

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE 20 AOÛT 1955 SKIKDA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DÉPARTEMENT DE GÉNIE DES PROCÉDÉS



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

Master

Filière : Génie des procédés

Spécialité : Génie des Polymères

***EFFET DE L'ABSORPTION D'EAU SUR LES PROPRIÉTÉS
MÉCANIQUES D'UN NOUVEAU COMPOSITE POLYMÈRE***

Soutenu le 21/06/2023

Réalisé par : DJABER Djouhaina

GRID Yousra

Encadré par :

Dr. BELLILI Nadira

Dr. DAIRI Badrina

Année Universitaire 2022- 2023

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier en premier lieu et avant tout « ALLAH » le tout puissant, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir notre travail dans les meilleures conditions.

Nous citons nommément :

Et nous remercions nos familles pour les sacrifices qu'elles ont faits pour que nous puissions terminer nos études.

*A nos encadrants, **Dr. Bellifi Nadira** et **Dr. Dairi Badrina** A pour leur soutien et pour leurs appréciations compétentes, leur conseil et son aide durant toute la période du travail.*

*Nous tenons également à remercier les membres du laboratoire de l'unité CAL-PLAST de nous avoir accueillis dans leur laboratoire et tout particulièrement L'ingénieur madame **Meriem Darwiche** responsable de la cellule recherche et développement de CAL-PLAST pour leurs aide scientifiques et leurs qualités humaines, ce travail n'aurait pas abouti sans leurs soutiens et leur aide pour la préparation et la caractérisation de nos échantillons, ainsi que les membres du laboratoire de Génie des procédés d'Université 20 août 1955.*

Nous désirons exprimer notre profonde gratitude aux membres du jury qui ont accepté de juger notre travail.

*Enfin, nos remerciements s'adressent à l'ensemble des professeurs et du personnel pédagogique de université **20 AOUT 1955-SKIKDA**, qui nous ont accompagnés tout au long de ces années d'études, à l'ensembl des étudiants de notre promotion, et à toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce projet de fin d'étude.*



Dédicaces

Merci ALLAH de m'avoir donné la capacité de réfléchir et d'écrire, la force et la patience d'aller jusqu'au bout du rêve, et de lever mes mains vers le ciel et de dire << Ya Hayo Ya kayoum>>

Je dédie ce modeste travail :

Ma très chère mère et A mon cher père

Je leurs remercie pour leurs sacrifices, leurs patiences, leurs soutien, l'aide et les encouragements qui m'ont apporté durant toutes ces années d'étude sans eux je ne serais pas ce que je suis aujourd'hui.

A mes chers sœurs : Takoua , Aya.

A mon cher frère : Abd EL Rahman

A tous les membres de ma famille, petits et grands : Veuillez trouver dans ce modeste travail l'expression de mon affection.

A mon grand-père bien-aimé, que Dieu lui fasse miséricorde.

A tous mes amies : En souvenir de notre amitié et des moments agréables que nous avons passée ensemble.

A tous ceux qui m'aiment, et que j'aime.

Une spéciale dédicace à ma chère binôme « Grid yousra».

Merci a tous



Djohaina

Dédicaces

Merci ALLAH de m'avoir donné la capacité de réfléchir et d'écrire, la force et la patience d'aller jusqu'au bout du rêve, et de lever mes mains vers le ciel et de dire << Ya Hayo Ya kayoum >>

Je dédie ce modeste travail :

A la personne la plus chère, ma mère bien-aimée et mon soutien dans ce monde mon cher père :

Je leurs remercie pour leurs sacrifices, leurs patiences, leurs soutien, l'aide et les encouragements qui m'ont apporté durant toutes ces années d'étude sans eux je ne serais pas ce que je suis aujourd'hui.

A mes chères sœurs : Rima, Amel et Nadia.

A mon cher frère : Mohammed.

A mon cher fiancé : Nassereddine pour m'avoir soutenu.

A tous les membres de ma famille, petits et grands : Veuillez trouver dans ce modeste travail l'expression de mon affection.

A tous mes amies : En souvenir de notre amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble.

A tous ceux qui m'aiment, et que j'aime.

Une spéciale dédicace à ma chère binôme « Djaber Djouhaina ».

Merci à tous

Yusra



Sommaire

Sommaire**Page****Liste des abréviations****Liste des tableaux****Liste des schémas****Liste des figures**

Introduction générale.....	1
Référence bibliographique	3

Chapitre I : Généralités sur les matériaux composites

I.1 Introduction	4
I.2 Description des matériaux composite	4
I.3 Avantage et inconvénients d'un composite.....	5
I.4 Application des matériaux composites.....	6
I.5 Constituants des matériaux composites.....	7
I.5.1 La matrice.....	7
I.5.1.1 Les matrices polymères (organique)	8
I.5.1.2 Les matrices minérales	9
I.5.2 Les renforts.....	9
I.5.2.1 Les fibres végétales	10
I.5.2.2 Structure et morphologie des fibres végétales.....	11
I.5.2.3 Composition chimique des fibres végétales.....	11
I.5.2.4 Avantage et inconvénient des fibres végétales	13
I.5.2.5 Propriétés des fibres végétales.....	14
I.6 Illustration des constituants des composites de l'étude.....	14
I.6.1 Le poly (chlorure de vinyle) PVC.....	14
I.6.1.1 Synthèse.....	15
I.6.1.2 Propriétés de polychlorure de vinyle	15
I.6.1.3 Les adjuvants.....	17
I.6.1.4 Avantage et les inconvénients de PVC.....	18
I.6.1.5 Domaines d'utilisation du PVC	19
I.6.2 Noyaux de dattes	19
I.6.2.1 Caractéristique physico –chimique des noyaux de dattes	20
I.6.2.1.1 Composition chimique des noyaux de dattes	20
I.6.2.1.2 Caractéristiques physiques (morphologie) des noyaux de dattes	22

I.6.2.2 Différentes utilisation des noyaux de dattes.....	23
Références bibliographique.....	26

Chapitre II : Approche globale sur les propriétés des composites polymères renforcés avec les fibres lignocellulosiques

II.1 Introduction.....	32
II.2 Influence des caractéristiques des constituants sur les propriétés du composite.....	33
II.3 Influence de la nature hydrophile des fibres naturelles sur les propriétés des composites.....	38
II.4 Influences des traitements chimiques sur l'absorption d'eau des composites...	40
Références bibliographique.....	45

Chapitre III : Matériaux utilisés et techniques expérimentales

III.1 Présentation des matériaux utilisés.....	48
III.1.1 Le Polychlorure de vinyle.....	48
III.1.2 Additifs.....	48
III.1.2.1 Plastifiants.....	48
III.1.2.2 Stabilisant thermique Ca/ Zn	49
III.1.2.3 Lubrifiant	49
III.1.3 La farine des noyaux de dattes (FND).....	49
III.2 Préparation des composites PVC/FND.....	50
III.2.1 Préparation des mélanges	50
III.2.2 Elaboration des composites.....	51
III.3 Caractérisation des échantillons.....	54
III.3.1 Caractérisation mécaniques par le test de traction.....	54
III.3.2 Etude des propriétés physiques.....	56
III.3.2.1 Mesure du taux d'humidité	56

III. 3.2.2 Test d'absorption d'eau	56
III. 3.2.3 Détermination de la densité des composites.....	57
III.4 Caractérisation de surface par microscopie optique	58

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1 Caractérisation physique.....	59
IV.1.1 Taux d'humidité.....	59
IV.1.2 Évolution des propriétés physiques des composites élaborés par la mesure de taux d'absorption d'eau	60
IV.1.3 Test de densité.....	61
IV.2 Caractérisation mécaniques.....	61
IV.2.1 Module d'Young.....	62
IV.2.2 L'allongement à la rupture.....	62
IV.2.3 La contrainte à la rupture.....	63
IV.3 Analyse morphologique par la microscopie optique.....	64
Références bibliographique.....	67

Conclusion générale..... 69

Annexe

Liste des Abréviations

PE: Polyéthylène.

PP: Polypropylène.

PVC: Polychlorure de vinyle.

PLA: Polyacide lactique.

FND: Farine des noyaux de dattes.

ND: Noyau de datte.

Tf: Température de fusion.

ρ : Masse volumique.

ϵ_t^R :Déformation de traction à la rupture.

σ_t^R : Contrainte de traction à la rupture.

E: Module.

CMM: Composites à matrice métallique.

CMC : Composites à matrice céramique.

UV : Ultraviolets.

DP: Degré de polymérisation.

CVM: chlorure de vinyle monomère.

Tg: Température de transition vitreuse.

MS: Matière sèche.

MM: Matière minérale(cendre).

MO: Matière organique.

CB: Cellulose brute

MAT : Matières azotées totales.

MG: Matière grasse.

DSF: Seed waste as fillers.

ATG: l'analyse thermogravimétrique.

ΔH_m : Enthalpie de fusion.

Xc : Taux de cristallisation.

KF: Fibres de kénaf.

LKF: Fibres de kénaf longues.

SKF: Fibres de kénaf courtes.

PS: Polystyrène.

NaOH: Hydroxyde de sodium.

FGO : Farine du grignon d'olive.

IRTF : Infrarouge à Transformer de Fourier.

MAPP: Polypropylène greffé d'anhydride maléique.

WCH : Farine de marc de café.

RTM: Moulage par transfert de résine.

Ca/Zn: Calcium-Zinc.

DOP: Di-octylphtalate.

CSt: Centistokes.

F: Charge de tractions upportée par l'éprouvette.

S: Section initiale.

Δl : Déformation à la rupture.

Th: Taux d'humidité.

Déch: Densité d'un échantillon.

Liste des Figures

	Page
Figure I.1 : Schéma d'un matériau composite.....	5
Figure I. 2 : L'avion Solar Impulse 2 qui devrait être le premier avion à faire le tour du monde sans une seule goutte de carburant.....	6
Figure I.3 : Habillage intérieur de portière de voiture en lin/polypropylène.....	6
Figure I.4 : Matériels de sport fabriqués en agro-composite renforcés par du Lin : (a) vélo de course Museeuw MF-5 et (b) raquette de tennis Artengo 820.....	7
Figure I.5 . Le manche du club de golf Yonex est réalisé en fibres de carbone.....	7
Figure I.6 : Types de matrice.....	8
Figure I.7 : Types de renforts.....	10
Figure I.8 : Représentation schématique d'une fibre végétale.....	10
Figure I.9 : Structure d'une fibre végétale.....	11
Figure I.10 : Structure chimique de la cellulose	12
Figure I.11 : Structure chimique de l' hémicellulose.....	12
Figure I.12 : Représentation schématique de la lignine.....	13
Figure I.13 : Formule du PVC.....	15
Figure I.14 : Polymérisation de chlorure de vinyle.....	15
Figure I.15 : Schématisation du mécanisme de plastification à l'échelle moléculaire.....	18
Figure I.16 : Noyau de datte.....	19
Figure I.17 : Morphologie et anatomie du fruit du palmier dattier et son noyau....	22
Figure I.18 : Incorporation de la poudre des noyaux de dattes dans l'alimentation de bétail.....	23
Figure I.19 : Charbon actif synthétisé à partir des noyaux de dattes.....	24
Figure I.20 : L'utilisation des noyaux de dattes pour la fabrication du café décaféiné	25

Figure II.1. Nombre de publications sur les composites de fibres naturelles à matrices thermoplastiques et thermodurcissables au cours des dernières années à partir de la base de données Web of Science.....	32
Figure II.2 : Micrographies des surfaces fracturées des composites PP/DSF à différents taux de charge.....	33
Figure II.3 : Thermo grammes ATG de DSF et des composites PP/DSF.....	34
Figure II.4 : Valeurs des modules des composites PP, G906PF, G906PJ et G720PJ renforcés avec SKF, LKF et DSF.....	37
Figure II.5 : Evolution du taux d'absorption d'eau de polystyrène et ces composites traités et non traités avec 10, 20 et 30% de charge en fonction du temps.....	40
Figure II.6 : Evolution de l'absorption d'eau des composites en fonction du temps en jours.....	43
Figure III.1 : Etapes du broyage des noyaux de dattes.....	50
Figure III.2 : (a) Acide stéarique, (b) PVC, (c) Stabilisant Ca/Zn, (d) Plastifiant(DOP).....	50
Figure III.3 : (F0) Mélange du PVC et additifs, (F10, F20, F30, F40) Mélange PVC/Farine des noyaux de dattes.....	51
Figure III.4: La calandre.....	52
Figure III.5 : Photo de la préparation des films.....	52
Figure III.6 : Les films (a) : PVC, (b) : Mélange PVC/FND.....	52
Figure III.7 : Mesure de l'épaisseur des films.....	53
Figure III.8 : Mesure de la température des films.....	53
Figure III.9 : Découpage des films.....	53
Figure III.10 : Les Eprovettes.	53
Figure III.11 : Éprouvette de forme d'haltère pour méthode B.....	54
Figure III.12 : Machine de traction.....	55
Figure III.13 : (a)Étuve, (b) Eprovettes dans l'étuve.....	56
Figure III.14 : (a)Les éprouvettes dans l'eau distillée, (b) Balance.....	57

Figure III.15 : Bain marin (Mammert).....	58
Figure III.16 : Microscopies optique.....	58
Figure IV.1 : Évolution du taux d'humidité des composites PVC/FND en fonction du taux de charge.....	59
Figure IV.2 : Évolution du taux d'absorption d'eau de PVC et des composites PVC/FND avec le taux de charge.....	60
Figure IV. 3 : Évolution de la densité des composites PVC/FND en fonction du taux de charge.....	61
Figure IV.4 : Évolution du module d'Young du PVC et des composites PVC / FND en fonction de taux de charge.....	62
Figure IV.5 : Evolution de l'allongement à la rupture du PVC et des composites PVC/FND en fonction du taux de charge.....	63
Figure IV.6 : Evolution de la contrainte à la rupture du PVC et des composites PVC/FND avec le taux de charge.....	64
Figure IV.7 : Effet du taux de charge sur la morphologie des composites obtenue par la microscopie optique.....	65

Liste des Tableaux

	Page
Tableau I.1 : Caractéristiques des résines thermodurcissable.....	8
Tableau I.2 : Caractéristiques des résines thermoplastiques.....	9
Tableau I.3 : Avantages et inconvénients des fibres végétales.....	13
Tableau I.4 : Propriétés mécanique du PVC	16
Tableau I.5 : Propriétés électrique du PVC.....	17
Tableau I.6 : Composition chimique des noyaux de dattes.....	20
Tableau I.7 : Composition chimique des noyaux de dattes.....	21
Tableau II.1 : Résultats de l’analyse ATG de PP et composites PP/DSF.....	35
Tableau II. 2 : Les propriétés thermiques de PP et des composites PP/DSF.....	35
Tableau III.1 : Propriétés physico-chimiques du polychlorure de vinyle.....	48
Tableau III.2 : Propriétés physico-chimiques du DOP	48
Tableau III. 3 : Propriétés physico-chimiques de stabilisant thermique (Ca/Zn)	49
Tableau III.4 : Propriétés physico-chimiques de l’acide stéarique	49
Tableau III.5 : La composition du PVC et ses additifs.....	51
Tableau III.6 : La composition massique des différentes formulations des composites...51	
Tableau III.7 : Les dimensions des éprouvettes.....	54

Introduction générale

Introduction générale

Ces dernières années, l'étude et la conception des matériaux composites ont suscité un grand intérêt dans de nombreux domaines de la chimie moderne. Les matériaux composites à base de fibres naturelles occupent une place importante dans l'histoire de la technologie [1]. En effet, un grand effort a été fait pour utiliser des fibres naturelles (sisal, jute, chanvre, lin et noyaux de datte) comme renfort dans les matériaux thermoplastiques tels que le polyéthylène (PE), le polypropylène (PP), le poly (chlorure de vinyle) (PVC) et le poly (acide lactique) (PLA) [2].

Cette nouvelle classe de composites présente de nombreux avantages tels que la légèreté, la rigidité, la faible densité, le caractère renouvelable et la biodégradabilité, de plus, elle nécessite peu d'énergie de production et offre une isolation thermique et acoustique [3].

Parmi les matières plastiques les plus utilisées dans la préparation de ces composites figure le PVC. La production mondiale de ce dernier atteint 35 millions de tonnes par ans. C'est un polymère qui n'a jamais cessé d'évoluer et de s'adapter aux différents besoins et applications. Il est connu par sa haute résistance chimique, son inflammabilité, sa durabilité, sa légèreté, sa disponibilité et de plus, il est économique, ce qui en fait un matériau attrayant pour la construction, la plomberie et d'autres applications industrielles [4,5].

Parmi les fibres naturelles, les fibres des noyaux de dattes attirent de plus en plus l'attention des chercheurs. Cependant, la majorité des travaux de recherches ont été consacrés à la valorisation de ces noyaux sous forme de charbon actif, supplément en alimentation de bétail, en médecine traditionnelle et pour leurs propriétés antimicrobienne et antivirale, ils sont utilisés pour la préparation de l'acide citrique et de protéines [6].

Les noyaux de datte sont une biomasse inépuisable disponible en Algérie, où leurs productions sont environ 1.100.000 tonnes /ans. C'est l'abondance de ce déchet qui a motivé le choix de la farine de noyaux de date comme charge dans la fabrication des matériaux composites [7].

Cependant, malgré tous les avantages des fibres naturelles, elles causent des désagréments majeurs lorsqu'elles sont associées à des matériaux thermoplastiques, à savoir: la stabilité thermique limitée, leurs propriétés non constantes qui dépendent des conditions climatiques et surtout leurs caractères hydrophiles responsables de l'absorption d'humidité par le biais des

liaisons hydrogènes, provoquant ainsi le gonflement du matériau et par conséquent détérioration de ses propriétés, ce qui nous a conduits à étudier l'effet de l'absorption d'eau sur les propriétés mécaniques des composites PVC/Farine de noyaux de datte.

Ce mémoire est divisé en quatre chapitres :

Le premier chapitre : Est réservé aux informations générales sur les matériaux composites, leurs éléments constitutifs, et en particulier les composites à matrice thermoplastique et fibres végétales.

Le deuxième chapitre : Comporte une présentation de quelques rappels bibliographiques sur des travaux relatifs aux composites polymères /charges naturelles.

Troisième chapitre : Présente les matériaux, les méthodes de préparation et de caractérisation des composites PVC/FND préparés.

Le quatrième chapitre : Est consacré à la discussion de l'ensemble des résultats obtenus.

Le mémoire se termine par une conclusion générale sur le travail entrepris.

Références bibliographique :

- [1] **H. Boussehel**, Etude des moyens de stabilisation des composites à base de polystyrène. Thèse de doctorat : Sciences et des Matériaux, Université Mohamed Khider de Biskra, 2018.
- [2] **S. Nedjma**, Effet du désencrage et du traitement de surface sur les propriétés Physico-mécaniques et thermiques des composites PVC/fibres de papier de journal. Mémoire de Magister : Génie des Procédés, Université de Bejaia, 2010.
- [3] **H. Ku, H. Wang, N. Pattarachaiyakoop, M. Trada**, A review on the tensile properties of natural fiber reinforced polymer composites, Composites: Part B, 42: 856–873(2011).
- [4] **N. Bellili**, Elaboration et caractérisation des composites à base d'une matrice thermoplastique chargée avec des fibres lignocellulosiques traitées par irradiation gamma, THESE de doctorat : Génie Des Polymères Université de Bejaia, 2015.
- [5] **O.K. Mallem**, Effets des nanocharges sur l'amélioration des Propriétés du PVC : Elaboration et caractérisation des nanocomposites PVC/Nanocharges (Talc et kaolin), THESE de doctorat : Matériaux Polymères université ferhat abbas - Setif1 (2022).
- [6] **M. Khali, Z. Boussena et L. Boutekrabt**, Effet de l'incorporation de noyaux de dattes sur les caractéristiques technologiques et fonctionnelles de la farine de blé tendre. Natur et Technology, 12, 15 (2015).
- [7] **W. Assili, I. Khalfi**, Etude de l'effet du traitement chimique de la farine des noyaux de dattes sur les propriétés physico-mécaniques des matériaux PVC/FND, Mémoire de projet de fin d'études : Génie Chimique Ecole Nationale Polytechnique, d'Algérie 2020.

Chapitre I
Généralité sur les
Matériaux Composites

I.1 Introduction

Les matériaux composites combinent les propriétés de deux matériaux ou plus que la matrice ou les fibres ne peuvent pas atteindre lorsqu'elles sont utilisées séparément. De plus, les composites renforcés de fibres couvrent un large éventail d'intérêts dans divers domaines.

Dans ce chapitre, nous présenterons une recherche bibliographique divisée en deux parties, la première partie est consacrée à la description des matériaux composites, de leurs composants, et de l'utilité de leur utilisation. La deuxième partie présente les différents types de fibres naturelles utilisées dans la formation de ces composites.

Dans ce qui suit, les composants du composite polymère et le noyau de datte (ND) sont introduits.

I.2 Description des matériaux composites

Les matériaux composites modernes sont apparus pour la première fois dans les années 60, le premier composite trouvé est le bois, qui est un matériau naturel, puis la poterie avec l'utilisation d'herbe ou de cheveux pour améliorer la résistance et réduire le retrait lors de la cuisson, ainsi que dans les boucliers et les épées. Mackintosh a inventé les imperméables en enduisant des tissus comme le coton avec du caoutchouc en 1823 et le béton Hennebique breveté (béton-matrice-avec structure métallique interne-renfort) en 1892. Après le premier choc pétrolier en 1973, les avionneurs ont dû trouver des solutions afin d'alléger les appareils pour diminuer leur consommation de carburant [1].

On définit ces matériaux par un assemblage de plusieurs matériaux de natures différentes. Les composites sont le plus souvent constitués d'une matrice dans laquelle nous dispersons de façon contrôlée ou non des renforts (fibres). La matrice maintient les renforts et assure les transferts de charge, tandis que les renforts apportent principalement leurs caractéristiques mécaniques élevées (modules et limites d'élasticité, résistance mécanique...). Cette association a pour but d'obtenir un matériau dont les propriétés spécifiques sont supérieures à celles des composants pris séparément. Le concept de matériau composite, par le choix des constituants et de leurs proportions respectives, ainsi que par le choix de la forme, des dimensions et de la disposition des renforts, permet donc de concevoir un matériau présentant les caractéristiques spécifiques recherchées [2]. En effet, leurs propriétés dépendent [3] :

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

Un matériau composite est composé dans le cas général d'une ou plusieurs phases discontinues réparties dans une phase continue, dans le cas de plusieurs phases discontinues de natures différentes, le composite est dit hybride. La phase continue est appelée la matrice, et la phase discontinue est appelée le renfort ou matériaux renforçant (figure I.1).

