



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Mécanique

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine: Sciences et Techniques

Filière: Génie Mécanique

Spécialité: Construction

Réf.: Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :
Thamer Mohamed GOUDJIL

Le :

Comportement d'un composite PP/ Fibres de palmier dattier à l'essai de traction

Jury:

Dr. Youcef DJABLOUN	MCB Université de Biskra	Président
Dr. Tarek DJOUDI	MCB Université de Biskra	Rapporteur
Dr. Hocine DJEMAI	MCB Université de Biskra	Examineur

2019-2020

DEDICACE

Je dédie ce mémoire.

À ma mère qui a été à mes côtés depuis toujours, qui m'a encouragée durant ces années d'études.

À mon père, mon bon exemple dans ma vie.

À mes frères Nadhir, Amin et Youcef qui font la joie de la vie.

À toute la famille du département de génie mécanique de l'Université de Biskra.

À tous mes amis: Abdelkader, Ramzi, Rahim, Khaled et Belgacem

À tous les proches que j'aime.

Merci!

Remerciements

On remercie Allah le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d'entamer et de terminer ce mémoire

Tout d'abord, nous adressons nos remerciements les plus sincères au Docteur Tarek DJOUDI Qui a très volontiers accepté d'être notre encadreur et pour son haut niveau d'encadrement durant notre préparation de ce mémoire.

Je remercie également les doctorants Mr. Mohamed Aymen KETHIRI et Mr. Housseem DJAHARA e pour son aide pratique, son soutien moral et ses encouragements.

Nos remerciements les plus distinguées à toutes les personnes qui ont rendu ce modeste travail possible.

ملخص

في هذا العمل، قمنا بدراسة خواص ميكانيكية لمواد مركبة حيوية المصدر بناءً على ألياف نخيل التمر ومن البولي بروبيلين من خلال تجارب الشد لهاته المواد المركبة المختلفة بنسبها المئوية للألياف (4، 7، 10 و15٪). وأظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أنه كلما زادت النسبة المئوية للألياف نقص الاجهاد وزادت قيم معامل يونغ.

الكلمات المفتاحية: الياف النخيل، البولي بروبيلين، مادة مركبة، حيوي المصدر، معامل المرونة.

Résumé

Dans ce travail, nous avons étudié des propriétés mécaniques des composites bio-sources à base des fibres du palmier dattier et d'une matrice polypropylène à travers des essais de traction sur ces composite à différent fraction massique (4, 7, 10 et 15%), les résultats obtenus montrent que : Comme la fraction de masse de fibres augmente, la contrainte maximale du matériau diminue et le module de Young augmente.

Mots clés : Fibres du palmier dattier, Polypropylène, Matériau composite, Bio-sources, Module d'élasticité.

Sommaire

Dédicace	i
Remerciement	ii
Résumé	iii
Table des matières	v
Liste figure	vi
Liste tableau	viii
Introduction générale	1

Chapitre I : Généralité

I Matériaux composites	3
I.1 Matrices	3
I.1.1 Matrices thermodurcissables	4
I.1.2 Matrices Thermoplastiques	5
I.2 Renforts	5
I.3 Classification de composites	6
I.3.1 Classification selon le type de matrice	6
I.3.2 Classification selon la catégorie du renfort	7
I.3.3 Classification selon la forme du renfort	7
I.3.4 Classification selon le marché	8
I.4 Procédés de fabrication des composites	8
I.4.1 Le moulage au contact	8
I.4.2 La projection simultanée	9
I.4.3 Le BMC (Bulk Molding Compound)	9
I.4.4 Le SMC (Sheet Moulding Compound)	9
I.4.5 Le procédé RTM	10
I.4.6 Le moulage sous-vide et l'infusion	10
I.4.7 Le moulage par compression à chaud	10
I.5 Matériaux composites bio-sources (bio-composites)	11
I.5.1 Avantages et inconvénients des bio-composites	11
I.6 Renforts végétaux	12
I.6.1 Classification des fibres végétales	12
I.6.2 Composition chimique des fibres végétales	13
I.6.3 Méthodes d'extraction des fibres végétales	14

Chapitre II : Palmier dattier

II.1 Matériaux végétaux du palmier dattiers	16
II.2 Répartition géographique du palmier dattier	17
II.2.1 Dans le monde	17
II.2.2 En l'Algérie	17
II.2.3 Dans la wilaya de Biskra	18
II.3 Domaines d'utilisation des déchets de palmier dattier	19
II.4 Synthèse bibliographique	20
II.4.1 Fibres	20
II.4.2 Composite pp/ fibres de palmier dattier	25

Chapitre III : Etude expérimental

III.1 Préparation des fibres	33
III.2 Préparation des compounds	33
III.3 préparation des éprouvettes	35
III.4 Les essais Traction	38
III.5 Résultat et discussion	39
Conclusion générale	48
Reference bibliographies	49

Liste des figures

Figure I.1	Constituent d'un matériau composite.	3
Figure I.2	Types de matrices utilisées dans les matériaux composites.	4
Figure I.3	Classification des renforts.	6
Figure I.4	Classification des composites selon la nature de la matrice.	6
Figure I.5	Classification des composites selon la catégorie de renfort.	7
Figure I.6	Classification du composite selon la forme des renforts.	7
Figure I.7	Moulage en contact.	8
Figure I.8	Méthode de projection simultanée.	9
Figure I.9	Méthode de BMC-SMC.	9
Figure I.10	Principe de moulage par injection de résine.	10
Figure I.11	Méthode du moulage sous vide.	10
Figure I.12	Méthode de moulage par compression à chaud.	11
Figure I.13	Classification des fibres végétales selon l'origine.	13
Figure I.14	Structure schématique d'une fibre végétale.	13
Figure I.15	différentes techniques d'extraction des fibres végétales.	14

Chapitre II : Palmier dattier

Figure II.1	Différentes parties d'un palmier dattier.	16
Figure II.2	Répartition géographique du palmier dattier dans le monde.	17
Figure II.3	Répartition des palmiers dattiers de l'Algérie par wilaya en 2014.	18
Figure II.4	Répartition de palmier dattier en région de Biskra.	18
Figure II.5	Proportion de variétés des palmiers dattiers à Biskra.	19
Figure II.6	Quelques utilisations traditionnelles des déchets de palmier dattier.	20
Figure II.7	Protocole de préparation des fibres.	23
Figure II.8	Processus du calcul de la masse volumique des fibres.	23
Figure II.9	Fibre avant l'essai.	24
Figure II.10	Extrudeuse mono-vis.	26
Figure II.11	Plaques moulées de différent taux de fibre.	26
Figure II.12	Presse à compression à chaud.	27
Figure II.13	Courbes contrainte-déformation pour le composite PP/fibres de lif.	27
Figure II.14	Charge-déplacement $V_f = 0\sim 15\%$.	28

Liste des figures

Figure II.15	Contrainte-Déformation $V_f=00\sim 15$.	30
Chapitre III : Etude expérimental		
Figure III.1	Processus d'extraction des fibres des tests physiques.	33
Figure III.2	Processus d'extraction des fibres des tests mécaniques.	34
Figure III.3	Fibres extraite de la palme (x200).	34
Figure III.4	Protocole de préparation des compounds PP/fibre de rachis.	35
Figure III.5	Eprouvettes d'essai de traction conformément à la norme NF ISO527.	37
Figure III.6	Protocole de préparation des plaques : PP/fibre de rachis.	37
Figure III.7	Résultats de l'essai de traction (PP Vierge) : courbe type contrainte-déformation.	39
Figure III.8	Résultats de l'essai de traction (PFR 04%) : courbe type contrainte-déformation.	40
Figure III.9	Résultats de l'essai de traction (PFR 07%) : courbe type contrainte-déformation.	41
Figure III.10	Résultats de l'essai de traction (PFR 10%) : courbe type contrainte-déformation.	42
Figure III.11	Résultats de l'essai de traction (PFR 15%) : courbe type contrainte-déformation.	43
Figure III.12	Contrainte – Déformation $V_f= 00\sim 15\%$.	44

liste des tableaux

Chapitre I : Généralité

Tableau I.1	Les avantages et les inconvénients des matériaux bio-composites.	12
--------------------	--	-----------

Chapitre II : Palmier dattier

Tableau II.1	Les propriétés mécaniques et spécifiques des fibres de palmier dattier.	21
Tableau II.2	Les propriétés mécaniques du bois de palmier dattier.	21
Tableau II.3	Les valeurs de la masse volumique et la fraction volumique selon la position pour les échantillons (BP) et (BR).	22
Tableau II.4	Résultats de l'essai de traction des fibres.	22
Tableau II.5	Résultats des mesures de la masse volumique des fibres(FPRG) et (FPRD).	24
Tableau II.6	Résultats de l'essai de traction sur les fibres (FPRG) et (FPRD).	25
Tableau II.7	Résultats des essais de traction (Lif-Polypropylène).	28
Tableau II.8	Caractéristiques des éprouvettes (Module de Young).	29
Tableau II.9	Caractéristiques des éprouvettes (Contrainte et Déformation).	30
Tableau II.10	Caractéristiques des éprouvettes (Contrainte, Déformation et module d'élasticité).	31

Chapitre III : Etude expérimental

Tableau III.1	Conditions du moulage par compression à chaud.	36
Tableau III.2	Propriétés mécaniques de matériau PP vierge.	40
Tableau III.3	Propriétés mécaniques de Matériau PFR 04%.	41
Tableau III.4	Propriétés mécaniques de Matériau PFR 07%.	42
Tableau III.5	Propriétés mécaniques de Matériau PFR 10%.	43
Tableau III.6	Propriétés mécaniques de Matériau PFR 15%.	44
Tableau III.7	Propriétés mécaniques de matériau (PP/Fibres de rachis) à différentes fractions massiques de fibres.	45

*Introduction
générale*

Introduction générale

Introduction

Ces dernières années, l'utilisation de matériaux bio-composite (parfois aussi appelé les composites bio-sources) s'est généralisée en raison de leur faible coût, leur densité peu élevée, leur biodégradabilité, leur disponibilité, leur facilité de mise en œuvre et leur capacité à être recyclés, Les matériaux bio-composite impliqué dans de nombreux secteurs: aéronautique, automobiles, bâtiment...etc. La dépendance aux ressources locales disponibles est devenue une nécessité, en particulier dans la construction. Demande croissante les matériaux importées et l'inflation de leur prix, rendent l'utilisation de matériaux locaux de plus en plus nécessaires.

Nous intéresserons dans cette étude aux matériaux renforcés par les fibres de palmier dattier qui constitue l'une des richesses végétales les plus abondantes dans notre région (Biskra), Le palmier produit annuellement de grandes quantités de déchets qui sont exploités en très petites quantités qui peuvent être utilisées comme renfort dans les matériaux.

L'objectif tracé dans ce travail est d'étudier les propriétés mécaniques d'un matériau composite bio-sources; Ce matériau est basé sur une matrice polypropylène et fibres de palmier dattier (Rachis). Les plaques en matériau composite (fibre de rachis/polypropylène) ont été élaborées avec différentes fractions massiques de fibres (4, 7, 10 et 15%) par le Dr: Tarek DJOUDI selon la technique thermocompression.

Pour mener à terme ce projet, nous avons structuré ce travail en trois chapitres suivants :

- Le premier chapitre est consacré à une étude générale sur les matériaux composites.
- Le deuxième chapitre comprend des informations générales sur le palmier dattier et un résumé bibliographique du travail effectué.
- Le troisième chapitre c'est une partie expérimentale ; On a commencé par la présentation d'un procédé de préparation des éprouvettes pour l'essai mécanique (essai de traction) en utilisant un matériau composite (matrice PP / jour fibre de palme). Ensuite, nous avons présenté les résultats et en avons discuté.

Enfin, conclure avec une conclusion générale.

Chapitre I

Généralité

I. Matériaux composites

Un matériau composite est un matériau hétérogène formé au moins de deux constituants qui occupent des phases différentes, l'assemblage final ayant des propriétés physico-mécaniques supérieures aux propriétés de chacun des matériaux constitutifs [1].

Les deux constituants de base d'un matériau composite sont la matrice et le renfort (figure I.1). A ces deux composants principaux peuvent s'ajouter des additifs qui permettent de modifier l'aspect, ou les caractéristiques du matériau [2].

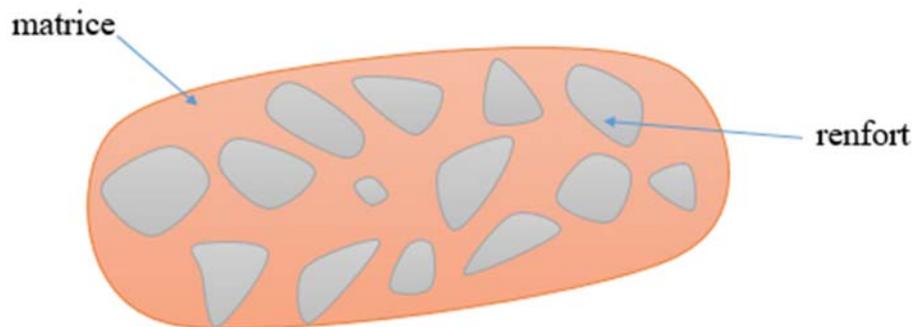


Figure I.1: Constituent d'un matériau composite.

I.1. Matrice

La matrice permet de lier les renforts entre elles, ainsi que de répartir les efforts (résistance à la compression ou à la flexion). La matrice est facilement déformable et assure la protection chimique des renforts [3].

Les matrices habituellement utilisées dans la préparation des matériaux composites, sont classées en trois classes principales : - les matrices organique CMO, les matrices céramique CMC et les matrices métallique CMM. Mais pour l'impérieuse nécessité de protection de la santé environnementale, des matrices naturelles ont été utilisées. La figure I.2 représente une classification des matrices.

