



Université Mohamed Khider de Biskra  
Entrez votre faculté  
Entrez votre département

# MÉMOIRE DE MASTER

**Domaine : Sciences et Techniques**  
**Filière : Génie Mécanique**  
**Spécialité : Energétique**

Réf. : Entrez la référence du document

---

Présenté et soutenu par :  
**Kaddour Imane**

Le : dimanche 26 juin 2022

## **Contribution à la valorisation énergétique d'un néo-biomatériau par des méthodes indirectes**

---

### **Jury :**

Mr	<b>Adel Benchabane</b>	Pr	Université de Biskra	président
Mr	<b>Noureddine Belghar</b>	Pr	Université de Biskra	Rapporteur
Mr	<b>Fouad Chabane</b>	CMB	Université de Biskra	Examineur

dédicace

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes chère parent pour leurs affection et soutien,*

*A mon frère et mes chers sœurs,*

*A mon fiancé Ayoub*

*A tous ceux que nous aimons et surtout qui nous aiment*

### Remerciement

Je veux remercier tout d'abord mon dieu Allah le tout puissant de m'avoir donné la force pour survivre, ainsi que l'audace pour dépasser toutes les difficultés.

J'ai le grand plaisir que j'ai eu l'occasion de réaliser mon mémoire de Master ceux la direction de **Pr. Noureddine Belghar** qui je précise le premier et le très grand remerciement à lui, j'ai particulièrement apprécié ses encouragements, ses conseils, et sa disponibilité durant la réalisation de ce travail.

Mes remerciements s'adressent aussi **Dr. Adel Benchabane** et **Dr. Fouad Chaabane** pour avoir accepté d'examiner ce travail et participer au jury.

J'exprime mes sincères remerciements à **Mr. Kethiri Aymen** et **Momen Saleh** pour son aide et ces conseils.

Enfin, je veux remercier toute personne ayant aidé de près ou loin pour la réalisation de ce travail.

**Grand merci à tous**

# TABLE DE MATIERES

---

## Table de matières

Dédicace.....	i
Remerciement .....	ii
Table de matières.....	iii
Liste des figures.....	iv
Liste des tableaux.....	v
Nomenclatures.....	vi
Introduction générale.....	1

### Chapitre I : Revue bibliographique

I.1. Introduction.....	3
I.2 Synthèse bibliographique .....	3
I.3 Conclusion .....	6

### Chapitre II : Notions sur la gestion des restes du palmier dattier

II.1 Introduction .....	7
II.2 Généralité sur les déchet vert .....	7
II.2.1 Définition .....	7
II.2.2 Classification des déchets verts .....	8
II.2.3 La gestion des restes du palmier dattier .....	9
II.2.3.1 Le traitement des déchets. ....	10
II.2.4 Les palmiers dattiers en Algérie.....	10
II.2.5 Les caractérisations des déchets.....	11
II.2.5.1 Structure et morphologie .....	11
II.2.5.2 Propriétés mécaniques.....	12
II.2.5.3 Propriétés physique.....	13
II.2.5.4 Propriétés thermophysiques.....	14
II.3 Généralité sur les constituants .....	15
II.3.1 La définition.....	15

## TABLE DE MATIERES

---

II.3.2 la cause de recyclage .....	15
II.4 Généralité sur le transfert de chaleur .....	16
II.4.1 Introduction.....	16
II.4.2 Expressions des flux d'énergie.....	17
II.4.3 Les nombres sans dimension.....	20
II.5 Définition du Polypropylène (PP) .....	23

### Chapitre III : Materiaux et methodes

III.1 Introduction .....	24
III.2 La méthode de préparation des échantillons.....	24
III.3. Techniques expérimentales.....	25
III.3. 1. Caractérisation et calcul des propriétés physique .....	25
III.3. 1.1. La masse volumique.....	25
III.3. 1.2 Microscopie électronique à balayage (MEB) .....	25
III.3. 1.3 Analyse spectrométrie infra rouge (FTIR).....	26
III.3. 2 Valorisation Thermique.....	26
III.3. 2.1-Essai du Rayonnement .....	26
III.3. 3.2. Essai de La convection .....	28
III.3. 2.2.1.Essai 1a évaluation de la plaque plane .....	28
III.3. 2.3.La capacité calorifique massique Cp.....	29

### ChapitreIV: Resultats

VI.1.Introduction.....	31
IV.2. . Caractérisation et calcul des propriétés physique .....	31
IV.2.1.Microscopie électronique à balayage (MEB) .....	31
IV.2.2.Analyse spectrométrie infra rouge (FTIR) .....	32
IV.3.Valorisation Thermique .....	33
IV.3.1.Essai du Rayonnement .....	33
IV.3.2.Essai de La convection .....	37
Conclusion .....	63

