrats organiques, y compris les phénols, les polyphénols, les anilines, et même certains composés inorganiques par un mécanisme de transfert d'un électron[15].

9.3.2) Biodécreusage:

Le décreusage, est l'opération qui permet l'élimination de la séricine des fils et des tissus de soie. La séricine, ou "grès", est la colle naturelle, C'est une protéine naturelle hydrosoluble. Le Biodécreusage se fait par l'utilisation de la protéase, un processus moins polluant est nécessaire pour rendre le tissu suffisamment hydrophile. Cette méthode de traitement des fibres est écologique, mais elle n'est pas répandue au sein des industries en raison du coût élevé des enzymes purifiées principalement d'Aspergillus Niger[15].

9.3.3) Dégommage:

Le dégommage est une technique qui permet d'éliminer les pectines et les hémicelluloses. Elle s'effectue industriellement dans l'eau bouillante additionnée de soude ou de savon alcalin. Ces procédés permettent d'obtenir des fibres longues, en conservant leur solidité. Aussi, le dégommage peut être réalisé par l'utilisation d'enzymes (pectinase, hémicellulases)[15].

Références:

- [1] Tahar MASRI, Contribution au développement des matériaux de construction à base des sous-produits du palmier dattier, Thèse doctorat Université Mohamed Khider – Biskra2018.
- [2] Y. DJEBLOUN, Contribution à la caractérisation des matériaux composites renforcés de fibres végétales, Thèse doctorat Université Mohamed Khider – Biskra2018.
- [3] S. AMROUNE, "Caractérisations mécaniques et étude de l'endommagement des matériaux composites renforcés par des fibres de palmier", université guelma, thèse doctorat, (2016)
- [4] DJOUDI Tarek, Elaboration et caractérisation de composites bio-sourcés à base de fibres de palmier dattier, Thèse doctorat Université Mohamed Khider – Biskra2019.
- [5] Taher GUETTAF TEMAM, Modélisation du comportement mécanique des constituants du palmier dattier, Université Mohamed Khider – Biskra.
- [6] Adil SBIAI, "matériaux composites a matrice epoxyde chargée par des fibres de palmier dattier: effet de l'oxydation au tempo sur les fibres ", l'institut national des sciences appliquées de Lyon, N°: 2011ISAL0043, (2011).
- [7] N. DEBABECHE, R. LOUGHLANI, "Etude de l'incorporation des fibres de palmier dans une matrice de polychlorure de vinyle", Université Mohamed Khider de Biskra, 2018.
- [8] Itdas, "Rapport sur la situation du secteur agricole," Institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne, Biskra, Algérie, 2012.
- [9] T. Djoudi, M. Hecini, D. Scida, Y. Djebloun, and B. Guerira, "Caractérisation physique et mécanique du bois et des fibres issus d'une palme mûre de palmier dattier," Matériaux & Techniques, vol. 106, pp. 403, 2018.
- [10] agri-palm.com/.24/09/2016/ تدوير واستثمار مخلفات النخيل والمخلفات الخشبية في المشاريع الصناعية
- [11] <https://www.mysalaam.com/ar/story/شباب مصريون يحولون جريد النخل إلى أثاث عالي الجودة> 23/01/2017
- [12] H. BENARAB, " matériau composite renforcée par les fibres naturelles utilisées dans l'isolation thermique", université Saâd Dahlad de Blida, (2014)

[13] K.ALMI, Développement et caractérisation de matériaux à base du bois de palmier dattier adaptés aux applications de développement durable en Algérie, Thèse de Doctorat, Université de Biskra, 2018.

[14] H M. Nlandu, " Extraction et prétraitement de fibres naturelles de lin par une approche enzymatique combinée au CO2 supercritique", thèse doctorat, université LAVAL CANADA, 2019.

[15] A.Djamel Eddine, " Extraction, caractérisation morphologique, physico-chimique et mécanique des fibres caulinaires de Retama monosperma L.Boiss, thèse de doctorat, Université d'Oran Mohamed Boudiaf, 2016.

[16] R. Agrawal, N. S. Saxena, K. B. Sharma, S. Thomas, and M. S. Sreekala "Activation energy and crystallization kinetics of untreated and treated oil palm fibre reinforced phenol formaldehyde composites," (in English), Materials science and engineering. a-structural materials properties microstructure and processing, Article vol. 277, no. 1-2, pp. 77-82, Jan 2000.

[17] A.ABDELKEBIR," L'EFFET DE LA TEMPERATURE DE MERCERISATION SUR LES PROPRIETES DU COMPOSITE (TISSUS DE JUTE / POLYESTER",UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF -M'SILA, 2017.

CHAPITRE 02

Les matériaux composites : cas des composites Polymère/fibre végétale

1) Polymère:

Un polymère est un produit constitué de molécules caractérisées par un grand nombre de répétitions d'une ou de plusieurs espèces d'atomes ou de groupes d'atomes (motifs constitutionnels) reliés entre eux en quantité suffisante pour conduire à un ensemble de propriétés qui ne varient pratiquement pas avec l'addition ou l'élimination d'un seul ou d'un petit nombre de motifs constitutionnels [1].

Les polymères sont des matières organiques ou semi organiques constituées d'un ensemble de chaînes macromoléculaires de différentes longueurs [2].

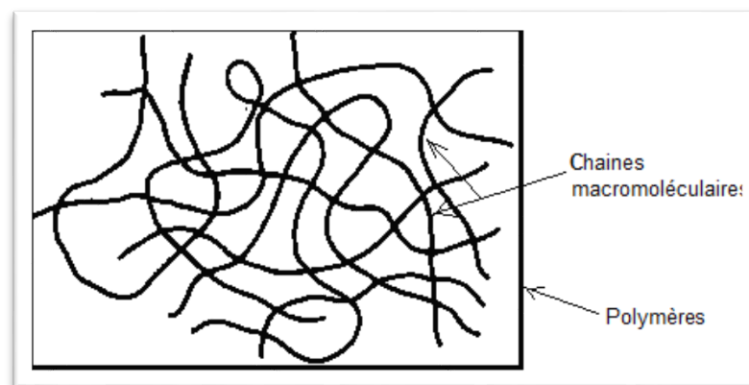


Figure 1 : La constitution d'un polymère [1].

2) Classification des polymères:

2.1) Polymères naturels:

Sont issus du règne végétal où l'animal, leur importance est considérable. On peut cependant mentionner, dans cette catégorie, la famille des polysaccharides (cellulose, amidon..), le caoutchouc naturel, etc [3].

2.2) Polymères synthétique:

Totalement issus du génie de l'homme, sont obtenus par polymérisation de molécules monomères.[3] On peut cependant mentionner: polyéthylène (PE), polychlorure de vinyle (PVC), polystyrène (PS), polyéthylène téréphtalate (PET).

3) Applications des polymères :

Les polymères sont devenus l'élément essentiel d'un nombre très important d'objets usuels et courants, dans lesquels, ils ont souvent remplacé les substances naturelles.

Les applications des polymères selon Européen Plastics Demand by Resin (2009):

- Emballage 34%
- Bâtiment et Construction 23%
- Électricité et Électronique 9%
- Automobile 8%
- Sport et Loisirs 3%
- L'agriculture 2%
- Autres 21%

Ces six marchés représentent environ 80% des plastiques utilisés en Europe. Les 20% restants sont dans de nombreux autres marchés, même si leur poids économique est faible ils sont des opportunités à forte valeur ajoutée potentielle comme le marché de la santé [2].

4) Les matériaux composite: (composites polymère)

4.1) Définition:

Un matériau composite est un constitué de l'assemblage de deux ou plusieurs matériaux de natures différentes. Leurs association est complémentaire et permet d'aboutir à un matériau dont les performances recherchées seront supérieures à celles des composants pris séparément. Un matériau composite est constitué dans les cas le plus général d'une ou plusieurs phases discontinues réparties dans un phase continue [4].

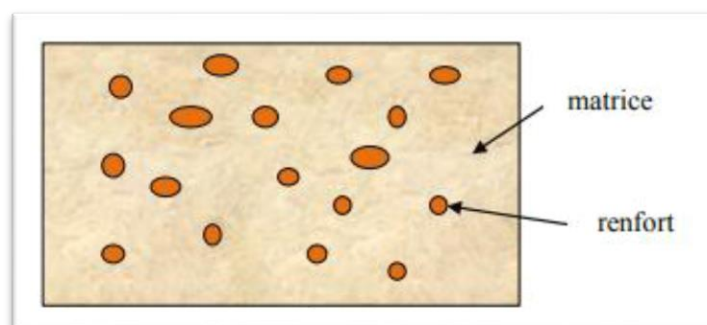


Figure 2 : matériau composite.

4.2) Les caractéristiques des matériaux composites:

Les propriétés des matériaux composites dépendent de beaucoup de facteurs et sont différentes selon les divers types de matériaux composite.

- Les propriétés de la nature et de qualité des matériaux constitutifs.
- De la géométrie et de la distribution du renfort.
- De leurs interactions et de la nature de l'interface matrice-renfort.

Les principales caractéristique des pièces fabriquées en matériaux composite sont:

- Le gain de masse.
- La bonne tenue en fatigue (durée de vie augmentée).
- L'absence de corrosion.
- L'absence de plasticité (leur limite élastique correspond a la limite de rupture).
- Le vieillissement sous l'action de l'humidité et de la sensibilité aux certains produits chimique.
- Tenus aux impacts et aux chocs.
- Très forte anisotropie [5].

4.3) Classification des matériaux composites :

Les classification des composites basée sur la structure de renforcement. d'un point de vue géométrique on peut distinguer trois type de renfort (figure 3):

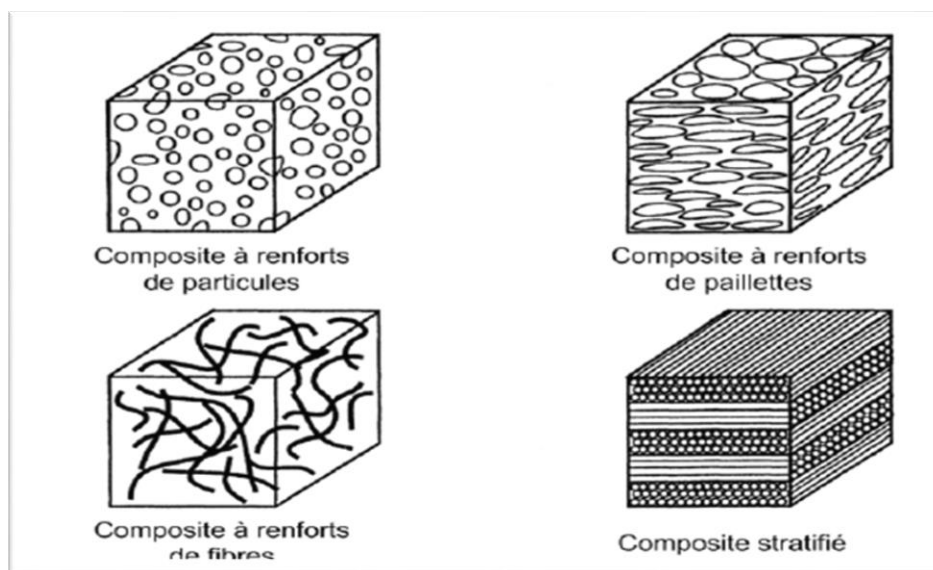


Figure 3: classification de matériaux composites.

4.3.1) composites renforcés par des particules:

Un matériau composite est dit à particules lorsque le renfort se trouve sous forme de particules. La particule, contrairement aux fibres, n'a pas de dimension spécifique. Les particules sont généralement utilisées pour améliorer certaines propriétés des la rigidité, la tenue à la température, la résistance à l'abrasion,...etc [6].

4.3.2) composites renforcés par des fibres:

Les composites renforcés par des fibres contiennent des renforts de longueurs supérieures. Le renforcement fibreux est plutôt physique qu'un moyen chimique de charge un matériau pour l'adapter à divers travaux d'ingénierie applications.

La fibre de renforcement dans un matériau composite monocouche peut être courte ou longue en fonction de ses dimension globales. Les composites à fibres longues sont appelés fibres continus et les composites dans lesquels des fibres courtes ou discontinues qui sont noyées dans les matrices sont appelées renforcement de fibre discontinues [6].

4.3.3) Structures Composite stratifiées:

Les structures composites stratifiées sont constituées de couches successives de renforts imprégnés de résines. Les couches sont également nommées plis. Les structures stratifiées réalisées à partir de matériaux composites sont constituées d'empilements de nappes unidirectionnelles ou bi-directionnelles. Ces nappes sont formées de renforts en fibres longues liées par de la résine .

La résine assure quant à elle la cohésion entre les renforts de manière à répartir les sollicitations mécaniques. Les pièces structurelles sont réalisées par empilement de nappes en optimisant les directions des renforts en fonction des charges qu'elles doivent subir [7].

Tous ces renforts sont inclus au sein d'une matrice qui répartit les efforts entre eux et les protège des agressions extérieures.