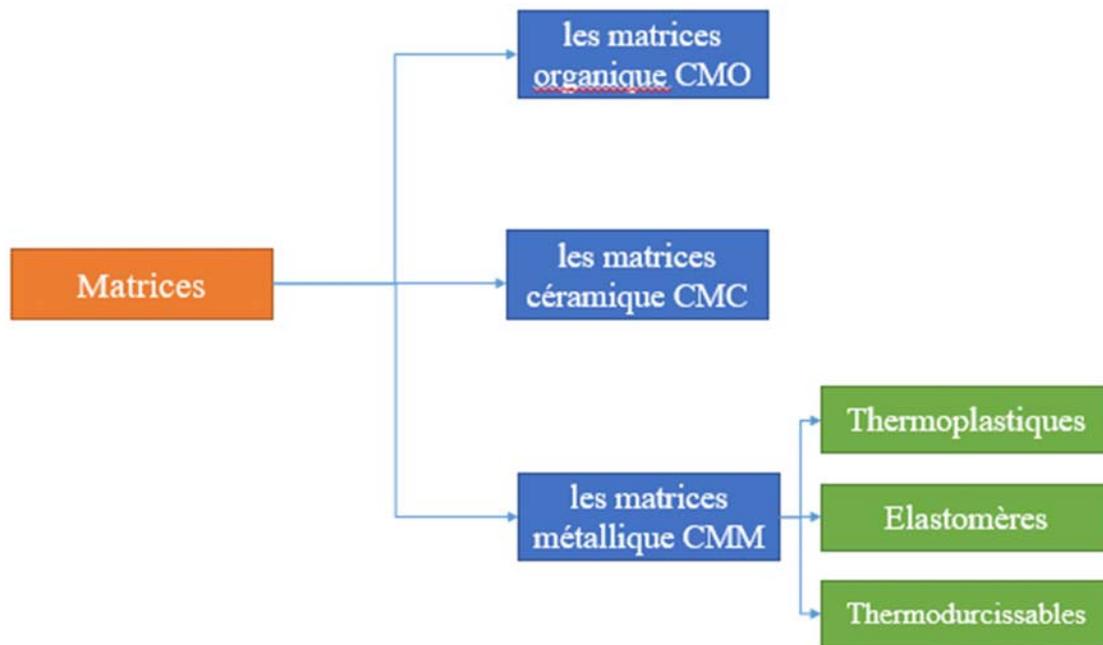


Figure I.2. : Types de matrices utilisées dans les matériaux composites [4].

I.1.1 Matrices thermodurcissables

Ces matrices se présentent sous forme d'une résine initialement à l'état de liquide visqueux, composée de molécules longues et indépendantes. Ces molécules établissent alors des liaisons. Grâce à des réactions déclenchées le plus souvent par l'action conjointe d'un durcisseur et de la température. Il se forme ainsi une structure solide tridimensionnelle. [5]

Les principales résines thermodurcissables utilisées dans la mise en œuvre des matériaux composites sont par ordre décroissant en tonnage [6]:

- les résines polyesters insaturées : polyesters condensés, dérivés allyliques.
- les résines de condensation : phénoliques, aminoplastes, etc ...,
- les résines époxydes.

I.1.2 Matrices Thermoplastiques

Ce sont des matériaux semi-cristallins comportant une phase amorphe et une phase semi cristalline. Les polymères thermoplastiques ont des propriétés mécaniques faibles. Ces polymères sont solides et nécessitent une transformation à très haut température [7].

La famille des résines thermoplastiques (on parle de “plastiques”) est très vaste, et peut être séparée en plastiques de grande diffusion et plastiques techniques (ou technopolymères). Les plastiques de grande diffusion sont mis en œuvre soit par injection pour obtenir des objets moulés, soit par extrusion pour obtenir des films, des plaques, des tubes, des profilés, etc. Les plastiques techniques sont généralement mis en œuvre par injection [6]. Les principales familles de thermoplastiques sont [8] :

- Polypropylène (PP)
- acide poly lactique(PLA)
- polyéthylène à haute densité(HDPE)
- polychlorure de vinyle amorphe(PVC)
- polystyrène (PS)
- polyéthylène téréphtalate semi cristallin(PET)
- acrylonitrile butadiène styrène (ABS)

I.2 Renforts

Les renforts assurent les propriétés mécaniques du matériau composite (rigidité, résistance à la rupture, dureté, etc.) et d’améliorer des propriétés physiques et mécaniques de matériau composite.

La matrice est renforcée avec différents renforts en termes d’origine (animale, végétale, synthétique, etc.) ou de forme.

Les renforts peuvent être classés en deux catégories: renfort inorganiques et renforts organiques. La figure I.3 représente la classification des types de renforts couramment rencontrés.

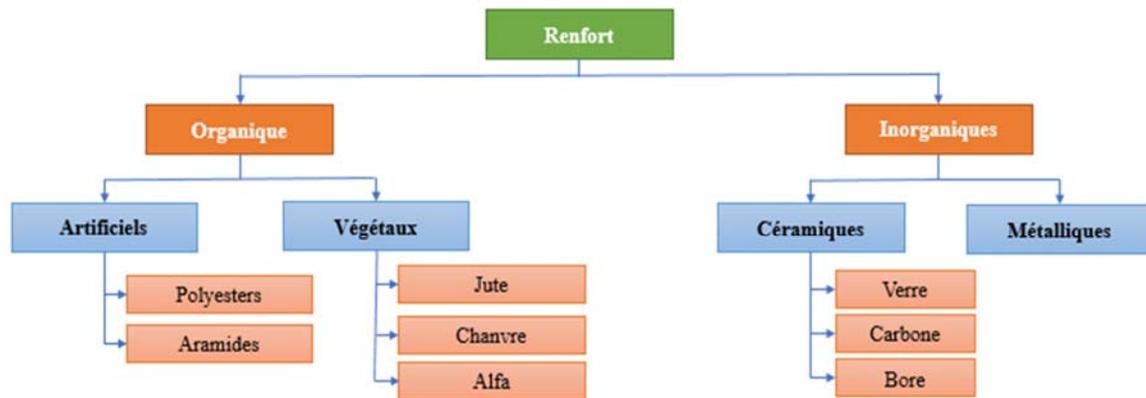


Figure I.3. : Classification des renforts [10].

I. 3 Classification de composites

Il existe aujourd'hui un grand nombre de matériaux composites qu'on peut classer soit selon la forme des composants ou suivant la nature des composants.

I.3.1 Classification selon le type de matrice

Selon le type de la matrice, les matériaux composites sont classés en trois catégories [11]:

- Les composites à matrice organique.
- Les composites à matrice métallique.
- Les composites a matrices naturelle.

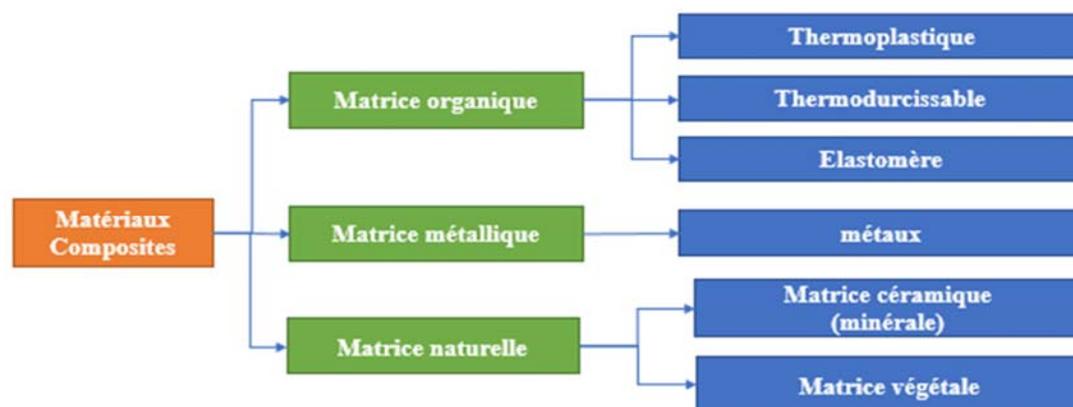


Figure I.4. : Classification des composites selon la nature de la matrice [11].

I.3.2 Classification selon la catégorie du renfort

Les composites fibreux peuvent être classés en deux catégories des fibres : fibres inorganiques et fibres organiques.

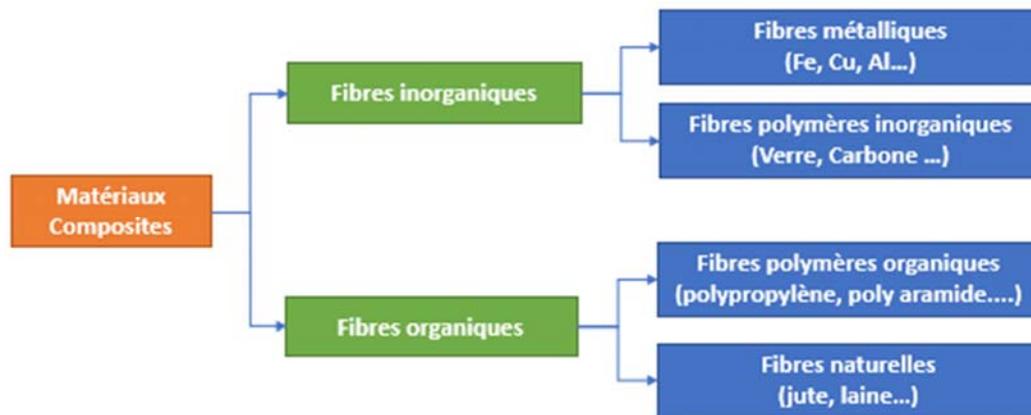


Figure I.5. : Classification des composites selon la catégorie de renfort [12].

I.3.3 Classification selon la forme du renfort

Un matériau composite est un composite à fibres si le renfort se trouve sous forme de fibres, soit continués ou discontinues. Il est considéré à particules lorsque le renfort se trouve sous forme de particules, et la troisième famille "structuraux" de cette classification est le résultat de l'intégration des deux premières familles « renforcés par des particules » et « renforcées par des fibres » [11].

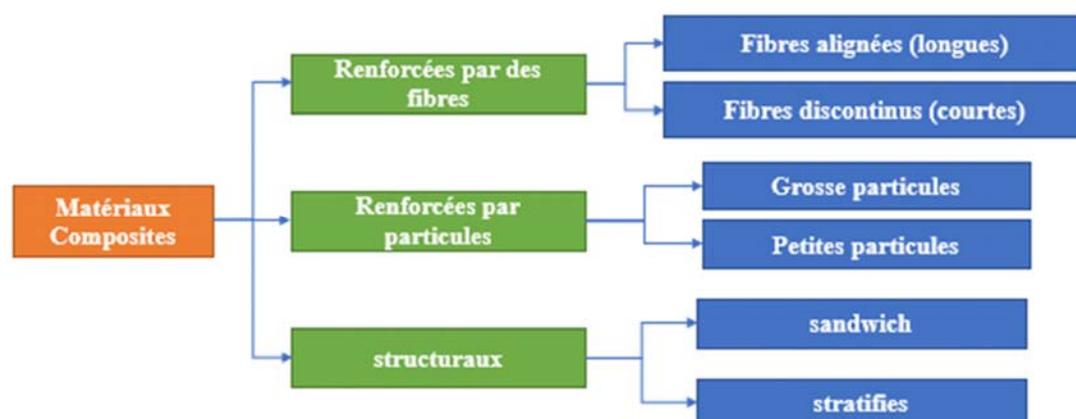


Figure I.6. : Classification du composite selon la forme des renforts [13].

I.3.4 Classification selon le marché

Les matériaux sont souvent classés selon le marché selon la classification suivante :

- a) **Les composites de grande diffusion** : ce sont des composites peu coûteux, qui occupent une large part du marché. On le trouve par exemple dans l'industrie du bâtiment, le transport nautique, les piscines, les équipements électriques. [12]
- b) **Les composites à hautes performances** : beaucoup plus onéreux, ont un emploi restreint mais d'excellentes propriétés mécaniques, les renforts utilisés sont plutôt des fibres longues, avec un taux de renfort supérieur à 50 % [14].

I.4 Procédés de fabrication des composites

Les procédés de mise en œuvre des matériaux composites, on distingue :

I.4.1 Le moulage au contact : C'est la méthode la plus simple qui demande le moins d'équipements. On utilise des moules en bois vernis, en métal, etc., sur lesquels on dépose successivement : un agent de démoulage, une couche de surface (optionnelle) et des couches successives de renforts imprégnés au rouleau d'une résine polymérisant à température ambiante. Avantages: simplicité de mise en œuvre, liberté forme/taille, faible investissement initial [15].

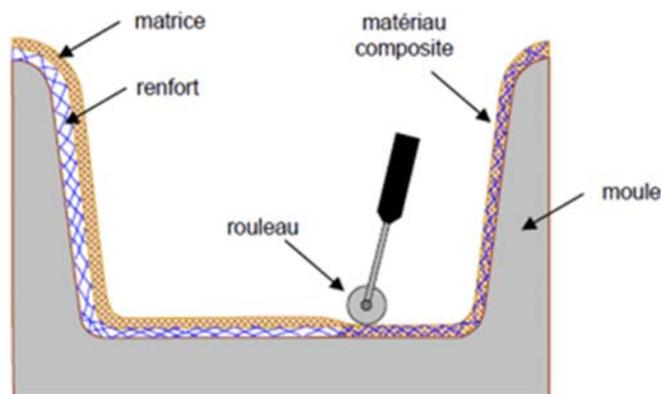


Figure I.7. : Moulage en contact [16].

I.4.2 La projection simultanée : Dans cette méthode, la résine et les fibres de renfort coupées sont projetées simultanément au moyen d'un pistolet sur une forme [15].

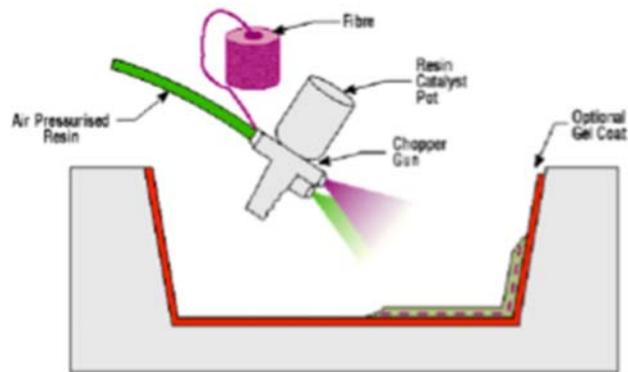


Figure I.8. : Méthode de projection simultanée [17].

I.4.3 Le BMC (Bulk Molding Compound): c'est un mélange généralement moulé par compression de matrice, charges et renforts sous forme de fibres coupées à l'aide d'une presse à injection, sous des pressions de 150 à 180 bars, à grande vitesse dans un moule fermé et régulé en température entre 150 et 160 °C et destinés aux procédés de moulage pour grandes séries [11].

I.4.4 Le SMC (Sheet Moulding Compound): c'est un moulage à haute pression des semi- produits composé de matrice et de renfort. Il permet de fabriquer des pièces dans de très nombreux secteurs d'activités [11].