## TABLE DE MATIERES

---

III.3.4.Conclusion générale .....	64
Référence bibliographique.....	vii

### Listes des figures

<b>Figure II.1:</b> Différents parties de la palme [8].....	9
<b>Figure II-2 :</b> Images MEB d'une fibre de bois de palmier dattier : vue longitudinale (A), vue transversale (B), zoom de la vue transversale (C) [24] .....	11
<b>Figure II-3 :</b> Images MEB d'une fibre de palmier dattier : vue longitudinale (A), vue transversale dans une matrice polymère (B) [25].....	12
<b>Figure II-4 :</b> Courbe typique contrainte-déformation des fibres de palmier dattier (10 mm de longueur) [24].....	13
<b>Figure II.5 :</b> Schéma du transfert de chaleur conductif [28].....	17
<b>Figure II.6 :</b> Schéma du transfert de chaleur convectif [28].....	18
<b>Figure II.7 :</b> Schéma du transfert de chaleur radiatif [28].....	19
<b>Figure II.8 :</b> Exemple illustrant les différents types de transferts de chaleur [28].....	19
<b>Figure III.1:</b> illustration des folioles après recyclage.....	24
<b>Figure III.2 :</b> Présentation de l'échantillon obtenu.....	25
<b>Figure III.3 :</b> Illustration de l'Appareil de rayonnement de type WL 360/362.....	28
<b>Figure III.4:</b> Appareil de convection de type WL 352.....	29
<b>Figure. IV.1.</b> Analyse par microscopie électronique à balayage (MEB).....	31
<b>Figure IV.2:</b> Diagramme de l'analyse de la composition chimique du papier par (EDS).....	31
<b>Figure IV.3:</b> présentation des résultats Analyse spectrométrie infra rouge (FTIR).....	32

### Liste des tableaux

<b>Tableau II-1</b> : Propriétés mécaniques de certaines fibres naturelles [26].....	12
<b>Tableau. II.2</b> : Propriétés physiques de fibres de palmiers dattiers [1].....	13
<b>Tableau II.3</b> : Propriétés thermophysiques et diélectriques du palmier dattier (Pétiotes et grappes)[24].....	14
<b>Tableau IV.1</b> : Composition chimique par EDS de l'échantillon de fibre.....	32
<b>Tableau IV .2</b> : les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (170mm).....	33
<b>Tableau IV.3</b> : Les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (250mm).....	34
<b>Tableau IV .4</b> : Les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (300mm).....	35
<b>Tableau IV .5</b> : les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (L=250mm).....	36
<b>Tableau IV .6</b> : Valeurs de mesure par convection.....	37
<b>Tableau IV.7</b> : Caractéristiques Thermique des fibres.....	38
<b>Tableau IV.8</b> : les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (L=170mm, écha:10%).....	38
<b>Tableau IV.9</b> : les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (L=170mm, écha:20%).....	39
<b>Tableau IV.10</b> : les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (L=170mm, écha:25%).....	41
<b>Tableau IV.11</b> : les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (L=170mm, écha:30%).....	42
<b>Tableau IV.12</b> : les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (L=170mm, écha:0%).....	44
<b>Tableau IV.13</b> : les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (L=230mm, écha:10%).....	45



## **LISTE DES TABLEAUX**

---

<b>Tableau IV.14:</b> les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (L=230mm, écha:20%).....	47
<b>Tableau IV.15:</b> les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (L=230mm, écha:25%).....	48
<b>Tableau IV.16:</b> les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (L=230mm, écha:30%).....	50
<b>Tableau IV.17:</b> les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (L=230mm, écha:0%).....	51
<b>Tableau IV.18:</b> les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (L=300mm, écha:10%).....	53
<b>Tableau IV.19:</b> les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (L=300mm, écha:20%).....	54
<b>Tableau IV.20:</b> les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (L=300mm, écha:25%).....	56
<b>Tableau IV.21:</b> les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (L=300mm, écha:30%).....	57
<b>Tableau IV.22:</b> les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (L=300mm, écha:0%).....	59
<b>Tableau IV .23 :</b> Valeurs de mesure par convection (Echantillant 1).....	60
<b>Tableau IV .24:</b> les valeurs moyennes mesurées.....	61
<b>Tableau IV.25 :</b> Caractéristiques Thermique d' échantillant 1.....	61
<b>Tableau IV .26 :</b> Valeurs de mesure par convection (Echantillant 2).....	61
<b>Tableau IV .27:</b> les valeurs moyennes mesurées.....	61
<b>Tableau IV.28 :</b> Caractéristiques Thermique d' échantillant 2.....	62
<b>Tableau IV .29:</b> Valeurs de mesure par convection (Echantillant 3).....	62

## **LISTE DES TABLEAUX**

---

**Tableau IV .30:** les valeurs moyennes mesurées.....62

**Tableau IV.31 :** Caractéristiques Thermique d' échantillant 3.....62

# NOMENCLATURE

---

## Nomenclature

$C_p$  : La chaleur spécifique massique ( $J \cdot kg^{-1} \cdot k^{-1}$ )

$m$ : Masse (Kg).