5) Les constituant de matériaux composite:

5.1) Le renfort:

Le renfort est tout simplement le squelette ou l'armature du composite, il confère aux composites leurs caractéristique: rigidité, résistance à la rupture dureté....etc. il permet aussi

d'améliorer certaines des propriétés physique, comportement thermique, tenue en hautes température, tenue au feu, résistance a l'abrasion, propriétés électriques [4].

Le renfort peut être seul au sien d'une matrice (composite homogène) ou associé à un renfort de nature différente (composite hybride). Les fibres possèdent généralement une bonne résistance à la traction mais une résistance faible à la compression parmi les fibres le plus employées on peut citer:

5.1.1) Fibres céramiques:

Les matériaux composites de type céramiques sont souvent constitués de renforts et de matrice en céramique. Les fibres sont élaborées par dépôt chimique en phase vapeur sur un fil support. Ces fibres sont rencontrées dans des applications où la température est très élevée entre 500°C et 2 000°C. Ces matériaux sont utilisés notamment dans les parties chaudes des moteurs d'avions [7].

5.1.2) fibres de verre:

qui sont utilisées dans le bâtiment le cout de production de ces fibres est peu élevé ce qui en fait l' une des fibres les plus utilisées à l'heure actuelle [8].

5.1.3) fibres de carbone:

utilisées pour des applications structurantes. Elle sont obtenues par la pyrolyse d'un précurseur organique. Le plus utilisé de ces précurseurs est le poly acrylonitrile (PAN). Le prix de ces fibres reste relativement élevé mais il n'a cessé de diminuer avec l'augmentation des volume de production. On les retrouve dans de nombreuses application dans l'aéronautique, les sports et les loisirs [8].

5.1.4) fibre d'aramide:

Le fibre d'aramide (ou kevlar qui est une dénomination commerciale) utilisées dans les protections balistiques comme les gilets pare-balles ainsi que dans les réservoirs souple de carburant [8].

- Pour les composites d'entrée de gamme un intérêt croissant est porté aux fibres végétales comme le chanvre ou lin ou palme. Ces fibre ont de bonnes propriétés et sont particulièrement écologique puisque ce sont des produits naturels [8].

5.1.5) Fibres végétal:

Les fibres végétales sont couramment utilisées car ce sont les fibres les plus disponibles. Leur structure complexe est assimilable à celle de matériaux composites renforcés par des fibres de cellulose disposées en hélice. Pour comprendre l'origine de leur comportement, il est nécessaire de connaître leur microstructure, présentée de manière simplifiée [9]. sur le plan morphologique, la fibre végétale présente une variabilité très importante en fonction de son origine. En effet, les dimensions des fibres végétales dépendent de l'état de maturité et aussi des conditions environnementales de croissance de la plante. La variabilité du diamètre peut être très importante le long de la même fibre végétale [10].

5.1.5.1) Classification de fibre végétale:

Il existe une grande variété de fibres végétales qui peuvent être utilisées pour le renforcement ou comme charges des matériaux composites. Elles sont classées comme suit (figure 4):

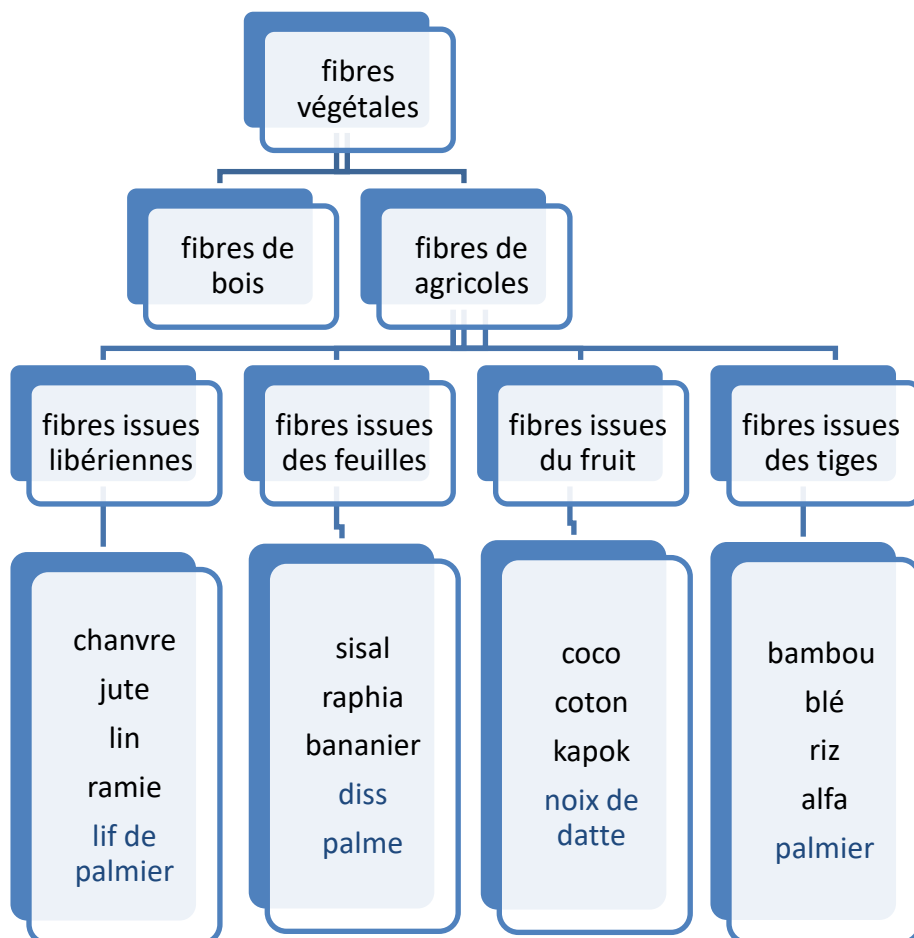


Figure 4: classification des fibres végétales

5.1.5.2) Structure d'un fibre végétale:

Les charges à base de cellulose sont des matériaux simples, chimiquement et physiquement. Si l'on ignore l'eau absorbée, les principaux constituants des renforts à base de cellulose se composent de trois types de produit chimiques : environ la moitié de celle-ci est la cellulose et environ un quart de celle-ci est l'hémicelluloses et la lignine. Elles contiennent aussi des extractibles, des protéines et certains composés inorganiques en faibles proportions[11].

On peut classer les fibres végétale de structure en trois catégories : la cellulose, les hémicelluloses et les lignines (figure 5), organisées dans une structure composite.

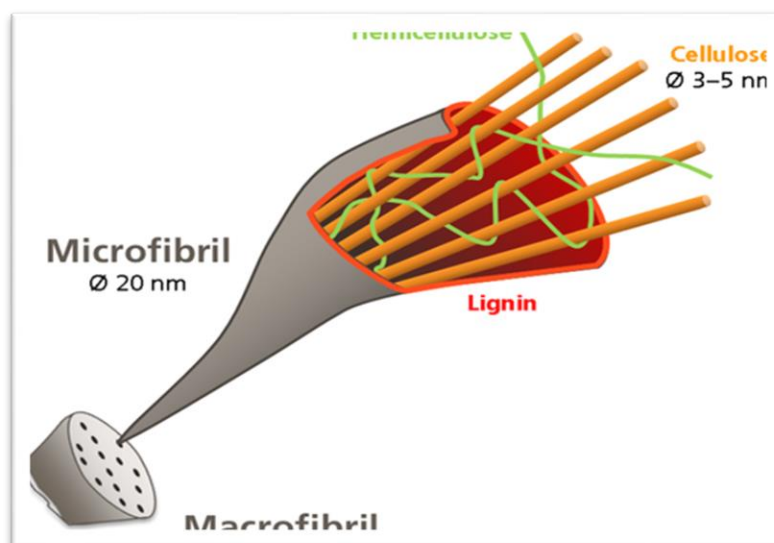


Figure 5 : Structure schématique d'une fibre végétale [12].

a) cellulose:

La cellulose est le constituant qui assure la protection et le soutien dans les organismes végétaux. Elle se situe dans la paroi des fibres et constitue la substance organique la plus abondante dans la nature puisqu'on estime sa production mondiale à environ 1,3.10¹⁰ tonnes par an. A l'échelle d'un arbre cela correspond à la formation de 10 g de cellulose par jour.

La cellulose est un homopolysaccharide composé d'unités β -D-glucopyranose liées entre elles par une liaison glycosidique β (1-4) [13].

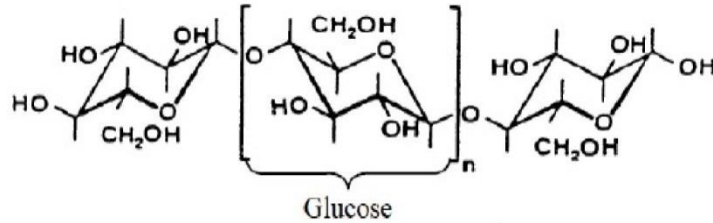


Figure 6 : structure de la molécule de cellulose [13].

b) Lignines:

Après la cellulose, la lignine est la deuxième macromolécule présente dans les végétaux. Il s'agit d'un polymère réticulé in situ ayant une structure très complexe qui varie aussi en fonction de l'espèce et de l'âge du végétal, des conditions climatiques environnantes, etc [13].

Les lignines sont des macromolécules qui résultent de la polymérisation oxydative de trois alcools phénoliques : coumarylique, coniférylique et synapylique [14].

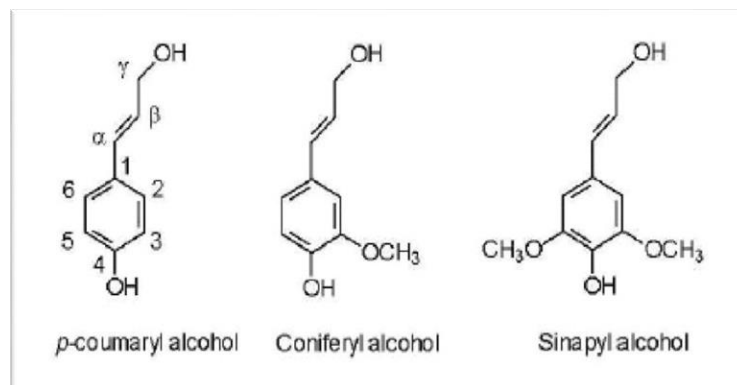


Figure 7: les trois alcools constitutifs des lignines [14].

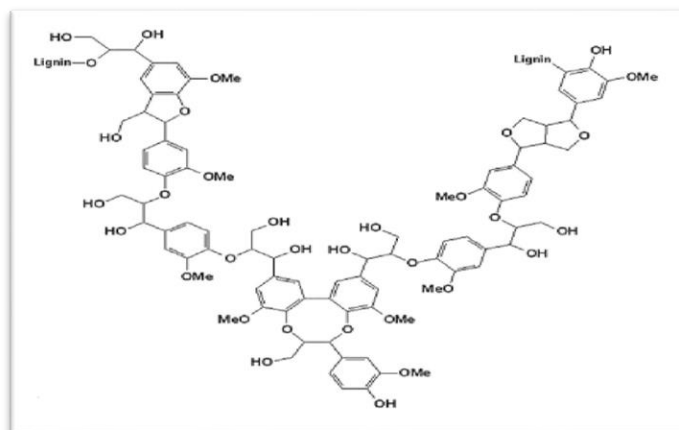


Figure 8: représentation schématique de la lignine [14].

c) Hémicellulose:

Les hémicelluloses sont des polysaccharides, qui se trouvent dans tous les végétaux caractérisés par des masses molaires beaucoup plus faibles que celle de la cellulose et par des structures moins régulières à la fois par la présence de différentes unités dans leurs chaînes et/ou de ramifications. Si l'on considère que le bois est un matériau composite dans lequel la cellulose est la fibre de renfort et la lignine est la matrice, les hémicelluloses jouent le rôle de compatibilisant à l'interface entre ces deux éléments [13].

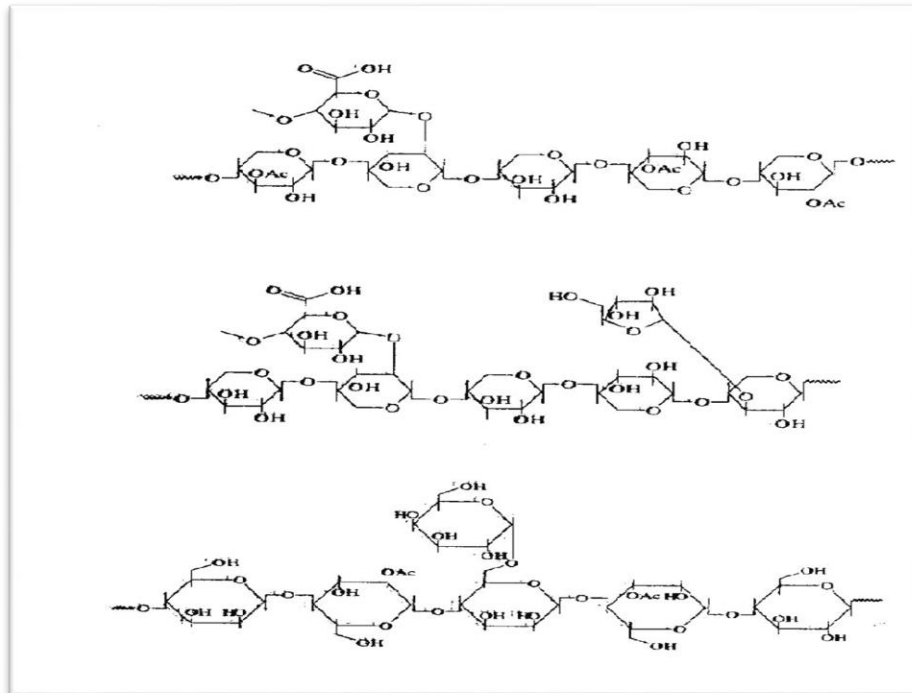


Figure 9: structure des hémicelluloses [13].