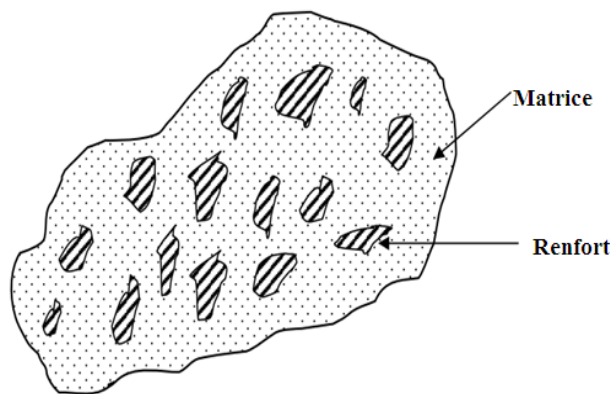


Figure I.1 : Schéma d'un matériau composite [4]

I.3 Avantages et inconvénients d'un composite

Les matériaux composites présentent de nombreux avantages qui les distinguent des autres matériaux on cite [5] :

- Leur légèreté,
- Grande résistance à la fatigue,
- Faible vieillissement sous l'action de la corrosion, de l'humidité, de la chaleur,
- Insensibilité de prendre plusieurs formes (pièces complexes),
- Bonne tenue au feu (attention aux dégagements toxiques),

D'autre part, ils possèdent quelques inconvénients tels que [5]:

- La gestion des déchets engendrés et la réglementation de plus en plus stricte,
- La sensibilité à la chaleur,
- Les coûts des matières premières et des procédés de fabrication,

I.4 Applications des matériaux composites

Les applications des matériaux composites sont nombreuses et variées. Il serait impossible de les lister toutes. Les principales se situent dans le domaine du sport, de l'aéronautique, de l'automobile, des bateaux, de l'électronique (plaque de circuit électronique), des infrastructures, de l'industrie médicale (prothèses, implants...), pétrolière (canaux, tubes...) et même aujourd'hui dans les meubles et l'art.

Solar Impulse 2, photographié dans (la figure I.2), est le premier avion propulsé par l'énergie solaire. Il est parti le 9 mars 2015 pour faire le tour du monde. Sa structure est entièrement faite de matériaux composites à fibres de carbone de 25g/m^2 [1].



Figure I.2 : L'avion Solar Impulse 2 qui devrait être le premier avion à faire le tour du monde sans une seule goutte de carburant [1].

➤ En automobile :

L'utilisation des fibres naturelles dans les matériaux composites est de plus en plus courante, notamment, dans le secteur d'automobile où différents éléments sont fabriqués à partir des matériaux composites, pièces intérieurs automobile (36 % du marché, soit 150.000 T en 2017) [6].



Figure I.3 : Habillage intérieur de portière de voiture en Polypropylène / Lin [7].

➤ **Autres applications :**

D'autres applications plus variées ont été envisagées comme pour la fabrication d'instrument de musique, les palettes, le mobilier (table de camping Lafuma ou chaise IKEA) [6].

Dans le sport, on retrouve les composites en remplacement du bois ou du métal dans les raquettes de tennis, les cadres de vélo, les manches de clubs de golf, dans les chaussures d'athlétisme, les casques, les archers, les skis... grâce à leur légèreté, leur résistance et la facilité dans le design des pièces [1].

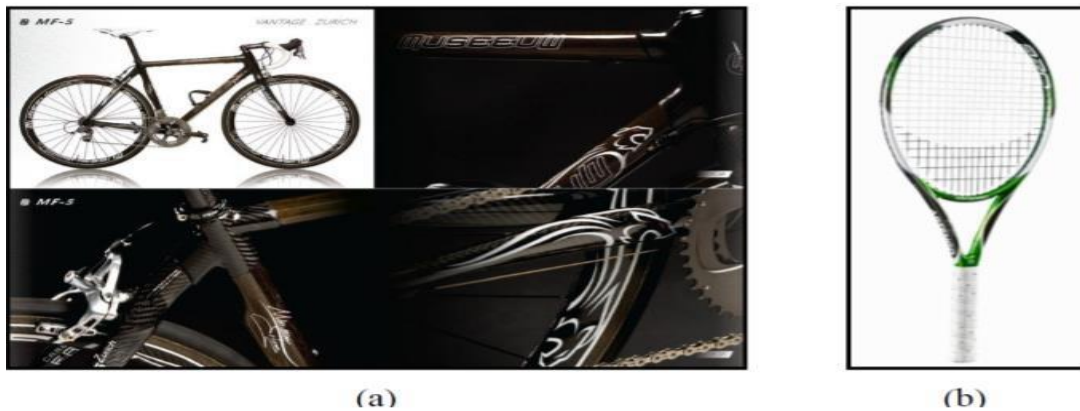


Figure I.4 : Matériels de sport fabriqués en agro-composite renforcés par du Lin : (a) vélo de course Museeuw MF-5 et (b) raquette de tennis Artengo 820 [7].

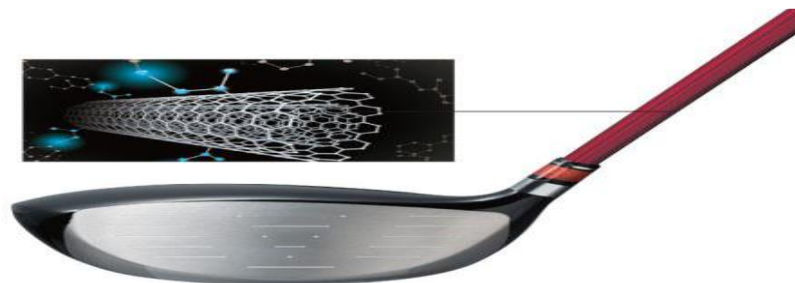


Figure I.5. Le manche du club de golf Yonex est réalisé en fibres de carbone [1].

I.5 Constituants des matériaux composites

I.5.1 La matrice

Dans la plupart des cas, les matrices utilisées dans la préparation des composites sont des résines polymères, ont pour rôle de transférer les contraintes apportées sur le matériau aux fibres, de les protéger contre les agressions extérieures et donnent la forme du matériau destinées en réduisant le coût de production. Les résines doivent donc subir une certaine déformation et avoir une bonne compatibilité avec les fibres pour pouvoir apporter aux matériaux composites des propriétés mécaniques assez importantes [2].

La figure I.6 représente la classification des types de matrices couramment rencontrées.

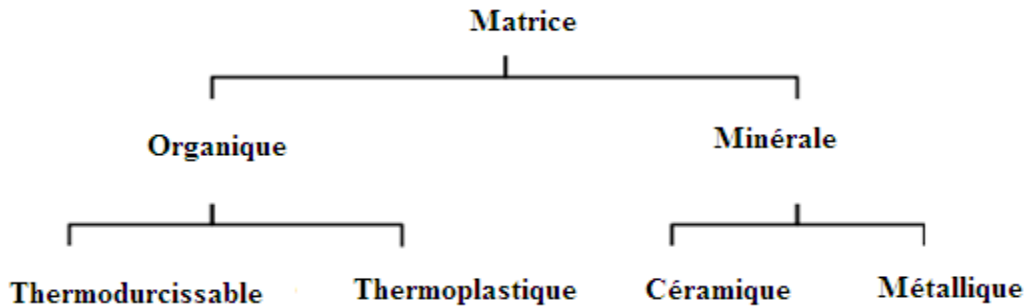


Figure I.6 : Types de matrice [8].

I.5.1.1 Les matrices polymères (organique)

Le rôle de la matrice polymère est de recevoir les renforts, répartir les contraintes, apporter la tenue de la structure et donner la forme désirée au composite. On peut utiliser des polymères thermoplastiques ou des polymères thermodurcissables.

a) Les résines thermodurcissables ont des propriétés mécaniques élevées. Ces résines ne peuvent être mises en forme qu'une seule fois. Elles sont en solution sous forme de polymère non réticulé en suspension dans des solvants. Les résines polyester insaturées, les résines de condensation (phénoliques, aminoplastes, furaniques) et les résines époxy sont des résines thermodurcissables.

Les matériaux les plus performants ont des caractéristiques mécaniques élevées et une masse volumique faible. Ces caractéristiques sont présentées dans le (tableau I.1) [8].

Tableau I.1 : Caractéristiques des résines thermodurcissables.

Résines	T_f (°C)	ρ (Kg/m ³)	\mathcal{E}_t^R (%)	σ_t^R (MPa)	σ_c^R (MPa)	E (GPa)
Polyesters	60 à 100	1140	2 à 5	50 à 85	90 à 200	2,8 à 3,6
Phénoliques	120	1200	2,5	40	250	3 à 5
Epoxydes	290	1100 à 1500	2 à 5	60 à 80	250	3 à 5

b) Les résines thermoplastiques ont des propriétés mécaniques faibles. Ces résines sont solides et nécessitent une transformation à très haute température. Les polychlorures de vinyle (PVC), les polyéthylènes, polypropylène, polystyrène, polycarbonate polyamide sont quelques exemples de ces résines thermoplastiques. De même que pour les résines thermodurcissables, les matériaux les plus performants ont des caractéristiques mécaniques

élevées et une masse volumique faible : ces dernières sont présentées dans le tableau I.2. [8].

Tableau I.2 : Caractéristiques des résines thermoplastiques.

Résines	T _f (C°)	ρ (kg/m ³)	\mathcal{E}_t^R (%)	σ_t^R (MPa)	σ_c^R (MPa)	E (GPa)
Polyamide	65 à 100	1440		60 à 85		1,2 à 2,5
Polypropylène	900	1200		20 à 35		1,1 à 1,4

I.5.1.2 Les matrices minérales

a) Le composite à matrice métallique (CMM) sont des matériaux qui combinent la dureté des métaux et la rigidité de la céramique , ce type utilisé comme liant dans des application nécessitant un matériau aux bonne propriétés spécifique et possédant une bonne tenue en température ses applications sont peu nombreuses à cause de coût de mise en œuvre et de la complexité d'imprégnation [9].

b) Le composite à matrices céramique (CMC) sont réservés aux applications de très haute technicité et travaillant à haute température comme dans les domaines spatial, nucléaire et militaire [2].

I.5.2 Les renforts

Souvent sous forme de fibres, le but des renforts dans les matériaux composites est essentiellement d'accroître leurs propriétés mécaniques (rigidité, résistance à la rupture, dureté, etc.) et d'améliorer des propriétés physiques, tels les comportements au feu et à l'abrasion, la tenue en température ou les propriétés électriques. Les caractéristiques recherchées dans les renforts sont une masse volumique faible, une compatibilité avec les matrices et une facilité de mise en œuvre [10].

Les renforts constitués de fibres se présentent sous les formes suivantes : linéique (fils, mèches), tissus surfaciques (tissus, mats), multidirectionnelle (tresse, tissus complexes, tissage tridirectionnel) [8]. La classification des types de renforts couramment rencontrés est indiquée sur la (figure I.7).

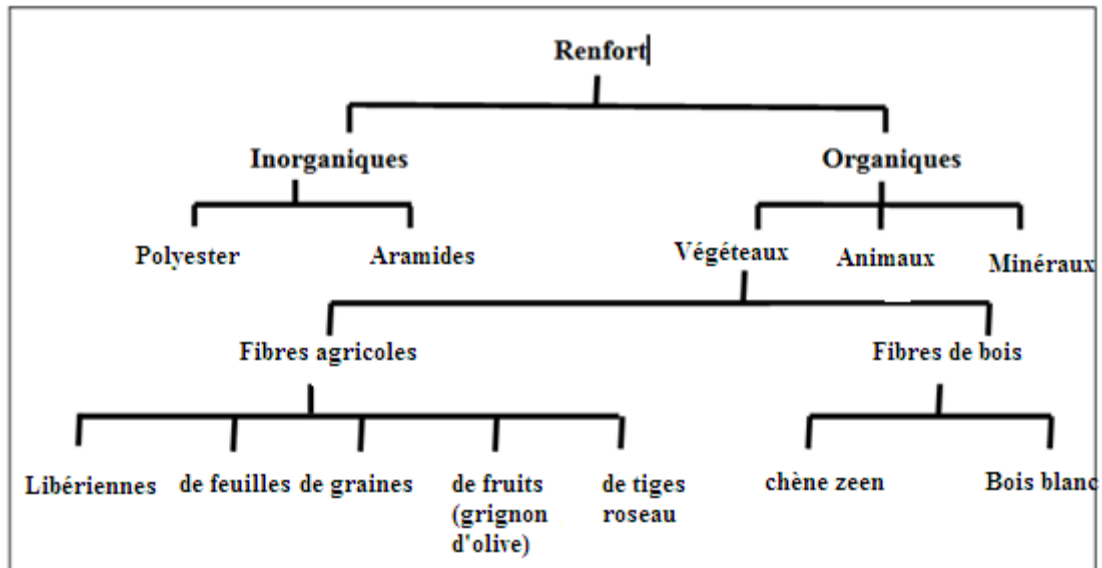


Figure I.7: Types de renforts [11].

I.5.2.1 Les fibres végétales

Les fibres végétales sont des structures biologiques principalement composées de d'holocellulose (cellulose, hémicelluloses) et de lignine. Dans une proportion beaucoup plus faible elles contiennent aussi des extractibles, des protéines et certains composés inorganiques. Les proportions d'holocellulose et de lignine varient selon la nature des fibres naturelles (jute, bois, sisal, kenaf, chanvre, bagasse ... etc.). Chaque fibre se présente sous forme d'un composite multicouches dans lequel la lignine joue le rôle d'une matrice enrobant une structure rigide (la cellulose) [12].

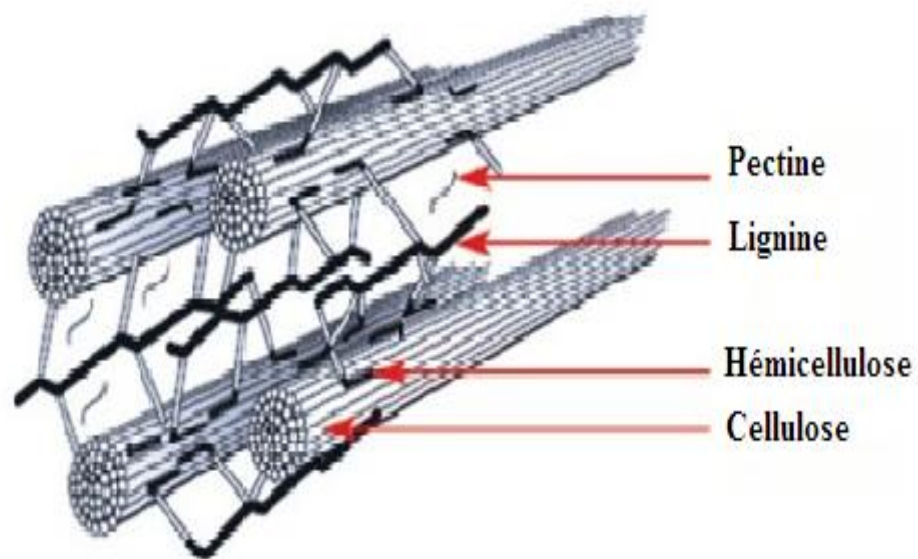


Figure I.8 : Représentation schématique d'une fibre végétale [13].

I.5.2.2 Structure et morphologie des fibres végétales

Les fibres végétales sont composées de cellules individuelles ou de cellules discontinues. La plupart des fibres naturelles sont multicellulaires, constituées en fait d'un faisceau de fibres individuelles [14].

Les cellules sont constituées de micro fibrilles cristallines à base de cellulose fixées sur une couche entière de lignine amorphe et d'hémicellulose et ainsi l'empilement de ces couches forme les parois cellulaires multicouches. Les dimensions des cellules primaires diffèrent d'une fibre à l'autre, car elles dépendent du degré de maturité d'une partie de la plante pour une même fibre. Il est également à noter que les dimensions et la disposition des cellules individuelles ou des noyaux déterminent l'ultra structure et les propriétés mécaniques des fibres [15,16]. En général, les cellules individuelles des fibres végétales contiennent un vide central appelé lumen. La forme de la cavité (ronde, polygonale ou ellipsoïdale) dépend de l'origine des fibres et de l'épaisseur de paroi [17].

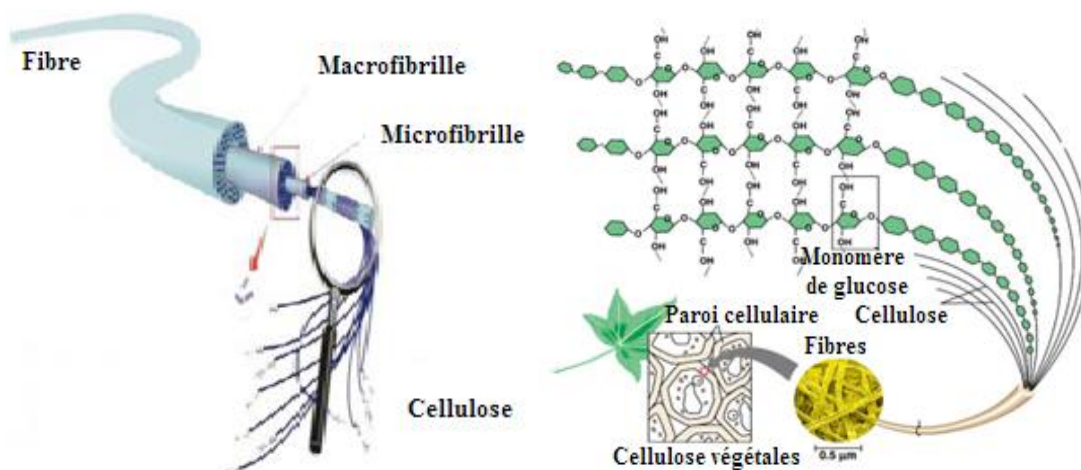


Figure I.9 : Structure d'une fibre végétale [18].

I.5.2.3 Composition chimique des fibres végétales

La composition chimique des fibres végétales varie selon la nature des fibres, et comporte principalement la cellulose, l'hémicellulose et de la lignine. Les propriétés de chaque constituant contribuent à la propriété globale de la fibre. L'hémicellulose est responsable de la biodégradation, l'absorption d'humidité, et la dégradation thermique de la fibre. La lignine, thermiquement plus stable, est le responsable de la dégradation par les ultraviolets (UV) [19].

La cellulose est un polymère qui existe à l'état naturel et qui est particulièrement important puisqu'il est le constituant principal de la masse végétale [20]. C'est le principal

composant dans la quasi-totalité des fibres végétales et représente la matière la plus abondante sur la surface de la terre (plus de 50% de la biomasse). C'est un polymère naturel du premier plan [21].

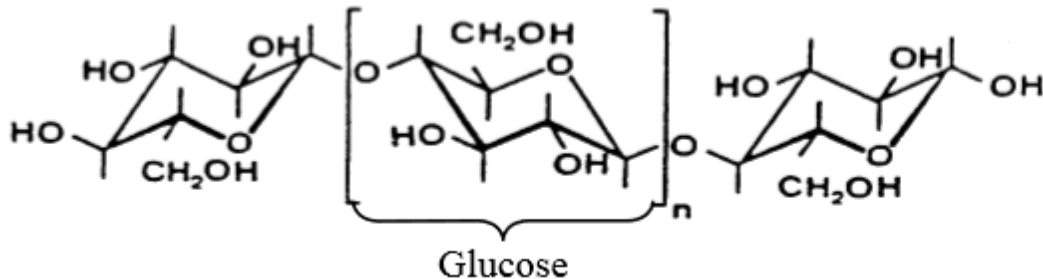


Figure I.10 : Structure chimique de la cellulose [20].

Les hémicelluloses sont des hétéros polysaccharides avec un degré de polymérisation (DP) inférieur à celui de la cellulose d'environ 100-300. Ils sont également moins ordonnés que la cellulose, bien que certains puissent former des unités cristallines. Les hémicelluloses sont désignées par les sucres qu'elles contiennent. Les hémicelluloses peuvent également contenir des groupes carboxyle, acétyle et méthyle substitués. Les hémicelluloses semblent agir comme agents de couplage inter faciaux entre la surface hautement polaire des microfibrilles et la matrice de lignine beaucoup moins polaire [22].

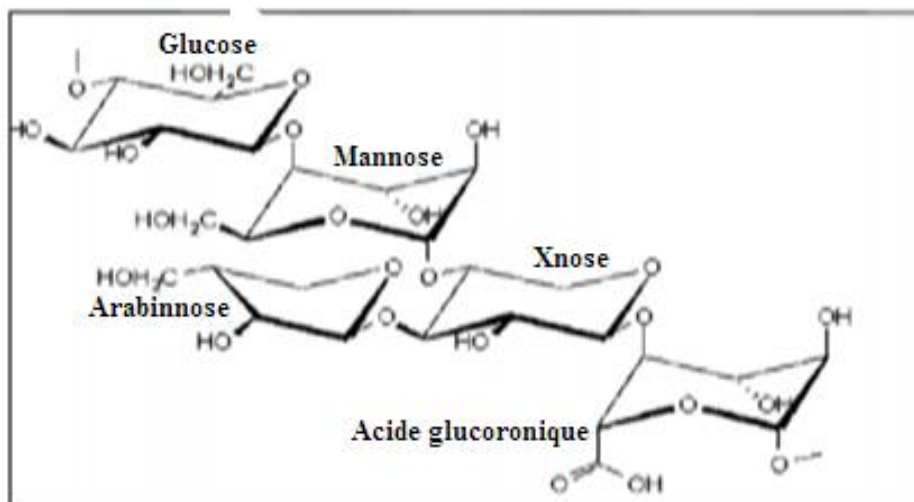


Figure I.11 : Structure chimique de l' hémicellulose [22].

La lignine, avec la cellulose et l'hémicellulose, constitue la grande majorité de la biomasse et vient juste après la cellulose en termes d'abondance. Il s'agit d'un polymère tridimensionnel constitué d'unités vinyle propane (Figure I.12).

La polymérisation de ces trois alcools (l'alcool coniférylique, l'alcool sinapylique et l'alcool *p*-coumarylique) conduit respectivement à trois types d'unités dans la lignine. Ses

principales fonctions sont d'apporter de la rigidité, de l'imperméabilité à l'eau et une grande résistance à la dégradation (barrière de protection biologique) [23].