$Gr$  : Nombre de Grashof

$h$ : Le coefficient d'échange par convection ( $W \cdot m^{-2} \cdot k^{-1}$ )

$Nu$  : Nombre de Nusselt

$P$  : Nombre de Prandtl

$Ra$  : Nombre de Reynolds

$S$  : Surface ( $m^2$ )

$T$  : La température ( $^{\circ}C$ ) ou (K)

$T_p$ : Température de la surface [K]

$T_{\infty}$ : Température du milieu environnant la surface [K].

$V$  : Le volume ( $m^3$ ).

### **Symbole grecque :**

$\Delta T$ : La différence de température

$\varepsilon$ : Facteur d'émission de la surface

$\sigma$  : Constante de Stéphan Boltzmann ( $W \cdot K^{-4} \cdot m^{-2}$ )

$\rho$ : La mass volumique ( $Kg \cdot m^{-3}$ )

$\lambda$ : La conductivité thermique ( $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ )

$\emptyset$  : Flux de chaleur [W].

## **Les abréviations**

PDN// : pétiole Deglet-Noor

PDN : pétiole Deglet-Noor

PMD : pétiole Mech-Deglet

PEG : pétiole Elghers

BDN : Bunch Deglet-Noor

BMD : Bunch Mech-Deglet

BEG : Bunch Elghers

Le climat et les matériaux de construction ont un impact direct sur la conception des bâtiments.[1]

Les propriétés des matériaux à utiliser déterminent l'énergie et la performance thermique d'une structure [1]

Le problème de la consommation exagérée d'énergie est particulièrement aigu dans le sud de l'Algérie, caractérisé par un climat aride, chaud et sec. Le climat de cette région est défini par deux saisons : un hiver rude et un été aride qui se caractérise par des températures élevées de mai à octobre, ainsi qu'une faible humidité et des précipitations. Pour créer un environnement thermiquement favorable dans cette région, une grande quantité d'énergie est consommée, à la fois en été (pour le refroidissement) et en hiver (pour le chauffage), nécessitant des dépenses élevées. Nous obligeons donc de chercher des solutions qui permettront de diminuer cette consommation au moindre coût. Parmi ces solutions des matériaux ayant une faible conductivité thermique. [1].

La nature des murs est d'un degré d'adaptation qui intéresse particulièrement la gestion du rayonnement solaire provoque un gradient de température important entre l'intérieur et l'extérieur qui modifie les échanges thermiques. Les matériaux qui les composent, leur épaisseur, leur revêtement et leur propriété thermo physique sont des facteurs principaux intervenant dans leur évaluation

L'exigence d'isolation thermique obligatoire est surtout pour les parois qui sont soumises aux conditions climatiques extérieures d'une région aride ou semi-aride [1]

L'un des buts principaux de la construction est de mettre les résidents à l'abri des effets climatiques en générant un microclimat intérieur satisfaisant pour un confort thermique. L'isolation thermique doit répondre à ce but. Il s'agit de protéger les occupants de manière automatique et passive des facteurs climatiques.[1]

Le concepteur doit aussi faire en sorte que la consommation d'énergie (production de chaud ou de froid) reste dans les limites fixées par les règlements et les possibilités financières des occupants. L'évolution des techniques et le développement de nouveaux matériaux de construction contribuent à l'amélioration du confort thermique des usagers des bâtiments. [1].

De nombreux chercheurs pensent de trouver des matériaux fréquents à moindre coût grâce à recyclage de déchets naturels. Parmi ces déchets, les restes du palmier dattier lors de la récolte fait partie des déchets qui affectent l'environnement et peut être largement exploité. Le recyclage de ces déchets permettra d'engendrer une claire richesse et un emploi efficace et respecter l'environnement.

### **Objectif de ce mémoire :**

L'objectif de ce mémoire est la contribution à la caractérisation physique et thermique pour une valorisation énergétique d'un nouveau matériau à base des déchets du palmier dattier, pour l'utiliser et appliqué aux bâtiments à la région de Biskra.

Dans ce cadre de cette étude de la caractérisation, nous avons entamés des testes expérimentaux pour relever quelques propriétés physique-thermiques

### **Organisation du mémoire :**

Ce mémoire est articulé comme suit :

Le premier chapitre représente une synthèse bibliographique des études effectuée par les chercheurs du domaine lors de l'étude de recyclage des restes du palmier dattier et leur utilisation dans les matériaux de construction pour faire élargir la compréhension du domaine de la gestion des déchets.

Le deuxième chapitre consacré à une compréhension de la caractérisation thermophysique des déchets à base de palmier dattier, ainsi un bref rappel sur les techniques de la gestion des déchets. Enfin ce chapitre est clôturé par des notions de base du transfert de chaleur dans ces matériaux valorisés.