Tableau 1: présente la composition chimique de fibres végétales (a base de palmier dattier) [15].

Fibre	Celluloses (wt%)	Hémicelluloses (wt%)	Lignines (wt%)	Pectines (wt%)
Palmier dattier	41-45	6-10	30-40	—

5.1.5.3) Les avantages et inconvénients de la fibre végétale:

Les principaux avantages du composite en fibres végétales sont récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau 2: les avantages et l'inconvénients de fibre végétale [16].

Les avantages	L'inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Faible cout. ▪ Propriétés mécaniques spécifiques importantes. ▪ Biodégradabilité. ▪ Non abrasif pour les ouillages. ▪ Neutre pour l'émission de CO2. ▪ Demande peu d'énergie pour être produite. ▪ Pas de résidus après incinération. ▪ Pas d'irritation cutanée lors de la manipulation des fibres . ▪ Bonne isolation thermique et acoustique. ▪ Ressource renouvelable. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Absorption d'eau. ▪ Faible stabilité. ▪ Biodégradabilité. ▪ Faible tenue thermique (200 à 230°C max). ▪ Variation de qualité en fonction du lieu de croissance, de météo... ▪ Pour des application industrielles, demande la gestion d'un stock. ▪ Renfort discontinue.

5.1.5.4) Différentes natures de fibre:

le fibre peuvent être classés en deux catégories : fibres inorganiques et fibres organiques. Ces fibres peuvent se présenter sous différentes formes: forme linéique, forme surfacique et en forme multidirectionnelle (figure 10) [17].

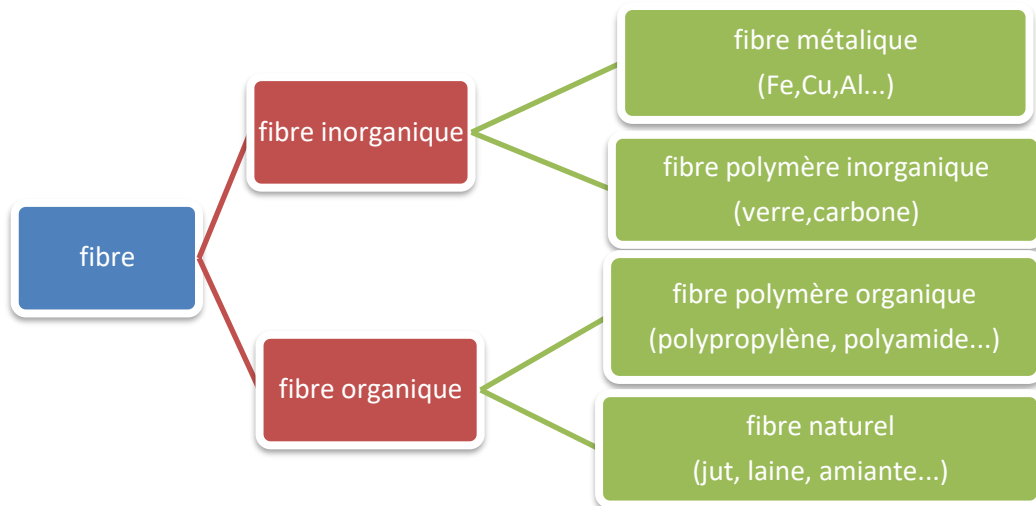


Figure 10 : différentes nature de fibre [17].

5.2) La matrice:

La matrice est l'élément qui lie et maintient les fibres. Elle répartie les efforts (résistance à la compression ou à la flexion) et assure la protection chimique des fibres.

Le rôle de la matrice est de transmettre les efforts mécaniques aux fibres et de donner la forme au produit réalisé [18].

5.2.1) Différentes natures de la matrice:

On distingue différents types de matrice (figure 11).

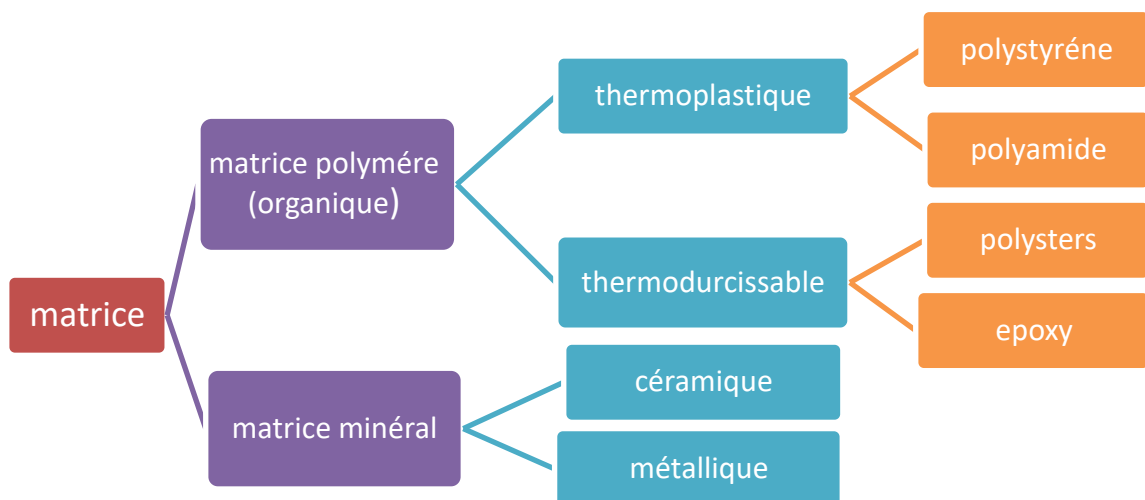


Figure 11: différentes familles de matrice.

5.2.2) Les matrices organique (matrices polymères):

Le polymère peut être classé en deux classes, thermoplastiques et thermodurcissables. Les matériaux thermoplastiques dominant actuellement, en tant que matrices pour les fibres biologiques; les thermoplastiques les plus couramment utilisés sont le polypropylène (PP), le polyéthylène et le chlorure de polyvinyle (PVC); tandis que les résines phénoliques, époxydes et polyesters sont les matrices thermodurcissables les plus utilisées. (ku et al 2011) [19].

5.2.2.1) Thermoplastique:

qui se présentent sous forme solide (granulés, plaques...) et que l'on met en forme en les ramollissant par chauffage, puis en les solidifiant par refroidissement [20].

5.2.2.2) Thermodurcissables:

qui se présentent sous forme liquide visqueuse et que l'on met en forme en déclenchant une réaction chimique de polymérisation par ajout d'un durcisseur, ce qui entraîne une solidification [20].

La différence essentielle entre ces deux types de polymères est la nature des phénomènes physiques assurant leur cohésion. Les thermoplastiques sont constitués de longues molécules linéaires, maintenues entre elles par des liaisons physiques de faible énergie (liaisons hydrogène ou de Van der Waals); ces liaisons se cassent lorsque l'on chauffe le polymère et se rétablissent lorsqu'on le refroidit, de façon réversible. A l'inverse, les thermodurcissables sont des molécules en forme de réseaux tridimensionnels, maintenus par des liaisons chimiques de forte énergie (liaisons covalentes) établies de manière irréversible lors de la polymérisation.

De manière générale, les matrices thermodurcissables sont plus fréquemment employées que les thermoplastiques, en raison de leur plus grande facilité de mise en forme (il est plus facile d'imprégner des fibres avec un liquide qu'avec des granulés ramollis, et les températures à utiliser sont souvent plus raisonnables). Parmi les plus courantes, on peut citer les résines polyester, peu coûteuses et souvent utilisées dans les applications « grande diffusion », et les résines époxy (ou époxydes), très employées dans les applications « hautes performances » [20].

5.2.3) Les caractéristique des matrices polymères:

Tableau 3: caractéristiques principales des matrice polymères [21].

Matrice thermodurcies	Matrice thermoplastique
<ul style="list-style-type: none"> • Amorphes • résistantes aux températures élevées • viscosité basse pendant la mise en forme • fragiles • cycles de fabrication longues • recyclage des déchets impossible 	<ul style="list-style-type: none"> • amorphes ou semicristallines • haute résistance à l'impact • fabrication difficile en raison de la viscosité très élevée du polymère fondu • thermoformables • recyclage très aisé

5.3) Les additifs:

Ils sont nécessaires pour assurer une adhérence suffisante entre le renfort fibreux et la matrice et de modifier l'aspect ou les caractéristiques de la matière à laquelle ils sont ajoutés. Les additifs se trouvent en faible quantité (quelques % et moins) et interviennent comme :

- lubrifiants et agents de démoulage.
- pigments et colorants.
- agents anti-retraits.
- agents anti-ultraviolets.
- accélérateur.
- Catalyseur [22].

5.4)L'interface:

En plus de ces fibres et la matrice, il faut rajouter : une interface qui assure la compatibilité renfort/matrice, qui transmet les contraintes de l'un à l'autre sans déplacement relatif. Bonne adhérence en couche fine. Des produits chimiques entre aussi dans la composition du composite, l'interphase etc .qui peut jouer sur le comportement mécanique, mais n'interviennent pratiquement jamais dans le calcul de structure composite [22].

6) Adhésion renforts / matrice:

Le choix des constituants ne peut se résumer à prendre la meilleure matrice et la meilleure fibre. Il est nécessaire que l'adhésion entre les fibres et la matrice soit de qualité suffisante pour que les propriétés du matériau composite obtenu soient supérieures à celles de ses constituants.

vu leur mauvaise adhérence interfaciale fibre/matrice et ça limitent l'utilisation de ces fibres comme matière de renforcement dans les matériaux bio-composites, différents traitements ont été proposés et peuvent améliorer l'adhésion, la dispersion des fibres et la stabilité thermique. Il a été démontré qu'un traitement approprié appliqué sur les fibres peut entraîner une compatibilité avec la matrice polymère, qui améliore la qualité des composites.

On notera que les fibres de carbone présentent une bonne adhésion avec les matrices époxy suite à un traitement oxygène. Les fibres d'aramide, chimiquement inertes, s'associent difficilement avec les matrices organiques. Enfin, les fibres de verre, après humidification [23], présentent une tenue interfaciale intéressante avec toutes les matrices organiques. D'un point de vue physico-chimique, l'adhésion entre les fibres (carbone ou verre) et la matrice (époxy) est généralement due à des liaisons covalentes (mécanisme de liaison le plus tenace) [24].

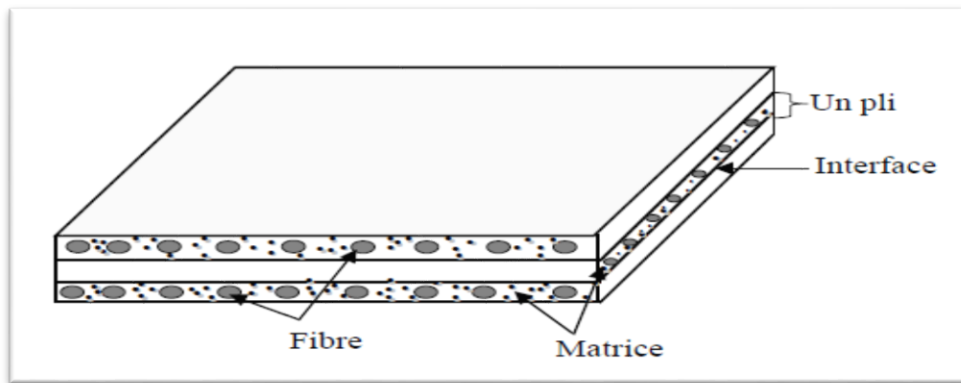


Figure 12 : Microstructure d'un composite [24].

7) Ensimage:

Les renforts destinés à la fabrication des composites reçoivent un ensimage. L'ensimage est une dispersion aqueuse spécifique comportant un agent collant, un agent pontant et des agents antistatiques, permettant d'assurer différents rôles:

- compatibilité de la liaison fibre - matrice .
- cohésion inter filamentaire (raideur du fil) pour qu'il soit manipulable .
- protection contre l'abrasion générée par la mise en œuvre (frottement contre pièces métalliques)
- élimination des charges électrostatiques dues aux frottements .
- augmentation du mouillage de la fibre au cours de l'imprégnation.