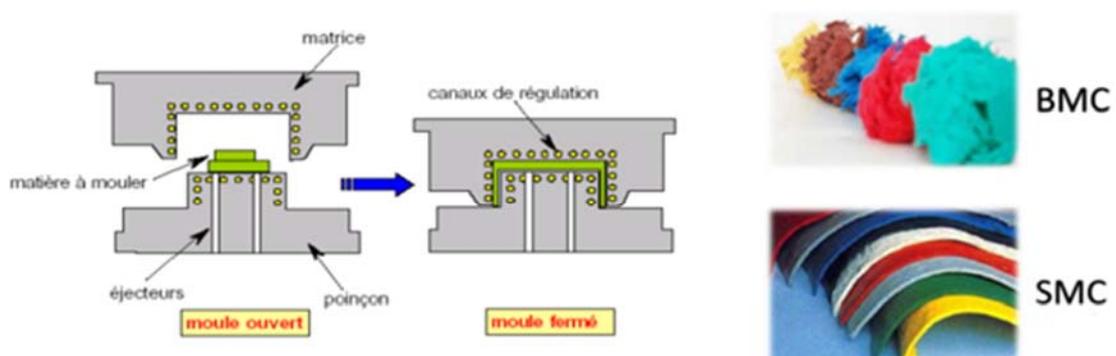


Figure I.9. : Méthode de BMC-SMC [15].

I.4.5 Le procédé RTM : Le moulage par injection de résine liquide RTM (Résine Transfert Molding) s'effectue entre moule et contre-moule rigides. Le renfort (mats, préforme, éventuellement tissus) est mis en place dans le moule, une fois celui-ci solidement fermé, la résine, accélérée et catalysée, est injectée sous faible pression (1.5 à 4 bars) à travers le renfort jusqu'au remplissage complet de l'empreinte. La pression de moulage est faible. Le procédé convient pour des cadences jusqu'à 30 pièces par jour [1].

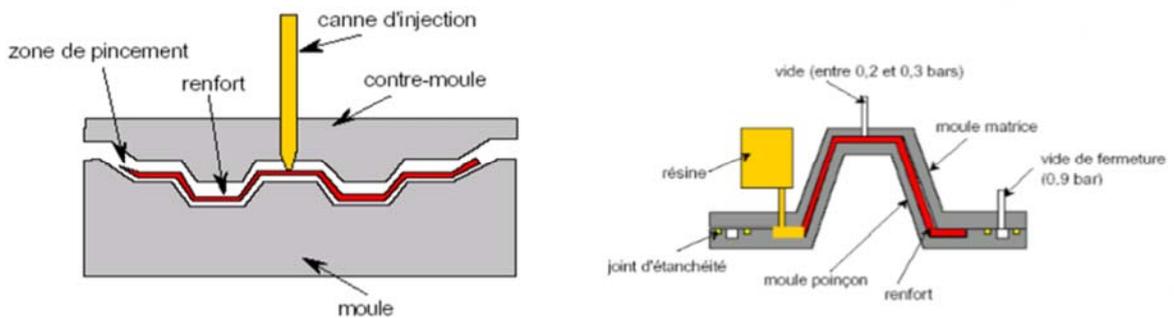


Figure I.10. : Principe de moulage par injection de résine [15].

I.4.6 Le moulage sous-vide et l'infuction : Les procédés faisant appeler au vide sont nombreux. Celui-ci ayant pour principal avantage de permettre d'appliquer sur une pièce une pression uniforme importante à moindre coût [12].

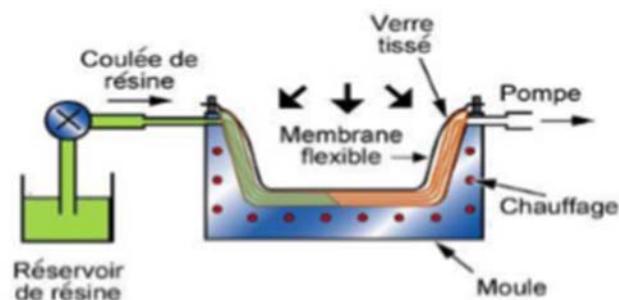


Figure I.11. : Méthode du moulage sous vide [18].

I.4.7 Le moulage par compression à chaud : Cette technique permet d'obtenir des pièces en grandes séries au moyen de presses hydrauliques et de moules métalliques chauffants. Le renfort, constitué par un mat fils coupés ou à fils continus, par des tissus ou par des préformes, est déposé sur le moule chauffant, enduit au préalable d'un agent de démoulage. Puis la résine catalysée est coulée en vrac sur le renfort. Le moule est fermé suivant un cycle déterminé par descente et pressage du contre moule. Le temps de pressage est lié au temps de polymérisation de la résine, fonction de la réactivité de la résine et de l'épaisseur de la pièce. Le moule est ensuite ouvert, et la pièce éjectée. Ce procédé de moulage permet d'obtenir des proportions importantes des renforts, et par conséquent des pièces de bonnes caractéristiques mécaniques. Les dimensions des pièces sont fonction de l'importance de la presse. La pression de moulage est de l'ordre de 10 à 50 bars, la température des moules de l'ordre de 80 à 150°C. Les cadences des fabrications peuvent atteindre 15 à 30 pièces par heure. Elles nécessitent un investissement important en matériel, presse et moule [4].

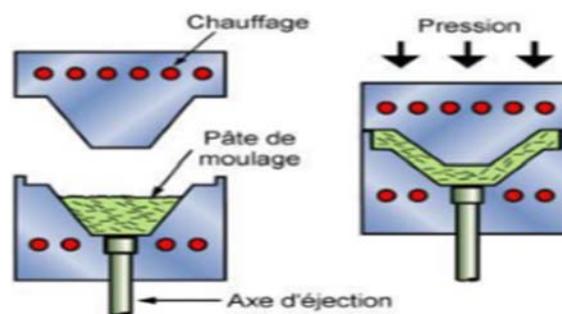


Figure I.12. : Méthode de moulage par compression à chaud [17].

I.5 Matériaux composites bio-sources (bio-composites)

Les matériaux composites bio-sources sont des matériaux composites à base de bio-constituent (renfort bio ou matrice bio, ou les deux) [19]. Il existe d'autres appellations proches comme "Eco-composite", "Agro-composite" [12].

I.5.1 Avantages et inconvénients des bio-composites

Le tableau suivant représente les avantages et les inconvénients des bio-composites

Avantages	Inconvénient
Respecter l'environnement.	La sensibilité à la chaleur.
Poids légers.	Sensibilité aux produits chimique
Pas cher « les fibres ».	« matrice ».
Inoxydable.	
Ne pas libérer d'émissions toxiques.	
Possibilité de prendre plusieurs formes.	

Tableau I.1 les avantages et les inconvénients des matériaux bio-composites [19].

I.6 Renforts végétaux

Les fibres végétales sont des matériaux filamenteux issus de la biomasse. Elles peuvent être extraites du fruit, de la tige ou de la feuille d'une plante cultivée, des arbustes et des herbes. La fibre végétale présente une variabilité très importante en fonction de leur origine. En effet, les dimensions des filaments 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. Les fibres végétales sont également caractérisées par la diversité de l'épaisseur de leur paroi cellulaire résultant de la porosité fibreuse. La forme morphologique de la fibre végétale peut également être un facteur important dans la compréhension du transfert de contrainte aux interfaces fibre-matrice [20].

I.6.1 Classification des fibres végétales

Nous pouvons subdiviser les fibres végétales selon source d'extraction (l'origine), à savoir la graine, la feuille, le fruit, la tige libérienne ou dure.

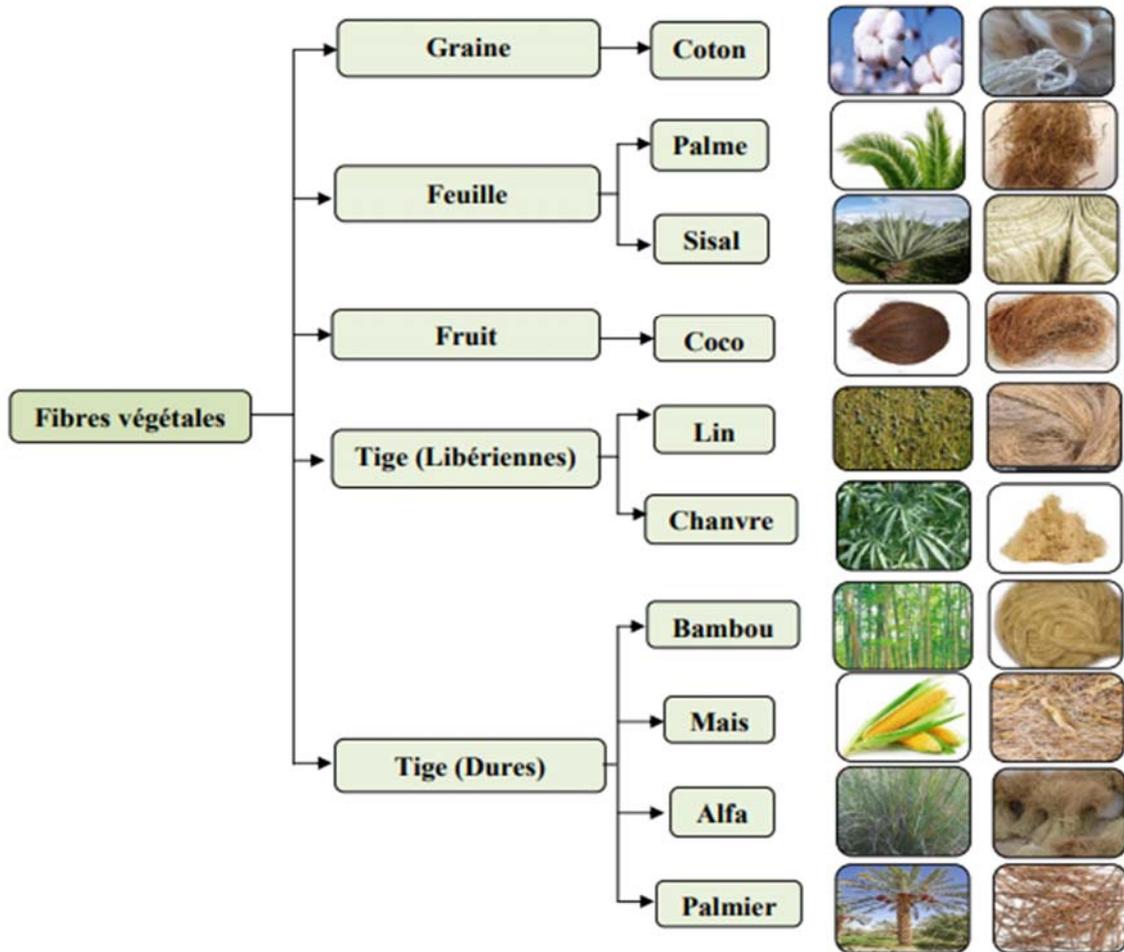


Figure I.13. Classification des fibres végétales selon l'origine [12].

I.6.2 Composition chimique des fibres végétales

Les constituants majoritaires des fibres lignocellulosiques déshydratées sont la cellulose, les hémicelluloses, les lignines et les pectines [21].

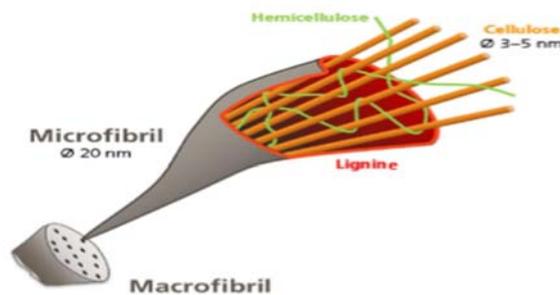


Figure I.14. Structure schématique d'une fibre végétale [21].

I.6.3 Méthodes d'extraction des fibres végétales

Habituellement, pour un usage de renfort de matériau composite, les fibres végétales sont prélevées dans la chaîne de transformation de l'industrie textile. Cette filière a développé, depuis de très nombreuses années, des techniques pour séparer les fibres du reste de la plante. Les techniques utilisées pour séparer et présenter les fibres sont l'extraction mécanique, chimique et biologique [12]. Ces procédés de séparation des fibres généralement utilisés de nos jours sont schématisés dans la figure I.15

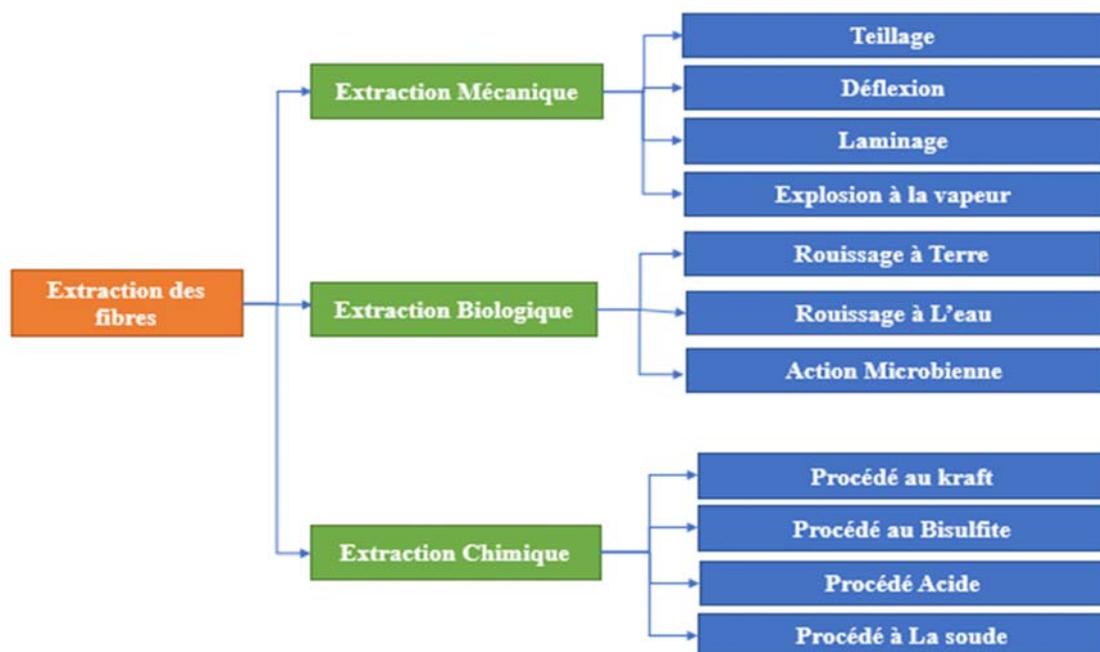


Figure I.15. Différentes techniques d'extraction des fibres végétales [12].