Dans le dernier chapitre nous présentons l'ensemble des protocoles expérimentaux et la méthodologie suivie dans la caractérisation de la matière broyée (les restes du palmier dattier) et faire la comparaison avec des résultats donnés par des matrices contient le polypropylène.

# **Chapitre I**

## **ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE**

## I.1 Introduction

Dans les régions sahariennes, le palmier dattier constitue la culture principale de l'agriculture et offre une large gamme de sous-produits agricoles, l'augmentation de la production de sous-produits de palmier dattier entraîne une accumulation de ces déchets dans le milieu environnementale et cela nuire notre environnement. [2]

Plusieurs études ont été réalisées sur la contribution à la caractérisation thermo-physique des déchets industriels, ce chapitre s'intéressent à présenter une synthèse bibliographique des travaux et des études effectuées précédemment et qui sont en relation directe avec notre problématique.

## I.2 Synthèse bibliographique

**Amara. I et AL(2016) [3]** ils ont étudié les propriétés thermo-physiques, notamment la conductivité thermique d'un matériau composite constitué de fibres de palme et de ciment (5%; 65%) dans une matrice polymère, d'après ce travail ils étaient remarqués que la conductivité thermique effective de matériau composite diminue avec l'augmentation de la concentration des fibres de palmier et leurs propriétés thermo-physiques peuvent être améliorées en ajoutant la teneur en fibres de palmier.

**Nouri. M (2020) [4]** l'objectif de votre travail est formuler un nouveau matériau biosourcé en exploitation des nouvelles ressources biomatériau végétale, donc il étudie la caractérisation mécanique, hydro thermique, l'étude de durabilité et l'évaluation environnemental de la phase de production de ces bio-composites ont été abordées. A la fin de cette expérimentale montre des bien résultats.

**Chennouf. N [5]** a étudié le phénomène de transfert de chaleur et de masse dans les composites de palmier dattier (béton et bois de palmier dattier) et le comportement sous la sollicitation dynamique à multi échelle (matériau, paroi et bâtiment).

Le résultat de ce travail montre que ce matériau est un matériau hygroscopique possède une excellente capacité de régulation d'humidité et il y a une inertie thermique et hydrique importante à travers le mur de DPC, ce qui limite la surchauffe et de réduire la condensation interstitielle pour des constructions durables.

**Almi. K(2018) [6]** L'objectif de ce travail est de contribuer au développement des panneaux de particules en bois de palmier dattier pour une utilisation dans le domaine de bâtiment.ils ont valoriser tout type de bois issu de déchet agricoles du palmier dattier (utilisation de la biomasse engendrée par les résidus de palmiers dattiers) par leur utilisation sous forme des particules associés avec deux types de liants disponibles à faible coût (la colle poly acétate de vinyle et la résine polyester insaturé) dans la préparation des panneaux de particules.

Ce travail comporte deux parties essentielles, le but de la première partie était la détermination des propriétés de tout type de bois rejeté du palmier dattier pour bien les identifier et faciliter leur incorporation dans une matrice. La deuxième partie avait comme but l'analyse de l'influence des paramètres d'élaboration des matériaux composites sur leurs propriétés mécaniques, physiques et thermiques afin d'optimiser la mise en œuvre de ces paramètres et déterminer un procédé de fabrication convenable à la production des panneaux avec des meilleurs propriétés.

**Masri. T (2018) [7]** dans un but de protéger l'environnement et de valoriser les ressources végétales ;ce travail étudie les caractérisation des matériaux composite bois-plastique (WPC) à base de déchets de palmier dattier .la composition des fibre de feuillet de palmier dattier et les déchets de polystyrène expansé (EPS) appelé composite Feuilles-Polystyrène (LPC). Ce composite montré un bon état d'adhérence de l'interface fibre/matrice et des propriétés mécaniques acceptables avec un module de flexion et une contrainte maximale d'après Après avoir été soumis à des control des caractéristique physiques, mécaniques, thermiques et morphologiques.

A fin de cette étude est conclue la possibilité d'utilisé dans le domaine de la construction de bâtiments pour l'isolation thermique ainsi qu'un composant structurel dans les structures sandwich. De plus, le matériau LPC est obtenu à partir de déchets et peut être totalement recyclé à la fin de sa vie utile.

**Djoudi. T[8]** le but de leur travail est l'exploitation des ressources naturelles disponible est durable, de ce point ils ont entamée cette étude pour la caractérisation physico-mécanique de composite à composé de cette ressource végétale et d'une matrice thermodurcissable (Epoxy). L'étude des caractéristiques physico-mécanique de ce composite



à base de fibres de palmier dattier a permis de choisir le meilleur rapport de fibres pour d'éventuelles applications industrielles telles que l'emballage et l'isolation thermique.