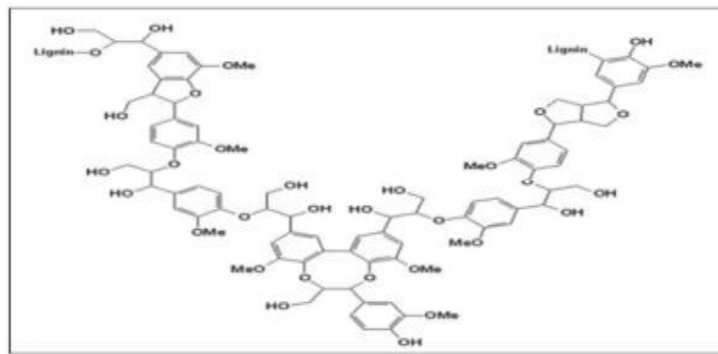


Figure I.12 : Représentation schématique de la lignine [23].

I.5.2.4 Avantages et inconvénients des fibres végétales

Les fibres végétales présentent de nombreux avantages qui les rendent attractives pour une application industrielle, mais elles ont aussi de nombreux inconvénients, détaillés dans le (Tableau I.3).

Tableau I.3 : Avantages et inconvénients des fibres végétales [24 - 26].

Avantages	Inconvénients
Biodégradabilité	Biodégradabilité
Faible cout ou coût modéré (jusqu'à neuf fois moins chères que les fibres de verre et jusqu'à cinq cent fois moins chères que les fibres de carbones)	Faible résistance au vieillissement.
Propriétés mécaniques spécifiques importantes (résistance et rigidité)	Pour des applications industrielles, demande la gestion d'un stock
Non abrasif pour les outillages	Renfort discontinu
Faible impact environnemental (six fois moins énergivore que les fibres de verre et douze fois moins que les fibres de carbone)	Fort comportement hydrophile
Pas de résidu après incinération	Faible résistance thermique (jusqu'à 200°C)
Bonne isolation thermique et acoustique	Comportement anisotropes
Ressource renouvelable	Variation de la qualité dépendant des

	conditions de croissance de la plante
Faible densité et facilité de mise en œuvre	Absorption d'eau
Non irritant lors de la manipulation des Fibres	

I.5.2.5 Propriétés des fibres végétales

Le comportement thermomécanique de chaque bio fibre dépend non seulement de leur composition mais aussi de leur structure. En effet, ces bio fibres peuvent être considérées comme des composites où la cellulose cristalline creux, joue le rôle d'un renfort enveloppé par la lignine et l'hémicellulose à structure amorphe comme matrice. Les fibrilles de cellulose présentent un angle d'hélice par rapport aux parois (la lignine et l'hémicellulose). Chacun des principaux constituants agit sur les propriétés physiques et mécaniques, cependant, la structure cristalline de la cellulose, le composant principal des fibres végétales confère à ces dernières des propriétés thermomécaniques intéressantes [27].

- La rigidité de la fibre augmente avec la teneur en lignine qui agirait comme un agent de couplage entre les parois et les fibrilles de cellulose ;
- Le module élastique augmente avec la teneur en cellulose ;
- La ductilité (déformation à la rupture) des fibres végétales augmente avec l'augmentation de l'angle d'hélice. En effet, les fibrilles se réorientent progressivement parallèlement à l'axe de déformation avant de supporter la pleine charge (avant d'arriver à la contrainte maximale).

La plupart des fibres naturelles perdent leur rigidité au dessus de 160°C et la lignine se décompose environ 200°C, cependant, leur température de dégradation relativement basse limite le choix de la matrice à celle dont la température de mise en forme est inférieure à 200°C tel les polyoléfines (polyéthylène PE et polypropylène PP) [28].

I.6 Illustration des constituants des composites de l'étude

I.6.1 Le poly (chlorure de vinyle) PVC

Le poly (chlorure de vinyle) (PVC) est le polymère thermoplastique le plus polyvalent après le polyéthylène (PE) et le polypropylène (PP) au monde. C'est un polymère thermoplastique de synthèse constitué de carbone, d'hydrogène et de chlore [29].

Le PVC est l'un des plastiques les plus produits. Sa production globale est de 35 millions de tonnes par an, soit une augmentation de 5% actuellement [30].

La (figure I.13) représente la formule générale de PVC.

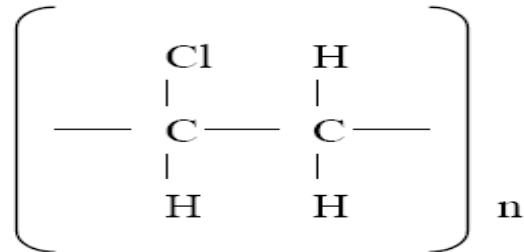


Figure I.13 : Formule du PVC

I.6.1.1 Synthèse

Le PVC est un polymère synthétique obtenu par polymérisation par voie radicalaire du chlorure de vinyle monomère (CVM) de formule $\text{CH}_2=\text{CHCl}$. La polymérisation par voie radicalaire du PVC conduit à des macromolécules linéaires ou peu ramifiées de masses moléculaires moyennes déterminées en fonction des utilisations envisagées [31].

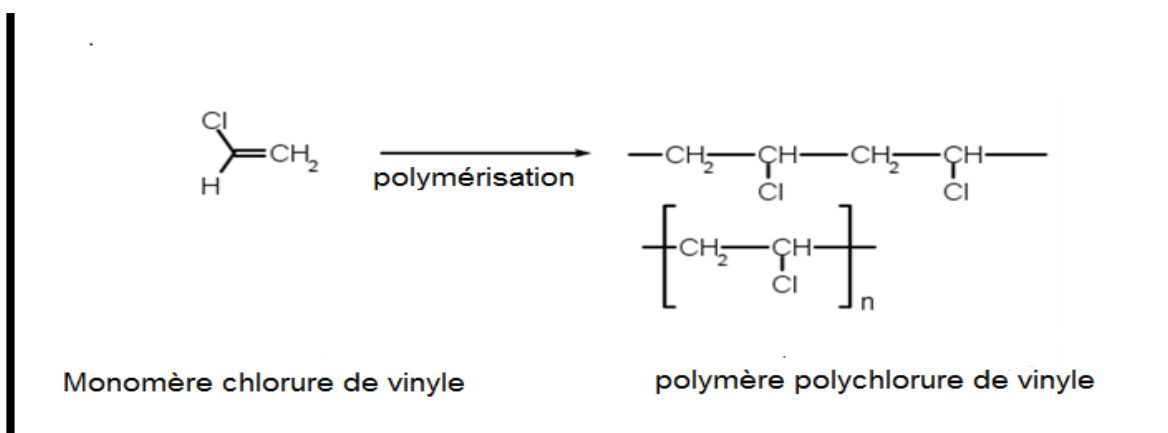


Figure I.14 : Polymérisation de chlorure de vinyle [32].

I.6.1.2 Propriétés de Polychlorure de vinyle

Le PVC a plusieurs propriétés :

➤ **Propriétés physiques :**

Le PVC se présente sous forme d'une poudre blanche. C'est un polymère atactique, donc essentiellement amorphe, mais il arrive qu'il soit syndiotactique sur de courts segments de

chaînes et puisse s'organiser en phase cristalline qui varie de 10 à 15%. Il est inodore et inflammable [33].

➤ **Propriétés chimiques :**

Le PVC non plastifié possède une bonne résistance aux produits chimiques : acides, bases, huiles, alcools, hydrocarbures aliphatiques, par contre, il est sensible aux hydrocarbures aromatiques et chlorés [34], aux esters et cétones qui occasionnent un gonflement. Le PVC souple est sensible aux agents atmosphériques et à la lumière solaire [35].

➤ **Propriétés mécaniques :**

Le PVC présente une bonne rigidité à température ambiante ainsi qu'une excellente résistance à l'abrasion. Il présente, par contre, une certaine fragilité au froid, notamment une fragilité au choc à température inférieure à (-10 °C) [33]. Le tableau I.4 présente les différentes propriétés de PVC.

Tableau I.4: Propriétés mécanique du PVC [36].

Propriétés	Unité	PVC rigide	PVC souple	PVC C
Contrainte à la rupture	MPa	50	10-20	60
Résistance à la flexion	MPa	70-80	-	-
Module de traction	MPa	2400	-	2800
Module de flexion	MPa	2000	-	2800
Dureté shore D	-	70-84	20 à 50	-
Allongement à la rupture	%	10-15	200 à 500	4,5

➤ **Propriétés thermiques :**

Le PVC (amorphe) a une température de transition vitreuse comprise entre 75 et 80°C, c'est à dire qu'à température ambiante, il est rigide et au-dessus de 90°C, il est caoutchouteux (faible résistance, grande déformation). L'addition de plastifiants diminue

la température de transition vitreuse et permet de proposer un PVC souple à température ambiante. Le PVC plastifié brûle plus facilement [35, 37].

➤ **Propriétés électriques :**

Le PVC présente de bonnes qualités d'isolement électrique. Les pertes diélectriques restent néanmoins suffisantes pour permettre le soudage par haute fréquence. Le tableau I.5 présente ses principales propriétés électriques.

Tableau I.5 : Propriétés électrique du PVC [36].

Propriétés	Unités	PVC rigide	PVC souple
Résistivité transversale	$\Omega.cm$	10^{16}	10^{14}
Permittivité relative (de 50 à 10^5 Hz)	–	3,4	3 à 5
Facteur de pertes diélectriques (de 50 à 10^4 Hz)	–	70×10^{-4}	0,1 à 0,15

I.6.1.3 Les adjuvants

Le PVC appartient aux polymères thermoplastiques amorphes et il se présente sous forme d'une poudre blanche. Celle-ci doit être additionnée de produits permettant sa transformation en objets finis (Principalement des additifs : stabilisants, lubrifiants, plastifiants, pigments, charges, etc....) Selon la nature et la quantité de ces additifs on distingue deux types de PVC rigide ou souple.

a) Les plastifiants :

Le principal rôle des plastifiants est de diminuer la température de transition vitreuse (T_g) du PVC par une diminution des forces d'interactions entre les différentes chaînes moléculaires du polymère. Il en résulte l'obtention d'un matériau présentant un comportement souple à température ambiante [33].

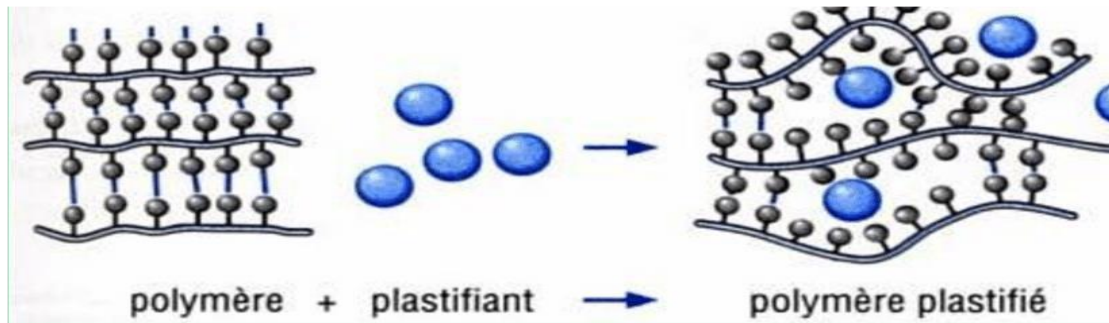


Figure I.15 : Schématisation du mécanisme de plastification à l'échelle moléculaire [38]

b) Stabilisants :

Ces additifs sont généralement utilisés en petite quantité pour faire face individuellement à des agressions particulières, mais il existe une classe de stabilisants contenant de nombreux additifs, qui concerne le polychlorure de vinyle et les polymères chlorés [39].

c) Lubrifiant :

La mise en forme des thermoplastiques n'est possible qu'à l'état fondu ou aux températures supérieures à leur température de transition vitreuse. Dans ces conditions, l'augmentation de la température ne suffit pas à faire baisser suffisamment la viscosité ; c'est pourquoi on doit faire appel à des adjuvants de transformation parmi lesquels les lubrifiants [40].

I.6.1.4 Avantage et les inconvénients de PVC

La résine PVC présente de nombreux avantages, par exemple [23] :

- Excellente ignifugation,
- Suppression de fumée,
- La souplesse de transformation à différentes formes et conception.
- Faible coût.
- Résistance à la corrosion, propriétés d'isolation électrique.
- Haute résistance mécanique.
- Résiste aux acides et bases ainsi qu'aux huiles, alcools et hydrocarbures aliphatiques.
- Sensible aux hydrocarbures aromatiques et chlorés, esters et cétones qui provoquent des flatulences.

Parmi les inconvénients de PVC en trouve [23] :

- Tenue chimique moins bonne que PVC rigide non alimentaire.
- Sensible aux UV.
- Sont fragiles aux chocs à basses températures.

I.6.1.5 Domaines d'utilisations du PVC

En ce qui concerne le développement des marchés du PVC, on peut faire les constatations suivantes [36] :

- La consommation totale de PVC progresse d'environ 3.5% dans le monde (moins de 1% en Europe) ;
- Les profilés rigides augmentent un peu plus que le marché tandis que les films rigides continuent à croître, surtout dans l'emballage et la feuille technique (ameublement) ;
- Le PVC se recycle facilement, comme la plupart des polymères ;

Les marchés décrits ci-dessus se rapportent à la plupart des grands secteurs industriels suivants :

- **Emballage** : Pharmaceutique, blisters ;
- **Bâtiment** : Profilés (gouttières, encadrements de fenêtres et portes, plinthes, bardages, volets roulants...) ;
- **Automobile** : Tableaux de bord, revêtements de sièges, accoudoirs ;
- **Bagagerie, chaussures** : Valises, sacs, bottes, sandales, talons de chaussures ;
- **Câblerie** : Isolation de câbles moyenne et basse tension ;
- **Loisirs** : Articles de camping et de plage ;
- **Plasticulture** : Films, serres, tuyaux d'irrigation et de drainage.

I.6.2 Noyaux de datte

Les noyaux sont des sous-produits et déchets des dattes, il renferme des composants extractibles à valeur ajoutée élevée. Ils sont aussi riches en protéines, fibres alimentaires, composés phénoliques, antioxydants et peuvent être utilisés pour l'amélioration de la valeur nutritionnelle des produits incorporés [41].



Figure I.16 : Noyau de datte [13]

I.6.2.1 Caractéristiques physico-chimiques des noyaux de dattes**I.6.2.1.1 Composition chimique des noyaux de dattes**

Diverses enquêtes et expériences ont été menées pour déterminer la composition chimique des noyaux de datte. **Khali et al.** Ont effectué des caractérisations physico-chimiques et biochimiques de différents cultivars de noyaux datte algérienne à l'aide de divers est standardisés [42]. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau I.6 : Composition chimique des noyaux de dattes [42].

Variété Paramètres	Deglet Nour	Degla Baida	Ghars	Hamraya
Taux d'humidité (%)	8,08 ± 0,09	6,37 ± 0,04	12,42 ± 0,37	6,79 ± 0,02
Matière sèche (%)	91,92 ± 0,09	93,63 ± 0,04	87,58 ± 0,37	93,21 ± 0,02
Cendres (%MS)	1,08 ± 0,00	1,01 ± 0,05	0,80 ± 0,00	0,85 ± 0,01
Matière organique (%MS)	98,92 ± 0,01	98,99 ± 0,05	99,21 ± 0,00	99,15 ± 0,01
Protéines brutes (% MS)	8,59 ± 0,68	6,61 ± 0,17	6,51 ± 0,11	6,72 ± 0,29
Cellulose brute (% MS)	13,54 ± 1,17	16,27 ± 1,39	14,78 ± 0,60	13,94 ± 0,31
Sucres totaux hydrosolubles (% MS)	6,02 ± 1,24	7,09 ± 0,74	7,08 ± 0,03	7,41 ± 0,29
Matière grasse (% MS)	9,81 ± 1,78	8,72 ± 1,02	11,70 ± 1,76	10,39 ± 2,21
Glucides totaux (%MS)	66,98 ± 1,89	67,39 ± 1,59	66,21 ± 2	68,10 ± 0,47

pH	5,76 ± 0,07	5,91 ± 0,19	6,12 ± 0,09	5,93 ± 0,13
Acidité grasse (%)	0,03 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,04 ± 0,00	0,02 ± 0,00

Une autre étude d'analyse chimique de 20 espèces de palmiers dattiers du sud-est de l'Algérie a été réalisée par Boude Chiche et al [43]. Dans une autre étude menée au Royaume d'Arabie Saoudite sur la composition des grains de certaines variétés de dattes présentées dans le tableau I.7, elle a montré la présence de protéines, de glucides et de graisses minérales (K, P, Ca, Na, Fe, Mn, Zn., Cuivre) [44 - 46].

Tableau 1.7 : Composition chimique des noyaux de dattes [43].

Variétés	MS, %	MM, %MS	MO, % MS	MAT, %MS	NDF, %MS	CB,%MS	MG,%MS
Tinicine	87,27	1,56	98,44	6,72	84,74	15,18	6,59
Arehti	87,73	1,74	98,26	5,82	89,36	16,20	7,00
Takermust	85,22	1,67	98,33	6,00	82,71	17,87	6,62
Tafzaouin	89,27	1,26	98,74	5,86	85,98	17,14	5,84
Kahlaya	88,10	1,47	98,53	5,15	84,03	16,45	7,01
El Aoula	87,95	1,28	98,72	6,05	82,83	15,85	6,55
Litima	85,36	1,52	98,48	5,74	85,69	16,80	5,88
El makhmouj	88,80	1,32	98,68	5,83	83,37	19,26	5,84
Mech degla beida	85,94	1,93	98,07	7,27	87,38	18,20	7,01
Tantabacht	84,28	1,51	98,49	6,76	88,46	17,23	6,00
Echemroukh	84,24	1,49	98,51	6,52	92,26	18,55	5,44
Hachef ghars	85,86	2,35	97,65	5,96	87,38	18,04	7,12
Sich D	81,62	2,17	97,83	6,62	88,49	17,37	6,32
El Hora	85,92	1,85	98,15	7,27	86,32	17,44	5,13
Bouhlassa	89,66	1,69	98,31	5,25	83,45	15,33	7,09

Hachef degla	88,85	3,17	96,83	7,04	85,55	17,18	6,88
ksiba	93,02	1,92	98,08	6,81	88,72	16,20	5,88
M'farouia	84,83	1,36	98,64	6,00	82,03	16,87	5,62
Hamraya	85,35	2,33	97,67	6,86	85,78	15,32	6,74
Messouhi	90,13	1,30	98,7	5,75	86,54	16,88	6,77
P > F	***	NS	NS	***	***	**	NS

I.6.2.1.2 Caractéristiques physiques (morphologie) des noyaux de dattes

Morphologiquement, les noyaux de dattes varient en diamètre, en longueur et en poids en fonction du type de pollen utilisé. Les noyaux de dattes sont déformés, de forme rectangulaire, avec des fentes et de grosseur variables est de forme allongée, son poids moyen est environ d'un gramme, il représente 7 à 30 % du poids de dattes, leurs dimensions varient de 0,5 à 3 cm. Le noyau de dattes enveloppé dans l'endocarpe membraneux, est constitué d'un albumen blanc, dur et corne protégé par une gaine de cellulose [47].

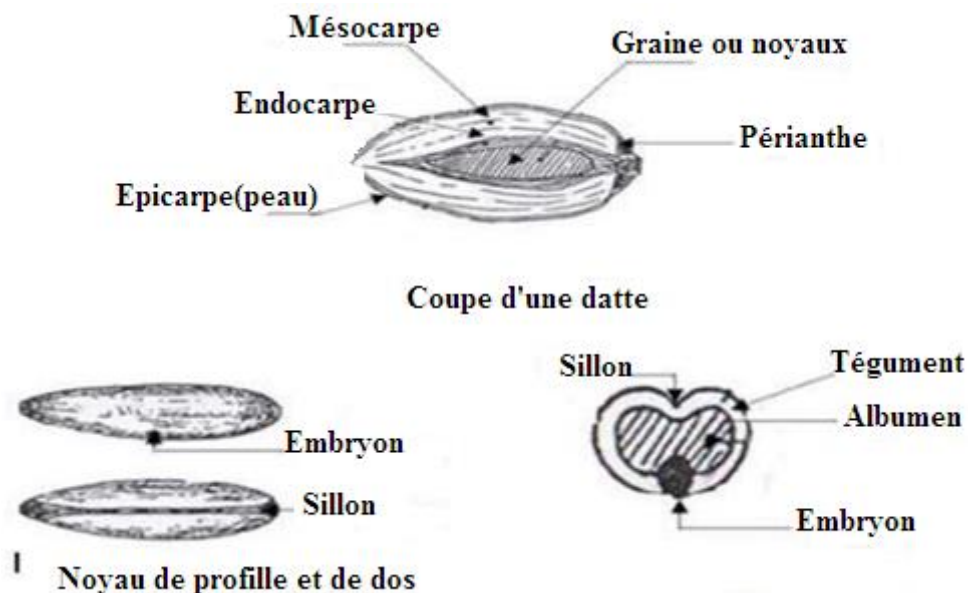


Figure I.17 : Morphologie et anatomie du fruit du palmier dattier et son noyau [48].

I.6.2.2 Différentes utilisation des noyaux des dattes

➤ Alimentation animale :

Pour augmenter le taux de croissance chez les animaux, la poudre des noyaux de dattes additionnées à l'alimentation de bétail, elle a une action qui contribue à une augmentation des œstrogènes et \ou testostérones dans le plasma [49].

L'utilisation des sous-produits de dattes dans l'alimentation du bétail a été étudié pour la première fois par **Ali et al 1956** [50], et dans l'alimentation des poissons par

Yussif et al 1996[51], de son côté, **Osman et al ,1999**[52] ont signalé les effets semblables des noyaux des pulpes de dattes dans l'alimentation des poissons et des animaux laitiers.

Actuellement, les noyaux de différentes variétés de dattes sont principalement utilisés dans l'alimentation du bétail (bovin, mouton, chameaux, et les volailles) [53,54].



Figure I.18 : Incorporation de la poudre des noyaux de dattes dans l'alimentation de bétail [55].

➤ Fabrication de charbon actif :

La propriété principale des charbons actifs semble liée à la présence de micropores responsable de leur pouvoir absorbant tandis que les macropores et les mésopores s'apparentent à des conducteurs de fluides vers la surface interne [56].

Les précurseurs du charbon peuvent être d'origine botanique (les noyaux de fruits entre autre), minérale (charbon par exemple) ou issus de matériaux polymères caoutchouc notamment) [57]. Selon **Garcia (2002)** [58] environ 50% de charbon actif utilisé dans la pratique industrielle sont d'origine botanique [57].