Chapitre II

Palmier dattier

II.1 Matériaux végétaux du palmier dattiers

Le palmier dattier est un ancien arbre fruitier, cultivé dans le monde depuis des siècles, s'acclimatant aux conditions maximales d'aridité dans le monde et représentant la source essentielle vitale de la population saharienne. [22].

Le palmier dattier a un tronc très élancé (Stipe), haut jusqu'à 30 m, clairement recouvert par les gaines (Pétiole) des feuilles (Palme) tombées et de tissu (Lif) entourant le tronc à l'encastrement des pétioles. Les palmes sont réunies en forme d'une couronne en un nombre de 20 à 30 au maximum. Un ensemble de régimes (Grappe) aux fruits sont suspendus sous la couronne de palmes dispersée [12]. La figure II.1 présente les constituants principaux du palmier dattier et l'évolution naturelle d'une palme.

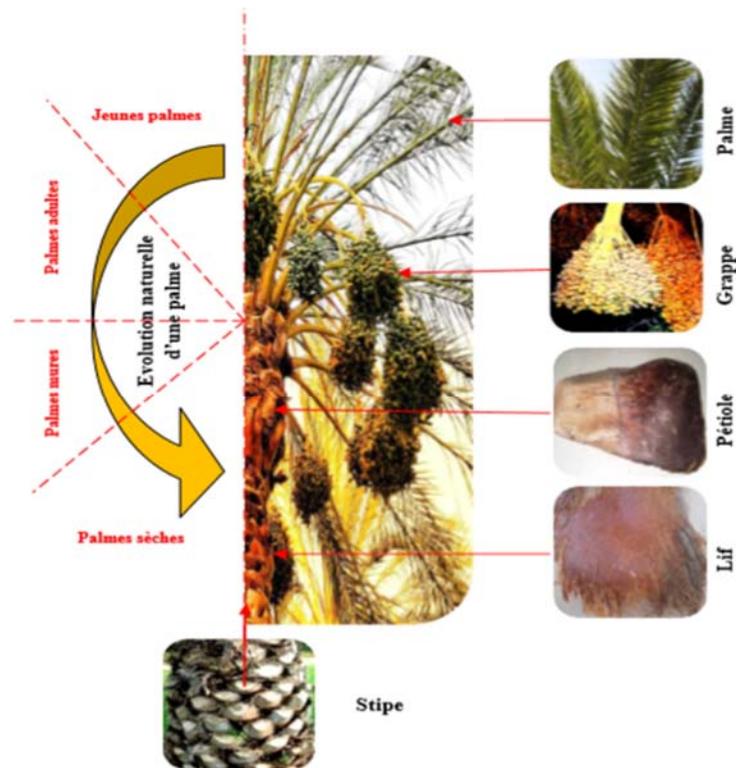


Figure II.1 Différentes parties d'un palmier dattier [12].

II.2 Répartition géographique du palmier dattier

II.2.1 Dans le monde :

La production mondiale de dattes est d'environ 7 millions de tonnes par année et a plus que doublé depuis les années 1980. Cela place la datte au 5^{ème} rang des fruits les plus produits dans les régions arides et semi-arides. D'après l'Organisation Des Nations Unies Pour L'alimentation Et L'agriculture (FAO), la production mondiale de dattes est estimée à 7,62 millions de tonnes en 2010. Les principaux pays producteurs de dattes les plus importants sont : l'Egypte, l'Iran, l'Arabie Saoudite, les Emirats arabes, l'Irak, le Pakistan et l'Algérie et le Soudan [16].

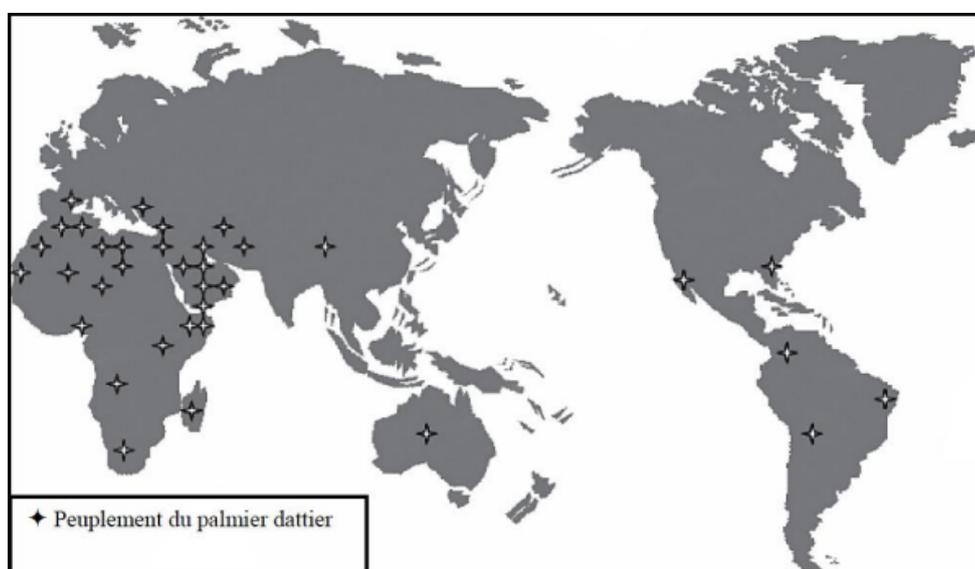


Figure II.2 Répartition géographique du palmier dattier dans le monde [16].

II.2.2 En l'Algérie :

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 [12]. La wilaya de Biskra est la première région d'Algérie en termes de nombre de palmiers dattiers avec 4,3 millions de palmiers, représentant 23.27% du patrimoine national. Viennent

ensuite les wilayas d’El Oued et d’Adrar qui représentent environ 20%. La figure II.3 montre la répartition des palmiers dattiers de l’Algérie par wilaya en 2014[22].

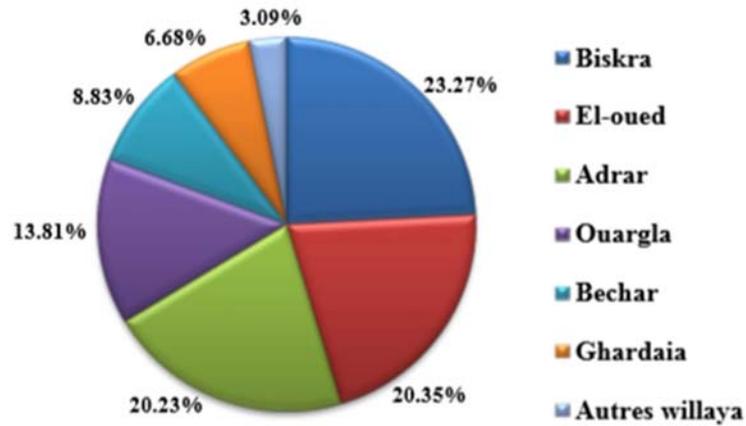


Figure II.3. Répartition des palmiers dattiers de l’Algérie par wilaya en 2014 [16].

II.2.3 Dans la wilaya de Biskra

Les oasis de palmiers de Biskra sont particulièrement concentrées dans les sept régions de Ziban, comme le montre la figure II.4

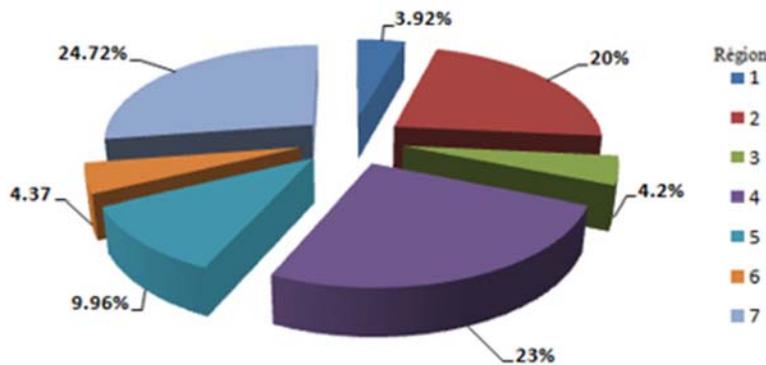


Figure II.4. Répartition de palmier dattier en région de Biskra [12].

Région 1 : El-outaya, Djamoura, El-kantra, Ain Touta

Région 2: Sidi Okba, Chetma, Ain Naga, El-houach, M’chounche

Région 3: Zeloued, Mziraa, El fidh, KS nadji.

Région 4 : Tolga, Bouchagroun, Lichana, Leghrous, Foughala

Région 5: Oulad Djalal, Doucen, Chaiba.

Région 6 : Sidi Khaled, Basbese, Ras El Miaad.

Région 7: Ourelal, Mili, Mekhadma, Lioua, Oumech.

Ces régions sont connues par une grande diversité de palmiers dattiers. Cette différence entre les palmiers peut être distinguée à l'œil nu à travers la couleur, la taille, le fruit et la forme de la palme. Les palmiers de Deglet-Noor sont les plus répandus à Biskra avec 61,93%, puis les palmiers d'Elghres avec 12,90% comme le montre la figure II.5[16].

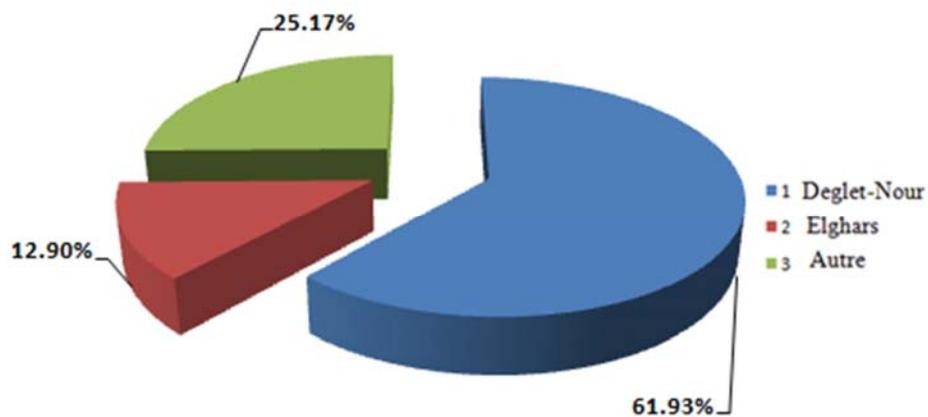


Figure II.5 Proportion de variétés des palmiers dattiers à Biskra [16].

II.3 Domaines d'utilisation des déchets de palmier dattier

Les déchets de la palme constitués de fibres ne sont exploités que d'une manière artisanale pour des applications traditionnelles. On les retrouve par exemple dans l'artisanat (avec la fabrication de chapeaux, paniers et tapis...etc.) mais également dans la construction (charpentes de maison) [12]. La figure II.6 montre certaines applications de ces déchets.

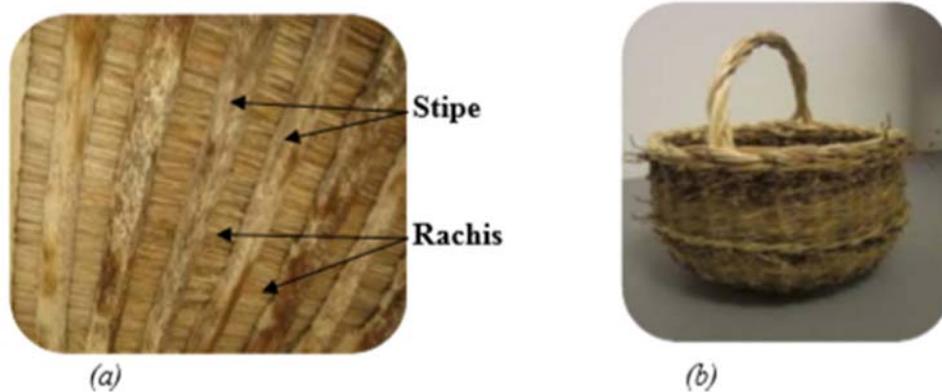


Figure II.6. Quelques utilisations traditionnelles des déchets de palmier dattier :

a) charpentes de maison, b) panier [12].

II.4 Synthèse bibliographique

Cette partie de l'étude présente une synthèse bibliographique sur les études obtenues par nombreux chercheurs dans le domaine d'utilisation fibres de palmiers dattiers dans la mise œuvre des composites.

II.4.1 Fibres

L'étude de [Y.Djabloun \[21\]](#) été d'explorer les différents types de fibres végétales locales du palmier dattier par la caractérisation physique et mécanique pour l'identifier par rapport aux autres fibres végétales et synthétiques. Le but de l'étude était déterminé les caractéristiques mécaniques et physiques des fibres de palmier dattier « lif », le module d'élasticité, le coefficient de poisson et la masse volumique par l'essai de torsion et l'essai de traction.

Caractéristiques mécaniques					propriétés spécifiques	
$\rho \left(\frac{g}{cm^3} \right)$	$\varepsilon(\%)$	$\sigma(Mpa)$	$E(Gpa)$	ϑ	$\sigma r/\rho(KNm/Kg)$	$E/\rho(MNm/Kg)$
0.45-0.57	1.05-13.66	38.02-318.55	3.30-9.86	0.100-0.176	74.55-624.6	6.47-19.33

Tableau II.1 Les propriétés mécaniques et spécifiques des fibres de palmier dattier.

K.Almi [23] a étudié les propriétés chimiques, physiques, thermiques et mécaniques des fibres issues de différentes parties renouvelables du palmier dattier. Les résultats ont montré que les huit types de fibres de palmier étaient quelque peu différents.

Propriétés	Pétiole	Rachis	Epines	Folioles	Grappes	Pédicelles	Spathe	Fibrillium
Diamètre (mm)	0.40-1.0	0.60-0.75	0.70-0.73	0.35-0.90	0.30-0.50	0.63-0.77	0.43-.51	0.5-0.8
Résistance à la rupture (MPa)	90 ± 8.87	213 ± 58	90 ± 8.87	100 ± 43.87	114 ± 54	86 ± 5.0	120.5 ± 12	90 ± 30,7
Elongation (%)	0.95 ± 0.42	4.38 ± 1.96	3.67 ± 1.14	2.68 ± 0.49	3.37 ± 1.3	2.37 ± 1.5	2.41 ± 0.5	4.59 ± 0.90
Module de Young (GPa)	7.00 ± 2.00	8.50 ± 2.33	3.87 ± 2.13	4.00 ± 1.33	4.33 ± 2	3.00 ± 1.0	5.00 ± 1.0	3.66 ± 2.33

Tableau II.2 Les propriétés mécaniques du bois de palmier dattier.