**Lamira. A(2019) [9]** l'objective de leur travail est l'exploitation des déchets de palmier dattier pour la production de l'énergie renouvelable représentée par le biogaz, en utilisant la technique de la digestion anaérobie

L'étude a examiné une comparaison entre deux types de déchets (foliole est pétiole) de la variété H'mira

Ce processus contrôlé par l'évolution des éléments suivants : le PH, la demande chimique en oxygène (DCO), les acides gras volatiles (AGV) ainsi que le titre alcalimétrique complet. Les résultats en montrés que la digestion anaérobie des folioles donne le meilleur rendement en biogaz par rapport au pétiole.

**Bouziane.N et Abdelli. N (2017) [2]** l'objectif de leurs étude et la réalisation d'un compost à partir des déchets phœnicicole tel que (pétiole ,palme sèche, spathe, hampe florale).les composts confectionnés ont été testés pour mettre en évidence la qualité de ces composts ; leurs résultats obtenus sont illustrés comme suit : La température ambiante ainsi que l'humidité influe sur le processus de dégradation de matière organique ; La dégradation dépend aussi de la nature de substrat composté ; le substrat pétiole présente la teneur la plus grande en potassium (536,4 mg/L), en ce qui concerne la teneur en phosphore bio-disponible le substrat spathe présente la teneur la plus grande (478,17 p.p.) par rapport aux autres composts.

**Khaldoune. H (2017)[10]** : L'objectif de leur mémoire est de réaliser une modélisation numérique des propriétés thermo-physiques de composites de mortier à base des fibres de palmier dattier et de comparer les résultats obtenus avec les données expérimentales.

Les résultats obtenus en fin du travail sont : la modélisation numérique de transfert de chaleur dans un matériau hétérogène, particulièrement le composite Mortier/FPD, est très compliqué, et cela peut être dû à la composition du matériau composite. Ce dernier se compose de différents constituants, à savoir : le sable, le ciment, les fibres, et la présence de l'eau et des bulles d'air dans ce composite. En plus, la conductivité thermique effective des composites est influencée par plusieurs paramètres qui ne sont pas pris en compte dans notre simulation tels que l'orientation, la distribution. Des facteurs qui rendent la modélisation numérique de la conductivité thermique des composites très difficile.

### I.3 Conclusion

Symbole de fertilité et de prospérité des zones sahariennes et présahariennes, le palmier-dattier est cultivé principalement pour ses fruits : les dattes. Après la récolte, des quantités importantes de dattes de mauvaise qualité et des feuilles sont rejetées, dont une faible partie est utilisée comme source d'alimentation complémentaire pour les bétails par les oasisiens. Ces déchets constitués de cellulose, hémicellulose, lignine et sucre pourraient être utilisés dans de nombreux processus industriels et biologiques, mais malheureusement ils sont toujours brûlés dans des exploitations agricoles, constituant une grave menace pour l'environnement. Les débris végétaux provenant de la transformation des dattes, les palmes et même les rachis et les troncs peuvent pourtant être valorisés sans polluer la nature.

Dans la littérature on trouve de nombreuses études visant la mise en place de pratiques vers une utilisation durable du palmier-dattier [11]. Le chapitre prochaine s'attache à exposer ce potentiel et les perspectives de valorisation des restes de palmier-dattier pour composite un matériau isolante utilisé dans le domaine de bâtiment.

# **Chapitre II :**

**Notions sur la gestion des déchets à base  
du palmier dattier**

## II.1 Introduction

Le Palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est l'une des plus vieilles espèces végétales cultivées, la mieux adaptée aux conditions climatiques difficiles des régions sahariennes et présahariennes, en raison de ses exigences écologiques et la plus convenable économiquement pour investir dans l'agriculture oasienne [12]. Sa présence crée un microclimat permettant le développement de diverses formes de vie animale et végétale indispensables pour le maintien et la survie des populations du désert [13]. Le Palmier dattier est un arbre d'un grand intérêt en raison de sa productivité élevée, de sa qualité nutritive, de ses fruits très recherchés et de ses facultés d'adaptation aux régions sahariennes. En plus de ses rôles écologique et social, le palmier dattier contribue essentiellement, dans le revenu agricole des paysans et offre des dattes et une multitude de sous-produits à usages domestique, artisanal et industriel. Cependant la culture de cette espèce, considérée comme un arbre fruitier essentiel dans de nombreux pays n'a pas évolué et n'a pas connu d'amélioration au niveau de techniques phœnicicole utilisée [12].