L'ensimage est spécifique pour une résine et un procédé donné [24].

Référence:

- [1] REACH for Polymères, meilleures méthodes d'essai et techniques disponibles ©2011, smithers Rapra.
- [2]] E. Fournier, MC Gill «Coagulation, Flocculation et Sédimentation, Filtration», University and EPFL, Mars 2008.
- [3] M. Fontanille et Y. Gnanou, "Chimie et physico-chimie des Polymères", Dunod, Paris, (2002).
- [4] B. Agoudjil, L. Ibos, J. C. Majesté, Y. Candau, and Y. P. Mamunya, "Corrélation between transport properties of Ethylene Vinyl Acetate/glass, silver-coated glass spheres composites," Composite: Part A, 39, 342-351(2008).
- [5] surduscol.education.fr/sti/sites/eduscol.education.fr/sti/files/ressources/pedagogiques/6570/6570-materiaux-composites-et-structures-composites-ens.docx.
- [6] Jean-Marie BERTHLOT :Matériaux composites, comportement mécanique et analyse des structures 4eme édition, Ed TEC&DOC, Lavoisier,(2005).
- [7] Laurent Gornet. Généralités sur les matériaux composites. Engineering school. 2008. cel-00470296v1.
- [8] N. BELOUCIF, "Etude d'un composite ABS charge végétale, université ferhat ABBAS de sétif- diplôme de licence LMD 2011.
- [9] Christophe Baley :Fibres naturelles de renfort pour matériaux composites, 2(130), (2013).
- [10] K.Charle, C.morvan, J.Bréard, JP.Jernot, M.Gomina, Etude morphologique d'un composite naturel la fibre de lin, revue des composites et des matériaux avancées,16,11-24 (2006).
- [11] M. Ragoubi, "Contribution à l'amélioration de la compatibilité interfaciale fibres naturelles/matrice thermoplastique via un traitement sous décharge couronne," Thèse de doctorat, Nancy 1, 2010.
- [12] C. Álvarez, F. M. Reyes-Sosa, and B. Díez, "Enzymatic hydrolysis of biomass from wood", Microbial biotechnology, vol. 9, pp. 149-156, 2016.
- [13] Adil SBIAI, "matériaux composites a matrice epoxyde chargée par des fibres de palmier dattier: effet de l'oxydation au tempo sur les fibres ", l'institut national des sciences appliquées de Lyon,(2011).
- [14] M. O livier Pignolet, "Optimisation de la durabilité de bois d'œuvre (classe d'emploi 4) à l'aide d'anhydrides alkényle succiniques d'origine végétale," université de Toulouse, 2008.

[15] A. Kriker, "Caractérisation des fibres de palmier dattier et propriétés des bétons et mortiers renforcés par ces fibres en climat chaud et sec," Thèse de doctorat, Ecole Nationale Polytechnique Alger, 2005.

[16] F.touloum, A. kaci, A.benchabane, "valorisation des fibres naturelles de renfort pour matériaux composites", Avril 2012.

[17] S. Swier, G. Van Assche, and B. Van Mele, "Reaction kinetics modeling and thermal properties of epoxy–amines as measured by modulated-temperature DSC. I. Linear step-growth polymerization of DGEBA+ aniline," Journal of Applied Polymer Science, vol. 91, pp. 2798-2813, 2004.

[18] R. BOUBEKER, " Etude Expérimentale et Numérique du comportement des plaques trouées en matériaux composites" thèse de doctorat, université Mohamed Khider-Biskra (2016).

[19] Laurent Gornet. Généralités sur les matériaux composites. Engineering school. 2008. cel-00470296v1.

[20] Lionel GENDRE," Les grandes familles de matériaux composites" université Paris-Saclay, Edité le 04/05/2011.

[21] pierre-etienne bourban, leif carisson, jean pierre mercier, jan-anders manson, Matériaux composites à matrice organique: constituants, procédés, propriétés, chapitre 1, page 2, (2004).

[22] A. KARECHE, Étude des matériaux à base de bois de palmier dattier : durabilité, dégradation et propriétés structurales et de transfert, Diplôme de Magister, université hadj lakhdar- batna, (2014).

[22] Y. Djebloun, Généralité sur les matériaux composites, chapitre 1.

[23] N. DEBABECHE, R. LOUGHLANI, " Etude de l'incorporation des fibres de palmier dans une matrice de polychlorure de vinyle", Université Mohamed Khider de Biskra, (2019).

[24] A. ZAIDI, "Etude du comportement de matériaux composites à matrice polymère en fatigue (effet du vieillissement), UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU, (2014).

CHAPITRE 03

**Domaines d'application des composites
Polymère/fibre palmier dattier**

1) Nouveaux matériaux et fibres naturelles:

les fibres naturelles principalement composées de cellulose, hémicellulose et lignine. L'incorporation des fibres cellulosique dans différents matériaux ne date pas d'hier. En effet, les performances du composites tirent profit des avantages de la fibre et de la matrice et on en trouve aujourd'hui une variété de types de matériaux composites à base de fibres naturelles. Les composites à fibres naturelles constituent un nouvel enjeu face aux problèmes du recyclage des composites renforcés par des fibres synthétiques. A ce titre, les composites renforcés par des fibres végétales sont actuellement en forte expansion en raison notamment de l'intérêt croissant que leur accord dans le domaine de l'industrie. Ces fibres peuvent se substituer aux fibres de verre dans de nombreux domaines pour permettre d'atteindre de nouveaux marchés [1].

2) Domaines d'application des matériaux composites à fibres végétales:

La fibre naturelle est un type de sources renouvelables et une nouvelle génération de renforts et de suppléments pour les matériaux à base de polymères. Le développement des matériaux composites à base de fibres naturelles ou de composites écologiques a récemment été un sujet brûlant en raison de la sensibilisation mondiale croissante à l'environnement.

Les fibres naturelles sont des matériaux qui peuvent remplacer les matériaux synthétiques et ses produits connexes pour les applications avec moins de poids et d'économie d'énergie. Le développement des composites renforcés de fibres naturelles a été l'une des réalisations remarquables dans le domaine de la science des matériaux au cours du siècle dernier [2].

Les applications des fibres naturelles sont en croissance dans de nombreux secteurs tels que l'industrie automobile, l'industrie du bâtiment et l'industrie agro-alimentaire, le meuble, l'emballage et les matériaux de construction et i L'industrie du papier (papier filtre)...ect. Ceci est principalement dû à leurs avantages par rapport aux fibres synthétiques, c'est-à-dire faible coût, faible poids, moins de dommages à l'équipement de traitement, meilleure finition de surface des pièces moulées composite, bonne relative mécanique propriétés, ressources abondantes et renouvelables. Les fibres végétale comme éléments de renfort dans les matériaux composites ont fait l'objet de nombreuses études.

3) Synthèse bibliographique des travaux de recherches :

3.1) domaine des Travaux publics et construction:

Les travaux de recherche sur le palmier dattier ont pris de l'importance à partir des années 70 du 19^{ème} siècle. Ce sont les biotechnologiques qui ont prévalu ces recherches. Cependant, ces recherches ont nécessité le passage par des travaux sur la connaissance de la biologie du palmier. Ces dernières ont fait l'objet de nombreuses études permettant de caractériser ses propriétés mécaniques, physico chimiques et thermiques et de chercher la possibilité de l'incorporation dans les matrices thermodurcissables ou thermoplastiques pour le domaine de la mécanique et les matrices de ciments ou argileuses dans les domaines de génie civil afin d'obtenir des composites adaptés aux applications de construction et de l'isolation. La majorité de travaux ont porté sur la caractérisation mécanique [3].

3.1.1) Travaux de T. Djoudi, et al [4]:

L'objectif de ce travail est d'étudier les propriétés physico- mécaniques du composite à base d'une matière végétale et d'une matrice thermodurcissable (Epoxy) .

Les éprouvettes Epoxy/fibres de rachis (FPRG) sont obtenues par le procédé manuel du moulage au contact. Les éprouvettes moule sont soumis à une pression par le serrage entre deux plaques pendant 72 heures. La mise en œuvre des éprouvettes en matériau composite a été effectuée à partir de différentes valeurs de fraction massique (07% ,10% et 15%) de fibres.

Il en résulte de ces matériaux une amélioration remarquables des propriétés mécaniques à savoir la résistance a la rupture, module d'élasticité (comportement en traction) ainsi qu'une diminution de la masse volumique.

Tableau1 : Résultats des la masse volumique des composites.

Eprouvettes	Epoxy Vierge	EFRG07	EFRG10	EFRG15
Masse volumique [g/cm ³]	0,99±0,02	0,97±0,02	0,95±0,01	0,92±0,02

Tableau2 : Résultats de l'essai de traction sur les éprouvettes de composite

Eprouvettes	Déformation ε [mm/mm]	Contrainte maximale σ [MPa]	Module d'élasticité E [GPa]
Epoxy Vierge	0.053±0.017	16.16±0.79	0.45±0.10
EFRG 07	0.038±0.005	17.44±0.53	0.67±0.03
EFRG 10	0.031±0.002	17.51±1.27	0.73±0.10
EFRG 15	0.033±0.002	20.85±2.06	0.90±0.05

3.1.2) Travaux de T. MASRI, 2018 [5]:

Le travail est basé sur la préparation et la caractérisation de nouveaux matériaux composites à base de matrice polymère et de déchet du palmier dattier à savoir les feuilles et les noyaux. Dans le premier composite, sont utilisés Les déchets de feuillets de palmier dattier et le polystyrène expansé (EPS) dissout dans l'essence. Les mesures ont montré un bon état d'adhérence de l'interface fibre/matrice, avec un module de flexion et une contrainte maximale pouvant atteindre 0,78 GPa et 2,84 MPa, respectivement. la densité comprise entre 542 et 824 kg/m³. Les essais de caractérisation thermique du LPC ont également montré une conductivité thermique moyenne comprise entre 0,11 et 0,16 W/m.K.

Le deuxième composite est préparé à base de particules et une résine époxy. Le renfort de particules est obtenu à partir des noyaux de dattes de taille de 0,2 à 0,4 mm. L'effet de la fraction massique entre le renfort et la matrice sur les propriétés mécaniques est étudié en utilisant cinq fractions massiques comprises entre 0% et 40. La résine pure et le matériau composite de faible fraction massique en renfort (0, 10 et 20%) présentent une grande déformation en flexion. Pour une quantité de renfort supérieure ou égale à 30%, les résultats ont montré un module de flexion et une résistance à la flexion améliorés. A partir de ce niveau de renforcement, le matériau composite devient de plus en plus fragile. Avec 40% de renforcement, le module de flexion augmente de près de 44% par rapport au module de flexion du matériau pure époxy.

3.1.3) Travaux de N. benmansour, et al [6]:

Ce travail porte sur propriétés thermophysiques de matériaux naturels, en l'occurrence le bois de palmier dattier. Les matériaux issus des différentes parties du palmier (le pétiole, la grappe le bois du tronc) ont été séchés en deux températures différentes (30°C et 90°C). La conductivité thermique (k) et la diffusivité thermique (a) ont été déterminées simultanément à l'aide d'une méthode périodique. Selon les résultats obtenus, ces matières présentent de meilleures opportunités pour leur utilisation comme charge dans les composites pour des fins d'isolations.

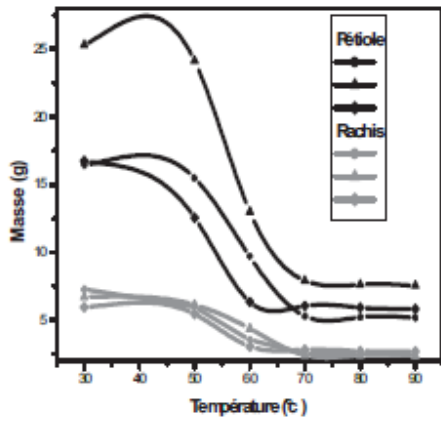


Figure 1 : L'évolution de la masse en fonction de la température.

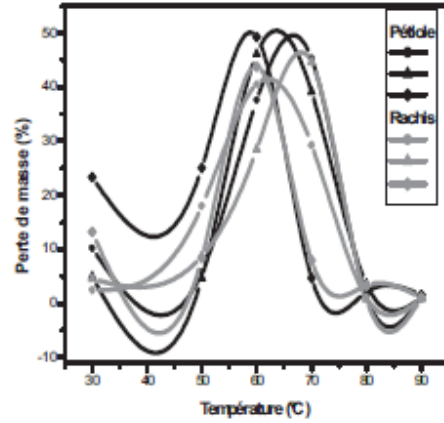


Figure 2: l'évolution de la perte de masse en fonction de la température.