T.Djoudi [12] présente une étude expérimentale sur les propriétés physiques et mécaniques d'une composante importante du palmier qui est la palme mûre, la décomposant essentiellement en deux parties, le Pétiole et le Rachis (principale et secondaire).

Matière		(BP)	(BR)
Position	[cm]	[0-30]	[30-150]
Diamètre de la fibre	[mm]	0.54±0.24	0.49±0.24
Masse volumique de fibres	[g/cm ³]	0.61±0.18	0.81±0.58
Fraction volumique des fibres	[%]	20	44

Tableau II.3 Les valeurs de la masse volumique et la fraction volumique selon la position pour les échantillons (BP) et (BR).

Numbers des éprouvettes	Zone d'extraction	Categories Des fibers	E [Gpa]	σ_{max} [Mpa]	ϑ [/]
10	Fibre de	FPPr	11.86±1.21	270.24±29.63	
10	Pétiole (FP)	FPSc	6.72±1.44	120.19±38.54	
	Intervalle	(FP)	5.28-13.07	81.65-299.87	0.16±0.03
20	Fibre de	FRPr	14.16±6.57	210±131.16	
20	Rachis (FR)	FRSc	17.93±5.92	198.24 ±157.58	
	Intervalle	(FR)	7.59-23.85	40.66-341.34	0.12±0.02

Tableau II.4. Résultats de l'essai de traction des fibres.

M.Barkat [16] a étudié les propriétés physiques et mécaniques des fibres pour deux types de palme (Elghars et Deglet-Nour). Les fibres ont été extraites par une méthode mécanique. La figure. II.7. Présente les différentes étapes de préparation des fibres longues et les fibres courtes.

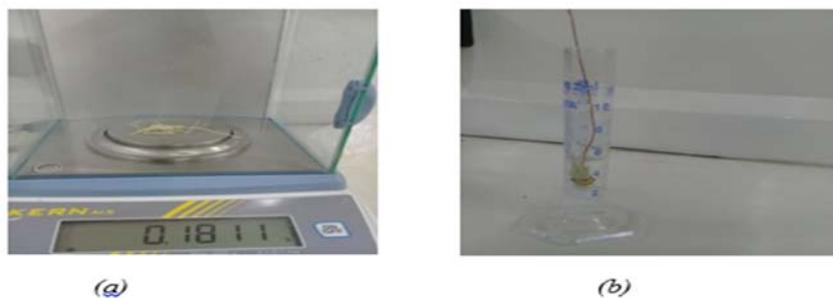


Figure II.7 Protocole de préparation des fibres [14].

La masse volumique des fibres de la palme a été mesurée sur plusieurs échantillons des fibres extraites des différentes zones du rachis et des différents types de palme.

L'échantillon a été pesé par une balance électronique (Kern V3.1) d'une précision de 0,0001g. Le volume de l'échantillon est déterminé par trempage dans un récipient rempli d'eau distillée.

Figure II.8 Processus du calcul de la masse volumique des fibres :



a) Mesure de poids, b) Mesure de volume [16].

Pour déterminer les caractéristiques mécaniques des fibres de différentes parties du palme, des essais de traction longitudinale ont été réalisés sur une machine universelle de type Instron 5969 pilotée par un ordinateur avec le logiciel Bluehill3.



Figure II.9 Fibre avant l'essai [16].

	Partie I	Partie II	Partie III	Moyen
Longueur [cm]	[30-120]	[120-210]	[210-300]	[90]
Fibre d'Elghars				
Diamètre [mm]	0.544 ± 0.028	0.500 ± 0.043	0.448 ± 0.025	0.497 ± 0.032
Masse volumique [g/cm ³]	0.588	0.823	0.992	0.801
Fibre de Deglet-nour				
Diamètre [mm]	0.573 ± 0.023	0.512 ± 0.020	0.458 ± 0.043	0.514 ± 0.025
Masse volumique [g/cm ³]	0.936	1.063	1.176	1.058

Tableau II.5. Résultats des mesures de la masse volumique des fibres(FPRG) et (FPRD).

	Partie I	Partie II	Partie III	Moyen
Fibre d'Elghars				
Module d'élasticité [mm]	6.060±1.463	6.94±2.0051	7.827±1.326	6.949±1.598
Contrainte [Mpa]	57.799±0.967	65.958±11.457	41.219±17.799	54.922±10.074
Déformation [mm/mm]	0.0111±0.0040	0.0115±0.0021	0.0099±0.0048	0.0107±0.0036
Fibre de Deglet-nour				
Module d'élasticité [mm]	10.431±0.2616	12.134±0.1506	12.600±0.0466	11.721±0.1529
Contrainte [Mpa]	112.250±16.7611	88.354±41.0096	88.633±13.3900	96.405±23.720
Déformation [mm/mm]	0.0162±0.0045	0.0082±0.0036	0.0072±0.0014	0.0105 ± 0.0031

Tableau II.6. Résultats de l'essai de traction sur les fibres (FPRG) et (FPRD) .

II.4.2 Composite pp/ fibres de palmier dattier

Y. Djebbloun [21] a étudié les propriétés mécaniques de composites à base de matrice thermoplastique (polypropylènes) renforcé par des fibres de palmier dattier (Lif). Le mélange (polypropylènes/fibres Lif) a été produit par une machine d'extrusion mono-vis pour les différentes fractions massiques de fibres (3, 4 et 5%).

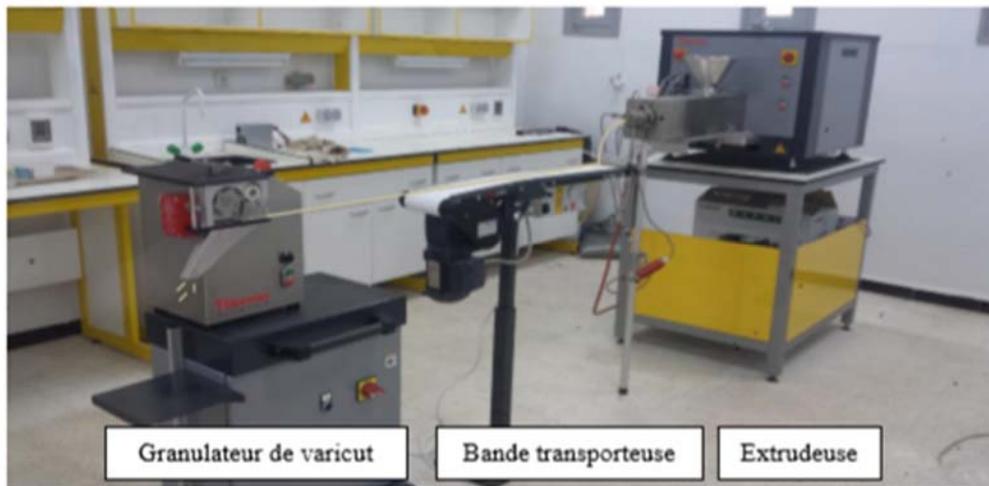


Figure II.10 Extrudeuse mono-vis [21]

Les compounds obtenus à partir du découpage des fils de composites ont été utilisés pour la préparation des plaques rectangulaires dans une machine à thermocompression.

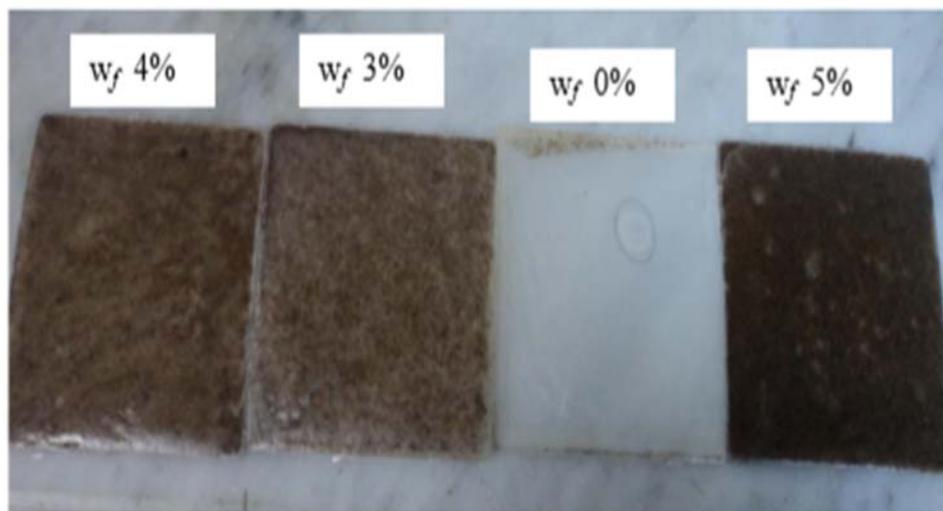


Figure II.11 Plaques moulées de différent taux de fibre [21]



Figure II.12 Presse à compression à chaud [21].

Les essais de traction ont permis de tracer les courbes contrainte-déformation représentées sur la figure ci-après.

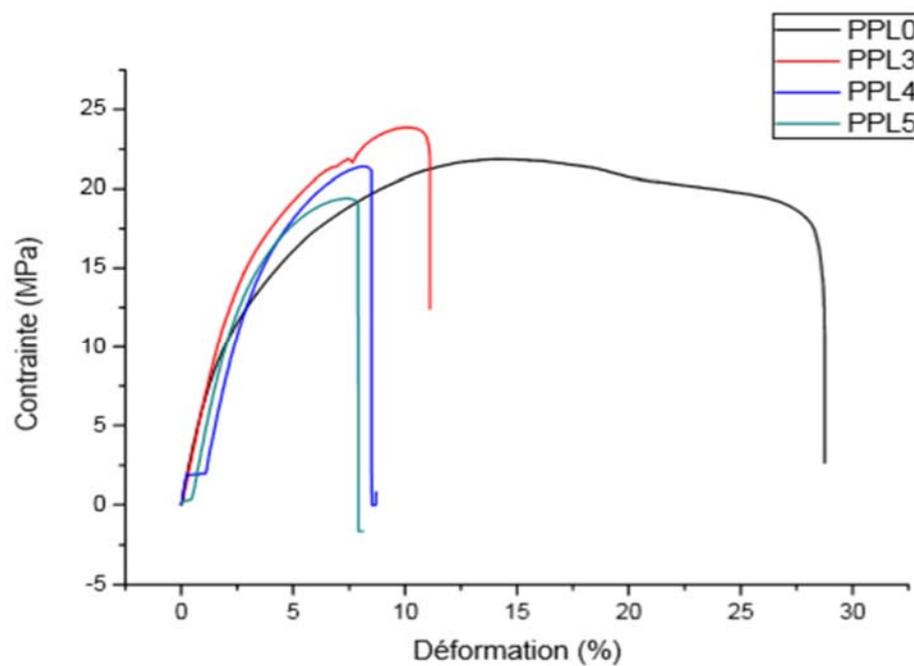


Figure II.13 Courbes contrainte-déformation pour le composite PP/ Lif [21].

Eprouvettes	Fraction massique (%)	Propriétés Mécaniques		
		E (MPa)	σ_r (MPa)	ε_r (%)
PPL0	0	622.043±17.703	10.62	28.363±9.739
PPL3	3	642.70±23.78	19.19±2.008	9.057±3.241
PPL4	4	682.83±136.8	13.381±0.957	6.520±3.239
PPL5	5	686.30	/	5.25

Tableau II.7 : Résultats des essais de traction (Lif-Polypropylène) [21].

Une étude expérimentale a été menée par L.Ninouh [19] sur les propriétés mécaniques d'un composite bio-sources à base des fibres de palmier dattier et d'une matrice polypropylène à travers des expériences de flexion trois points avec différente fraction massique (4, 7,10 ,15%). La courbe suivante représente la valeur de déformation des éprouvettes avec différents fraction massiques des fibres

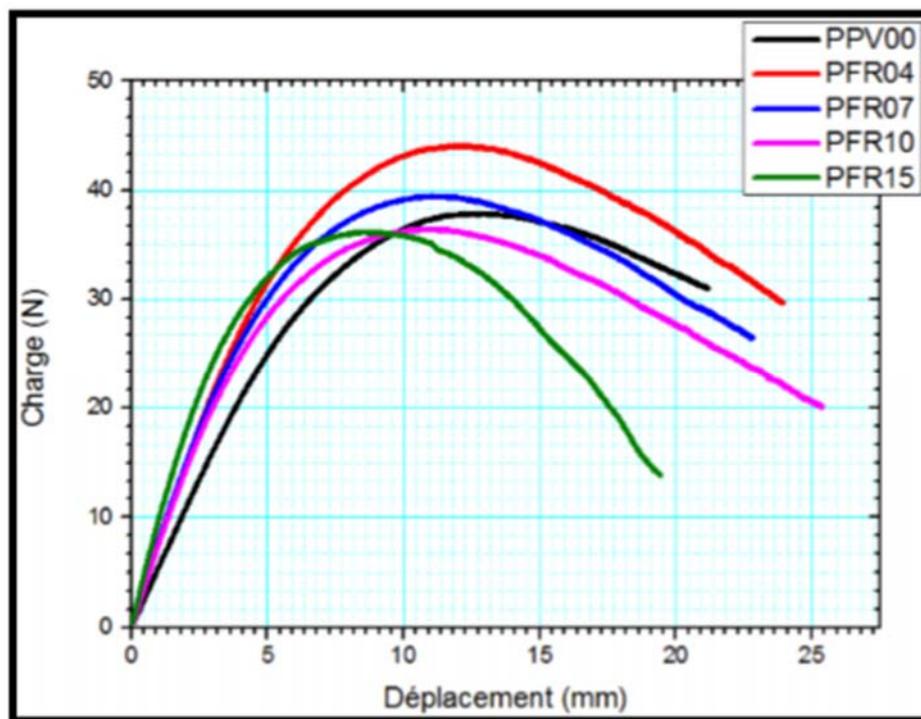


Figure II.14 Charge-déplacement $V_f = 0\sim 15\%$.

Le tableau suivant représente les résultats de toutes éprouvettes :

composite	h(mm)	b(mm)	K(Mpa)	Ef(Mpa)	Ef_moy(Mpa)	Ee.t(Mpa)
PPV :00% :1	2	26,67	5,47	1334,67		
PPV :00% :2	2	26,32	5,65	1448,99	1462,77	85,82
PPV :00% :3	2	26,75	6,16	1554,64		
PFR:04% :1	2	26,6	7,05	1789		
PFR :04% :2	2	26,58	7,64	1041,2	1985,62	222,19
PFR :04% :3	2	26,61	8,78	2226,6		
PFR:07% :1	2	26,9	7,91	1984,35		
PFR :07% :2	2	26,58	7,6	1929,77	2011,42	98,04
PFR :07% :3	2	26,53	8,33	2120,88		
PFR:10% :1	2	26,93	7,77	1947,55		
PFR :10% :2	2	26,82	7,68	1933,14	2017,19	133,3
PFR :10% :3	2	26,79	8,62	2170,88		
PFR:15% :1	2	26,78	9,21	2320,41	2411,69	129,1
PFR :15% :2	2	26,86	9,96	2502,98		

Tableau II.8 Caractéristiques des éprouvettes (Module de Young).