Les déchets agricoles lignocellulosiques (substances organiques et inorganiques) contiennent des valeurs élevées en carbone actif [57], sont considérées comme une bonne source de production du charbon actif [59]. D'après **Addoun et al. (2000)**[56], les résultats obtenus indiquent que la carbonisation des noyaux de dattes peut conduire à la production de charbon actif et a de nombreuses utilisations. Purification des gaz, élimination du phénol, traitement de l'eau contaminée et pharmacologie [60,61].

Le charbon actif produit par les fosses de dattes a une grande capacité d'adsorption [62]. Leur méthode a été utilisée pour déterminer la capacité maximale d'adsorption.



Figure I.19: Charbon actif synthétisé à partir des noyaux de dattes [63].

➤ **Autres utilisations:**

Les noyaux sont un sous-produit intéressant des dattes. En fait, de ces derniers il est possible de fabriquer de l'acide critique et des protéines à l'aide des micro-organismes suivants : *Candida lipolytica*, *Aspergillus oryzae*, *Candida utilis*. [49], Selon **Rahman et al. (2007)**[54], les graines de dattes torréfiées peuvent être ajoutées aux boissons décaféinées traditionnelles qui peuvent remplacer le café lorsque la caféine est en travers.

D'autres études révélées par (**Al-Turki, 2008 Rahman et al, 2007**) [64,54], soulignent que de telles boissons sont utilisées depuis longtemps dans le monde arabe, mélangeant de la même manière des dattes en poudre torréfiées avec de la poudre de café comme boisson chaude, cette dernière contenant de la caféine.



Figure I.20 : L'utilisation des noyaux de dattes pour la fabrication du café décaféiné [65].

Références Bibliographique :

- [1] **E. Chabert** « Matériaux composites à matrices vitrimère et polymère Supramoléculaire » THESE de doctorat, Université Pierre et Marie Curie 2015 p25.
- [2] **H.L. Boudjema**. Elaboration de matériaux composites biodégradable Issus de ressources renouvelables, THESE de Doctorat : sécurité industrielle et environnement, Université d'Oran 2 Institut de Maintenance et de sécurité Industrielle 2016 p5.
- [3] **M. Bourahli**, Caractérisation d'un composite verre / époxy, THESE doctorat, université ferhat abbas-setif 1 2014.
- [4] **D. Gay**, Matériaux Composites, édition Hermès, Paris, 1987.
- [5] **D.M. Panaitescu., M. Iorga., Z. Vuluga., D. Donescu., M. Dan., S.Serban., D. Florea**, « L'effet de l'interface dans les composites de fibres naturelles et de matières plastiques », Revue Roumaine de Chimie, 52 :409-414(2007).
- [6] **C. Gérardon**, Bio-composites : un marché en développement, [En ligne], [Consultée 20.04.2023].
Disponible sur : <https://valbiomag.labiomasseenwallonie.be/news/biocomposites-unmarche-en-developpement>.
- [7] **F. Ilcyszyn** « Caractérisation expérimentale et numérique du comportement mécanique des agro-composites renforcés Par des fibres de chanvre » THESE de doctorat : systemes mecaniques et materiaux, l'universite de technologie de troyes 2013 p20-22.
- [8] **L. Gornet**, Généralités sur les matériaux composites, cel-00470296, version 1-6 2010.
- [9] **N. Mayer**, Matériau composite à matrice métallique, [En ligne], [Consulté le 06.03.2023].Disponible sur : « <https://www.futura-sciences.com> ».
- [10] **B. El Hadji ly**, Nouveaux matériaux composites thermo formables à base de Fibres de cellulose, THESE de doctorat, institut national polytechnique de Grenoble 2008.
- [11] **P. Saha, S. Manna, S. R. Chowdhury, R. Sen, D. Roy, B. Adhikari**, Enhancement of tensile strength of lignocellulosic jute fibers by alkalisteam Treatment, Bioresource Technology, 101 : 3182-3187 (2010).

- [12] **S. Mouhoubi., H. Osmani., T. Bali., et S. Abdeslam,** « élaboration et étude des propriétés des composites polyester/alfa traitée et non traitée ». Verres, Céramiques et Composites, 2 : 34-40 (2012)
- [13] **R. Zeroug et H. Chaouch** « Etude mécanique, morphologique et dynamique mécanique des Composites à base de PVC (cas DPLF-noix de dattes) » Mémoire de master : Physique des matériaux, Université Mohamed Khider de Biskra 2019 p20.
- [14] **SK. Batra.,** Other long vegetable fibers, in Handbook of Fiber Science and Technology: Fiber Chemistry, Marcel Dekker, IV: 727-808 (1985).
- [15] **JJ. Mukherjee,** Long vegetable fibres. Textile Progress, 4:8-9 (1972).
- [16] **G. Henriksson,** Identification and retting efficiencies of fungi isolated from dew-retted flax in the United States and Europe, Applied Environmental Microbiology, 63(4):3950–3956 (1997).
- [17] **RH. Kirby,** Vegetablefibres, Interscience Publishers, Inc., New York, London, 1963.
- [18] **Structure d'une fibre végétale. Disponible sur :**
«http://mpronovost.ep.profweb.qc.ca/BIONP1/tech_stof_cellulose_01.gif consulté le : 05/04/2023.
- [19] **S. Bouhank,** Elaboration de matériaux composites PVC /fibres de Genet d'Espagne : formulations et caractérisations, THESE de doctorat : matériaux polymères université Ferhat abbas Sétif, p9
- [20] **D. Sedan,** Etude des interactions physico-chimiques aux interfaces fibres de chanvre/ciment. Influence sur les propriétés mécaniques du composite, THESE de Doctorat : Matériaux Céramiques et Traitements de Surface, Université de Limoges-2007p 128.
- [21] **A. Sbiai.** «Matériaux composites à matrice époxyde chargée par des fibres de palmier Dattier effet de l'oxydation au tempo sur les fibres», THESE de Doctorat, Ecole Doctorale Matériaux de Lyon, France, 2011p 236
- [22] **M.A. Khan et K.M.A. Idriss,** Studies of physico-mechanical properties of wood and wood plastic composite (WPC), Journal of Applied Polymer Science, 2113(2119): 167- 172 (1992).

- [23] **N. Bellili**, < élaboration et caractérisation des composites à base d'une matrice thermoplastique chargée avec des fibres lignocellulosiques traitées par irradiation gamma > THESE de doctorat : Génie Des Polymères, Université de Bejaia 2015 p10.
- [24] **S. A. Paul., A. Boudenne., L. Ibos., Y. Candau., K. Joseph et S. Thomas**, « Effect of fiber loading and chemical treatments on thermo physical properties of Banana Fiber/polypropylene commingled composite materials », Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 39: 1582-1588 (2008).
- [25] **M. Y. Hashim., M. N. Roslan., A. M. Amin., A. M. A. Zaidi et S. Ariffin**, « Mercerization treatment parameter effect on natural fiber reinforced polymer matrix composite: A brief review », World academy of science, Engineering and Technology,6: 08-24 (2012).
- [26] **M. Bourgeois**, « Fibresagrosourcées », Techniques de l'Ingénieur, Paris, 2(520) : 1-11(2011).
- [27] **F. Gehring**, Etude du comportement mécanique et de l'endommagement de composites thermoplastiques renforcés de fibres courtes de chanvre : Approche expérimentale et modélisation, THESE de Doctorat : Mécanique et Energétique, Université de lorraine-2013 p151.
- [28] **M. Ragoubi**, Contribution à l'amélioration de la compatibilité inter faciale fibres naturelles/matrice thermoplastique via un traitement sous décharge couronne, THESE de Doctorat : Sciences pour l'ingénieur mention Bois et Fibres, Université Henri Poincaré Nancy 1-2010 p163.
- [29] **D.P. Kamdem, H. Jiang**, Thermal and dynamic mechanical behavior of poly (vinyl chloride) /wood, Journal of Applied Polymer Science, 107: 951-957(2008).
- [30] **J.F. Agassant**, ABC plastique. Technique de l'ingénieur, Technique de l'ingénieur plastique et composites Ti100, 22750, Paris p267 (2012).
- [31] **P. Quennehen**, Étude de la dégradation de la fonction isolation de câbles HT isolés au PVC, THÈSE de doctorat : Matériaux Mécanique, Génie civil, Électrochimie 2014p18.
- [32] **F. Belcadhi**, L'essentiel à savoir sur le PVC, [En ligne], [Consulté le : 25.03.2023]. Disponible sur : « <https://www.usinenouvelle.com/expo/guides-d-achat/l-essentiel-asavoir-sur-le-pvc-313> ».

- [33] **J. Verdu**, « Précis des matières plastiques structure propriété mise en œuvre et normalisation », Paris (1982).
- [34] **G. Chretien, D. Hatat**, « Initiation aux matières plastiques », Lavoisier Paris(1986).
- [35] **P. Trotignon., J. Verdu, A. Dobraczynski., M. Piperaud.,** Matières plastiques structures-propriétés, mise en œuvre, normalisation, Paris : nathan, isbn, 2-12-(425031)-0 : 230 (1996).
- [36] **M. Samira**, « Etude des propriétés thermique de mélanges à base de PVC et PEHD et les phénomènes de dégradation », Mémoire de magister, Université Kasdi Merbeh, Ouargla (2012).
- [36] **M. Carrega** « matières plastiques » 3 édition dunod.
- [37] **M. Carrega**, « Matériaux polymères », édition Dunod (2007).
- [38] **Research Gate**. Mécanisme de plastification à l'échelle moléculaire, [Enligne], [Consulté le : 06.03.2023].Disponible sur : « <https://www.researchgate.net> ».
- [39] **L. Carette**, « Stabilisant » Technique de l'ingénieur Doc. A 3 : 232 (2000).
- [40] **L. Carette**, « Antistatiques. Lubrifiants. Antichocs » Technique de l'ingénieur Doc. A 3 : 236 (2000).
- [41] **M. Khali, Z. Boussena, L.Boutekrabt** Revue « Nature &Technologie »,B-Sciences Agronomique et Biologique ,12 : 15-25 (2015).
- [42] **M. Khali., Z. Boussena et L. Boutekrabt**. Effet de l'incorporation de noyaux de dattes sur les caractéristiques technologiques et fonctionnelles de la farine de blé tendre, Nature &Technology , 12 :15 (2015).
- [43] **L. Boudechiche., A. Araba., A. Tahar, et al**, Etude de la composition chimique des noyaux de dattes en vue d'une incorporation en alimentation animale. Livestock Research for Rural Development, 21(5): (2009).
- [44] **F. BEN abbes**, Etude de quelques propriétés chimiques et biologiques d'extraits de dattes « Phoenix dactylifera L. », Sétif: université Ferhat Abbas (2011).
- [45] **S. Besbes, & al**. Heating effects on some quality characteristics of date seed oil. Food chemistry, 91: 469-476 (2005).

- [46] **S. Al-hooti., S. Sidhus. And H. Gabazard.,** Chemical composition of seeds of date fruit cultivars of United Arab Emirates, *Food Chem, Technol.*, 35: 44-46 (1998).
- [47] **I. Dammak., F. Ben Abdallah., S. Boudaya., S. Besbes., L. Keskes., A. El Gaied .,H. Turki., H. Attia., B. Hentati.** Date seed oil limit oxidative injuries induced by hydrogen 29:137-145 (2007).
- [48] **P. Munier,** Le palmier dattier. Techniques agricoles et productions tropicales Ed. Larousse, Paris, 2-21(1973).
- [49] **S. A. A. Jassim.,** in vitro Evaluation of the Antiviral Activity of an Extract of Date Palm (*Phoenix dactylifera L.*) Pits on *Pseudomonas Phage*, General Authority for Health Services for the Emirate of Abu Dhabi (2007).
- [50] **K.T. Ali., N.C. Fine., M. Faraj., N.H., Sarsam.,** The use of date products in the ration of the lactating dairy cow and the water buffalo. *Indian Journal of veterinary Science*, 26:193-201(1956).
- [51] **O.M .Youssif., M.F. Osman., G.A. Alhadrami.,** Evaluation of dates and date pits as dietary ingredients in tilapia (*Oreochromis aureus*) diets differing in protein sources. *Bioresource Technology*, 57:81-85 (1996).
- [52] **F. Osmanm., A. ben zayed a., A. alhadrami g.,** Sulfuric acid treated date pits as dietary ingredients in tilapia (*Oreochromis niloticus*) diets, *Bioresource Technology* 620-627 (1999).
- [53] **A.M. Al-Farsi, C.Y. Lee,** Optimization of phenolics and dietary fibre extraction from date seeds. *Food Chemistry*, 108: 977-985 (2008).
- [54] **M.S. Rahman., S. Kasapis., N.S.Z. Al-Kharusi., I.M. Al-Marhubi., A.J. Khan.** Composition characterization and thermal transition of date pits powders. *Journal of Food Engineering*, 80: 1-10 (2007).
- [55] **L. Boudechiche.** Valorisation des rebuts de dattes dans les rations pour ovins, THESE de Doctorat : Option biologie animal, Université Badji Mokhtar- Annaba (2010).
- [56] **A. Addoun., Z. Merzougui et M. Belhachemi.,** Préparation et caractérisation de matériaux a grand pouvoir adsorbant, Mémoire de Magistère (2000).

- [57] **F. Banat., S. Al-Asheh., L. Al-Makhadmeh.,** Evaluation of the use of raw and activated date pits as potential adsorbents for dye containing waters. *Process Biochemistry* 39: 193-202 (2003).
- [58] **F. Garcia. , A. Alonso., J. Tascon.,** Pyrolysis of apple pulp: chemical activation with phosphoric acid, *J Anal ApplPyrol*, 63:283-301 (2002).
- [59] **N.M. Haimour., S. Emeish.,** Utilization of date stones for production of activated carbon using phosphoric acid. *Waste Management*, 26: 651-660 (2006).
- [60] **Y.A. Alhamed.,** Adsorption Kinetics and performance of packed bed adsorber for phenol removal using activated carbon from dates' stones, *J. Hazard. Mater*, Doi: 10(1016):05.002 (2009).
- [61] **C. Bouchelta., S.M. Mohamed., B. Odile., B. Jean-Pierre.,** Preparation and characterisation of activated carbon from date stones by physical activation with steam. *J. Anal, Appl. Pyrolysis* 82:70-77 (2008).
- [62] **A. El Nemr., A. Khaled., O. Abdelwahab., A. El-Sikaily.,** Treatment of wastewater containing toxic chromium using new activated carbon developed from date palm seed.*J. Hazard .Mater*.doi:10.1016/j.jhazmat.06.091 (2007).
- [63] https://www.google.com/search?q=charbon+actif+a+base+de+noyaux+de+dattes&sxsrf=acybgnq1uzr_36t0o7xnberhoow_zwk_oa:1572449678534&source=lnms&tbm=isch&sa=x&ved=0ahukewioopdep8tlahwlxyukhzm4d8kq_aueigb&biw=911&bih=417#imgrc=kgahxvmwuybknm
- [64] **S.M. Al-Turki.,** Antioxidant properties of Date Palm (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars, Department of Horticulture and landscape architecture (2008).
- [65] <https://tunisie.co/article/7253/gastronomie/cuisine/la-poudre-noyaux-de-dattes-162815>

Chapitre II
Rappels
Bibliographiques

II.1 Introduction

Les fibres lignocellulosiques sont considérées comme une innovation scientifique et technologique dans le domaine des nouveaux matériaux, soulignant l'importance de l'application des déchets agricoles, en particulier, ceux d'origine végétale comme matière première. L'intérêt porté au développement de tels matériaux, notamment à moindre impact environnemental, avec l'utilisation de matières premières d'origine naturelle, comme les fibres naturelles, se développe depuis une dizaine d'années et révèle un domaine émergent des composites polymères.

De nombreuses études expérimentales sont apparues portant sur l'utilisation de fibres naturelles comme renfort dans les composites à matrices polymères thermoplastiques ou thermodurcissables. Dans la littérature, une analyse statistique des publications scientifiques publiées de janvier 2000 à mai 2014, dans le domaine de ces composites a été évaluée par des chercheurs utilisant la base de données Web of Science est présentée à dans la figure II.1 [1].

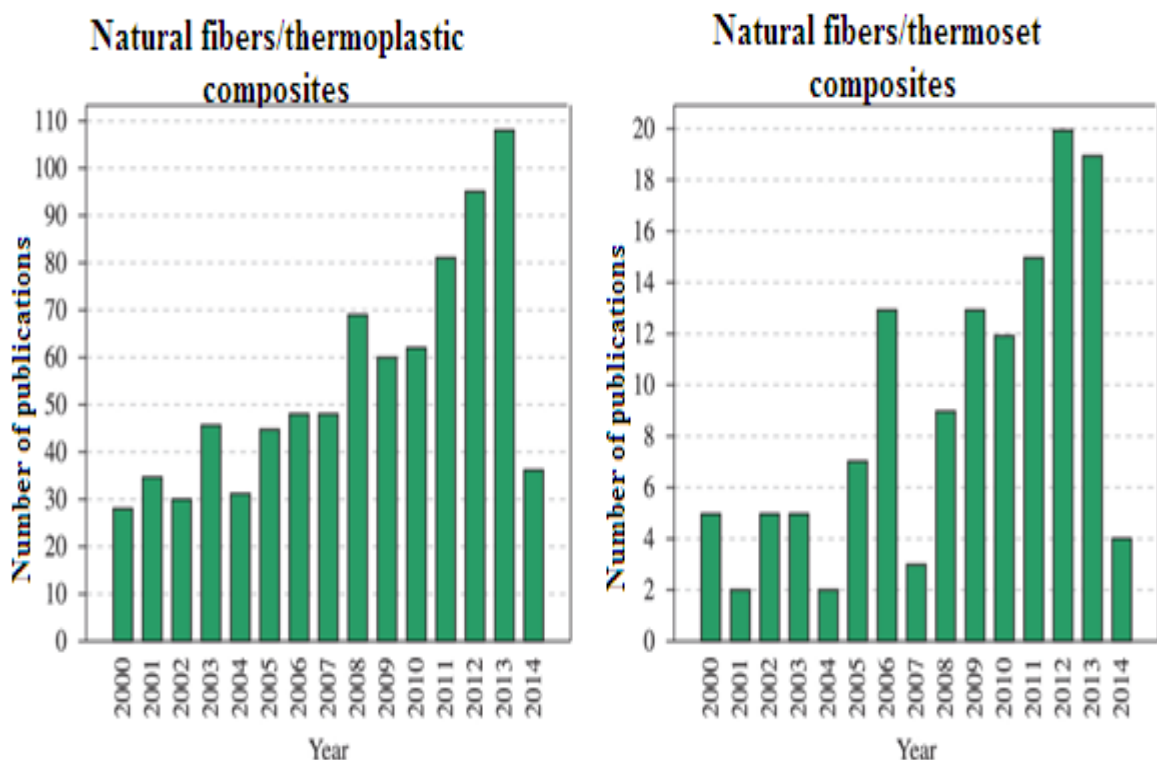


Figure II.1 : Nombre de publications sur les composites de fibres naturelles à matrices thermoplastiques et thermodurcissables au cours des dernières années à partir de la base de données Web of Science [1].

II.2 Influence des caractéristiques des constituants sur les propriétés du composite

La nature et la quantité des constituants sont des facteurs qui influent considérablement sur les propriétés des composites.

L'effet de la teneur en farine de noyaux de datte (DSF) sur la morphologie, les propriétés thermiques et mécaniques des composites PP/DSF a été étudié par **A.Hamma et al [2]**.

Les images obtenues par la microscopie électronique à balayage, des surfaces fracturées des composites PP/DSF à différents taux de charge à savoir 10, 20, 30 et 40% en poids présentés dans la figure II.2 ont montré une morphologie de séparation de phase caractérisée par la formation d'agrégats de DSF. La taille de ces agrégats a augmenté avec l'augmentation de taux de charge. Aucune interaction ne s'est produite entre la matrice PP et la charge cellulosique, cela se manifeste par l'apparition des micros vides dus au détachement complet des particules de charge de la matrice lors de rupture, attribué à la mauvaise adhésion interfaciale PP/ DSF.

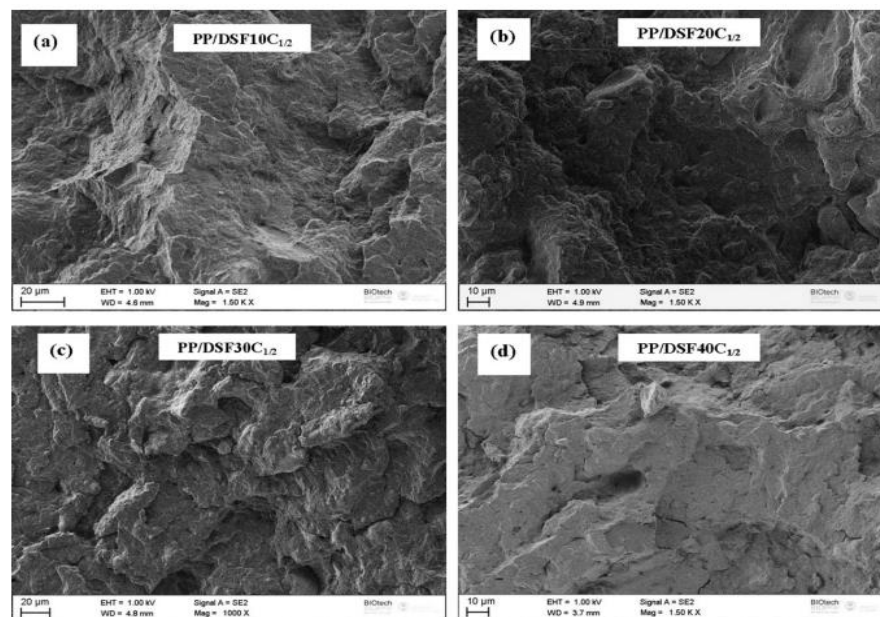


Figure II.2 : Micrographies des surfaces fracturées des composites PP/DSF à différents taux de charge.

La stabilité thermique de la charge ainsi que les composites élaborés a été étudié par l'analyse thermogravimétrique ATG et les thermo grammes obtenus sont présentés dans la figure II. 3.