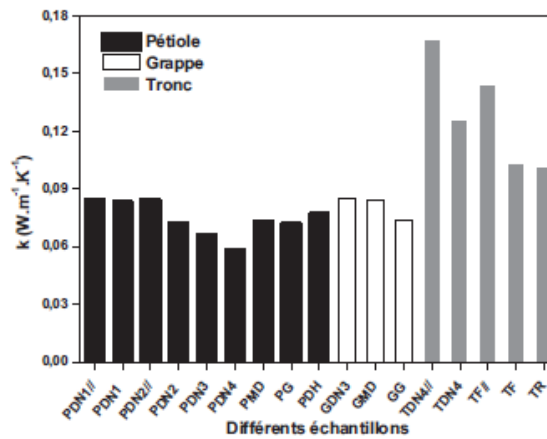


Figure 3: Les conductivités thermiques de différentes parties du palmier

3.1.4) Travaux de N. DEBABECHE et al [7]:

cette étude a été entreprise dans l'objectif de l'élaboration et la caractérisation d'un nouveau matériau composite à base de polychlorure de vinyle comme matrice polymérique renforcé par la farine de fibre des palmiers dattier.

Les composites PVC/fibre de palmier dattier ont été préparés avec des fibres non traitées et traitées par NaOH à un taux de fibres de 25%.

Les résultats du MEB(Microscopie électronique à balayage) des différents échantillons analysés indiquent clairement que les composites PVC/FT présentent une meilleure adhésion interfaciale par rapport aux composites PVC/FNT.

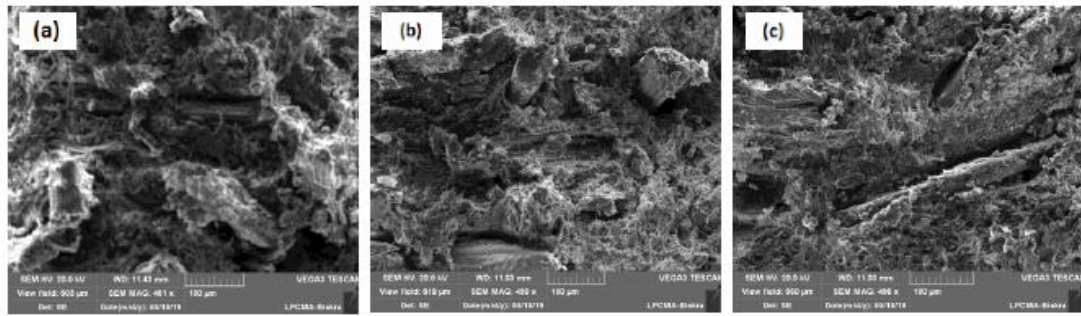


Figure 4: Micrographes MEB des composites de polychlorure traités par la soude ; (a) PVC/FT1, (b) PVC/FT3, (c) PVC/FT8.

Par ailleurs, une certaine amélioration des propriétés physico chimiques, mécaniques, morphologique et thermique des composites après la modification chimique des fibres a été observée..

3.1.5) Travaux de K. Almi et al [8] :

Le travail consiste en la préparation d'un matériau composite a base de deux matrices différentes (la colle poly acétate de vinyle et la résine polyester insaturé) renforcé par une charge végétale (palmier dattier). Toutes les plaques de particules de bois de palmier dattier ont été élaborées à une pression de pressage constante de 0.1MPa dans une plage de températures de 28°C à 200°C pendant 10 min. Les résultats obtenus des différents tests physico-thermiques et mécaniques montrent l'influence du taux de liant (matrice), la granulométrie et les conditions de moulage (température, durée de pressage) sur les propriétés physiques et mécaniques des plaques réalisées. Les propriétés mécaniques, le module d'élasticité et la contrainte de rupture des composites de particule de bois de palmier dattier sont plus élevés si les particules de taille ($d \leq 0.5\text{mm}$ et $l \leq 1\text{mm}$) sont utilisées avec de la colle PVA par moulage à 80 ° C. Le module d'élasticité et la contrainte de rupture en flexion prennent les valeurs de 1.73GPa et 22.25MPa respectivement.

3.1.6) Travaux de S .Amirou [9] :

Le but de ces travaux est d'évaluer la possibilité d'élaborer des panneaux de composites écologiques à base de bois de palmier dattier ayant de bonnes propriétés. En outre, de nouveaux liants ont été développés à faible rejet de formaldéhyde ou sans émission de formaldéhyde à travers la mise en œuvre de ressources naturelles. Ainsi, des panneaux à particules en bois de palmier ont été préparés en tant que panneaux alternatifs aux panneaux de bois traditionnel. Les panneaux sont constitués de particules monocouche de palmier dattier

(stipe et rachis) avec colle (Mélamine urée formaldéhyde et Phénol-formaldéhyde). Les résultats de caractérisation mécanique des panneaux obtenus ont montré la faisabilité technique de l'utilisation du stipe et du rachis de palmier dattier dans l'élaboration des panneaux de particules avec les résines synthétiques satisfaisantes. Ainsi, les caractéristiques requises pour les panneaux à application dans le domaine de la finition intérieure et l'ameublement sont obtenue en utilisant les particules du stipe et la résine PF (phénol-formaldéhyde). Les contraintes de rupture et modules d'élasticité, sont respectivement de 18,01 et 2974,23 MPa. En parallèle les valeurs les plus basses de la contrainte à la rupture (1876,7 MPa) et du module d'élasticité (11,6 MPa) sont obtenues avec les panneaux fabriqués à base du rachis et de la résine MUF.



Figure 5: Essai de flexion



Figure 6: Epreuve délaminé après essai de flexion

3.2) domaine de fabrication de produits en plastique polyvalents:

3.2.1) Travaux de A. BENDAHOU, et al [10]:

dans ce travail Les fibres du palmier dattier ont été utilisées comme renfort dans des matrices thermoplastiques (polypropylène-PP et polyéthylène basse densité-PEBD). Pour chaque polymère thermoplastique, deux types de composites ont été préparés, avec et sans agent de couplage avec différents pourcentages afin d'étudier l'effet de la quantité de charges et d'agent de couplage sur les propriétés des composites.

Pour les deux familles de composites il a été démontré que l'adhésion interfaciale a été sensiblement améliorée en utilisant un compatibilisant. D'autre part, L'étude de l'effet du compatibilisant sur les propriétés mécaniques montre que, pour les deux familles de

composites, les propriétés mécaniques ont été améliorées quand on ajoute le compatibilisant dans la formulation jusqu'à une quantité critique déterminée par DSC.

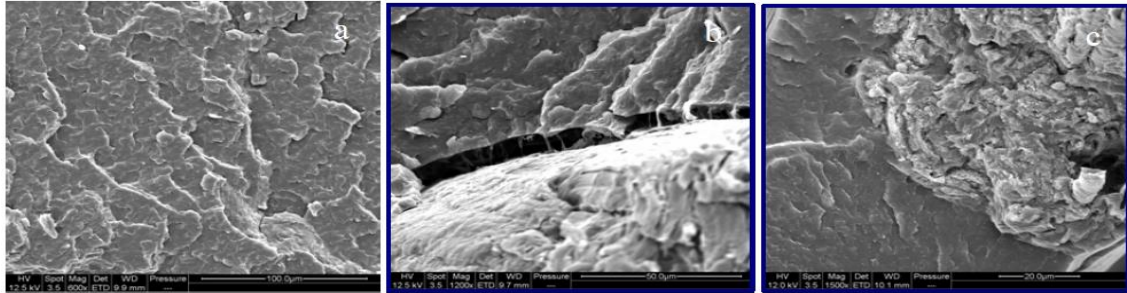


Figure 7: MEB de la surface fraîchement rompue de matériaux composites à matrice polypropylène avec (a) 0% en poids, (b) 30 % en poids de fibres de folioles et (c) 30 % en poids de fibres en présence de 30 % de polyéthylène greffé anhydride maléique

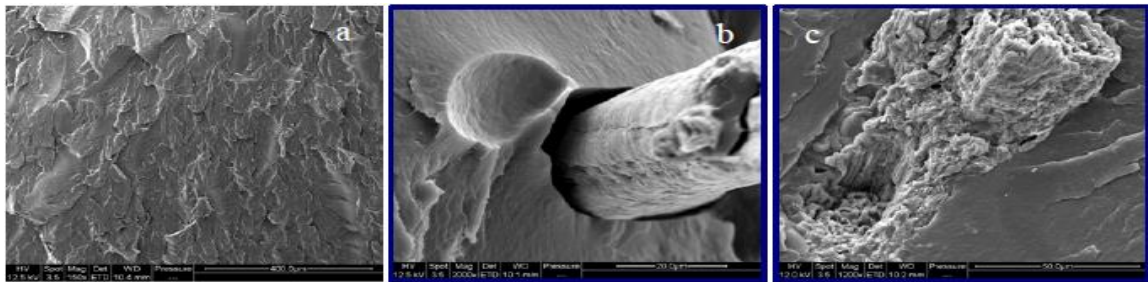


Figure 8: MEB de la surface fraîchement rompue de matériaux composites à matrice polyéthylène à base densité avec (a) 0 % en poids, (b) 20 % en poids de fibres de folioles et (c) 30 % en poids de fibres en présence de 10 % de polyéthylène greffé anhydride maléique

3.2.2) Travaux de redha Ibrahim Saleh [11]:

La travail consiste en la fabrication et l'utilisation de feuilles de palmier et d'autres résidus de palmier ou de dattes qui abondent dans le Région du Golfe et en Afrique du Nord Aux fins d'utilisation avec des polymères, tels que le polyéthylène PE, le polypropylène PP et le PVC pour produire de nouveaux matériaux homogènes composés de fibres de palmier en général et une proportion plus faible de composés plastiques.

Différentes proportions de fibres ont été utilisées avec les polymères de 5% à environ 90%, pour atteindre les dimensions et spécifications appropriées qui conviennent pour un mélange à des températures élevées d'environ 120 à 200 ° C et sous haute pression résultant du processus de mélange fortement dans un certain espace. Le rapport de mélange peut être déterminé en fonction du type d'application et de ses exigences pour le produit final.

les composites ont été préparés par trois procédés différents:

1. Le processus d'extrusion thermique.
2. Procédé d'injection thermoplastique.
3. Le processus de mélange thermique avec une qualité spéciale.

Cette recherche est considérée comme l'une des premières recherches liées à la fabrication et à l'utilisation de fibres à base de cellulose à partir de déchets et de produits de palme qui abondent dans la région du Golfe et en Afrique du Nord à but de les utiliser avec des polymères basés sur l'analyse et l'extraction de fibres de longueur appropriée. Dans le but de les mélanger thermiquement avec des "polymères" de matières plastiques et de produire de multiples matériaux qui ont les caractéristiques de fibres qui résistent au climat et aux influences extérieures et qui ont les caractéristiques des matières plastiques en général.

3.2.3) Travaux de Ramdan nasser [12]:

Le but de cette étude est de rechercher une autre source de matières premières à utiliser dans les industries du bois. Il repose sur l'utilisation de feuilles de palmier avec une substance adhésive (l'adhésif est en plastique), pour produire du bois granulaire plastique. Les propriétés physiques et mécaniques et la stabilité dimensionnelle des panneaux de bois granuleux issu du composite polypropylène PP/feuille du palmier dattier ont été étudiées.

Les résultats suivants sont présentés sur les caractéristiques les plus importantes de ce type de bois, qui a des propriétés mécaniques très élevées par rapport aux panneaux de particules, et est considéré comme une alternative à celui-ci.

Par exemple, la force de liaison interne, qui est le maximum dans le bois granulaire, n'était pas inférieure à 0,4 MPa, et elle a atteint dans le bois granulé plastique à 6 à 6,5 MPa, Quant aux propriétés mécaniques acceptées dans le bois granulaire pour dépasser 9 MPa, tandis que dans le bois granulé plastique qui a été produit, il a atteint 39 MPa, ce qui signifie que la valeur de durabilité ou de dureté était très élevée. Un autre aspect de comparaison portait sur l'absorption de l'eau, ce qui signifie la durée de la stabilité du matériau ligneux avec l'eau, il a été remarqué que dans le bois granulaire en plastique, le taux d'absorption d'eau après deux heures était de 0,5%, Tandis que le bois granulaire ordinaire après deux heures était de 60%, Par conséquent, ce produit peut être utilisé dans les murs de séparation dans les toilettes, dans les utilisations externes et comme une tuile de plancher, puisque sa rigidité est très élevée.

3.2.4) Travaux de T. Mandil, et al [13]:

Ce travail est basé sur la préparation d'un biomatériau respectueux de l'environnement constitué d'une matrice polymère polyéthylène basse densité LDPE chargé par la poudre de feuille de palmier à une taille granulaire de 125 μm et le Cellulose pure à des pourcentages de (30, 20, 10)% en poids.

Le matériau présente une meilleure amélioration des propriétés mécaniques et de l'isolation thermique. Les échantillons préparés à partir de cellulose pure ont donné des valeurs plus élevées de résistance au choc, à l'humidité et au rayonnement ultraviolet et ont de bonnes propriétés de forme mais une faible isolation thermique. Alors que les échantillons préparés à partir de feuilles de palmier ont donné de meilleures propriétés d'isolation thermique..