La courbe suivante représente la valeur de déformation des éprouvettes avec différents fraction massique

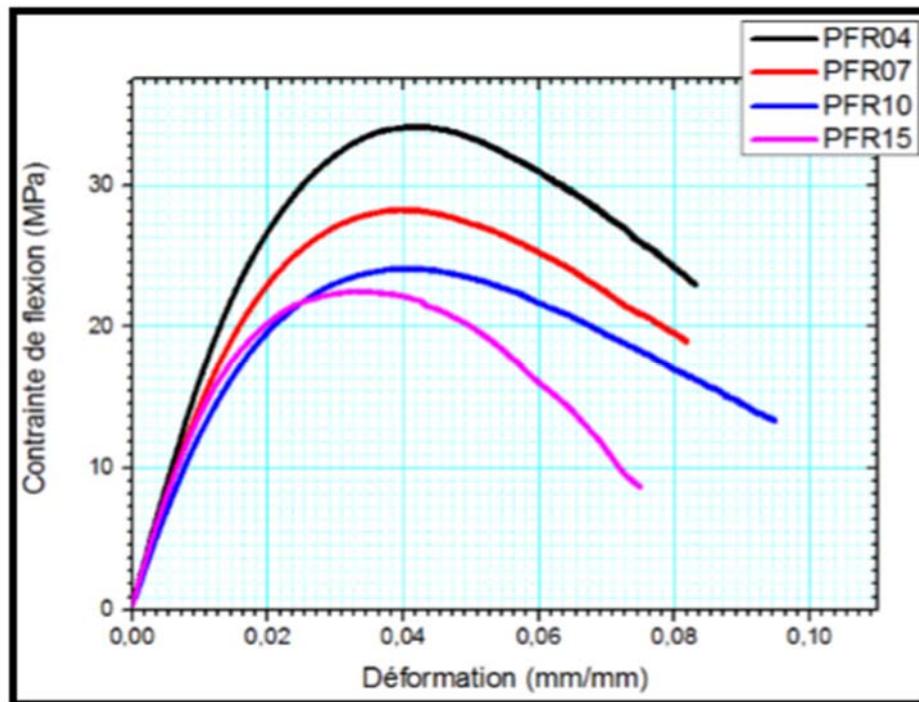


Figure II.15 Contrainte-Déformation $V_f = 00 \sim 15$

Le tableau suivant représente les résultats de toutes les éprouvettes :

composite	σ_{max}	σ_{moy}	$\sigma_{e.t}$	ϵ_{max}	ϵ_{moy}	$\epsilon_{e.t}$
PFR :04% : 1	35,770			0.0435		
PFR :04% : 2	34,154	35.058	0.825	0.0421	0.0427	0.0007
PFR :04% : 3	35,250			0.0425		
PFR :07% : 1	28,298			0.0394		
PFR :07% : 2	25,250	26.299	1.731	0.0415	0.0412	0.0017
PFR :07% : 3	25,350			0.0428		

PFR :10% : 1	25,915			0.0400		
PFR :10% : 2	24,160	24.975	0.884	0.0410	0.0410	0.0010
PFR :10% : 3	24,850			0.0420		
PFR :15% : 1	19,750	21.141	1.967	0.0295	0.0311	0.0023
PFR :15% : 2	22,532			0.0327		

Tableau II.9 Caractéristiques des éprouvettes (Contrainte et Déformation).

T.Djoudi [12] a étudié les propriétés mécaniques des composites à base de matrice polypropylène et renforcés par des fibres rachis de palmiers dattiers avec différentes fractions massiques (04%, 07%, 10% et 15%).

Le tableau suivant représente les résultats de toutes les éprouvettes :

Eprouvettes	Pourcentage des fibres [%]	σ_{max} [Mpa]	ϵ_{max} [mm/mm]	E [Gpa]
PP vierge	00	31.66±0.57	0.155±0.08	0.66±0.03
PP vierge recyclé	00	32.21±3.51	0.144±0.05	0.66±0.04
PFR04	04	23.06±0.65	0.064±0.02	0.66±0.02
PFR07	07	18.81±0.59	0.064±0.08	0.79±0.08
PFR10	10	18.14±0.06	0.062±0.08	0.90±0.12
PFR15	15	10.79±3.71	0.019±0.05	0.99±0.13

Tableau II.10 Caractéristiques des éprouvettes (Contrainte, Déformation et module d'élasticité).

Chapitre III

Etude expérimental

III. Etude expérimental

En raison des conditions de santé difficiles que le pays et le monde a connu cette année (Epidémie de covid'19), nous n'avons pas pu continuer le travail expérimental. Pour cela, dans cette partie de l'étude, nous avons utilisé les matériaux préparés par le Dr : Djoudi tarek [12] selon les différentes méthodes suivantes:

III.1 Préparation des fibres

Les fibres sont prises de la même ligne suivant la longueur de la palme Figure III.1. La longueur de chaque fibre est de 40 à 50 cm. La préparation des éprouvettes des fibres pour les essais mécaniques nécessite un traitement plus complexe. L'extraction mécanique des fibres à l'aide d'un outil métallique a été précédée par l'utilisation de la technique de rouissage à l'eau inspirée des travaux de C. Baley [24]. Cette technique consiste à tremper des morceaux de bois fibreux de pétiole et de rachis dans un bain d'eau pendant une semaine à dix jours. Les morceaux de 30 à 40 cm de bois fibreux de rachis ont été ensuite maintenus dans un sac en plastique noir pendant 30 à 45 jours jusqu'à ce que les champignons et les bactéries soient stimulés sur tous les morceaux de bois. Cette technique biologique permet de faciliter le processus mécanique d'extraction. Ensuite, on soumet plusieurs fois les fibres obtenues de différent diamètre à un lavage à l'eau distillée et au séchage dans une étuve (BINDER) à une température de $110 \pm 1^\circ\text{C}$ pendant une durée de 180 minutes [12].

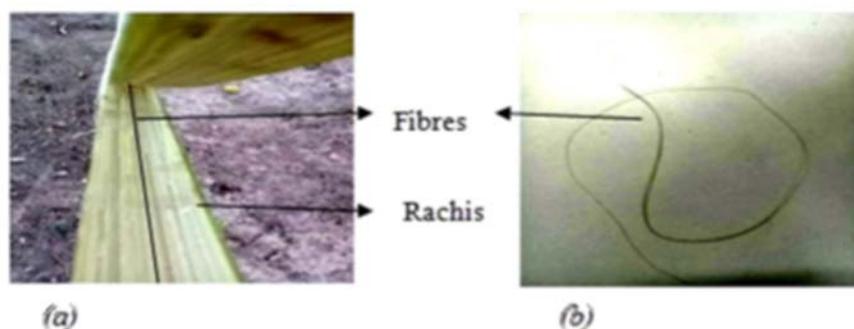


Figure III.1. Processus d'extraction des fibres des tests physiques :

a) Ligne d'extraction de fibre, b) fibres [12].



Figure III.2. Processus d'extraction des fibres des tests mécaniques :

a) Rouissage, b) séchage, c) lavage, d) fibres [12].

L'élimination de la matrice végétale (Lignine) de la surface latérale de la fibre a été vérifiée par observation microscopique. La figure III.3 présente l'observation microscopique de la surface des fibres avant et après lavage obtenue par le microscope optique (hund type H600 AM)

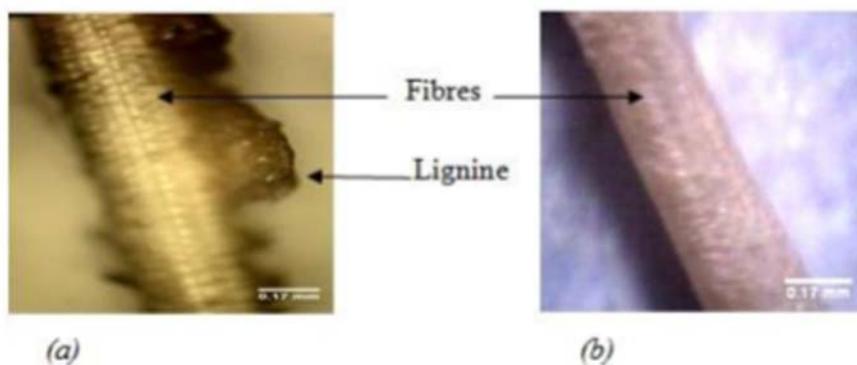


Figure III.3. Fibres extraite de la palme (x200) :

a) Avant lavage, b) après lavage [12].

III.2 Préparation des compounds

La préparation des compounds polypropylènes (PP)/fibre de rachis ont été préparées en collaboration avec le Laboratoire de l'IFTS (Charleville-Mézière.France) dans le cadre de la collaboration entre Laboratoire de Génie Mécanique (LGM) Université de Biskra et le Laboratoire d'Ingénierie et Sciences des Matériaux (LISM) Université de Reims. Une extrudeuse mono-vis de type axon ab S-26550 Plastics Machinery a été utilisée pour mélanger la fibre du rachis et le PP. Le mélange PP/ fibre de rachis est effectuée à partir de différentes valeurs de fraction massique des fibres (04%, 07%, 10% et 15%). On ajoute lentement les fibres et le PP à l'extrudeuse par chaque taux. L'extrudeuse est réglée dans les conditions suivantes: la vitesse de rotation de la vis est de 80 tr/min et les températures de fusion pour les six zones sont de 192°C pour les zones 1 et 2, 189°C pour les zones 3 et 6, 190°C pour la zone 4 et 194°C pour la zone 5. Des granulés de taille 10-15 mm sont obtenus par l'utilisation d'un broyeur à lame après le refroidissement des fils extrudés en matériaux composites à l'eau tiède. La figure III.4 présente le protocole de préparation des compounds polypropylènes (PP) /fibre de rachis [12].

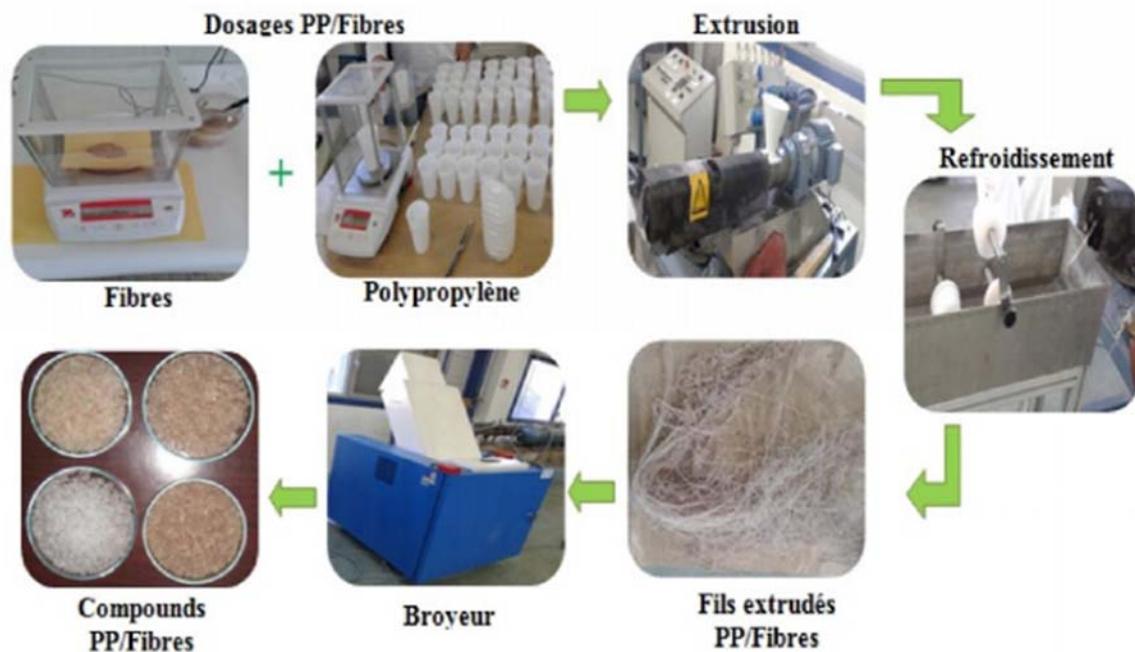


Figure III.4. Protocole de préparation des compounds PP/fibre de rachis [12].

Le moulage des plaques a été préparé en collaboration avec le laboratoire de plasturgie de l'entreprise des câbles électrique ENICA-Biskra. La fabrication des plaques composites rectangulaires a été réalisée par le procédé de pressage à chaud des compounds obtenus dans une presse à compression de type Poly stat 300s. Un moule carré en acier inoxydable constitué de deux empreintes rectangulaires de dimensions (290x130x2.5) mm³ a été utilisé [12]. Les conditions de moulage des plaques composites sur la presse à compression à chaud sont illustrées au [Tableau III.1](#)

N° opération	T (°C)	P (bar)	t (min)
1.préchauffage	194	1	15
2.Compression 1	194	100	3
3.Compression 2	194	200	3
4.Compression 3	194	300	3
5.Ouvrir / fermer	Pour dégagé les gaz		2 à 3fois
6.Refroidissement	20		300

Tableau III.1. Conditions du moulage par compression à chaud [12].

III.3 préparation des éprouvettes

Les éprouvettes en forme d'haltère pour les tests mécaniques de traction ont été découpées à l'aide d'une machine de découpe CO2 laser (Guangzhou Great Year Lazer Technology série GY-9060 E) conformément à la norme NF ISO 527 [10]. (Figure III.5)

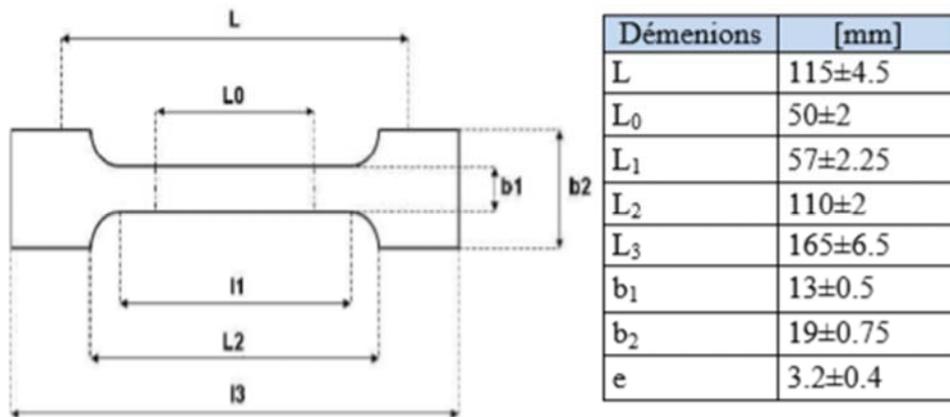


Figure III.5 Epreuves d'essai de traction conformément à la norme NF ISO 527 [12].