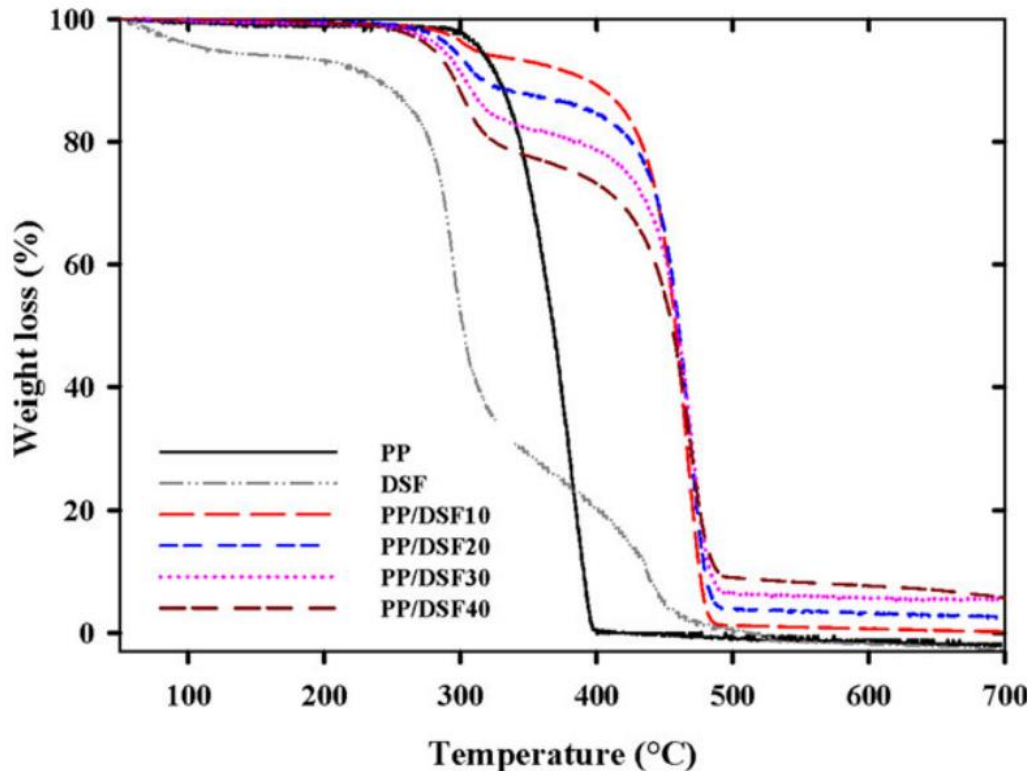


Figure II.3 : Thermo grammes ATG de DSF et des composites PP/DSF

Le thermogramme ATG du DSF présente plusieurs étapes de décomposition, qui commencent par une légère diminution de poids observée à environ 100°C. Ceci est attribué à la teneur en humidité de la charge. La deuxième étape de dégradation observée au-dessus de 100°C est attribuée à la décomposition de l'hémicellulose.

A partir de 240°C, la dégradation thermique de la cellulose se produit par hydratation et dépolymérisation jusqu'à 360°C entraînant la formation de produits volatils et de carbonisation. La perte de poids majeure dans la plage de température de 360 à 500°C indique la dégradation de la lignine.

L'incorporation de DSF à la matrice PP a provoqué une diminution de la température de début de dégradation. Cette diminution étant beaucoup plus prononcée à des taux de teneur en charge plus élevés, ceci est généralement attribué à la plus faible stabilité thermique de la charge cellulosique. En revanche, la vitesse de dégradation est plus lent au-dessus de 470°C, en raison d'une teneur accrue en charbon, ce qui peut contribuer à l'inhibition de la dégradation des matériaux élaborés. Les valeurs des températures de dégradation des composites PP/DSF à différents taux de charge sont résumées dans le tableau II.1.

CHAPITRE II : Approche globale sur les propriétés des composites polymères renforcés avec les fibres lignocellulosiques

Tableau II.1 : Résultats de l'analyse ATG de PP et composites PP/DSF.

Formulation	T _{onset} (°C)	T _{10%} (°C)	T _{50%} (°C)	T _{max .rate} (°C)	Char (Wt%)
PP	298	329	368	387	0
PP/DSF10	286	393	458	465	0 ,98
PP/DSF20	260	315	460	471	3,63
PP/DSF30	251	302	459	471	5 ,97
PP/DSF40	238	294	458	471	8,31

Les résultats indiquent que les valeurs de T_{mr} (température au maximum perte de masse) et T_{50%} (température à 50% de perte de masse) ont augmenté de près de 90°C et 80°C, respectivement, pour les composites par rapport au PP pur.

La température de fusion (T_m), enthalpie de fusion (ΔH_m) et le taux de cristallisation (X_c) des composites préparés sont déterminées à partir des thermogrammes de l'analyse calorimétrique différentielle à balayage DSC et sont rapportées dans le tableau II.2.

La température de fusion T_f est restée inchangée autour de 164°C pour tous les matériaux composites, et sa valeur est très proche de celle des matériaux purs PP (165°C). Une augmentation du ΔH_m est observée avec l'augmentation du taux de DSF. Une tendance similaire est également observée pour X_c indiquant que le DSF se comporte comme un agent de nucléation favorisant la cristallisation de PP. Ce phénomène est plus prononcé à des taux de charges plus élevés.

Tableau II. 2 : Les propriétés thermiques de PP et des composites PP/DSF.

Code	T _m (°C)	ΔH_m (J g ⁻¹ pp)	X _c (%)
PP	165	97	47
PP/DSF10	164	101	48,62
PP/DSF20	164	100	48 ,41
PP/DSF30	164	103	49,74
PP/DSF40	163	110	53,04

CHAPITRE II : Approche globale sur les propriétés des composites polymères renforcés avec les fibres lignocellulosiques

Une augmentation progressive du module de Young avec l'augmentation de la teneur en DSF a été observée. En effet, la valeur de E pour le PP pur est d'environ 1340 MPa. Cette valeur est augmentée d'environ 10 % avec l'ajout de 10 % en poids de DSF et de 30 % en poids pour les composites chargés avec 40% de DSF. En fait, les particules de la charge exercent l'effet de renforcement attendu conduisant à une augmentation de la rigidité des composites.

L'allongement et la contrainte à la rupture des composites PP/DSF ont présentés une diminution avec l'ajout de DSF par rapport au PP pur, en effet, l'ajout de 10 % de DSF à la matrice PP a induit une réduction de 98 % de l'allongement à rupture par rapport au PP, tandis que la contrainte à la rupture est diminuée de 32 %. Selon la littérature [2 - 5], lorsque les particules de la charge sont ajoutées à la matrice polymère, il y a une amélioration de la rigidité des matériaux composites limitant la déformation de la matrice et le domaine de plasticité.

A.Hamma et al [6] se sont intéressés à la valorisation de la farine de noyaux de datte par son utilisation comme renfort de la matrice polypropylène greffé par l'amidon et trois autres matrices des polypropylènes hybrides commercialisés par Roquette S.A (Lestrem, France) et connus sous les noms G906PF, G906PJ et G720PJ. Ils ont fait une comparaison entre la possibilité d'incorporer les déchets de noyaux de datte (NDS) comme charge dans la matrice PP-g-Amidon par rapport aux composites à base des fibres de kénaf (KF) de deux longueurs différentes de 1,1 et 1,5 mm appelées respectivement fibres de kénaf longues (LKF) et fibres de kénaf courtes (SKF).

La granulométrie de NDS choisie était inférieure à 40 μm et sa composition chimique déterminée par la méthode Van Soest et Wineest : détergent neutre soluble (NDS) = 25,34 % en poids correspondant à la majorité des protéines, sucres non pariétaux et matières grasses, cellulose = 20,82 % en poids, hémicellulose = 17,35 % en poids, lignine = 34,95 % en poids et cendres minérales = 1,54 % en poids. La teneur en humidité est de 6,46 % en poids.

Les composites chargés avec 20% en poids de DSF ou des fibres de kénaf (KF) ont montré une amélioration de la contrainte à la traction et de l'impact à la rupture ainsi que de la dureté Shore D.

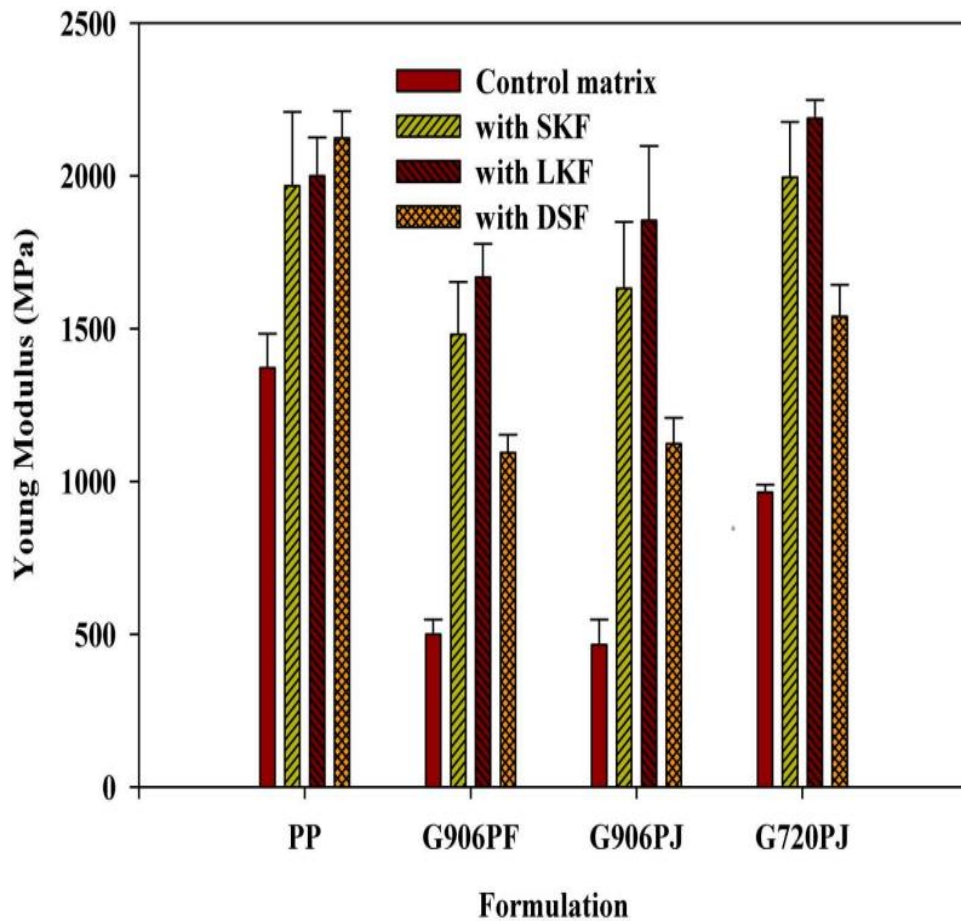


Figure II.4 : Valeurs des modules des composites PP, G906PF, G906PJ et G720PJ renforcés avec SKF, LKF et DSF.

De plus, les modules de traction, de stockage et de perte augmentaient également après l'ajout de la charge. L'augmentation des modules élastiques est attendue pour toutes les matrices en raison de l'ajout d'un renfort rigide ce qui est en accord avec la littérature [2-6].

Hejna et al [7] ont constaté que la composition chimique affecte la rigidité des composites, en particulier à des teneurs élevées en charge. **Essabir et al [8]** ont montré que la rigidité de coco due à leur composition chimique affecte également la rigidité du composite, par ailleurs, l'effet de renforcement avec les particules de coco est plus faible par rapport aux fibres de coco, ceci est dû à leur géométrie et à leur rapport d'aspect inférieur.

La diminution de la résistance à la traction des composites PP/DSF, PP/SKF et PP/LKF a été indiquée par **A.Hamma et al [2]**. Ils ont attribué cette diminution à

CHAPITRE II : Approche globale sur les propriétés des composites polymères renforcés avec les fibres lignocellulosiques

l'absence de transmission de forces de la matrice PP à la charge DSF ou aux fibres SK et LK.

Une baisse de la résistance à la traction a également été détectée lors de l'utilisation d'une matrice biodégradable comme PCL chargée par la farine de noyaux de datte ou de grignon d'olive en raison des mauvaises interactions interfaciales entre les charges et les matrices polymères [7].

Nabinedjad et al [9] ont étudié l'effet de la taille des particules de farine Palme sur les propriétés mécaniques des composites polyesters renforcés de farine Palmiers de différentes tailles. Une augmentation de la résistance à la traction a été observée, résistance à la flexion avec taille décroissante, La contrainte et le module de flexion sont indépendants de la taille de la farine.

El-Shekeil et al [10] ont étudié l'effet du taux de fibres sur les propriétés mécaniques et morphologique des composites (mélange PVC/Polyuréthane TP) /fibres de kenaf. Les résultats ont montré que les résistances à la traction et au choc diminuent avec l'augmentation du taux de fibres, alors que le module d'élasticité augmente. L'observation au microscope électronique à balayage des surfaces fracturées des composites a montré qu'il ya une mauvaise adhérence entre la matrice et la fibre en raison d'une incompatibilité entre la fibre végétale et matrice polymère. Cette incompatibilité entraîne une mauvaise dispersion des fibres et formation de matériaux hétérogènes, leurs propriétés mécaniques globalement pas satisfaisant.

Rosario et al [11] ont observé que 30 % de taux de fibres de sisal dans une matrice de polypropylène (PP) provoquaient une augmentation de 70 % du module d'Young et de 140 % de la résistance aux chocs Izod. Une diminution de la résistance à la traction et de la déformation à la rupture de 9 % et 198 % respectivement, a été également observée.

II.3 Influence de la nature hydrophile des fibres naturelles sur les propriétés des composites

Le problème majeur de l'utilisation des fibres cellulosiques comme charge dans l'élaboration des matériaux composites est lié à leur point faible vis-à-vis de l'humidité, le matériau se gonfle et provoque une diminution des propriétés mécaniques.

CHAPITRE II : Approche globale sur les propriétés des composites polymères renforcés avec les fibres lignocellulosiques

H. Boussahel [12] a évalué le taux d'absorption d'eau des composites de polystyrène renforcés par la farine de grignon d'olive. Une augmentation du taux d'absorption d'eau avec le temps d'immersion et le taux de la farine de grignon d'olive dans la matrice de polystyrène a été remarquée, ceci a été expliqué par la structure de la farine du grignon d'olive qui est fortement riche en groupements hydroxyles, ces derniers forment avec les molécules d'eau des liaisons hydrogènes, donc plus le taux de la farine est élevé, plus la concentration en OH s'accroît et par conséquent le taux d'absorption devient plus important. Les propriétés mécaniques obtenues par le test de traction ont montré une diminution de la contrainte à la rupture des composites chargés par rapport à la matrice vierge. Cette diminution augmente au fur et à mesure que le taux de la farine augmente. Ce ci a été expliqué par la tendance des particules de la farine du grignon d'olive à se regrouper en formant des agglomérats qui induisent des hétérogénéités et un transfert de contrainte non uniforme au sein de la matrice, par conséquent il se produit une fragilisation du matériau composite[12].

Des traitements chimiques de la farine de grignon d'olive par les silanes et par la soude ont été effectués. Les taux d'absorption d'eau des composites chargés avec les farines traitées représentés dans la figure II.5, sont nettement inférieurs à ceux des composites chargés avec farines non traitées. Ce résultat a été attribué à la diminution de la concentration des groupements OH de la farine traitée. Lors de la modification, les groupements hydroxyles de la charge réagissent avec le 3-(triméthoxysilyl) propylméthacrylate par réaction de condensation et avec la soude NaOH par réaction de mercerisation.

Ce traitement donc amélioré la compatibilité entre le renfort et la matrice, ce qui a engendré une légère amélioration des contraintes à la rupture pour les composites renforcés par la charge traitée par rapport aux composites non traités. Cette augmentation est probablement due à la meilleure dispersion de la charge et particulièrement au renforcement des liaisons interfaciales entre le polystyrène PS et la farine du grignon d'olive FGO.

CHAPITRE II : Approche globale sur les propriétés des composites polymères renforcés avec les fibres lignocellulosiques

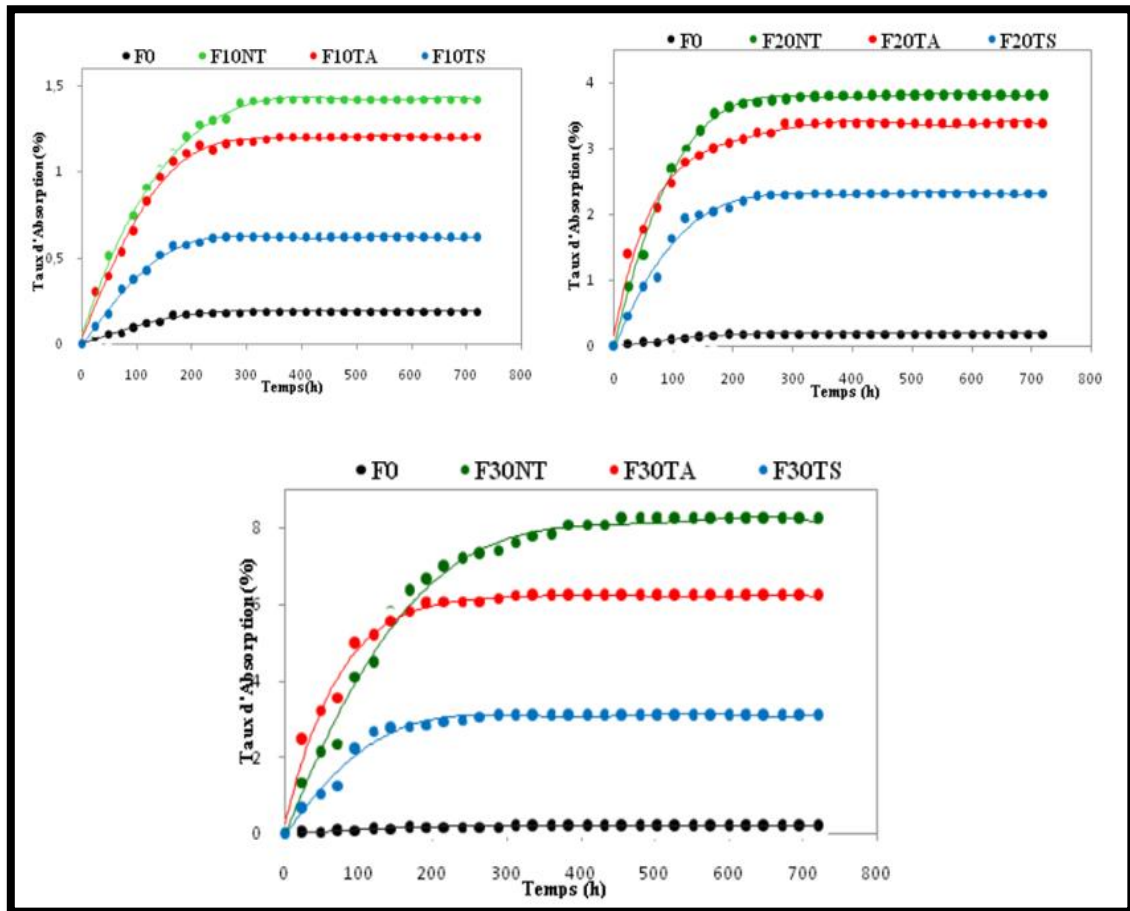


Figure II.5 : Evolution du taux d'absorption d'eau de polystyrène et de ces composites traités et non traités avec 10, 20 et 30% de charge en fonction du temps [12].

II.4 Influences des traitements chimiques sur l'absorption d'eau des composites

L'absorption d'eau est l'un des paramètres clés pour évaluer la qualité de composite de bois et de plastique.

Les modifications chimiques des fibres végétales visent à améliorer l'adhésion avec les matrices polymériques. Les traitements chimiques des fibres végétales les plus adaptés sont généralement : l'acétylation, traitement alcalin, de silane, de benzoïlation, de peroxyde et aux agents d'accouplement maléatés.

Les propriétés mécaniques et la résistance à la dégradation thermique des composites renforcés de fibres naturelles plus élevées, peuvent être associées à des teneur élevés en cellulose au niveau de la fibre. En effet, les traitements de surface sont utilisés afin

CHAPITRE II : Approche globale sur les propriétés des composites polymères renforcés avec les fibres lignocellulosiques

d'éliminer les constituants amorphes tels que l'hémicellulose et la lignine, dans le but d'obtenir une teneur élevée en cellulose avec des taux de cristallinité plus élevés.

Valadez et al [13] ont conclu que le traitement alcalin a deux effets principaux sur la fibre végétale :

- Il augmente la rugosité extérieure pour l'amélioration de l'ancrage mécanique.
- Il augmente la quantité de cellulose à la surface de la fibre.

Van de Weyenberg et al [14] ont montré que le traitement alcalin conduit à une amélioration des propriétés en traction (force et module) allant jusqu'à 30% des composites lin/époxyde. Des études sont menées sur l'effet de la concentration en NaOH (0.5, 1, 2, 4 et 10%) pour le traitement des fibres végétales.

Mishra et al [15] ont traité la fibre de sisal par différentes concentrations de soude (5 et 10 %). Une comparaison entre les deux composites (polyester/sisal) a montré que la résistance à la traction du composite traité par 5% de NaOH est meilleure que celle des composites traités par la concentration de 10%. Car la délignification excessive de la fibre végétale, rend cette dernière plus faible ou endommagée. De nombreux chercheurs confirment que la résistance à la traction des composites à renfort végétal diminue au-delà d'une certaine concentration optimale de NaOH.

Abdelmouleh et al [16] ont travaillé sur la modification chimique de la surface des fibres cellulosiques avec les silanes organo fonctionnels dans un milieu liquide (éthanol/eau), suivi par le traitement à chaud. Les fibres modifiées ont été caractérisées par la spectroscopie infrarouge à transformée de fourrier (IRTF) et par la mesure de l'angle de contact. La présence des liaisons Si-O-Si sur la surface des fibres lignocellulosiques confirme que le silane adhère efficacement à la surface des fibres cellulosiques par la réaction de condensation entre les groupes hydroxyles de la cellulose et ceux des silanol. Les résultats de mesure de l'angle de contact ont montré que le caractère hydrophile des fibres cellulosiques a diminué après le traitement par le silane, car l'énergie de surface a diminué.

H.Wang et al [17] ont également étudié l'influence du traitement chimique des fibres lignocellulosiques sur l'absorption d'eau des composites préparés avec les particules de bambou et de polychlorure de vinyle. L'effet de la modification avec trois types d'agent de traitement chimique tels que : l'hydroxyde de sodium (agent d'alcalin), silicate de

CHAPITRE II : Approche globale sur les propriétés des composites polymères renforcés avec les fibres lignocellulosiques

sodium (agent de silicate) et bisulfite de sodium (agent d'oxydant) sur la surface de particules a été examinée. L'effet de la concentration et pH des solutés a été étudié ainsi que leur influence sur l'absorption d'eau, la porosité et les propriétés thermiques. Les résultats ont prouvé que les valeurs du pH des solutés ont eu peu d'impact sur l'absorption d'eau des composites tandis que les types d'agents de traitement ont un grand effet. L'alcalisation a abaissé le taux des hémicelluloses dans les particules en bambou, réduisant ainsi l'absorption d'eau.