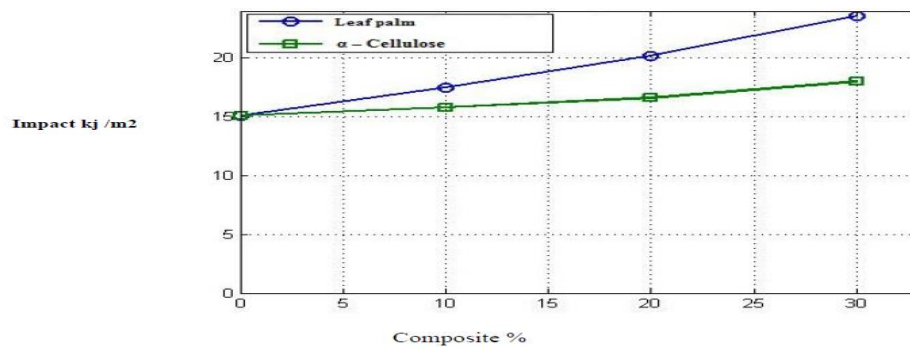


Figure 9: l'effet du choc et la rupture.

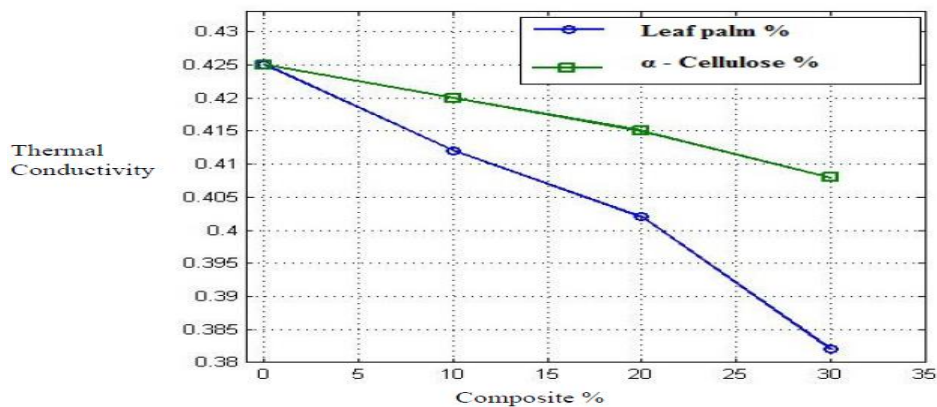


Figure 10: Les valeurs de conductivité thermique des échantillon

3.3) domaine de filtration des eaux:

3.3.1) Travaux de B. Ben Abdelhamid et al [14]:

L'objectif du travail est de développer une membrane composite à base de matrice polymère PVC et de fibres végétales (palmier dattier) et d'étudier sa possibilité d'utilisation comme membrane de filtration des eaux polluées. des proportions différentes entre les fibres et la matrice ont été préparés. L'effet de traitement par NaOH est étudié aussi.

On observe, que ce taux d'absorption est plus supérieure à 40 °C qu'à température ambiante, ceci peut être expliqué par le comportement morphologique des chaînes polymère au sein de la structure du composite.

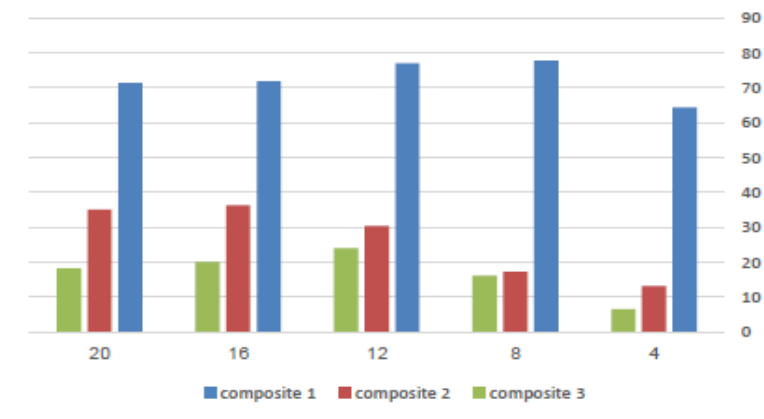


Figure 11 : Histogrammes de variation du taux d'absorption des composites à 40 ° C.

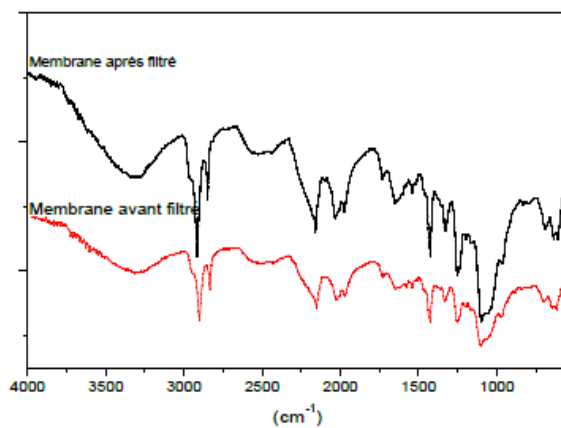


Figure 12: Spectre IR (avant et après filtration)

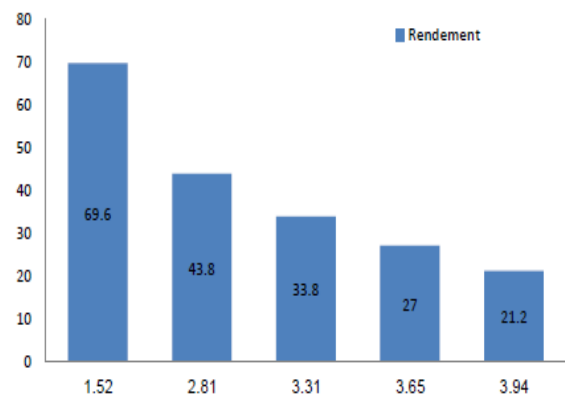


Figure 13 : Histogrammes de la variation de la capacité de filtration en fonction du temps

3.3.2) Travaux de S.Houba et al [15]:

Ce travail dépend également de la préparation d'une membrane composite à base d'une matrice thermoplastique (PVC) et d'une charge végétale et sa possibilité d'exploitation dans le domaine de dépollution des eaux .

cette composites sont soumis à des tests d'absorption d'eau, On observe que les composites à base d'une charge traité par NaOH présentent une absorption plus faible qu'à celle des composites a charge non traitée, et on observe une augmentation du rendement de filtration en fonction du nombre de filtres (de 1 à 3 filtres) est donc une amélioration de dépollution de l'eau.

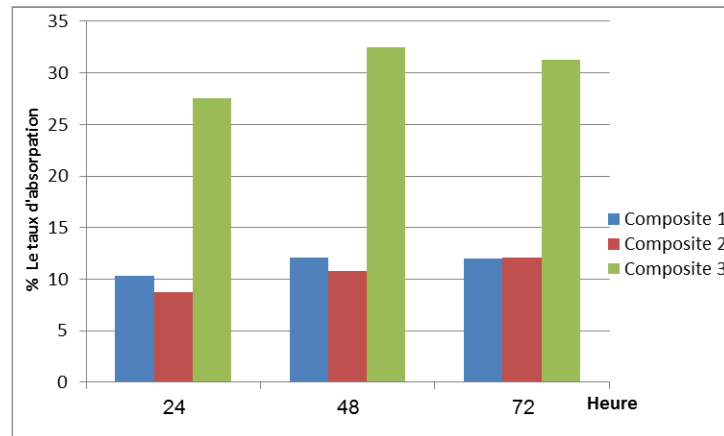


Figure 14 : Histogrammes du taux d'adsorption des composites 1,2 et 3 en fonction du temps.



Figure 15: Échantillon avant filtration



Figure 16: Échantillon après filtration

(Solution mère)

3.4) L'utilisation de matériaux composites dans l'industrie :

Au cours des dernières décennies, on a consacré davantage d'efforts à la recherche de matériaux de remplacement (non conventionnels) pour les applications industrielles. Beaucoup de recherches scientifiques employées pour trouver de nouveaux matériaux avec des propriétés désirables et distinctives. Les fibres naturelles sont les matériaux proposés; il s'agit de matériaux de faible poids, faciles à fabriquer, très résistants aux produits chimiques et aux matériaux respectueux de l'environnement [16].

3.4.1) Travaux de A. Al-Khanbashi et al [17]:

L'objectif du travail est d'étudier la possibilité d'utiliser les fibres de palmier dattier dans le renforcement des matériaux composites à matrice polymères. Les fibres de palmier dattier ont été étudiées en évaluant leurs propriétés chimiques, physiques et mécaniques, par rapport aux autres fibres naturelles couramment utilisées. Cette étude aborde aussi, l'effet des différents traitements de surface sur les caractéristiques des fibres de palmier dattier, telles que la résistance à la traction, la densité, la morphologie de la surface et la stabilité thermique.

Les résultats obtenus par des essais de traction sur des échantillons de fibres montrent des résistances à la traction de 170-275 MPa, un module d'élasticité compris entre 5 et 12 GPa et un allongement à la rupture de 5-10%. Les différentes méthodes de traitement utilisées ont un impact sur les différentes propriétés de la fibre. La fibre traitée par la soude présente la plus grande augmentation de la résistance à la traction et la plus grande amélioration de la résistance à la dégradation thermique par rapport aux autres traitements étudiés.

3.4.2) Travaux de Y. Djebbloun [18]:

Le travail est basé sur l'étude des propriétés mécaniques des composites à base de matrice thermoplastique (polypropylène) renforcé par des fibres de palmier dattier (Lif). Le mélange (matrice PP / fibres Lif) a été préparé par extrusion pour les différentes fractions massiques de fibres (3, 4 et 5%). Les composites obtenus à partir du découpage des fils de composites ont été utilisés pour la préparation des plaques rectangulaires dans une machine à thermo-compression (éprouvettes).

Selon les résultats d'essais de traction effectués sur les matériaux composites, une amélioration de la contrainte à la rupture et de module d'élasticité a été observée avec l'augmentation du taux de fibres. En outre, plus le taux de fibres est élevé plus le composite devient rigide et difficile à déformer. Le module d'élasticité s'améliore de 0.622 à 0.686 GPa et la contrainte à la rupture de 10.62 à 19.19 MPa.

3.4.3) Travaux de H .Boussehe et al [19]:

Le but de cette étude est de préparer des composites à base de polychlorure de vinyle (PVC) et d'une fibres de palmier comme renfort à différentes composition (10 et 30 % en poids). Afin d'améliorer l'adhérence interfaciale entre les interfaces de la charge et la matrice, les fibre naturelles (DPF) ont été modifiées chimiquement par deux types de traitements (acétylation, alcaline). L'effet du traitement chimique et de la teneur en fibres sur les propriétés morphologiques, thermiques, mécaniques et d'absorption d'eau des composites a été étudié.

les résultats montrent un changement dans la structure des fibres après les traitements par la réduction de l'intensité de la bande du groupe hydroxyle de la cellulose. Le traitement alcalin conduit à la disparition partielle de l'hémicellulose et de la lignine. L'utilisation de fibres acétylées dans les composites de PVC améliore les propriétés mécaniques du composite grâce à la liaison chimique entre la surface des fibres et la matrice polymérique. L'évaluation des propriétés thermiques des composites montre que la température de décomposition des composites passe de 229 °C (composites non traités) à 231,3 °C et 228,1 °C (composites acétylés et alcalins, respectivement), avec une charge de fibres de 30 % en poids. Le test d'absorption d'eau montre augmenter l'absorption avec la teneur en fibres et le temps d'immersion. Les composites acétylés montrer le taux le plus bas d'absorption d'eau. « l'utilisation de fibres traitées dans les composites de PVC améliore les propriétés mécaniques et la température de décomposition, et réduit l'absorption d'eau des composites ».

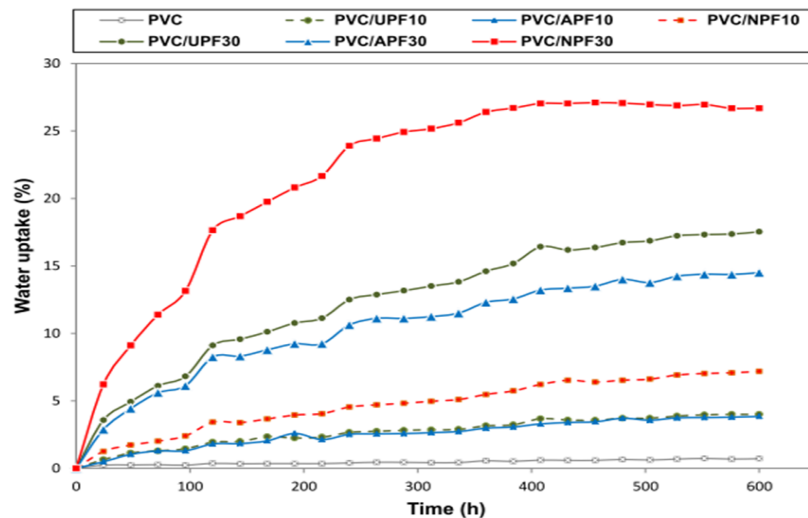


Figure 17: Absorption d'eau du PVC pur et des composites avec des fibres traitées et non traitées.