La pression a été maintenue jusqu'à 24 minutes, puis le moule est refroidi à 20°C par circulation de l'eau dans le circuit de refroidissement. Les éprouvettes obtenues après le découpage des plaques sont référencées selon le type de la fraction massique des fibres (PFR04, PFR07, PFR10 et PFR15) [12]. La figure III.6 présente les différentes étapes de préparation des plaques composites et les éprouvettes.



Figure III.6 Protocole de préparation des plaques : PP/fibre de rachis [12].

III.4 Les essais Traction

Les essais de traction ont été effectués avec des éprouvettes obtenues selon la norme sur une machine de la marque ZWICK/ROELL Z005. Les propriétés en traction (module d'élasticité (E), contrainte au seuil, déformation au seuil) sont évaluées à partir des courbes contrainte- déformation [1].

Module d'élasticité : C'est le rapport de la contrainte de traction à la déformation correspondante dans la limite de contrainte maximale qu'une matière peut supporter. Il représente un critère de rigidité, il s'exprime comme suit : $E = \sigma / \varepsilon$ (N/m²)

E : Module d'élasticité (MPa).

σ : Contrainte (N/m²).

ε : Déformation (%).

Contrainte : C'est la charge de traction supportée par l'éprouvette par unité de surface, elle est donnée par l'expression suivante : $\sigma = F/S$ (N/m²)

F : Charge de traction supportée par l'éprouvette (N).

S : Section initiale (m²).

Allongement : C'est l'augmentation de la distance entre les repères sur la partie calibrée de l'éprouvette produite par une charge de traction. Il est indiqué en pourcentage sous la forme suivante : $\Delta l = \Delta l / l_0$ (%) $\Delta l = l - l_0$: Allongement.

l_0 : Longueur initiale de l'éprouvette.

l : Longueur finale de l'éprouvette.

On allume l'équipement puis on consulte le logiciel pour vérifier tous les paramètres nécessaires, Une éprouvette est placée entre les deux mors dont l'un est fixe relié à un capteur de force et l'autre mobile relié à un système d'étirement et soumis à l'effet de traction. De cet essai on peut tirer la ductilité des matériaux qui est considéré comme l'aptitude d'un matériau à se déformer plastiquement sans se rompre. Elle est caractérisée par l'allongement en pourcentage (plus A% est grand, plus le matériau est ductile.)

III.5. Résultat et discussion

Les résultats obtenus de l'essai de traction sur les éprouvettes (PP vierge) et (PP/Fibres de rachis) sont présentés par les courbes de contrainte-déformation. Elles présentent une partie linéaire relativement importante et un domaine réduit où apparaît la non-linéarité.

La figure III.7 présente la courbe contrainte-déformation de l'essai de traction pour PP vierge.

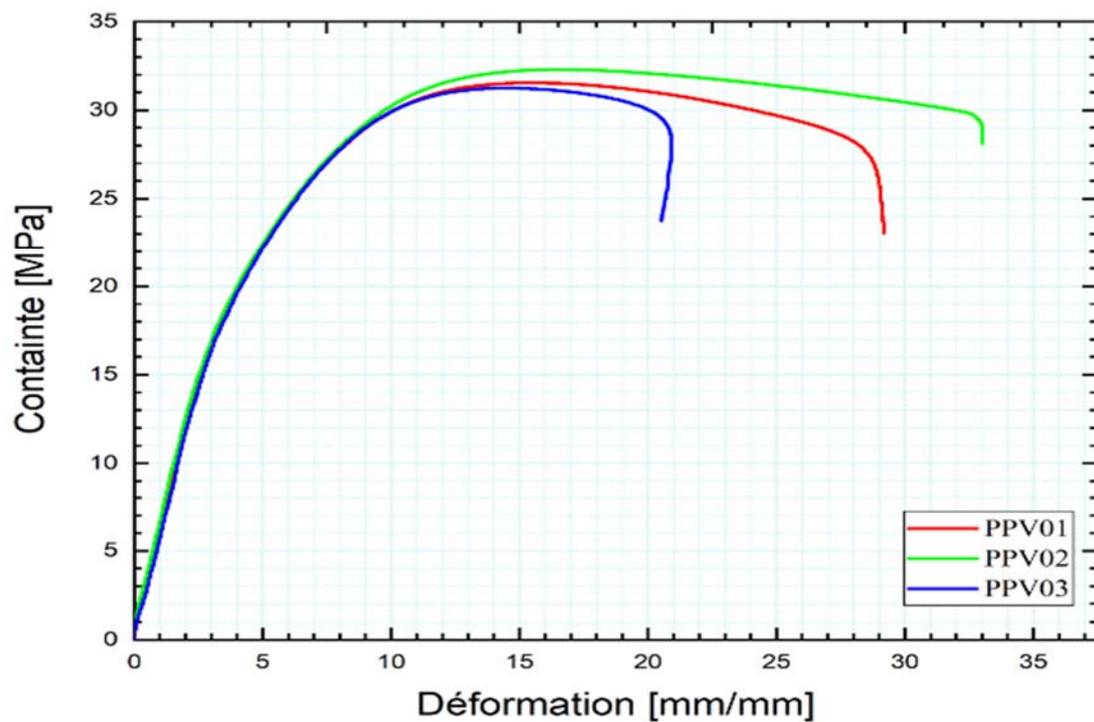


Figure III.7: Résultats de l'essai de traction (PP vierge) : courbe type contrainte-déformation.

Les résultats des propriétés mécaniques obtenues par essai de traction sur des éprouvettes en PP vierge sont présentés dans le **tableau III.2**.

Composite	Module d'élasticité E (MPa)	Contrainte σ (MPa)	Déformation ϵ
PPV01	586,65	31,537	15,716
PPV02	537,96	33,015	16,323
PPV03	565,3	31,243	14,676
Moyenne	$562,305 \pm 16,895$	$31,931 \pm 0,722$	$15,571 \pm 0,597$

Tableau III.2 Propriétés mécaniques de matériau PP vierge.

La figure III.8 présente la courbe contrainte-déformation de l'essai de traction sur des éprouvettes en composite avec une fraction massique de 04% de fibres.

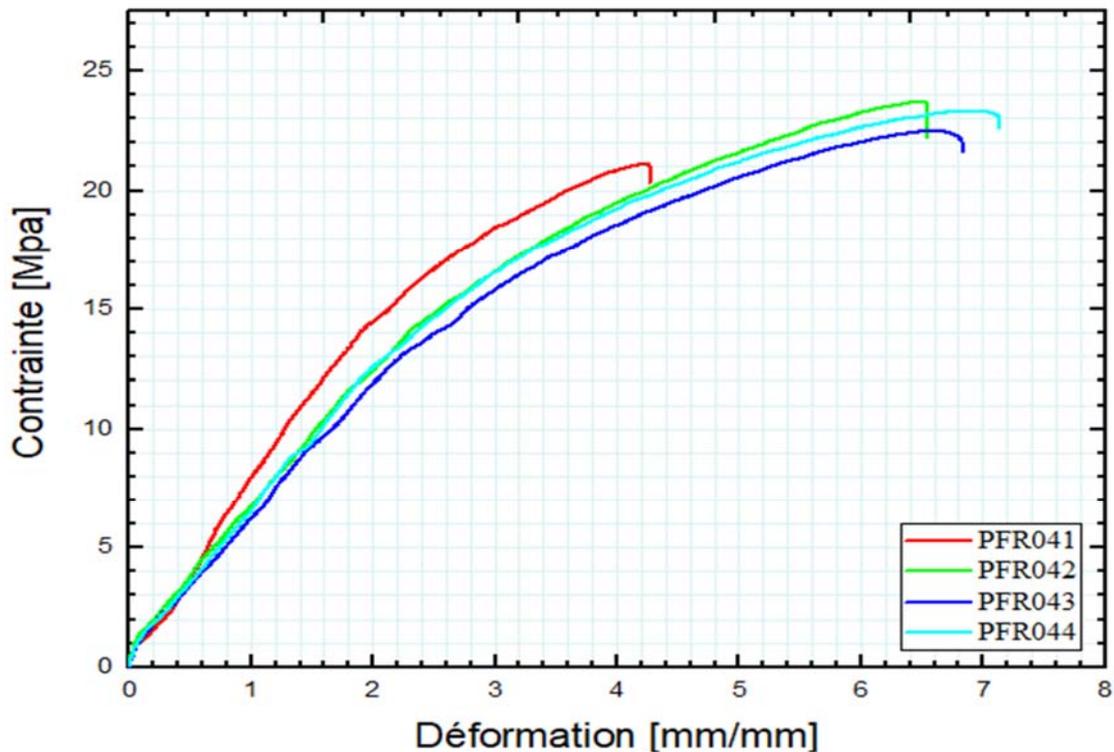


Figure III.8: Résultats de l'essai de traction (PFR 04%) : courbe type contrainte-déformation.

Les résultats des propriétés mécaniques obtenues par essai de traction sur des éprouvettes composites avec une fraction massique de 4% de fibres, sont présentés dans le **tableau III.3**.

Composite	Module d'élasticité E (MPa)	Contrainte σ (MPa)	Déformation ε
PFR041	873,21	21,136	4,227
PFR042	607,48	23,709	6,474
PFR043	573,59	22,505	6,612
PFR044	613,18	23,320	6,937
Moyenne	666,865 \pm 103,172	22,667 \pm 0,847	6,0625 \pm 0,917

Tableau III.3 Propriétés mécaniques de Matériau PFR 04%.

Les courbes suivantes montrent les résultats des essais de traction sur des éprouvettes en PP vierge et avec différent fraction massique $V_f=07\%$.

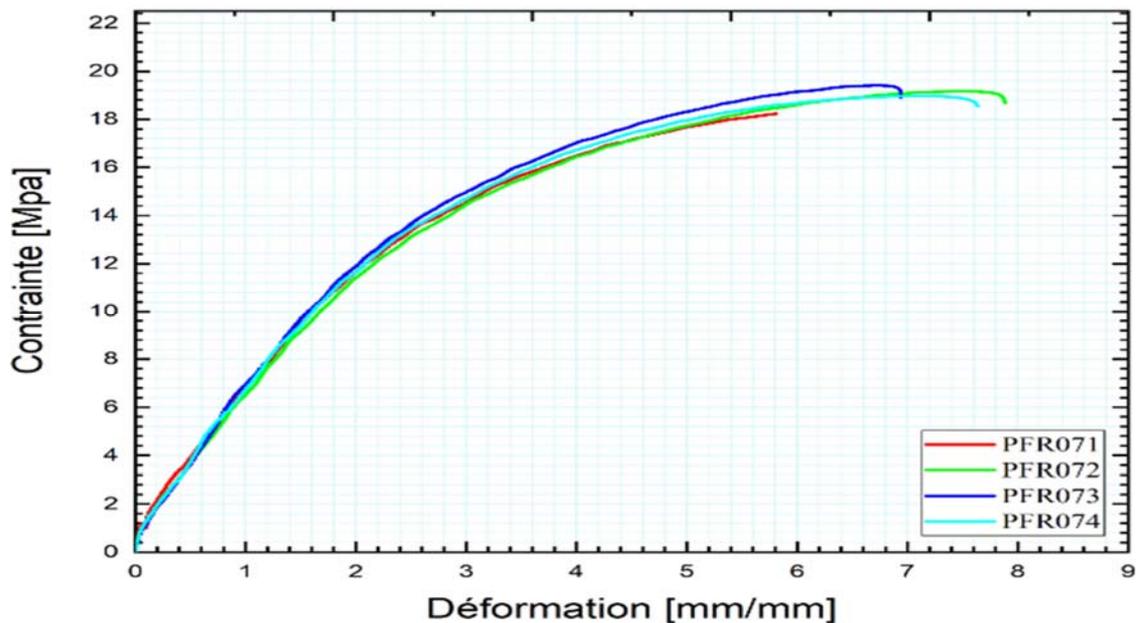


Figure III.9 Résultats de l'essai de traction (PFR 07%) : courbe type contrainte-déformation.

Les résultats des propriétés mécaniques obtenues par essai de traction sur des éprouvettes composites avec une fraction massique de 07% de fibres, sont présentés dans le **tableau III.4.**

Composite	Module d'élasticité E (MPa)	Contrainte σ (MPa)	Déformation ε
PFR071	682,81	18,231	5,808
PFR072	577,9	19,168	7,461
PFR073	646,96	19,409	6,738
PFR074	600,68	18,967	7,137
Moyenne	682,81±37,797	18,943±0,356	6,786±0,513

Tableau III.4 Propriétés mécaniques de Matériau PFR 07%.