Poletto [18] a concentré ses travaux sur l'étude de l'effet de l'acide octanoïque (C8) et du polypropylène greffé d'anhydride maléique (MAPP) sur la dilatation thermique et les propriétés morphologiques des composites de polypropylène recyclé/farine de bois. Il a conclu l'augmentation du MFI du composite avec l'agent de couplage. Il a affirmé que l'agent de couplage semble agir comme un lubrifiant et tend à augmenter le volume libre intermoléculaire entre les chaînes polymères et agit comme un lubrifiant interne, réduisant la viscosité du composite. De plus, ce comportement peut également être associé à la migration d'une quantité de MAPP n'ayant pas réagi vers la surface de composite créant un glissement dans les couches des composites proches de la filière qui peut entraîner une augmentation du MFI.

Borsoi et al [19] ont étudié les propriétés mécaniques des composites de polystyrène renforcés avec les fibres de coton. Compte tenu des résultats des essais de traction et de flexion, les auteurs ont conclu qu'avec l'ajout de 20% des fibres de coton et à la présence d'un agent de couplage, il y avait une amélioration des propriétés des composites.

L'étude de Bellili et al [20] a montré que le taux d'absorption d'eau des composites PP/Farine de marc de café (WCH) dépend du temps et de la teneur en WCH dans le composite, ainsi que du mode de traitement. La propriété hydrophile de la charge est confirmée par le fait que tous les composites PP/WCH ont absorbé une quantité d'eau beaucoup plus importante que le polymère. Cette affinité avec l'eau peut être interprétée par la formation de liaisons hydrogène entre les groupes hydroxyles de la coque des déchets de café et les molécules d'eau. En augmentant la teneur en WCH, la concentration en groupes hydroxyle augmente et par conséquent, la quantité d'eau absorbée devient plus importante. Une absorption rapide a été constatée pour tous les échantillons au cours du premier jour d'immersion, puis diminue progressivement jusqu'à atteindre un niveau de saturation. Les résultats représentés dans la figure II.6

CHAPITRE II : Approche globale sur les propriétés des composites polymères renforcés avec les fibres lignocellulosiques

montre une nette diminution de taux d'absorption d'eau des composites renforcés par la charge acétylée.

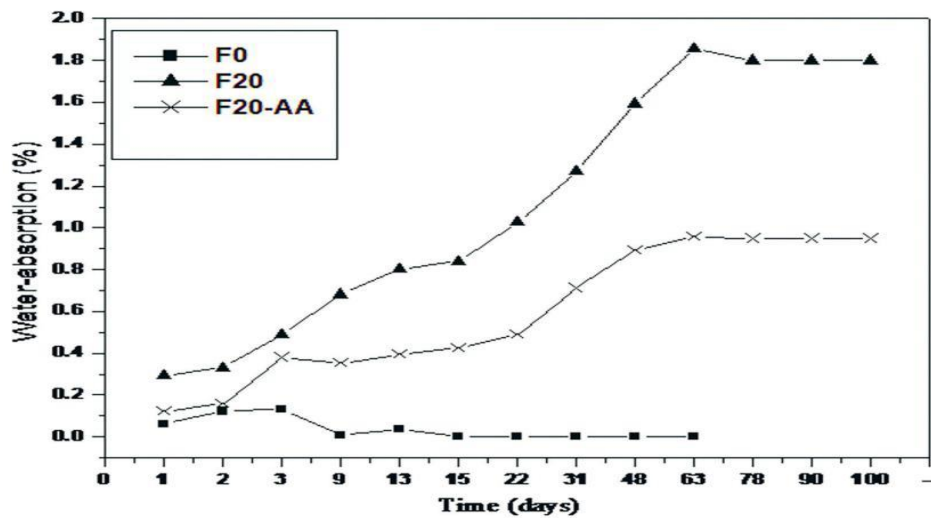


Figure II.6 : Evolution de l'absorption d'eau des composites en fonction du temps en jours.

Sombatsompop et Chaochanchaikul [21] ont montré que les propriétés mécaniques du variant composite PVC /Farine de bois de façon complexe selon le taux d'humidité des fibres et le taux de renfort. Pour un faible taux d'humidité (0,5-1%), le module élastique en traction et la contrainte à la rupture chutent et l'allongement à la rupture augmente. Pour des taux d'humidité plus élevés (2-3%), l'effet contraire est observé. De plus, ces variations dépendent du taux de renfort. Par exemple, la résistance à l'impact augmente si le taux d'humidité est faible et s'il est associé à un bas taux de renfort (16,7%). Ceci s'explique, d'une part, par le gonflement des fibres pour un fort taux d'humidité ce qui augmenterait le module élastique et la contrainte à la rupture, et d'autre part, par la création de liaisons hydrogène entre l'eau et les fibres diminuant ainsi les interactions dipôle-dipôle des fibres avec le PVC.

Rassmanet et al [22] ont comparé les propriétés mécaniques (traction, flexion et impact) et les propriétés d'absorption d'eau des composites renforcés de fibres de chanvre (kénaf) produits à l'aide de trois systèmes de résine différents (polyester, vinylester et époxy). Des stratifiés de 15 %, 22,5 % et 30 % de fraction volumique de fibres ont été fabriqués par moulage par transfert de résine (RTM). En conclusion générale, toutes les propriétés mécaniques ont augmenté avec la croissance du volume de fibres pour les trois systèmes de résine. Les stratifiés chanvre/polyester ont montré des modules et de résistance aux chocs élevés, cependant, les stratifiés chanvre/époxy

CHAPITRE II : Approche globale sur les propriétés des composites polymères renforcés avec les fibres lignocellulosiques

ont montré une résistance à la traction la plus élevée (30% - 64,5 MPa) et ceux avec chanvre/ester vinylique ont montré de bonnes caractéristiques d'absorption de l'eau. La morphologie étudiée par la microscopie électronique à balayage d'échantillons fracturés montre que les stratifiés époxy ont échoué par rupture de fibre, les stratifiés polyester par arrachement de fibre et l'ester vinylique par une combinaison d'arrachement et de rupture de fibre.

Bellili et al [23] ont constaté que l'incorporation de la farine de grignons d'olives dans le polymère PVC a provoqué une réduction de la résistance à la traction et l'allongement à la rupture. Une diminution d'environ 7% de la résistance à la rupture, et une diminution de 80% de l'allongement à la rupture des composites par rapport au PVC non chargé a été observée. Ils ont attribué cette diminution à la faible adhérence interraciale entre la charge et la matrice polymère. Les matériaux en bois ont une forte affinité avec l'eau, ce qui crée une interface d'incompatibilité entre celui-ci et la surface de PVC hydrophobe.

Références bibliographique

- [1] **P. Henrique Fernandes Pereira, M.de Freitas Rosa**, Vegetal fibers in polymeric composites: areview.
- [2] **A. Hamma, M. Kaci, A. Pegoretti**, Polypropylene/date stone flour composites: Effects of filler contents and EBAGMA compatibilizer on morphology, thermal, and mechanical properties, *Journal of Applied Polymer Science*, 128: 4314-4321(2013).
- [3] **H.Cheng; M.Tian; Zhang**, Toughening of Recycle Poly(ethyleneterephthalate/Glass Fiber Blends with Ethylene–Butyl Acrylate–Glycidyl Methacrylate Copolymer and Maleic Anhydride Grafted Polyethylene–Octene Rubber L. *Journal of Applied Polymer Science*, 109: 2795–2801 (2008).
- [4] **S. B. Roy; B. Ramaraj; S. C. Shit; S. K. J Nayak**, Polypropylene and potato starch biocomposites: Physicomechanical and thermal properties, *Journal of Applied Polymer Science*, 120: 3078, 2011.
- [5] **N. A. Ibrahim; N .Hashim; M. Z. A Rahman; W.M. Z. W. J .Yunus.**, Mechanical Properties and Morphology of Oil Palm Empty Fruit Bunch–Polypropylene Composites: Effect of Adding Engagetm 7467, *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 24: 713-732 (2011).
- [6] **A. Hamma¹, B. Dairi, S. Bouhelal**, Valorization of date seeds wastes as reinforcement for starch-grafted-polypropylene composites, *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 14(1): 135-160 (2022).
- [7] **A. Hejna, M. Sulyman, M. Przybysz, M.R. Saeb, M. Klein, K. Formela**, On the Correlation of Lignocellulosic Filler Composition with the Performance Properties of Poly(ϵ -Caprolactone) Based Biocomposites, *Waste and Biomass Valorization*, 11:1467-1479 (2020).
- [8] **H. Essabir, M.O. Bensalah, D. Rodrigue, R. Bouhfid, A. Qaiss**, Structural, mechanical and thermal properties of bio-based hybrid composites from waste coir residues: Fibers and shell particles, *Mechanics of Materials*, 93: 134-144 (2016).

CHAPITRE II : Approche globale sur les propriétés des composites polymères renforcés avec les fibres lignocellulosiques

- [9] **O. Nabinejad, D. Sujan, M.E. Rahman et I. J. Davies**, « Effect of oil palm shell powder On the mechanical performance and thermal stability of polyester composites ». *Materials and Design*, 65: 823–830 (2015).
- [10] **Y.A. El-Shekeil, S.M. Sapuan, M. Jawaidet O.M. Al-Shujaa**, « Influence of fiber content on mechanical, morphological and thermal properties of kenaf fibers reinforced poly(vinyl chloride)/thermoplastic polyurethane poly-blend composites ».
- [11] **F. Rosário, W. M .Pachekoski, A. P. J Silveira, S. F. Santos, H. S Júnior, & S. A .Casarin**, Resíduos de sisal como reforço em compósitos de polipropileno virgem e reciclado. *Ciência e Tecnologia*, 21(2) : 90-97(2011).
- [12] **H. Boussehel** « etude des moyens de stabilisation des composites a base de polystyrene » Thèse de doctorat .p124
Université Mohamed Khider- Biskra. 2018.
- [13] **A.Valadez-Gonzalaz, J.M. Cervantes-Uc,R.Olayo ,P.J.Heera-Franco**, *Compos B Eng* 309 (1999).
- [14] **I. Van de Weyenberg, J.Ivens, A. De Coster, B. Kino, E. Baetens, I. Vepoes**. *Compos SciTechnol* 63 :1241(2003).
- [15] **S.Mishra, A. K. Mohanty, L.T. Drzal, M. Misra, S. Parija, S. K. Nayak,S. S.Tipathy**. *Composites Science and Technology*, 63 :1377-1384 (2003).
- [16] **M. Abdelmouleh,S. Bouffi,M.N. Belgacem,A.P. Durate, A. Ben Sahah et A. Gandini**, Modificaion of cellulosic fibres with functionalisedsilanes: development of surface properties *Internaional Journal of Adhesives* 24: 43_54 (2004).
- [17] **H. Wang, K. C. Sheng , T. Lan, M. Adl, X.Q. Qian, S.M. Zhu**, Role of surface treatment on water absorption of poly (vinyl chloride) composites reinforced by *Phyllostachyspubescensp articles*, *Composites Science and Technology* 70: 847–853 (2010).
- [18] **M, Poletto**, Influence of Coupling Agents on Rheological, Thermal Expansion and Morphological Prop-erties of Recycled Polypropylene Wood Flour Composites, *Maderas. Ciencia y Tecnología*, 20 (4) : 563–570 (2018).
- [19] **C. Borsoi,. L. C. Scienza,. A. J. Zattera, & C. C. Angrizani**, Obtenção e caracterização de compósitos utilizando poliestireno como matriz e resíduos de fibras de algodão da indústria têxtil como reforço. *Polímeros*, 21 (4): 271-279 (2011).
<http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282011005000055>

CHAPITRE II : Approche globale sur les propriétés des composites polymères renforcés avec les fibres lignocellulosiques

[20] **N. Bellili, H. Djidjelli, A .Boukerrou, B. Dairi, R.Bendib**, effect of acetylation on composite materials based on polypropylene/coffee husk waste Composites: Mechanics, Computations, Applications: An International Journal 11(4) :1–14 (2020).

[21] **N. Sombatsompop., K. Chaochanchaikul**, Effect of moisture content on mechanical properties, thermal and structural stability and extrudate texture of poly (vinyl chloride)/wood sawdust composites, polymer International 53(9):1210-1218 (2004).

[22] **P. H. F. Pereira; M. F. Rosa; M. O. H Cioffi; K. C. C. C. Benini , A. C Milanese, H. J. C .Voorwald , & D. R. Mulinari.** Vegetal fibers in polymeric composites: a review, Polímeros , 25(1): 9-22(2015).

[23] **N. Bellili, H. Djidjelli, A .Boukerrou, C. Barres, F, o . Fenouillot.** Mechanical and Thermal Properties of Polyvinylchloride/Olive Residue Flour Blends Treated by Gamma Irradiation (2014).

Chapitre III
Matériaux Utilisés et
Techniques
Expérimentales

Dans ce chapitre nous présentons les caractéristiques de la matrice utilisée (PVC) et les additifs ajoutés pour l'élaboration des différentes formulations. Nous décrivons en détail les étapes suivies et les différentes méthodes utilisées pour la préparation et la caractérisation de la farine de noyaux de dattes ainsi que les composites élaborés.

III.1 Présentation des matériaux utilisés

Le PVC de type 3000H fabriqué par CIRES (USA) a été utilisé pour préparer les formulations. Le plastifiant ajouté est le dioctylphthalate (DOP) de formule chimique $C_{24}H_{33}O_4$, commercialisé sous la marque PLASTIMED 2001 par la société générale des plastifiants SGP (Tunisie). Le stabilisant thermique utilisé, de qualité industrielle est un mélange des sels de calcium et du zinc (Ca/Zn), et l'acide stéarique comme lubrifiant de formule chimique $C_{17}H_{35}COOH$ commercialisé par la société Betaquimica. La charge naturelle utilisée est la farine de noyaux de dattes.

III.1.1 Le Polychlorure de vinyle

Tableau III.1: Propriétés physico-chimiques du polychlorure de vinyle [fiche technique].

Propriétés	Méthodes de mesures	Unités	Valeurs
Viscosité	ASTM D 1243	CSt (Centistokes) 1 CSt = 10^{-6} m ² /s	0, 89-1,03
Couleur			Blanche
Masse volumique	ASTM D 1885	g/cm ³	0,481-0,561
Tailles des particules <40µm	ASTM D 1921	%	Max.0, 5
Volatilité	CIRES 03.05	%	Max.0, 3

III.1.2 Additifs

III.1.2.1 Plastifiants

Tableau III.2: Propriétés physico-chimiques du DOP [fiche technique]

Caractéristiques	Méthodes	Unités	Valeurs
Aspect	-	-	Liquide huileux limpide
Masse moléculaire	-	g/mol	390,6
Densité à 20° C	ASTM D 1298-90	g/cm ³	0,982-0,986
Acidité	ASTMD1045-86	mg KOH/g	<0,1
Couleur	ASTMD1045-86	APHA	Max 40
Viscosité à 20° C	ASTM D 445-88	CSt	75 – 85
Teneur en ester	Chromatographie	%	99 – 99,8
Point d'inflammabilité	ASTMD93 - 90	°C	>90
Teneur en eau	ASTM E 203 – 90	ppm	<1000
Indice de réfraction ND 20	ASTM D-1045	-	1,485-1,487

III.1.2.2 Stabilisant thermique Ca/ Zn

Tableau III. 3: Propriétés physico-chimiques de stabilisant thermique (Ca/Zn) [fiche technique].

Caractéristiques	Méthodes	Spécification	Unités
Nom commercial		Reapak B-CV 3037	-
Apparence	Visuel	Poudre	-
Couleur	Visuel	Blanche	-
Masse volumique	APF00500	0,37	g.cm ⁻³

III.1.2.3 Lubrifiant

Tableau III.4: Propriétés physico-chimiques de l'acide stéarique [fiche technique]

Caractéristiques	Méthodes	Spécification	Unités
Nom commercial	NGDC10-1976	EDENORSTB	-
Indice de saponification		207 - 201	%
Nature		Liquide	-
Indice d'acide		0,2 max	-
Indice d'iode	NGDC32-1976	Max 0,5	-

III.1. 3 La farine des noyaux de dattes (FND)

Les noyaux de dattes collectés proviennent des dattes algériennes de variétés différentes, les noyaux collectés ont subi plusieurs étapes de pré traitement :

Séparation pulpe noyau : La séparation pulpe-noyaux est facile, elle se fait à la main.

Lavage : Nous avons procédé au lavage à l'eau froide, puis avec l'eau chaude pour éliminer les restes de la pulpe.

Séchage : Après lavage, les noyaux sont séchés à l'air libre afin de faciliter le broyage.

Broyage : Le broyage a été réalisé au moyen d'un broyeur à meules afin d'avoir de petits fragments qui sont à leur tour broyés à l'aide d'un moulin à café.

Tamissage : Le tamissage des noyaux a été effectué à travers plusieurs tamis et le diamètre des particules de la farine sélectionnées est inférieur à 200µm.

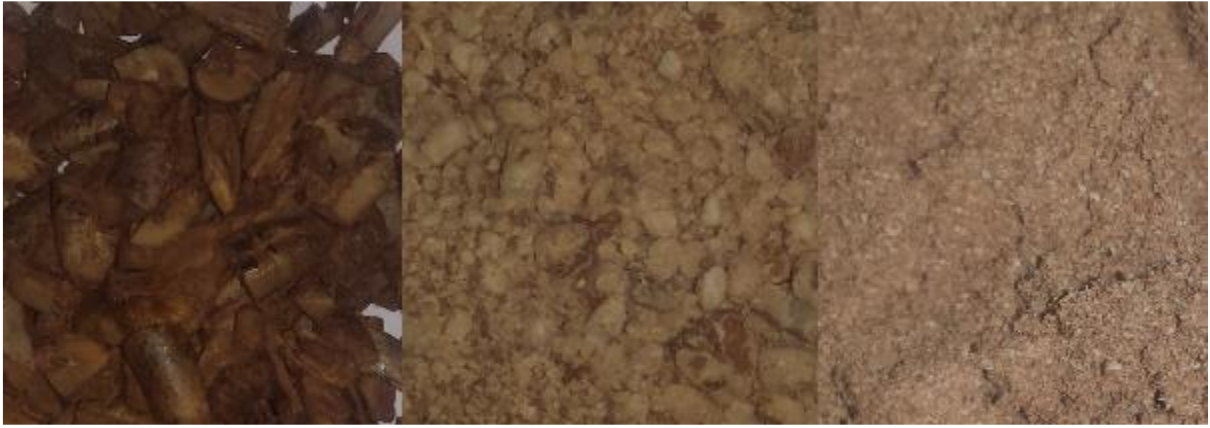


Figure III.1 : Etapes du broyage des noyaux de dattes.

III.2 Préparation des composites PVC/FND

III.2.1 Préparation des mélanges

La résine de PVC, les différents additifs (plastifiant, lubrifiant, stabilisant) présentés dans la figure III.2, sont mélangés dans un b cher à l'aide d'une spatule jusqu'à ce que le mélange devienne homogène. Ensuite, nous avons préparés 4 b cher. Dans chaque b cher nous avons introduit 100g de mélanges préparés et complété par (10, 20, 30,40) en masse par le FND (figure III.3). Les proportions du PVC et ses additifs ainsi que la composition des différentes formulations sont représentée dans les tableaux III.5 et III.6.



Figure III.2 : (a) Acide stéarique, (b) PVC, (c) Stabilisant Ca/Zn, (d) plastifiant(DOP).

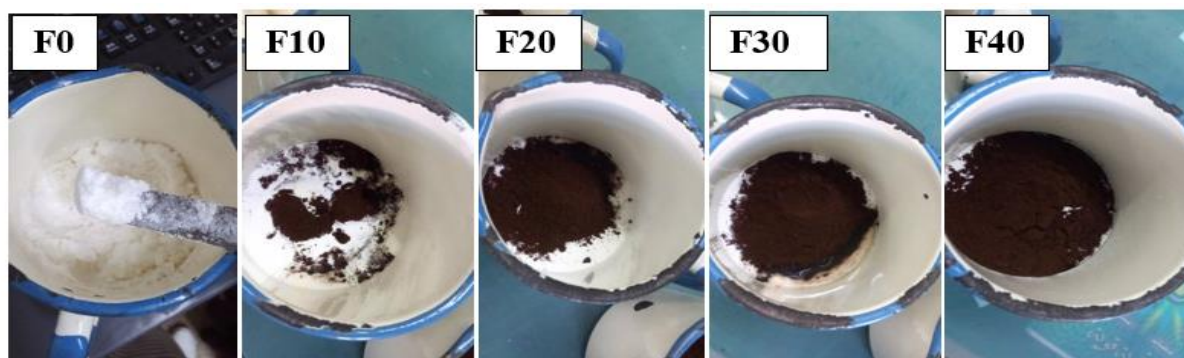


Figure III.3 : (F0) Mélange du PVC et additifs, (F10, F20, F30, F40) Mélange PVC/farine des noyaux de dattes.

Tableau III.5 : La composition du PVC et ses additifs.

Produits	PVC	DOP	Ca/Zn	Acide stérique
Quantité(g)	100	30	2 ,65	0,25

Tableau III.6 : La composition massique des différentes formulations des composites.

Formulation	F0	F10	F20	F30	F40
Produits					
PVC (%)	100	90	80	70	60
Farine des noyaux de dattes (%)	0	10	20	30	40

III.2.2 Elaboration des composites

La résine de PVC et les différents additifs notés F0, ainsi que les composites F10, F20, F30 et F40 sont préparés à l'aide d'une calandre à deux cylindre de marque Rodolfo Comero – Busto Arsizio (Italia) (figure III.5 et III.6) au niveau du laboratoire de l'unité CALPLAST– ENPC – Sétif. La température le long du mélangeur est maintenue à 160°C, avec une vitesse de 30 tr/min pendant un temps de 15 min. Les films obtenus (figure III.7) de 0.37mm d'épaisseur (figure III.8) sont laissées refroidir à l'air libre à température de 23,3C° (figure III.9) et découpées sous forme d'haltère (figures III.10 et III.11) afin de poursuivre les différents tests de caractérisation.



Figure III.4: La calandre.



Figure III.5 : Photo de la préparation des films.