3.4.4) Travaux de S. AMROUNE [20]:

Le travail est basé sur la caractérisation physicochimique par (FTIR, DRX, DSC et MEB) et la caractérisation mécanique en traction des Fibres de Palmier Dattier (FPD) non traitées et traitées par différentes concentrations de NaOH pendant différents temps d’immersion. Des composites préparés a base des fibres et d’une matrice polyester. Il es résulte que Le choix de cette fibre est bien justifié du fait que son incorporation dans les matrices polymères conduit à des matériaux de propriétés remarquables, surtout en terme de la biodégradation .

Tableau 3: Comparaison des résultats des propriétés mécaniques obtenues avec ceux de la littérature.

GL (mm)	Diamètre moyen (µm)	Section de la fibre (mm ²)	Déformation à la rupture (%)	Contrainte à la rupture (MPa)	Module de Young (GPa)
50	-	-	3,2-4,1	481	8,4
50	577	-	1,2	120	4,1
50	150-400	-	6	75.66	3,14
30	200-400	-	7,84	283,5	5,24
20	240 ±27	0,045±0,009	7,83±1,25	462±91	9,23±2,08
50	575±60	0,26±0,05	3,31±0,73	141,35±49	4,94±1,37

3.4.5)Travaux de Faris M et al [21]:

Dans le cadre de ces travaux, la faisabilité de l’utilisation du palmier dattier dans les composites polymère comme renfort naturel (NFC) pour l’industrie automobile a été évoquée. Afin de garantir le potentiel et la compétitivité du palmier dattier (DPF) dans le développement

de la durabilité de l'industrie automobile, plusieurs rapprochements ont été réalisés entre le DPF et d'autres types de DPF couramment utilisés dans cette industrie. Dans la plupart des comparaisons, le DPF était le meilleur choix parmi tous les autres types. Le DPF a été le meilleur en ce qui concerne le critère du rapport module d'élasticité spécifique-coût (amélioration des propriétés mécaniques et rhéologiques)

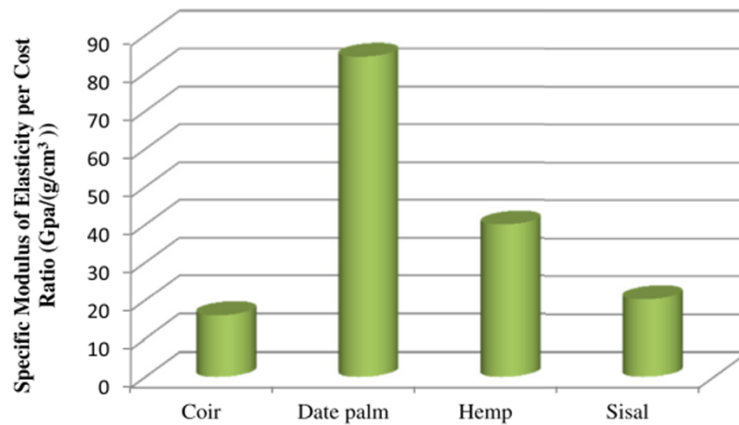


Figure18: Comparaison du rapport module d'élasticité spécifique du palmier dattier -coût avec d'autres types sélectionnés.

3.4.6) Travaux de A. Abdal-hay et al [22]:

La recherche, est basée sur la fabrication d'un matériau composite constitué d'une matrice epoxy renforcée par les fibres de palmier dattier (FPD) de diamètres différents (800-600, 600-400 et 400-200 μm) et l'étude de l'influence du traitement alcalin sur leurs propriétés et caractéristiques. Des observations morphologiques, la cartographie de la densité (analyse élémentaire quantitative), l'analyse par X-RD et FTIR des fibres traitées et non traitées ont été effectuées. En outre les propriétés de traction d'une seule fibre et de composites composés de fibres/époxy avec des fibres courtes orientées aléatoires discontinues, avec et sans modification chimique, ont été étudiées. Les résultats ont montré que les FPD sont propices à la modification chimique, en particulier dans le cas des fibres fines. Il a été constaté que la résistance à la traction et le pourcentage d'allongement d'une fibre après traitement alcalin augmentaient respectivement de 57 % et de 24,7 % respectivement. Comme le traitement alcalin des FPD a permis une bonne adhérence dans la matrice, la résistance à la traction, le module élastique et l'interaction fibre-matrice du composite ont été améliorés..

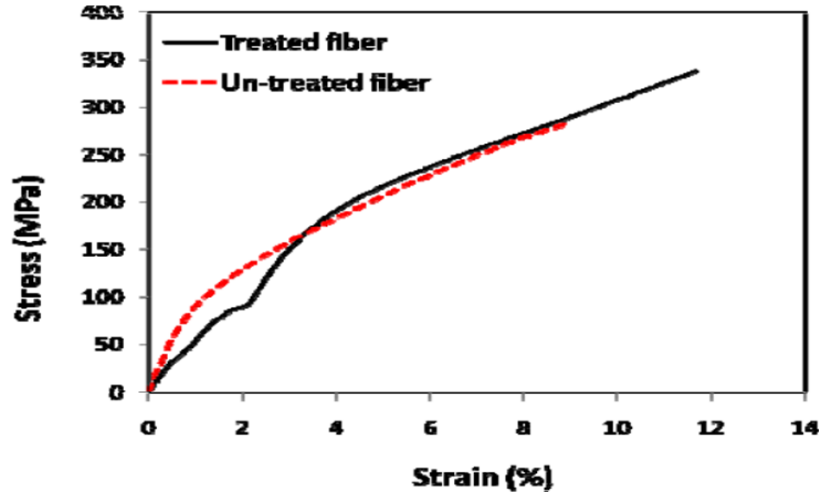


Figure 19: Certains diagrammes contrainte-déformation pour les fibres simples avant et après le traitement alcalin.

3.4.7) Travaux de N.Saba et al [23]:

Dans cette étude, on a fabriqué des fibres de palme (DPF) et des composites époxydiques à différentes charges (40, 50 et 60 % en poids) et caractérisé leurs propriétés de traction, d'impact et morphologiques. La liaison interfaciale dans des échantillons de composites fracturés en traction a été examinée par microscopie électronique à balayage (MEB).

Les résultats de la traction et de l'impact ont révélé que l'augmentation de la charge en DPF jusqu'à 50 % a amélioré la résistance mécanique, le module, la résistance à l'impact et l'allongement à la rupture par rapport à la résine époxy pure. Résistance à la traction, module, résistance à l'impact et allongement à la rupture de résine époxy pure augmente de 20,5 à 25,7657 Mpa, 0,5123 à 1,546 Gpa, 45,81 à 98,71 J/m et 0,91 à 1,412% respectivement, l'absorption d'énergie diminue considérablement de 50 à 32 % avec l'incorporation de charges DPF. La microstructure MEB affichait une bonne adhérence interfaciale dans l'époxyde de 50 % de DPF, mais l'ajout d'une plus grande charge de DPF réduit la résistance interfaciale en raison de la mauvaise mouillabilité. Dans l'ensemble, les résultats des essais ont indiqué que la charge de 50 % de DPF est idéale pour améliorer la résistance à la traction, aux chocs et aux propriétés morphologiques de l'époxy.

3.5) domaine Biologique:

3.5.1) Travaux de H. Dhakal et al [24]:

Dans cette étude, les réactions d'impact en traction et à faible vitesse des biocomposites polycaprolactones (PCL) renforcés par la biomasse lignocellulosique biodégradable sont rapportées. Deux types de matériaux différents renforcés par la fibre du palmier dattier obtenus à partir de déchets agricoles ont été fabriqués par extrusion. L'influence des paramètres de traitement, tels que la vitesse de rotation des vis sur la résistance à la traction et les dommages par impact à faible vitesse, a été étudiée. La résistance à la traction a augmenté pour le PCL pur de 19 Mpa à 25 Mpa avec 28% en poids de la fibres. De même, le module de traction pour le PCL sec a été augmenté de 140 Mpa à 282 Mpa lors du renforcement.

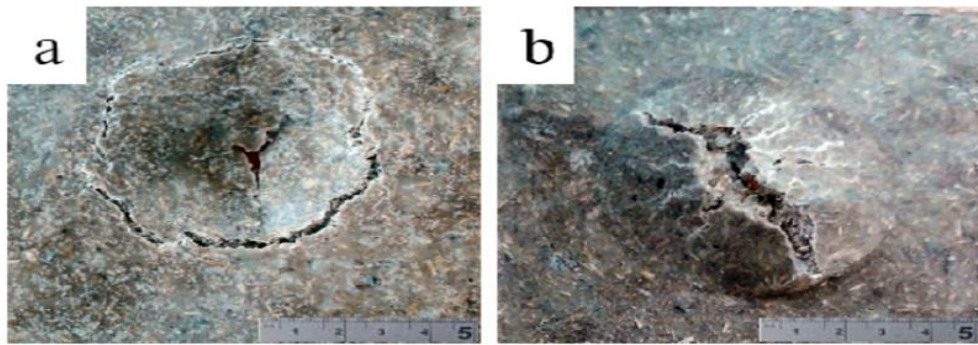


Figure 20: les dommages sur des éprouvettes PCL/ Fibre touché à 25 Joules (a) dommages à la face avant et (b) des dommages à la face arrière.

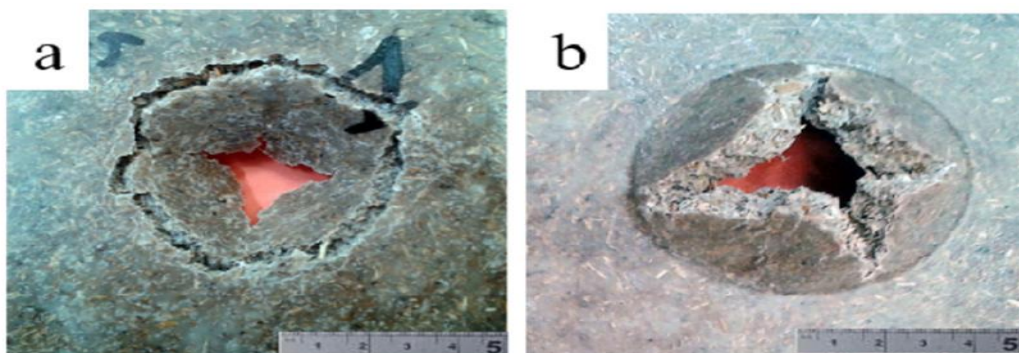


Figure 21: les dommages sur des éprouvettes PCL/ Fibre touché à 50 Joules (a) des dommages à la face avant et (b) des dommages à la face arrière

3.5.2) Travaux de M.Alshabanat [25]:

Dans cette étude, les déchets de palmier dattiers qui ont été naturellement traités comme une charge dans une matrice de polyéthylène basse densité linéaire (LFDPE) ont été recyclés pour préparer des composites verts. Deux types de LFDPE, basés sur des additifs de base, ont été utilisés. Le stabilisateur UV et le glissement et l'anti-bloc ont été ajoutés comme additifs de base. L'objectif est d'examiner l'effet de ces additifs de base sur la biodégradation et les propriétés morphologiques et thermiques des échantillons préparés par un essai d'inhumation du sol. La perte de poids a été calculée pour étudier la biodégradation de l'échantillon, et des analyses SEM et thermogravimétriques ont été effectuées pour révéler la morphologie et les propriétés thermiques avant et après l'enterrement, respectivement. Les résultats ont montré que la présence de la bio-charge a accéléré la biodégradation des composites.

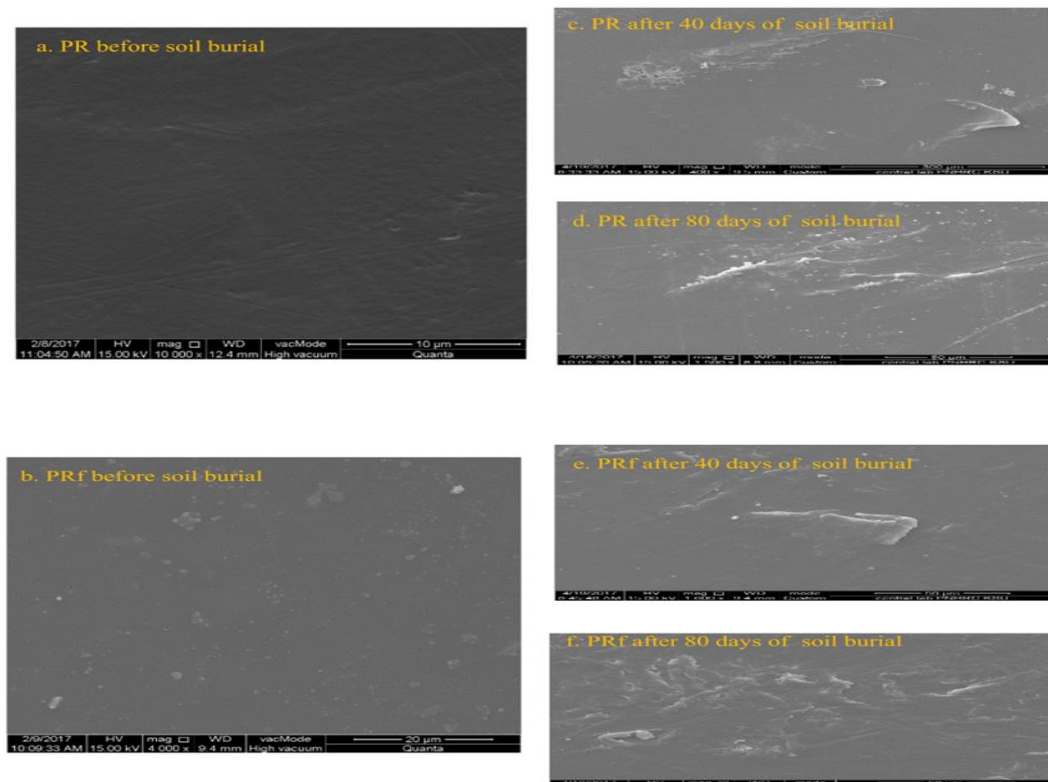


Figure 22: Images SEM du polymère d'origine, PR, et son composite, PRf, avant et après l'enfouissement du sol.