Les courbes suivantes montrent les résultats des essais de traction sur des éprouvettes en PP vierge et avec différent fraction massique $V_f = 10\%$

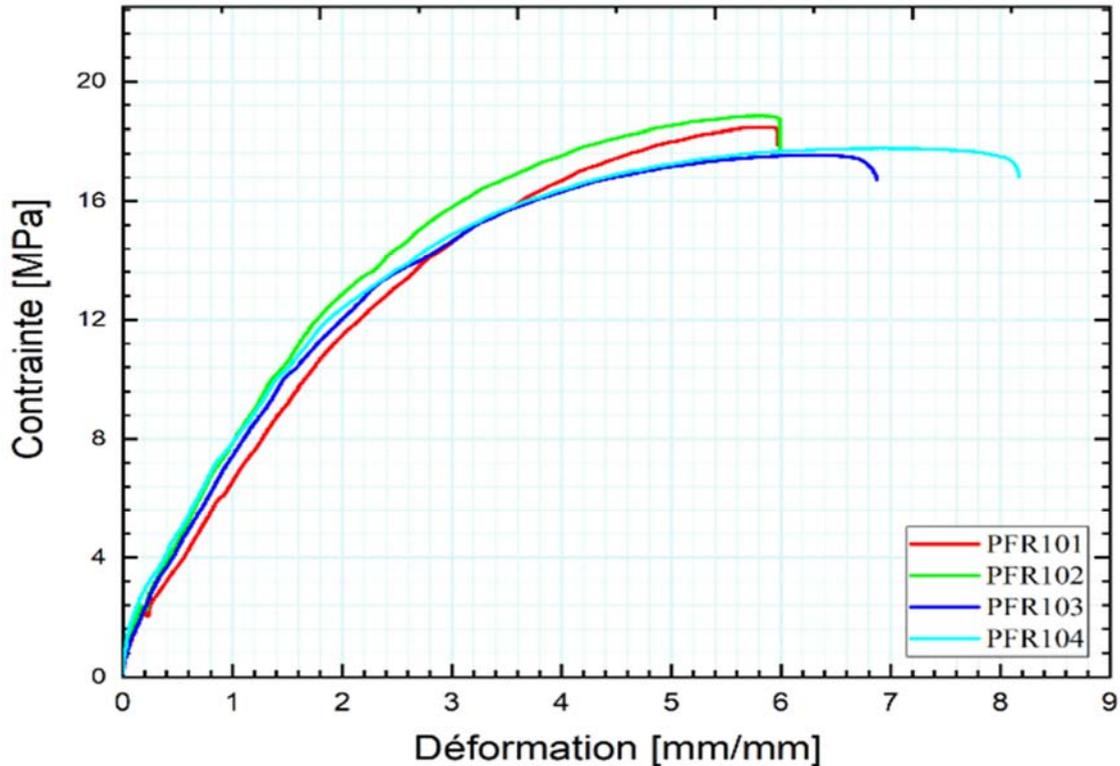


Figure III.10 Résultats de l'essai de traction (PFR 10%) : courbe type contrainte-déformation.

Les résultats des propriétés mécaniques obtenues par essai de traction sur des éprouvettes composites avec une fraction massique de 10% de fibres, sont présentés dans le **tableau III.5**.

Composite	Module d'élasticité E (MPa)	Contrainte σ (MPa)	Déformation ϵ
PFR101	775,11	18,470	5,852
PFR102	688,57	18,84	5,810
PFR103	661,84	17,549	6,362
PFR104	691,01	17,774	6,855

Moyenne	704,132±35,488	18,158±0,496	6,219±0,388
---------	----------------	--------------	-------------

Tableau III.5 Propriétés mécaniques de Matériau PFR 10%.

Les courbes suivantes montrent les résultats des essais de traction sur des éprouvettes en PP vierge et avec différent fraction massique $V_f=15\%$.

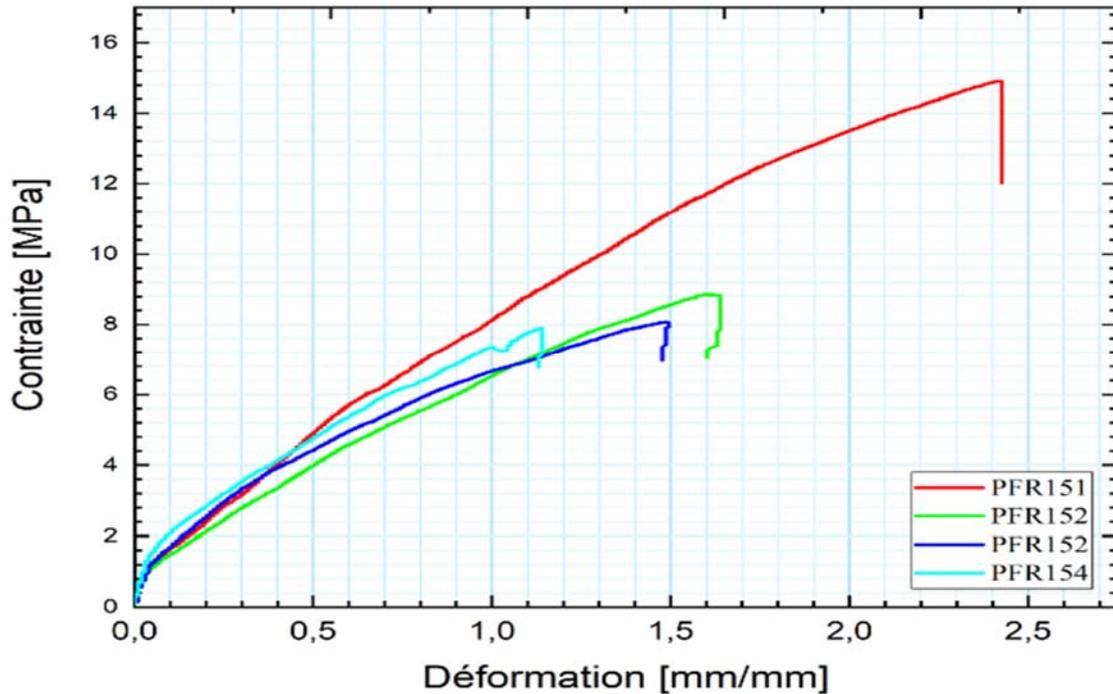


Figure III.11 Résultats de l'essai de traction (PFR 15%) : courbe type contrainte-déformation.

Les résultats des propriétés mécaniques obtenues par essai de traction sur des éprouvettes composites avec une fraction massique de 15% de fibres, sont présentés dans le **tableau III.6**.

Composite	Module d'élasticité E (MPa)	Contrainte σ (MPa)	Déformation ϵ
PFR151	828,88	14,917	2,416
PFR152	672,75	8,854	1,601

PFR153	743,07	8,074	1,485
PFR154	864,23	7,896	1,139
Moyenne	777,232±69,322	9,935±2,490	1,660±0,377

Tableau III.6 Propriétés mécaniques de Matériau PFR 15%.

La figure III.1 présente les courbes contrainte-déformation des essais de traction sur les composites à différentes fractions massiques de fibres (04, 07,10 et 15%).

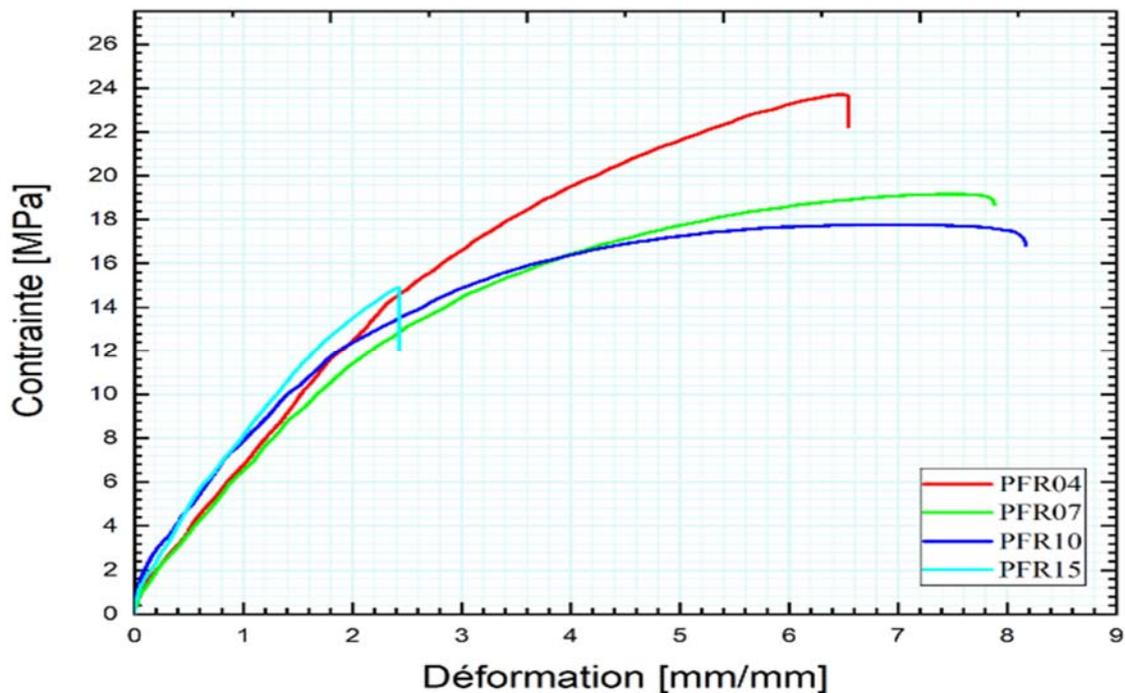


Figure III.12 : Contrainte – Déformation $V_f = 00\sim 15\%$.

Les résultats des propriétés mécaniques obtenues par les essais de traction sur des éprouvettes composites avec différentes fractions massiques de fibres et PP vierge, sont présentés dans le **tableau III.7**.

Composite	Module d'élasticité E (MPa)	Contrainte σ (MPa)	Déformation ϵ
PPV00	562,305±16,895	31,931±0,722	15,571±0,597

PFR04	$666,865 \pm 103,172$	$22,667 \pm 0,847$	$6,0625 \pm 0,917$
PFR07	$682,81 \pm 37,797$	$18,943 \pm 0,356$	$6,786 \pm 0,513$
PFR10	$704,132 \pm 35,488$	$18,158 \pm 0,496$	$6,219 \pm 0,388$
PFR15	$777,232 \pm 69,322$	$9,935 \pm 2,490$	$1,660 \pm 0,377$

Tableau III.7 : Propriétés mécaniques de matériau (PP/Fibres de rachis) à différentes fractions massiques de fibres.

Nous remarquons d'après les résultats obtenus dans le tableau III.7 que le module d'élasticité et la contrainte maximale varient selon la fraction massique de fibres. Les valeurs de module d'élasticité augmentent graduellement à l'augmentation de fraction massique de fibres. D'autre part, les valeurs de la contrainte maximale des composites diminuent significativement par rapport au polypropylène vierge.

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

L'objectif principal de cette mémoire est de présenter les résultats d'une étude expérimentale du comportement mécanique d'un matériau bio-composite à base de fibres de palmier dattier.

Dans ce travail, nous avons présenté un matériau composite bio-sources à base d'une matrice polypropylène et de fibres de Rachis de palme de palmier dattier avec différentes fractions massique (4, 7, 10 et 15%).

La deuxième partie fournit des informations bibliographiques sur les matériaux composites, tels que leur classification, les processus de fabrication et de l'utilisation. De plus, nous avons présenté le palmier dattier et les principales recherches effectuées sur l'utilisation des déchets de palmier dans le développement de biomatériaux.

D'apert les résultats obtenus à travers l'essai de traction sur les différentes éprouvettes de composite avec des fractions massiques différentes de fibres. Il a été observé que les valeurs du module d'élasticité des matériaux composites à base de fibres courtes de palmier dattier (PP/fibres de rachis) se sont améliorées accompagné d'une légère diminution de la valeur de la contrainte maximale dû à l'augmentation du taux de fibres. La valeur de la contrainte maximale est inversement proportionnelle à la fraction massique de fibres.

Reference bibliographies

- [1] Chahrazad, D., Réalisation d'un nouveau matériau biocomposite à base de fibres naturel. 2019, Université Mohamed khider-Biskra
- [2] Madani, G. and G. Mustapha, Étude de l'effet de l'orientation des fibres sur la rupture des bétons polymères (BP). 2019, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF-M'SILA.
- [3] Baali, M., Contribution à la caractérisation et à l'exploration de la microstructure et des propriétés des constituants du palmier. 2012, Université Mohamed Khider-Biskra.
- [4] Berthelot, J.-M., Mécanique des matériaux et structures composites. Institut Supérieur des Matériaux et Mécaniques Avancés, 2010
- [5] F. M. L. Rekbi, "Contribution à l'analyse de l'endommagement des matériaux composites," Thèse de doctorat, Université Mohamed Khider Biskra, 2016.
- [6] Gay, D., Matériaux composites, 4 e édition revue et augmentée. Chapitre 3, Hermès-Paris, 1997.
- [7] 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.
- [8] Laurent, G., Généralités sur les matériaux composites. Ecole d'ingénieur, 2008.
- [9] Ibtissam, A., Etude expérimentale et numérique de l'effet d'orientation des fibres sur le comportement mécanique d'un bio-composite. 2017, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF-M'SILA
- [10] Michaud, F., Rhéologie de panneaux composites bois/thermoplastiques sous chargement thermomécanique: aptitude au postformage. 2003.
- [11] Prombut, P., Caractérisation de la propagation de délaminage des stratifiés composites multidirectionnels. 2007, Université Toulouse III-Paul Sabatier.
- [12] Djoudi, T., Elaboration et caractérisation de composites bio-sourcés à base de fibres de palmier dattier. 2019, Université Mohamed Khider-Biskra.
- [13] Mohammed Ismail, B., Élaboration et caractérisation des biocomposites à matrice polyéthylène (PE) renforcées par des fibres végétales. 2018, Université Mohamed Boudiaf-M'sila.

Reference bibliographies

- [14] Lamia, Y., Caractérisation d'un composite à la rupture à base des fibres végétales (Diss). Mémoire de Magister, Université FERHAT ABBAS-SETIFUFAS (ALGERIE), 2011.
- [15] Ruch, L., Les procédés de mise en œuvre des matériaux composites. Université de Haute Alsace, 2015.
- [16] Mohamed, B., La caractérisation physico-mécaniques des fibres extraites à différentes parties de la palme de deux types de palmier différentes (Elghars et Deglet-nour).2018, Université Mohamed Khider- Biskra
- [17] Nguyen, A.V., Matériaux composites à renfort végétal pour l'amélioration des performances de systèmes robotiques. 2015.
- [18] Gendre, L., Matériaux composites et structures composites. Université Paris-Saclay, 2011.
- [19] Ninouh, L., Caractérisation d'un bio-composite polypropylène/fibres de palmier dattier en flexion trois points.2019, UNIVERSITE MOHAMED KHIDER BISKRA.
- [20] El Hadji Babacar, L., Nouveaux matériaux composites thermoformables à base de fibres de cellulose. 2008, thèse de doctorat, institut national polytechnique de Grenoble.
- [21] DJEBLOUN, Y., Contribution a la caractérisation des matériaux composites renforcés de fibres végétales. 2018, UNIVERSITE MOHAMED KHIDER BISKRA.
- [22] GUETTAF TEMAM, T., Modélisation du comportement mécanique des constituants du palmier dattier. 2017, UNIVERSITE MOHAMED KHIDER BISKRA.
- [23] ALMI, K., Développement et caractérisation de matériaux à base du bois de palmier dattier adaptés aux applications de développement durable en Algérie. 2018, UNIVERSITE MOHAMED KHIDER BISKRA.
- [24] Baley, C., Fibres naturelles de renfort pour matériaux composites. 2005: Ed. Techniques Ingénieur.