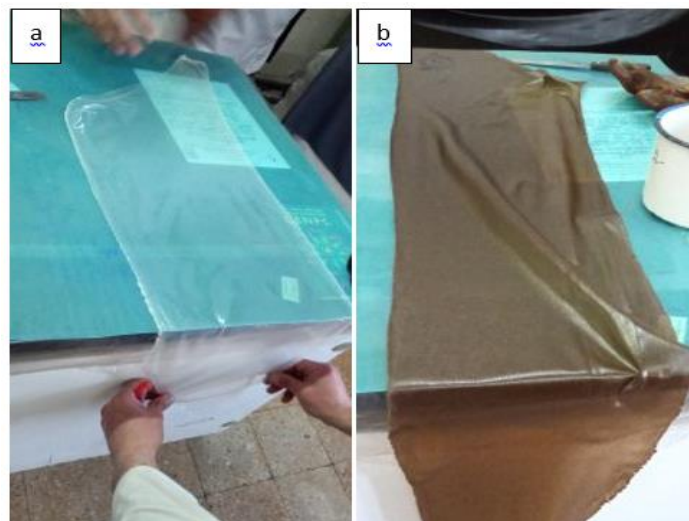


Figure III.6 : Les films (a) : PVC, (b) : Mélange PVC/FND.



Figure III.7 : Mesure de l'épaisseur des films.



Figure III.8 : Mesure de la température des films.



Figure III.9 : Découpage des films.

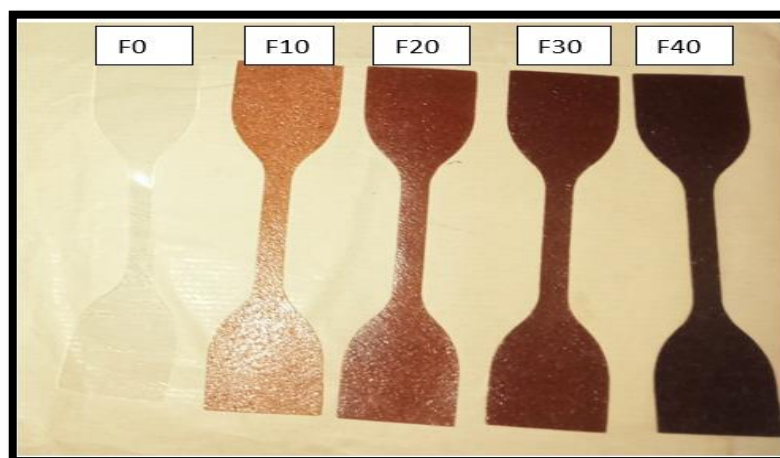


Figure III.10 : Les Eprouvettes.

III.3. Caractérisation des échantillons

III.3.1. Caractérisation mécaniques par le test de traction

Les essais de traction ont été effectués en laboratoire CALPLAST(ENPC) à Sétif. Les éprouvettes utilisées conformément à la norme d'haltère pour méthode B (figure III.12) ont les dimensions rapportées dans le tableau III.7.

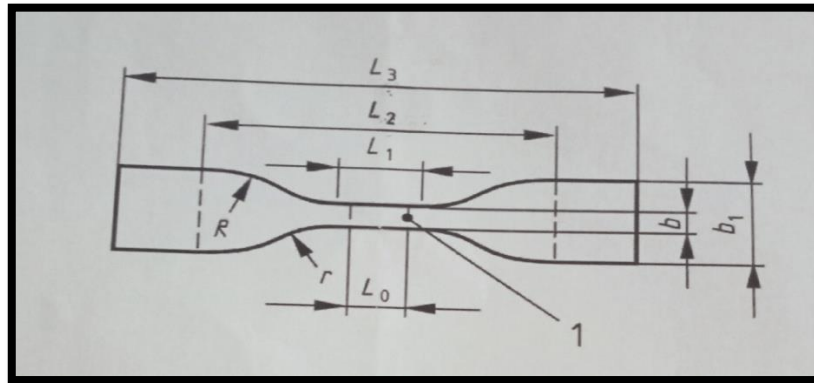


Figure III.11 : Éprouvette de forme d'haltère pour méthode B.

Tableau III.7. Les dimensions des éprouvettes.

	Longueur totale, min(L3)	Largeur (b)	Distance entre repères (L0)
Éprouvette (méthode B)	115	6	25

Ce test permet d'enregistrer les valeurs de l'allongement et de la contrainte à la rupture et d'en déduire le module de Young à l'aide d'une machine de traction de type JJ-TEST (figure III.13), à la température ambiante. Ils consistent à soumettre une éprouvette en forme d'haltère dans des mouvements d'un dynamomètre piloté par un micro-ordinateur. La vitesse de traction est de 25 mm/min. Cinq éprouvettes ont été utilisées pour chaque formulation.

Les propriétés en traction (module d'élasticité E , contrainte à la rupture σ_r , déformation à la rupture ε_r), sont évaluées à partir des courbes contrainte-déformation.

Le module d'élasticité s'exprime comme suit:

$$E = \sigma / \varepsilon \text{ (N/m}^2\text{)}$$

E : Module d'élasticité.

σ : Contrainte (N/m²).

ε : Allongement.

La contrainte à la rupture est donnée par l'expression suivante:

$$\sigma_r = F / S \text{ (N / m}^2\text{)}$$

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

S : Section initiale (m²).

L'allongement à la rupture est indiqué en pourcentage sous la forme suivante:

$$\epsilon_r = \Delta l / l_0 \text{ (\%)}$$

$\Delta l = l - l_0$: Déformation à la rupture.

l_0 : Longueur initiale de l'éprouvette.

l : Longueur finale de l'éprouvette.



Figure III.12 : Machine de traction.

III.3.2 Etude des propriétés physiques

III.3.2.1 Mesure du taux d'humidité

L'échantillon est pesé (m_0). Il est placé dans une étuve à 80°C pendant 24h. L'échantillon est ensuite retiré de l'étuve et pesés (m_1). La teneur en matière sèche est donnée par la formule suivante:

$$\%MS = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \times 100$$

Avec : % MS= la matière sèche

$$\%Th = 100 - \%MS$$

Th: Taux d'humidité



Figure III.13 : (a)étuve, (b) des éprouvettes dans l'étuve.

III. 3.2.2 Test d'absorption d'eau :

Ce test a été réalisé au niveau du laboratoire de Génie des Procédés à l'université 20 Août 1955, Skikda. L'absorption d'eau des composites a été analysé par immersion des échantillons dans l'eau distillé à la température ambiante pendant 24h avec un suivi périodique de l'augmentation de poids des éprouvettes.

Avant d'effectuer ce test, les éprouvettes sont séchées dans une étuve à 60 °C pendant 24 heures pour éliminer l'humidité absorbée, puis sont refroidis dans un dessiccateur et pesés immédiatement m_0 . Les échantillons sont ensuite immergés dans un béccher rempli d'eau distillée à température ambiante. Des prélèvements périodiques chaque 24 heures, sont effectués, l'eau à la surface de l'échantillon est absorbée avec un papier-absorbant et l'échantillon est pesé de nouveau m_i . L'absorption d'eau des composites est calculée par l'équation suivante :

$$\text{Taux d'absorption d'eau(\%)} = \frac{m_i - m_0}{m_0} * 100$$

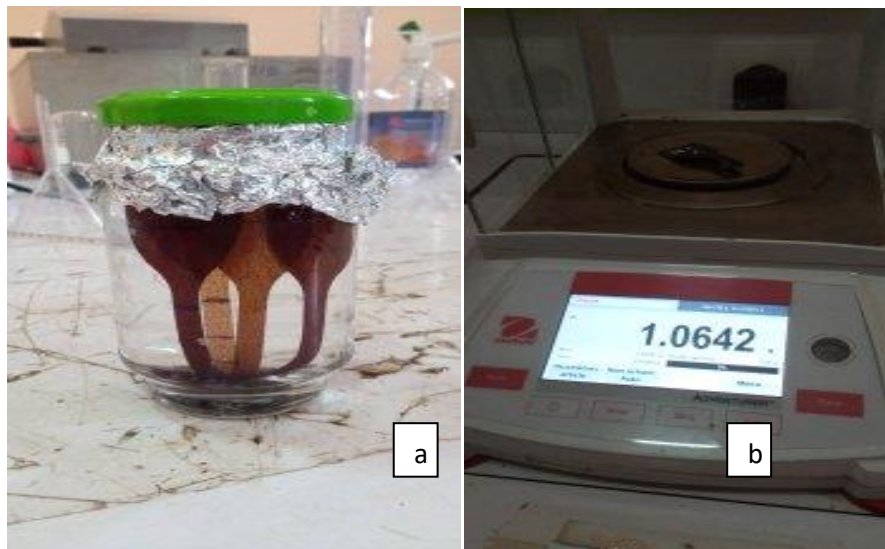


Figure III.14 : (a)Les éprouvettes dans l'eau distillée, (b) Balance.

III .3.2.3 Détermination de la densité des composites

La détermination de la densité a été effectuée par la méthode pycnométrique selon la norme NFT51063. Ce test a été réalisé au niveau de laboratoire de Génie des Procédés à l'université 20 Août 1955, Skikda.

Pour réaliser ce test nous avons procédé aux étapes suivantes :

Le pycnomètre est rempli avec l'eau distillée et a été pesé (m_1). Ensuite un petit morceau de l'échantillon de masse (m_2) a été introduit dans la fiole en ajustant le bouchon et essuyant l'excès d'eau débordé, le pycnomètre contenant notre échantillon a été pesé (m_3). La densité a été calculée à partir de la formule suivante :

Avec :

$d_{\text{éch}}$: la densité de l'échantillon.

m_0 : la masse du pycnomètre vide.

m_1 : la masse du pycnomètre plein de liquide (l'eau).

m_2 : la masse de l'échantillon seul.

m_3 : la masse du pycnomètre plein de liquide avec l'échantillon immergé.

d_{eau} : la densité du liquide utilisé (l'eau).

$$d_{\text{éch}} = \frac{m_1 - m_0}{(m_3 - m_0) - (m_2 - m_1)} d_{\text{eau}}$$



Figure III.15 : Bain marin (Mammert)

III.4 Caractérisation de surface par microscopie optique :

L'état de surfaces des composites et la dispersion de la farine de noyaux de datte dans la matrice PVC ont été visualisés en utilisant la microscopie optique de mark OPTIKA Microscopies ITALY avec un agrandissement HC4x0.1 160/0.17.



Figure III.16 : Microscopies optique.

Chapitre IV
Résultats et
Discussions

Les propriétés physiques, mécaniques et morphologiques des composites élaborés en fonction de taux de charge ont été étudiées.

IV.1 Caractérisation physique

IV.1.1 Taux d'humidité

Le taux d'humidité des composites PVC/FND en fonction de taux de charge a été mesuré et les résultats obtenus sont présentés dans la figure IV.1.

A travers la courbe illustrée sur la figure IV.1, nous remarquons une augmentation de la quantité d'humidité avec l'augmentation de taux de FND pour tous les composites et par rapport au PVC pur. Cette augmentation est due au type de charge utilisé qui a un caractère hydrophyle.

Les résultats que nous avons obtenus sont en accord avec ceux trouvés par **Sombatsompop** et **Chaochanchaikul [1]**, pour les composites PVC/Farine de bois. Ils ont montré que les propriétés mécaniques du matériau varient de façon complexe selon le taux d'humidité des fibres et le taux de renfort. Pour un faible taux d'humidité (0,5-1%), le module élastique en traction et la contrainte à la rupture du composite chutent et l'allongement à la rupture augmente. Pour des taux d'humidité plus élevés (2-3%), l'effet contraire est observé.

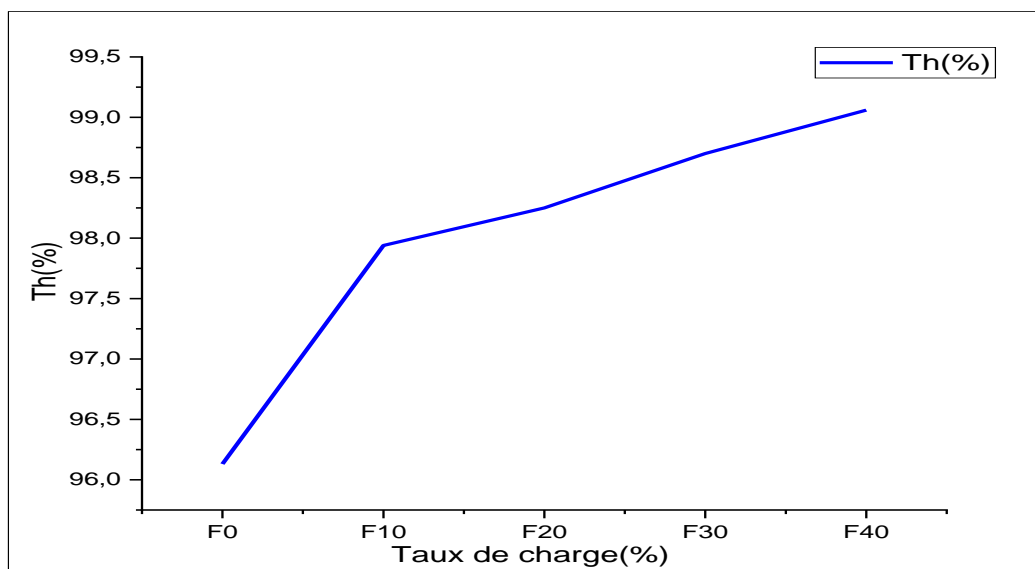


Figure IV.1: Évolution du taux d'humidité des composites PVC/FND en fonction du taux de charge.

IV.1.2 Évolution des propriétés physiques des composites élaborés par la mesure de taux d'absorption d'eau

L'évolution du taux d'absorption d'eau absorbé par le PVC et par les composites PVC/FND en fonction de taux de charge présentée dans la matrice et avec le temps d'immersion est présentée dans la figure IV.2.

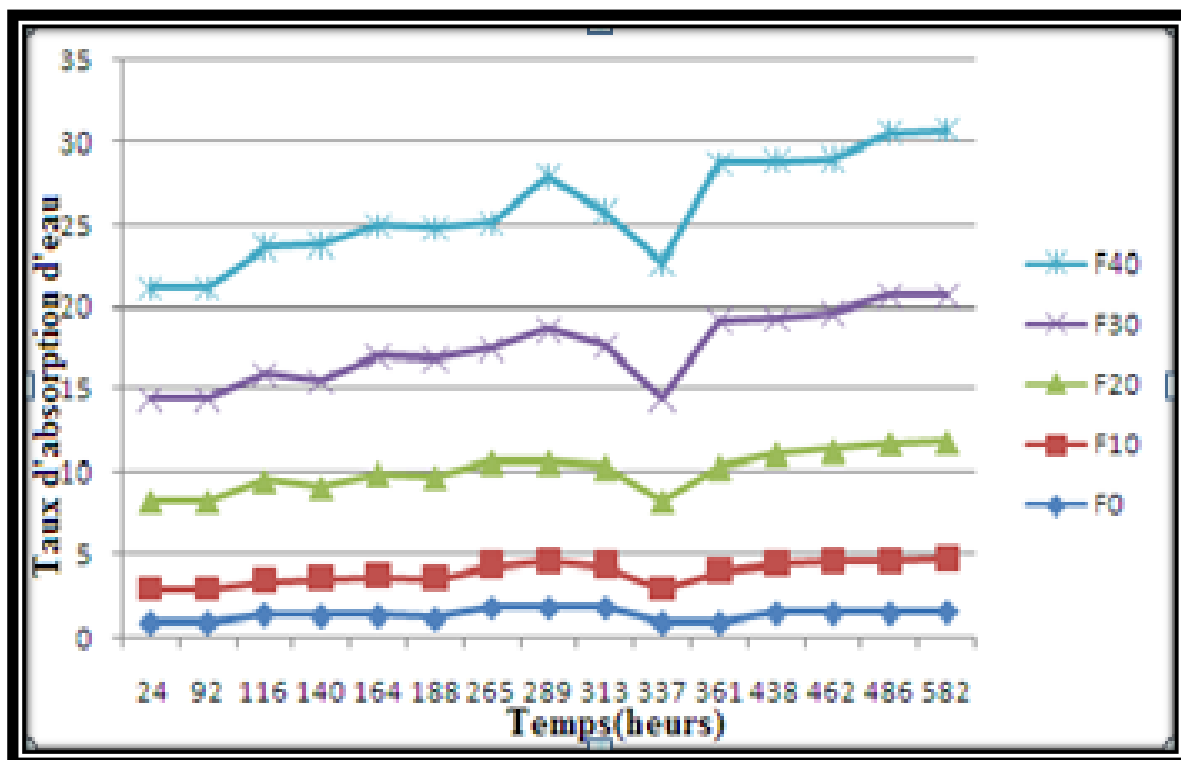


Figure IV.2: Évolution du taux d'absorption d'eau de PVC et des composites PVC/FND avec le taux de charge

A travers les courbes présentées dans la figure IV.2, on remarque une augmentation notable dans le taux d'absorption d'eau avec le temps d'immersion et avec l'augmentation du taux en farine des noyaux de dattes. On note également que le PVC pur, a enregistré une absorption d'eau négligeable, ceci est dû à la nature hydrophobe de ce polymère.

Les composites PVC/FND ont absorbé une quantité d'eau beaucoup plus grande que le polymère, ceci est dû au caractère hydrophile de la farine de noyaux de datte. En effet, les groupements hydroxyles présentés dans la structure de cellulose le constituant principale des charges naturelles, forment des liaisons hydrogènes avec les molécules d'eau. De ce fait, plus le taux de charge augmente, plus la concentration en groupement OH des composites est élevée et le taux d'absorption d'eau devient plus important.

Ces résultats sont en accord avec ceux observés par **N. BELLILI [3]**, pour les composites PP/farine de marc de café.

K. C. Manikandan Nair et al [4], ont constaté aussi que l'absorption d'eau des composites PS/ Fibre de sisal augmente avec le taux de renfort dans la matrice PS et diminue avec les différentes modifications des fibres. Une augmentation du taux d'absorption d'eau avec le temps d'immersion et le taux de la farine de grignon d'olive dans la matrice de polystyrène a été remarquée par **H. Boussahel [5]**.

IV 1.3 Test de densité

L'évolution de la densité des composites PVC/Farine des noyaux de dattes en fonction du taux de charge introduite dans la matrice est illustrée sur la figure IV.3. D'après les résultats obtenus, on remarque que la densité n'a pas changé avec l'augmentation de taux de charge. Sur ceci, on peut conclure que l'incorporation de la farine des noyaux de dattes n'a pas d'influence sur la densité des composites élaborés.

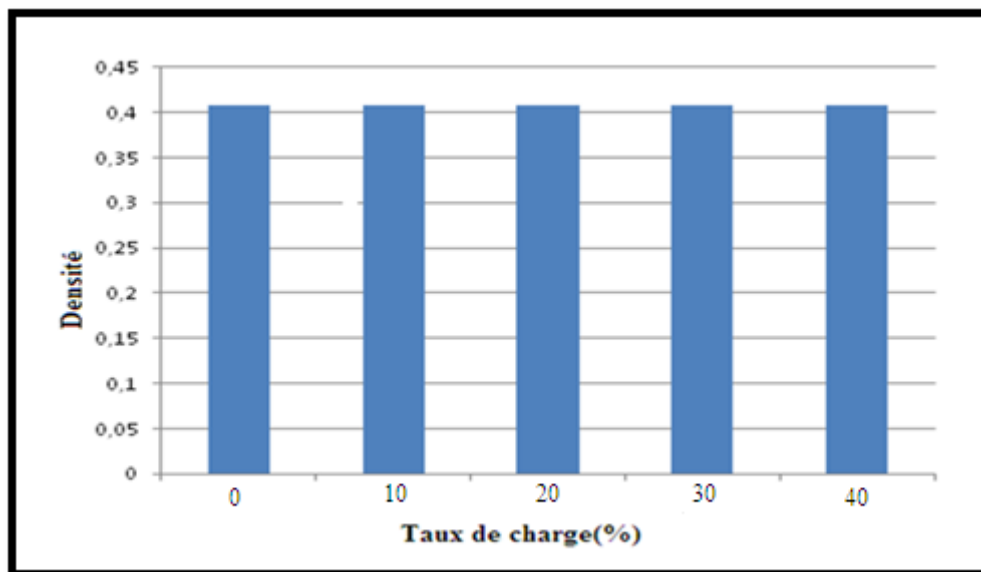


Figure IV. 3: Évolution de la densité des composites PVC/FND en fonction du taux de charge.

IV.2 Caractérisation mécaniques

L'effet du taux de charge sur les propriétés mécaniques des composites PVC/ FND a été étudié par le test de traction. Les caractéristiques mécaniques étudiées sont : la contrainte à la rupture (σ_r), l'allongement à la rupture (ϵ_r) et le module d'Young (E).

IV.2.1 Module d'Young

Les résultats de l'évolution du module d'Young en fonction du taux de charge sont illustrés sur la figure IV.4. Ces résultats, montrent que l'introduction de la farine des noyaux de dattes dans la matrice PVC, augmente le module d'Young. Cette augmentation est de tant plus grande que le taux de charge augmente. L'augmentation de la rigidité des matériaux qui se traduit par l'augmentation du module d'Young, est due à la rigidité des particules de FND. Ces résultats sont en accord avec les résultats observés par **Rosario et al [6]**, Ils ont montré que 30 % de taux de fibres de sisal dans une matrice de polypropylène (PP) provoquaient une augmentation de 70 % du module d'Young.

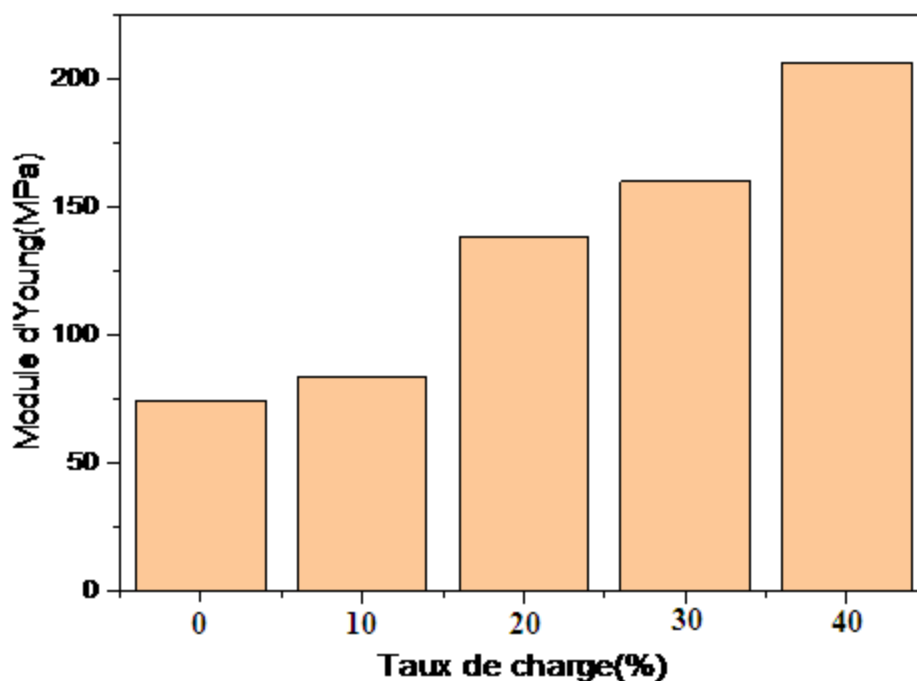


Figure IV.4 : Évolution du module d'Young du PVC et des composites PVC / FND en fonction de taux de charge.