## II.2 Généralité sur les déchet vert

### II.2.1 Définition

Les restes de palmiers dattiers et de dattes dans les pays producteurs de dattes pour la récolte de dattes sont considérés comme un lourd fardeau pour les fermes et les conserveries de dattes, qui formaient une pollution environnementale apparente de l'effet de l'accumulation de restes de palmiers à partir de feuilles, de frondes et de tiges usées, et les restes de conserveries de dattes provenant de semences infectées ou déformées et de dattes ne convenant pas à la mise en conserve et à la commercialisation, ce qui Il était nécessaire de trouver des alternatives pour créer des projets de détournement de ces déchets, destinés à être utilisés comme aliments très riches en fibres et en sucres et en menant une enquête sur certaines plantations de palmiers, il a été constaté qu'un palmier jette en moyenne 23 kg de déchets par an, ce qui indique l'énorme volume de ces déchets non utilisés, qui est un réel problème environnemental dans les pays producteurs de la culture de dattes, et avec une simple équation mathématique que nous pouvons voir La quantité annuelle de déchets selon les données suivantes: [14]

- 95 millions de palmiers sont cultivés et répartis dans le monde arabe.
- 23 kg de déchets annuels pour chaque palmier.
- Résultat: 2185 millions de tonnes par an de résidus de palmiers.

### II.2.2 Classification des déchets verts

Le Palmier dattier est un pied dioïque. Les organes de reproduction sont composés d'inflorescences mâles ou femelles portées par des palmiers différents. Les spathes ont une forme de grappes d'épis protégés par une bractée ligneuse close et fusiforme. Elles sont de couleur vert-jaunâtre et sont formées à partir de bourgeons développés à l'aisselle des palmes [12].

**Les fleurs** Les fleurs sont unisexuées à pédoncule très court. En période de pollinisation, les spathes s'ouvrent d'elles-mêmes suivant, la ligne médiane du dos [12]. La fleur femelle a une couleur entre ivoire et vert clair. Elle comporte un calice court, constitué de trois sépales soudés [15]. La fleur mâle est blanc ivoire, et d'une forme légèrement allongée, elle est formée d'un calice court et de trois sépales soudées [15].

**Fruit** Le fruit est une baie contenant une graine appelée communément, noyau. Après fécondation, l'ovule évolue pour donner un fruit de couleur verte (taille d'un pois puis d'un fruit de raisin jusqu'à la taille normale de la datte) En effet, cinq stades d'évolution du fruit sont connus et prennent des appellations locales différentes. En Algérie « Loulou, Khelal, Bser Martouba ou Mretba jusqu'à T'mar » [16]

**Pétiole (Kornaf)** Chaque année, des palmes sont émises tandis que d'autres sèchent en restant attachées au tronc. Les palmes totalement sèches doivent être éliminés. -La première année, scier la palme juste en dessous de la première épine, au niveau de son étrangement (voir le figure 04); - La deuxième année, coupée à la base, dans sa partie la plus large. Cette coupe à la scie doit être propre, régulière, bien horizontale, afin de former une marche d'escalier il est ainsi plus facile de grimper le long du stipe, par ailleurs « Kornafs » correctement mené est très peu attaqué par les termites ; il perdurera toute la vie palmier. Dans tous les cas, la hache est à bannir [17].

**Les palmes** Une palme, ou « djerid », est une feuille composée, pennée, la base pétiolée, ou « Kornaf », engaine partiellement le tronc et est en partie recouverte par le fibrillum, ou « lif » [17] Les feuilles d'un palmier dattier ont une longueur comprise entre 3 à

6 m (4 m en moyenne) et ont une durée de vie normale de 3 à 7 ans. Elle est nue d'épines sur une courte distance, mais pleine d'épines sur les deux côtés par la suite. Les zones intermédiaires sont la colonne vertébrale (figure 05) [18]. Chaque année, apparaissent 10 à 20 feuilles [19]. Les palmes du cœur, avec les palmes non ouvertes, dites « en pinceau » et les palmes n'ayant pas encore atteint leur taille définitive [17].

Les analyses de feuilles de palmier dattier faites par les spécialistes américains ont montré qu'elles avaient des teneurs élevées en matières sèches de l'ordre de 40 %, en chlorures (1,5 %) et en soufre (4%). Par contre, les quantités de matière azotées et phosphorées sont faibles [20]

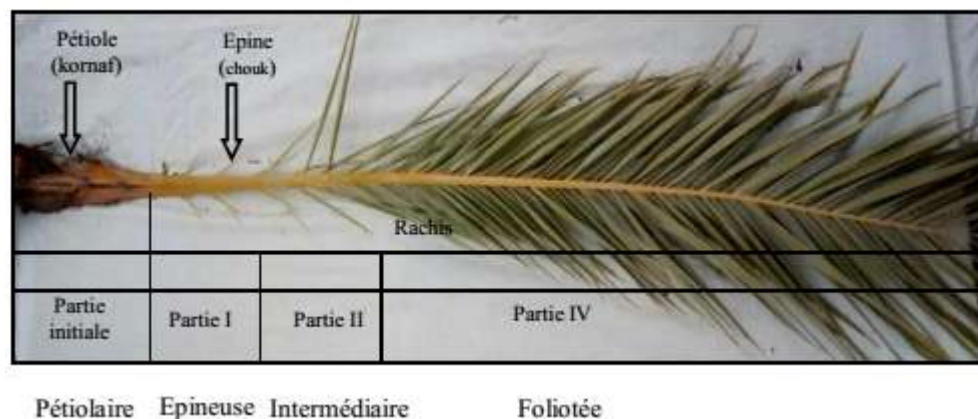


Figure II.1.: Différentes parties de la palme [8]