3.6) Utilisation de matériaux composites dans le domaine d'absorption acoustique:

3.6.1) Travaux de E.Taban et al [26]:

Le travail consiste en la fabrication d'un matériau composites a base d'une matrice polyvinylique PVA et d'une charge naturelle (fibre de palmier dattier) a fin de l'exploiter dans

le domaine d'absorption acoustique. Un système à tube d'impédance a été utilisé pour mesurer les coefficients normaux d'absorption acoustique des échantillons. Les résultats obtenus montrent que les propriétés d'absorption acoustique des échantillons augmentent sensiblement en augmentant la fréquence et l'épaisseur des matériaux à densité constante. La comparaison des données des essais expérimentaux et du modèle mathématique a montré que l'augmentation de l'épaisseur des échantillons rendra les valeurs prévues et testées des coefficients d'absorption acoustique notablement comparables.

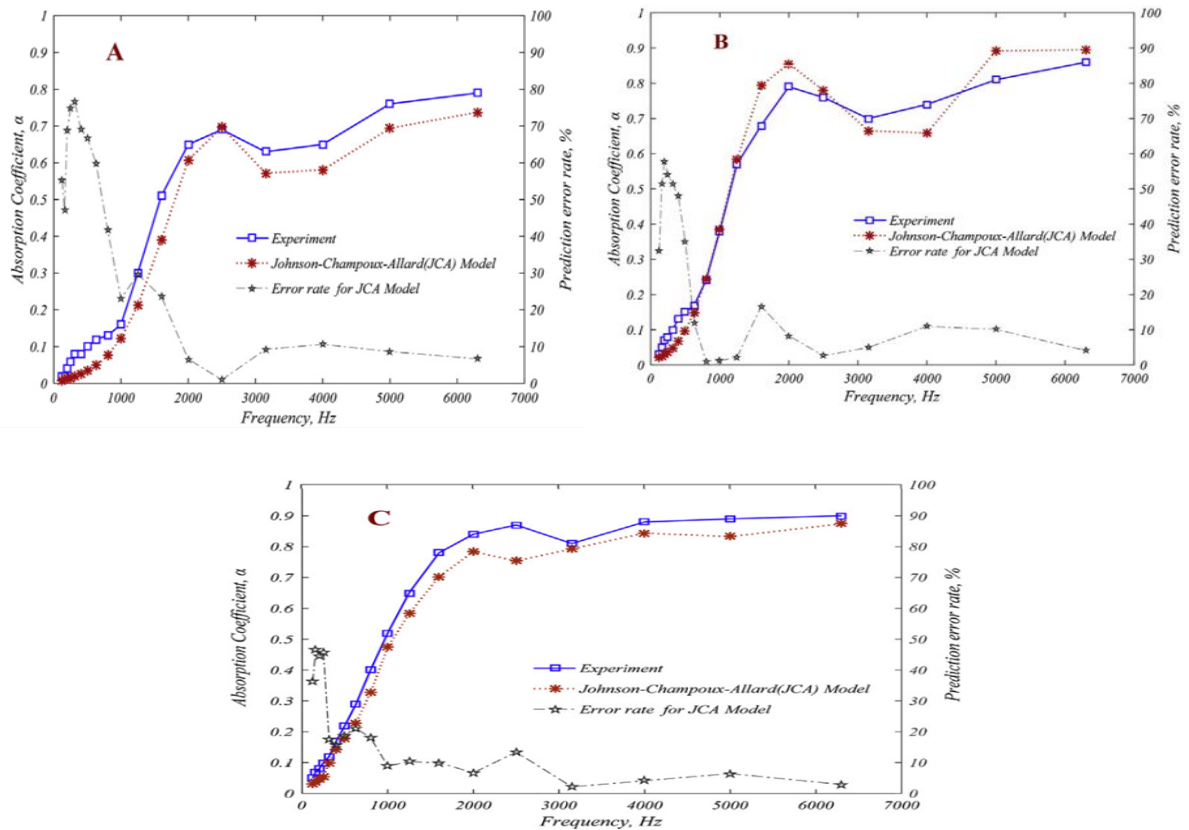


Figure 23: Comparaison des modèles expérimentaux vs mathématiques pour le coefficient d'absorption sonore de la fibre de DPF (A = 20mm, B = 30mm, C = 40mm épaisseur).

Référence:

[1] F. Touloum, A. Benchabane, A. Kaci3, " Nouveau bio-composite local à base de fibres cellulosiques. Application à l'isolation thermique en bâtiment", *Premier Séminaire National de Génie Mécanique (SNGM01) Biskra*, (2011).

[2] J. L. Toupe, "Optimisation des propriétés mécaniques de composites à base de fibres naturelles: application à un composite de fibre de lin avec un mélange de polyéthylène/polypropylène d'origine post-consommation," Thèse de doctorat, Université Laval, Québec, Canada, 2015.

[3] S. AMROUNE, "Caractérisations mécaniques et étude de l'endommagement des matériaux composites renforcés par des fibres de palmier", université guelma, thèse doctorat, (2016)

[4] T. DJOUDI, M. HECINI, Y. DJEBLOUN, H. DJEMAI," Caractérisation Physico-mécanique des Matériaux Bio-Composites Epoxy/Fibres de Palmier Dattier (Material & Processes)", *Université Mohamed KHIDER – BP 145 07000 BISKRA, ALGERIE*

[5] T. MASRI," Contribution au développement des matériaux de construction à base des sous-produits du palmier dattier", thèse Doctorat, Université Mohamed Khider – Biskra, 2018.

[6] N. benmansour, B. Agoudjil, A. Boudenne, "Etude des performances de produits renouvelables et locaux adaptés à l'isolation thermique dans le bâtiment", Universitaires de Génie Civil. Tlemcen, 2011.

[7] N. DEBABECHE, R. LOUGHLANI, " Etude de l'incorporation des fibres de palmier dans une matrice de polychlorure de vinyle", Université Mohamed Khider de Biskra, (2019).

[8] K. ALMI, "Développement et caractérisation de matériaux à base du bois de palmier dattier adaptés aux applications de développement durable en Algérie", Université Mohamed Khider – Biskra, 2018.

[9] S. Amirou, "Etude et mise au point de composite à base de la matière fibreuse du palmier dattier Phoenix dactylifera L," thèse de doctorat, Université de Boumerdes, Algérie, 2015.

[10] A. BENDAHOU, Y. HABIBI, H. KADDAMI et A. DUFRESNE," matériaux composites à base des fibres lignocellulosiques et de matrices thermoplastique (PP ET PEBD)", *Revue Roumaine de Chimie*, 2009, 54(7), 557–563.

- [11] <http://www.mawhapon.net/> 1/03/ 2010 من مخلفات النخيل .. منتجات بلاستيكية متعددة الاستخدامات
- [12] الدكتور رمضان الناصر "إنتاج الخشب الحبيبي البلاستيكي من مخلفات جريد النخل " من أوراق المؤتمر الدولي الخامس لنخيل التمر – أبوظبي 2014.
- [13] طارق عبدالجليل منديل و يسرى محمود حمادي كلية العلوم /جامعة الأنبار "تحضير ودراسة البلاستيك الحيوي من مسحوق سعف النخيل ومستخلصه السليلوز مع البولي أثلين واطى الكثافة " مجلة الانبار للعلوم الزراعية، المجلد 8 : العدد (4) عدد خاص بالمؤتمر، 2010 .
- [14] B. Ben Abdelhamid "Elaboration d'un filtre composite à base d'une matrice polymère PVC et l'étude de sa capacité pour la filtration des eaux polluées" Université Echahid Hamma Lakhdar. El Oued" .2018
- [15] S.D.Houba et al " Etude de l'effet de quelques paramètres sur la capacité de filtration des eaux polluées en utilisant un filtre composite à base d'une matrice polymère" Université Echahid Hamma Lakhdar. El Oued.2019
- [16] Ibrahem et al ." Effect of Date Palm Seeds on the Tribological Behaviour of Polyester Composites under Different Testing" Conditions Journal of Material Sciences & Engineering 2015
- [17] A. Al-Khanbashi, K. Al-Kaabi, and A. Hammami, "Date palm fibers as polymeric matrix reinforcement: fiber characterization," Polymer Composites, vol. 26, pp. 486-497, 2005.
- [18] Y. Djebbloun, "Contribution a la caractérisation des matériaux composites renforcés de fibres végétales," thèse de doctorat en Sciences, Université de Biskra, Algérie. 2018.
- [19] H. Boussehe et al ". Effect of Chemicals Treatments on the Morphological, Mechanical, Thermal and Water Uptake Properties of Polyvinyl Chloride/ Palm Fibers Composites" Revue des Composites et des Matériaux Avances Vol. 29, No. 1, February, 2019, pp. 1-8
- [20] S.Amroune "Caractérisations mécaniques et étude de l'endommagement des matériaux composites renforcés par des fibres de palmier " DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DU 8 MAI 1945 GUELMA.2016
- [21] Faris M et al " Natural fiber reinforced polymer composites in industrial applications: feasibility of date palm fibers for sustainable automotive industry" Department of Mechanical and Manufacturing Engineering, Universiti Putra Malaysia, 43400 UPM Serdang, Selangor, Malaysia .2013

[22] A. Abdal-hay et al ." Effect of Diameters and Alkali Treatment on the Tensile Properties of Date Palm Fiber Reinforced Epoxy Composites "Article in International Journal of Precision Engineering and Manufacturing · July 2012

[23] N.Saba et al "Date palm reinforced epoxy composites: tensile, impact and morphological properties" [Vol. 8. Issue 5](#). Pages 3959-3969 (September - October 2019)

[24] H. Dhakal et al. Mechanical properties of leaf sheath date palm fibre waste biomass reinforced polycaprolactone (PCL) biocomposites . Industrial Crops & Products 126 (2018) 394–402.

[25] M.Alshabanat . Morphological, thermal, and biodegradation properties of LLDPE/ treated date palm waste composite buried in a soil environment . Department of Chemistry, Faculty of Science, Princess Nourah bint Abdulrahman University, P.O.B. 84428, Riyadh, Saudi Arabia

[26] E. Taban et al . Experimental and mathematical survey of sound absorption performance of date palm fibers. Heliyon 5 (2019) e01977.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Compte tenu de la conjoncture économique mondiale, maintenant la tendance est nécessaire à l'utilisation de fibres naturelles organiques, particulièrement la matière ligno-cellulosique. Ces fibres ont obtenu un grand succès et une réputation environnementale qui a encouragé les chercheurs à étendre les études dans ce domaine.

A la lumière de cette étude bibliographique, nous constatons que la matière ligno-cellulosique et ses différents constituants sont abondamment présents et parfois peu valorisés. On s'oriente alors de plus en plus à s'efforcer particulièrement à améliorer les application de la ligno-cellulose et vers la mise en œuvre de produits biodégradables, soit en ayant recours à des polymères biodégradables, soit en incorporant des fibres biodégradables dans des matériaux polymériques.

à travers les différentes applications actuelles Dans le différent secteur: industriel, filtration de l'eau, dans la construction comprenant l'isolation thermique...etc. qui contribue à la réduction des coûts de construction et de l'énergie consommée pour le chauffage ou la climatisation. En plus de lui donner de bonne propriétés de renforcement pour le corps plastique Qui souffre déjà d'une détérioration des propriétés et de sa thermodégradation et photodégradation en cours d'utilisation telle qu'elle était sans renforcement Tels que le vieillissement En raison de l'influence des conditions météorologiques, de la chaleur et de l'humidité . Cepondant, et dans la plus part des cas un traitement de la fibre naturelle est très importante a fin d'améliorer l'adhésion enta la matrice et la fibre ainsi que l'incorporation d'agent caompatibilisants.

Enfin, Pour ces études peut inaugurer d'autres travaux et études prenant des aspects particuliers sont possibles. Cela peut résulter par la conception de nouveaux matériaux utilisant les constituants du palmier comme matière première.