IV.2.2 L'allongement à la rupture

L'évolution de l'allongement à la rupture des différentes formulations en fonction du taux de charge est illustrée sur la figure IV.5. On remarque une diminution significative de l'allongement à la rupture de 351,04% pour F0 à 153,68%, 155,93%, 115,90% et 72,38% en introduisant 10, 20, 30 et 40% de la FND respectivement dans la matrice PVC. Cette diminution est principalement due à l'incorporation des fibres lignocellulosiques du caractère rigide dans la matrice PVC, ce qui réduit la mobilité des chaînes polymériques et accélère la rupture des échantillons à de faibles contraintes. D'après d'autres travaux de

recherches, les fibres peuvent agir comme des défauts ou des sites fragiles qui réduisent la résistance des composites.

Bellili et al. [7], ont constaté que l'incorporation de la farine de grignons d'olives dans le polymère PVC a provoqué une réduction de la résistance à la traction et l'allongement à la rupture. Une diminution d'environ 7% de la résistance à la traction, et une diminution de 80% de l'allongement à la rupture des composites par rapport au PVC non chargé a été observée. Ils ont attribué cette diminution à la faible adhérence interfaciale entre la charge et la matrice polymère.

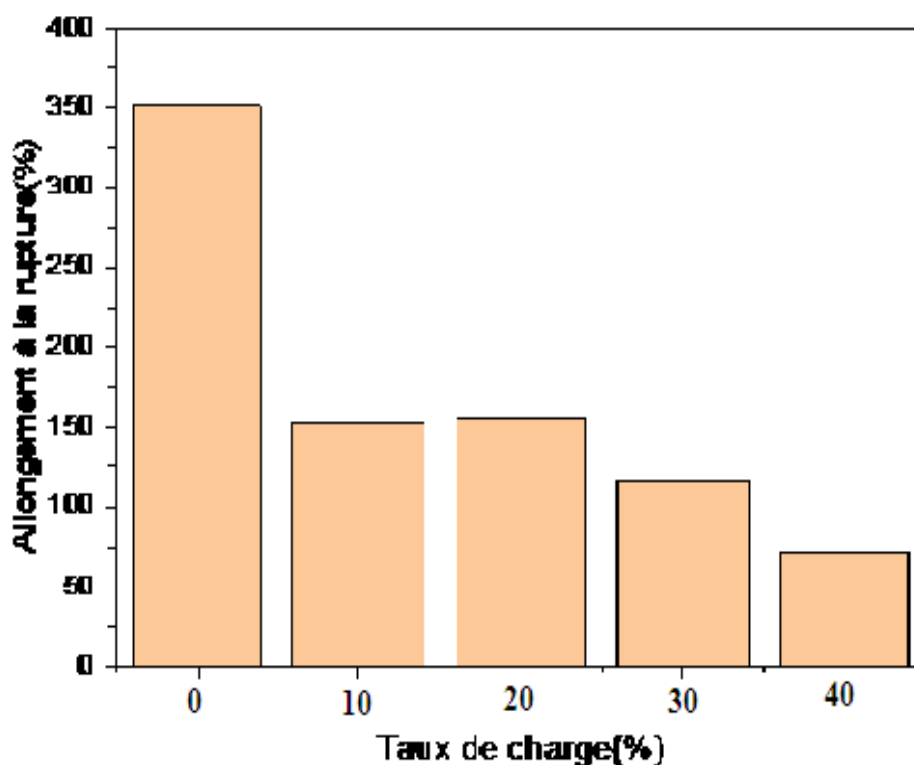


Figure IV.5 : Evolution de l'allongement à la rupture du PVC et des composites PVC/FND en fonction du taux de charge.

IV.2.3 La contrainte à la rupture

L'évolution de la contrainte à la rupture des différentes formulations en fonction du taux de charge est illustrée sur la figure IV.6. On constate une diminution de ce paramètre pour les composites chargés avec la farine des noyaux de dattes comparées au PVC vierge. Une baisse de 11,10% pour F10 à 10,69%, 6,62 %, 5,26% pour les formulations F20, F30 et F40 respectivement est enregistrée.

Kaci et al. [8] ont attribué cette baisse à la diminution de la force de liaison entre la fibre et la matrice qui obstrue la propagation d'effort. Cette diminution augmente au fur et à mesure que le taux de charge augmente, ce qui est lié à l'incompatibilité entre la matrice polymérique et les fibres végétales, due à la présence des groupements hydroxyles hydrophiles à la surface de la fibre qui réduit l'interaction interfaciale avec la matrice polymérique à caractère fortement hydrophobe.

El-Shekeil et al, et Panaitescu et al [9, 10], ont constaté qu'à partir d'une certaine proportion de renfort, le composite présente une mauvaise dispersion des fibres et la formation d'un matériau hétérogène ce qui conduit à une baisse des performances des propriétés mécaniques.

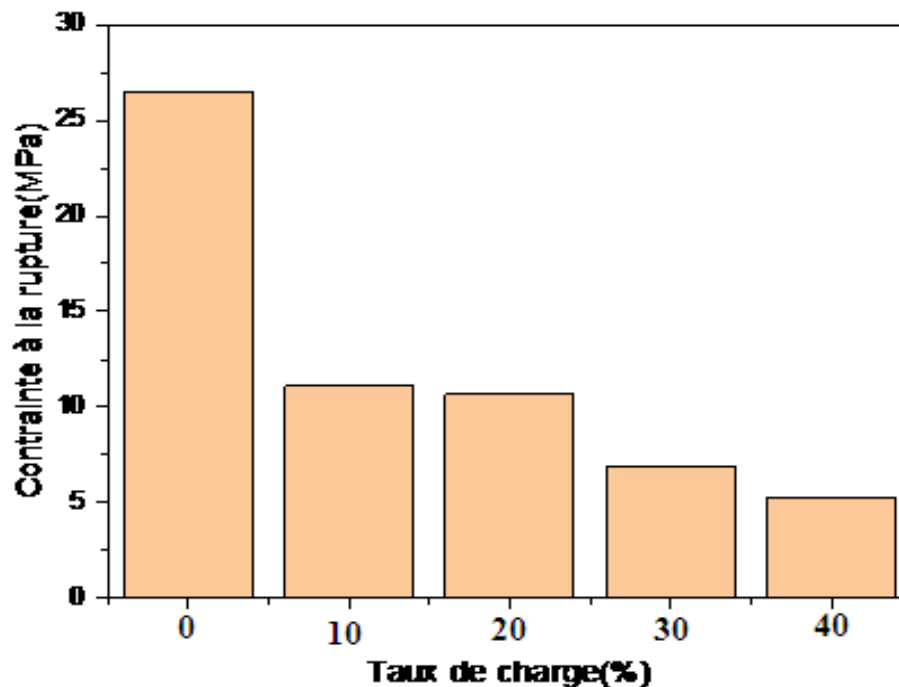


Figure IV.6 : Évolution de la contrainte à la rupture du PVC et des composites PVC/FND avec le taux de charge.

IV.3 Analyse morphologique par la microscopie optique

La dispersion de la farine de noyaux de datte dans la matrice PVC a été étudiée en utilisant la microscopie optique, et les micrographies obtenues sont présentées dans la figure IV.7.

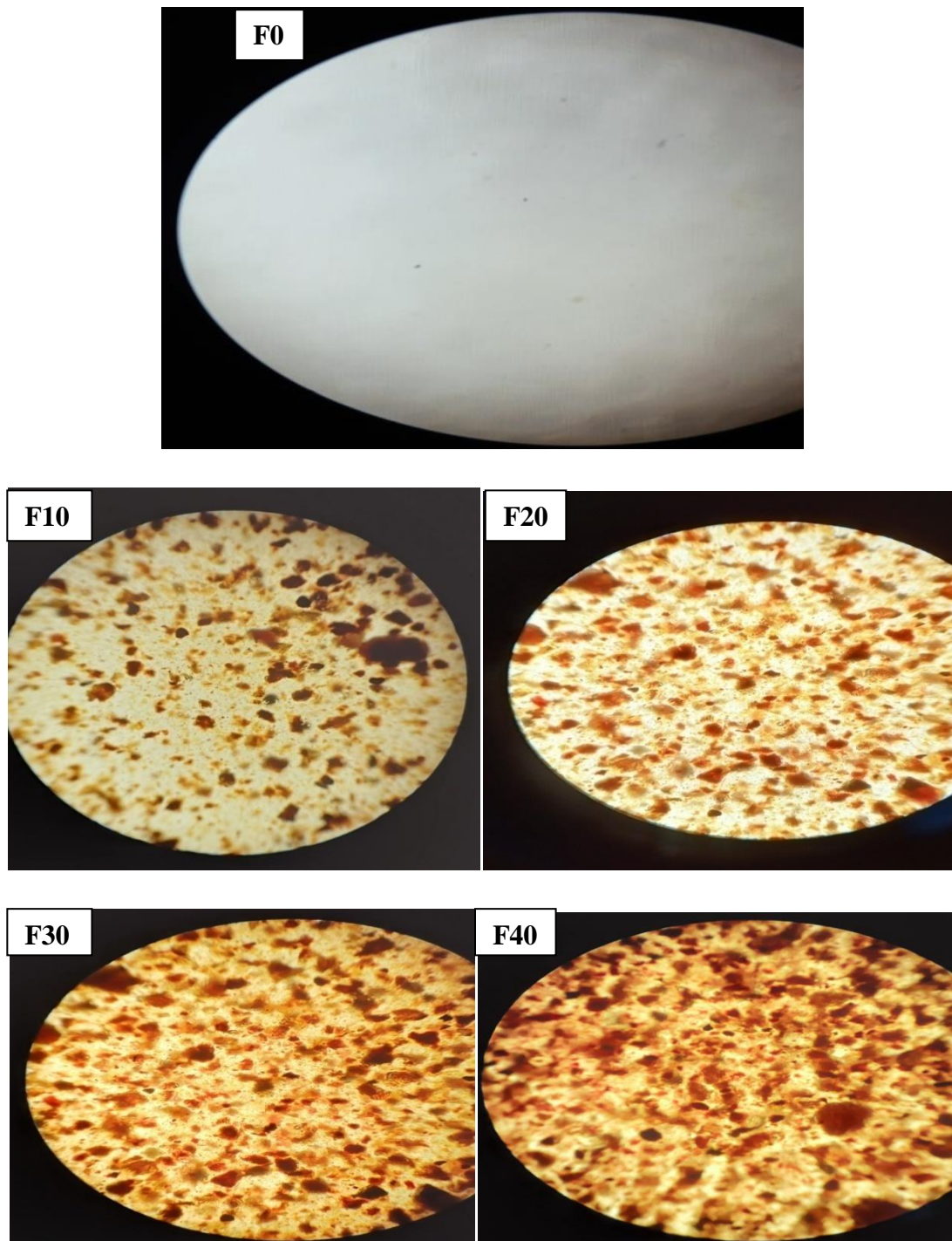


Figure IV.7: Effet du taux de charge sur la morphologie des composites obtenue par la microscopie optique.

En analysant les images présentées dans la figure IV.7, on remarque que la micrographie de PVC montre une seule phase. Par contre les micrographies des composites présentent une dispersion des particules de la charge dans la matrice de PVC. On observe la formation des agglomérats et une mauvaise dispersion de la farine de noyaux de datte dans la matrice

PVC. Ces agglomérats augmentent avec l'augmentation de taux de charge. Ceci est dû à la mauvaise addition interfaciale entre le renfort et le PVC.

Références bibliographique

- [1] **N. Sombatsompop, K. Chaochanchaikul.**Effect of moisture content on mechanical properties, thermal and structural stability and extrudate texture of poly(vinyl chloride)/wood sawdust composites, *Polymer International*, **53**(9):1210-1218 (2004).
- [2] **F. Vilaseca, A. López, X. Llauro, M. A. Pèlach, P. Mutjé.**Hemp Strands as Reinforcement of Polystyrene Composites, *Chemical Engineering Research and Design*, **82**: 1425–1431(2004).
- [3] **N. Bellili., H. Djidjelli., A. Boukerrou., B. Dairi., R. Bendib.** Effect of acetylation on composite materials based on polypropylene/coffee husk waste Composites: Mechanics, Computations, Applications: An International Journal, **11**(4):1–14 (2020).
- [4] **K. C. Manikandannair, S. Thomas,**Effect of Ageing on the Mechanical Properties of Short Sisal Fibre Reinforced Polystyrene Composites, *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, **16**: 249-271(2003).
- [5] **H. Boussahel,** Etude des moyens de stabilisation des composites à base de polystyrène. Thèse de doctorat, Université Mohamed Khider- Biskra (2018).
- [6] **F. Rosario, W. M. Pachekoski., A. P. J Silveira., S. F. Santos., H. S Junior., & S. A. Casarin,** Resíduos de sisal com reforço em compósitos de polipropileno virgem e reciclado. *Ciência e Tecnologia*, **21**(2): 90-97(2011).
- [7] **N. Bellili, H. Djidjelli, A. Boukerrou., F.O. C. Barres,** Fenouillot, Mechanical and Thermal Properties of Poly (vinyl chloride) /Olive Residue Flour Blends Treated by Gamma Irradiation, *Journal of Vinyl and Additive Technology*, **22** (3): 273–278, (2014).
- [8] **M. Kaci., H. Djidjell., A. Boukerrou., L. Zaidi,** Effect of wood filler treatment and EBAGMA compatibilizer on morphology and mechanical properties of low density polyethylene/olive husk flour composites, *Express Polymer Letters*, **65**:467–473 (2007).
- [9] **Y.A., EL-Shekeil., S. M., Sapuan., M., Jawaid., O.M., Alshujaa,** Influence of fiber content on mechanical, morphological and thermal properties of kenaf fibers reinforced poly (vinyl chloride)/thermoplastic polyurethane poly-blend composites, *Materials and Design*, **58**:130–135 (2014).

[10] **M.D. Panaitescu, M. Iorga, Z. Vuluga, D. Donescu, M. Dan .SERBAN, D. Severet Florea,** L'effet de l'interface dans les composites de fibres naturelles et de matières plastiques. *Revue Roumaine de Chimie*, 52 :409–414(2007).

Conclusion générale

Conclusion générale

L'étude réalisée dans ce travail a pour objectif d'élaborer des composites à base de polychlorure de vinyle renforcés par la farine des noyaux de dattes avec différents taux de charge, allant de 10 à 40%. Nous nous sommes intéressés particulièrement au problème de l'absorption d'eau des composites et son impact sur leurs propriétés mécaniques.

L'étude expérimentale a été menée en trois étapes :

- La première étape consistait à la préparation de la charge utilisée dans la préparation des composites.
- La deuxième étape a été consacrée à l'élaboration des composites PVC/FND, par procédé calandrage.
- La troisième étape consistait à évaluer les propriétés mécaniques, physiques et morphologiques des composites PVC/FND élaborés.

L'analyse des résultats expérimentaux enregistrés, nous ont permis de tirer les principales conclusions suivantes :

_ La nature hydrophile de la charge utilisée est confirmée par l'augmentation du taux d'humidité et du taux d'absorption d'eau avec l'augmentation du taux de charge incorporé dans la matrice PVC.

_ La densité des composites n'est pas affectée par l'incorporation de la FND dans la matrice PVC.

_ la nature rigide des particules de la farine de noyaux de datte entraîne une augmentation de la rigidité des matériaux ce qui conduit à l'augmentation du module d'Young. Cette augmentation de la rigidité a réduit la mobilité des chaînes polymériques et accéléré la rupture des échantillons à de faibles contraintes.

_ la forte affinité de la charge avec l'eau provoque le regroupement des particules de cette dernière en formant des agglomérats. Ceux-ci peuvent agir comme des défauts ou des sites fragiles qui faiblissent l'adhérence interfaciale entre la charge et la matrice polymère et réduisent la résistance des composites.

Annexe

Annexe

Tableau IV.1 : Taux d'humidité des matériaux préparés

	F0	F10	F20	F30	F40
Th(%)	96,13	97,94	98,25	98,70	99,06

Tableau IV. 2 : L'évolution du taux d'absorption d'eau de composites PVC/FND en fonction du temps

Temps(H)	F0	F10	F20	F30	F40
24	0,88	2,08	5,26	6,25	6,66
92	0,88	2,08	5,26	6,25	6,66
116	1,4	2,01	6,10	6,51	7,61
140	1,31	2,29	5,47	6,42	8,28
164	1,31	2,39	6,21	7,14	7,90
188	1,31	2,39	6,21	7,14	7,90
265	1,80	2,60	6,21	6,87	7,61
289	1,80	2,81	6	8,03	9,23
313	1,80	2,60	5,89	7,32	8,19
337	0,88	2,08	5,26	6,25	8,19
361	0,88	3,12	6,31	8,92	9,52
438	1,48	3,02	6,63	8,21	9,52
462	1,48	3,22	6,63	8,30	9,33
486	1,48	3,22	7,05	8,92	9,90

582	1,56	3,22	7,05	8,83	10
-----	------	------	------	------	----

Tableau IV.3 : Valeurs de densité des composites élaborés

	F0	F10	F20	F30	F40
La densité	0,4084	0,4084	0,4085	0,4084	0,4085

Tableau IV.4 : Module d'Young de composite PVC /FND en fonction de taux de charge

	F0	F10	F20	F30	F40
Moule d'Young(MPa)	73,4	83,75	138,50	159 ,95	206,1

Tableau IV.5 : L'allongement à la rupture des composites PVC/FND en fonction de taux de charge

	F0	F10	F20	F30	F40
L'allongement à la rupture(%)	351,04	153,68	155,93	115,90	72,38

Tableau IV.6 : La contrainte à la rupture des composites PVC/FND en fonction de taux de charge

	F0	F10	F20	F30	F40
Contrainte à la rupture	26,49	11,10	10,69	6,62	5,26

ملخص:

من أجل تقليل الاستهلاك الهائل من PVC ، الذي يسبب مشاكل بيئية ، واستعادة نفايات lignocellulosic تعد مركبات الألياف الطبيعية جزءًا من السياق المناسب الذي سيجعل من الممكن الاستجابة للقضايا البيئية والاقتصادية والاجتماعية بفضل تكلفتها المنخفضة الكثافة ، والمتجددة وقابلية التحلل البيولوجي الهدف من هذا العمل هو دراسة تأثير امتصاص الماء على الخواص الميكانيكية لمادة جديدة تتكون من مصفوفة PVC بالحرارة معززة بدقيق نواة التمر تم تحضير تركيبات مختلفة تعتمد على البولي فينيل كلوريد / دقيق نوى التمر بمعدلات تحميل مختلفة تتراوح من 10 إلى 40%. تميزت المواد المطورة بتقنيات تحليل مختلفة وهي الاختبارات الميكانيكية والفيزيائية والصرافية النتائج المسجلة تشير إلى تحسن في صلابة المركبات أدت صلابة جزيئات الحشو إلى تسريع فشل العينات عند ضغوط منخفضة بواسطة الصور المجهرية التي تم الحصول عليها بواسطة المجهر الضوئي قلل هذا التغيرات من أداء الخواص الميكانيكية للمركبات المنتجة الكلمات المفتاحية: مواد مركبة ، بولي فينيل كلورايد ، دقيق حجر التمر

Résumé :

Dans le but de réduire la consommation massive du PVC qui engendre des problèmes environnementaux, et de valoriser les déchets lignocellulosiques, les composites à fibres naturelles s'inscrivent dans un contexte favorable qui permettra de répondre à des enjeux environnementaux, économiques et sociaux grâce à leurs propriétés de faible coût, faible densité, renouvelables et de biodégradabilité.

L'objectif de ce travail est l'étude de l'effet de l'absorption d'eau sur les propriétés mécaniques d'un nouveau matériau constitué d'une matrice thermoplastique PVC renforcée par la farine des noyaux de dattes.

Différentes formulations à base de polychlorure de vinyle/farine des noyaux de dattes ont été préparées avec différents taux de charge allant de 10 à 40 %. Les matériaux élaborés ont été caractérisés par diverses techniques d'analyse, à savoir : tests mécaniques, physiques et morphologiques. Les résultats enregistrés indiquent une amélioration de la rigidité des composites. Le caractère rigide des particules de la charge a accéléré la rupture des échantillons à de faibles contraintes. La nature hydrophobe de la farine de noyaux de datte conduit à une mauvaise dispersion des fibres dans la matrice et à la formation d'un matériau hétérogène, ceci est confirmé par les

micrographies obtenues par le microscope optique. Cette hétérogénéité a réduit les performances des propriétés mécaniques des composites élaborés.

Mots clés : Matériaux composites, Polychlorure de vinyle, Farine des noyaux de datte

Abstract:

In order to reduce the massive consumption of PVC which causes environmental problems, and to recover lignocellulosic waste, natural fiber composites are part of a favorable context which will make it possible to respond to environmental, economic and social issues thanks to their low cost, low density, renewable and biodegradability properties.

The objective of this work is the study of the effect of water absorption on the mechanical properties of a new material consisting of a thermoplastic PVC matrix reinforced by the flour of date kernels.

Different formulations based on polyvinyl chloride/flour of date pits were prepared with different loading rates ranging from 10 to 40%. The materials developed were characterized by various analysis techniques, namely: mechanical, physical and morphological tests. The results recorded indicate an improvement in the rigidity of the composites. The stiffness of the filler particles accelerated the failure of the samples at low stresses. The hydrophyte nature of the date stone flour leads to poor fiber dispersion in the matrix and the formation of a heterogeneous material; this is confirmed by the micrographs obtained by the optical microscope. This heterogeneity reduced the performance of the mechanical properties of the composites produced.

Keywords: Composite materials, polyvinyl chloride, Date stone flour