### II.2.3 La gestion des restes du palmier dattier [21]

Le palmier dattier est un arbre rustique s'adaptant aux régions les plus arides du monde. C'est une monocotylédone arborescente, de la famille des palmacées ou phoenicacées sous famille des coryphènes, du genre phœnix et de l'espèce phœnix dactylifera L. Il constitue la principale source de vie de la population saharienne. En Algérie, la culture du palmier dattier est essentiellement localisée dans les wilayas sahariennes. On estime le nombre à 10 millions de palmiers dattiers dont 76 % productifs donnant une production annuelle de 270000 tonnes de dattes dont 45 % de Deglet Nour. Outre sa production de dattes pour l'alimentation humaine, le palmier dattier, offre une large gamme de sous produits exploités par la population saharienne, à savoir :

- Le vinaigre, l'alcool et les levures, par fermentation microbiologiques des dattes communes;
- farine de dattes utilisées dans la panification;

- Jus de dattes, par extraction, utilisé comme sucrerie;
- Tronc d'arbre, utilisé dans l'ébénisterie traditionnelle, bois de chauffage et charpentes de bâtiments;
- Palmes sèches, utilisées comme clôtures, brises vent, dans la confection de couffins, de chapeau, etc., ils peuvent même servir en industrie de papier ;
- Les régimes de dattes, comme balais traditionnels, et comme combustibles;
- Le luffa pour la confection des semelles de sandales;
- Le lacmi, boisson très recherchée par la population locale, représentant la sève qui s'écoule du stipe. L'utilisation des sous produits du palmier dattier dans l'alimentation du bétail est, depuis longtemps, pratiqué par les éleveurs locaux d'une façon traditionnelle.

### **II.2.3.1. Le traitement des déchets**

Les déchets sont considérés comme fléaux menacent sur l'environnement c'est pour ça la gestion des déchets organique représente un souci et une orientation stratégique pour tous les pays du monde par des opérations séparées ou successives :de broyage, compactage, digestion anaérobie, extraction de l'eau, compostage, incinération, etc., permettant la réduction, la transformation, la réutilisation, la mise en décharge, le stockage et l'élimination de déchets solides, liquides et gazeux [22].

Différents procédés de transformations chimiques et biologiques sont génémasse volume des déchets organiques et pour une récupération de matière transformée et d'énergie [22].

Depuis le dernier quart du siècle dernier les pays développés utilise la technique de compostage des déchets organique pour produire un compost riche en matière organique et minérale [23].râlement utilisés dans les pays en développement pour une réduction de rapport.

### **II.2.4 Les palmiers dattiers en Algérie [9]**

En Algérie, la superficie occupée par la culture du palmier dattier couvre 160 000 ha qui représentent actuellement plus de 18 millions de palmier, avec une production annuelle moyenne de dattes de plus de 500 000 tonnes. En 2011/2012, la production de datte était de 700 000 tonnes avec plus de 30 000 tonnes pour l'exportation . Les superficies des palmeraies

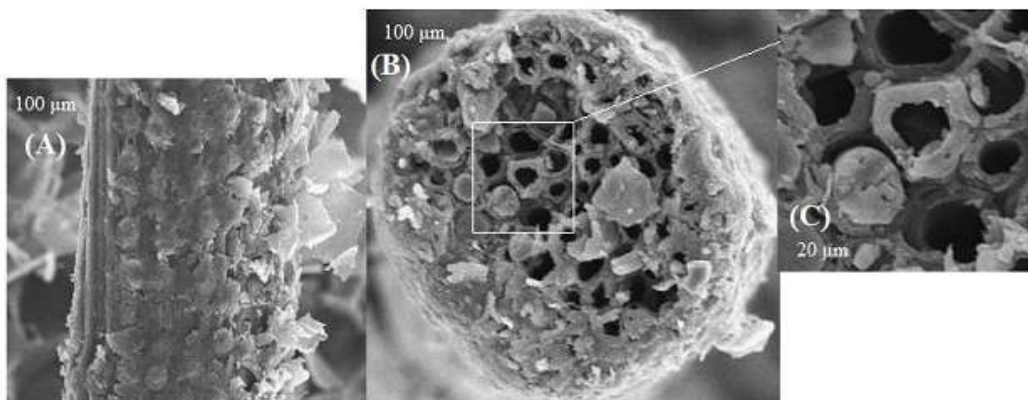
diffèrent d'une wilaya à une autre. La superficie la plus importante concerne les wilayas de Biskra et d'El-Oued atteignant toutes les deux 53.533ha

En Algérie, on dénombre environ 18.2 millions de palmier dattier dont 4.2 million dans la région de Biskra connue par sa variété de palmiers dattiers. Les palmiers de Deglet-Nour représente 61,93% de cette diversité, suivi par les palmiers d'Elghres avec 12,90%. Chaque année, seulement à Biskra les palmiers dattier produisent environ 91 mille tonnes de palmes sèches au cours de sa croissance et de son évolution naturelle. La disponibilité en quantité importante des sous-produits renouvelable (la palme) des palmiers dattiers laisse envisager leur utilisation comme renfort dans les matériaux composites. Le présent travail concerne l'extraction des fibres issues d'une palme mûre de palmier dattier types d'Elghres de la région de Biskra (Algérie). [8]

## II.2.5 Les caractérisations des déchets

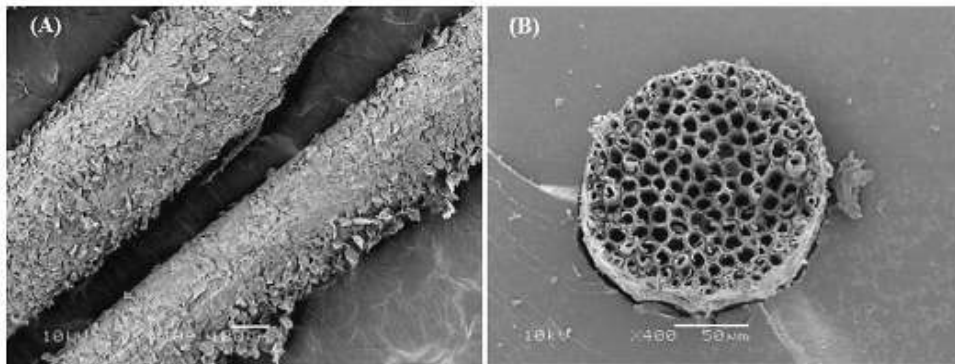
### II.2.5.1 Structure et morphologie :

Le bois de palmier dattier a une structure fibreuse. Les images MEB de la fibre de pétiole (Figure II-2) présente une surface cylindrique et irrégulière avec de nombreuses impuretés, cellules et pores. L'analyse de la structure et de la morphologie d'un autre type de fibre de palmier dattier (fibres entourant la tige de palmier dattier) a révélé des résultats similaires (Figure II-3). La fibre de palmier dattier est de forme cylindrique. L'image MEB montre que la surface extérieure n'est pas lisse et recouverte d'impuretés artificielles (sable et poussière) et de la lignine résiduelle. En outre, la vue transversale révèle que la fibre de palmier dattier est une collection de fibres multicellulaires chacune contenant un vide central (lumen), ces fibres ont un diamètre d'environ 2 – 5  $\mu\text{m}$ . [24]





**Figure II-2** : Images MEB d'une fibre de bois de palmier dattier : vue longitudinale (A), vue transversale (B), zoom de la vue transversale (C) [24]



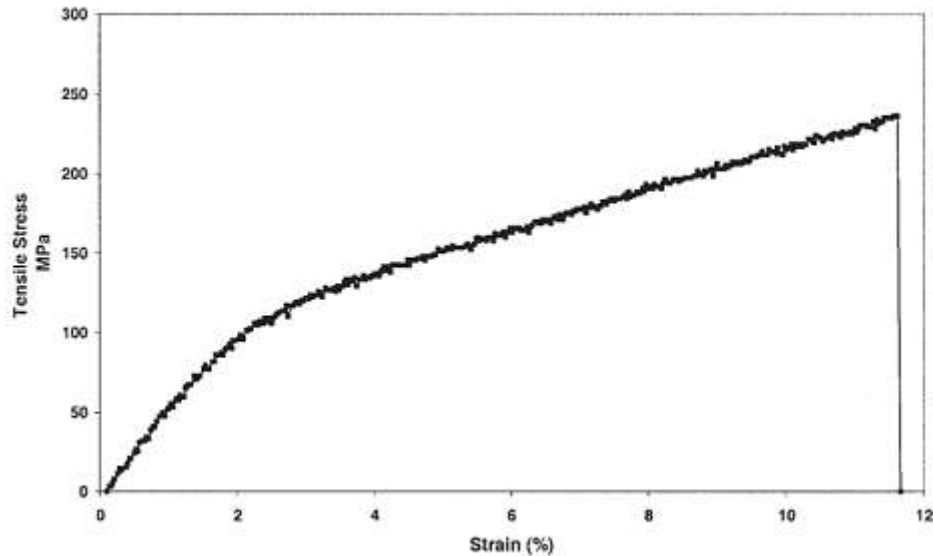
**Figure II-3** : Images MEB d'une fibre de palmier dattier : vue longitudinale (A), vue transversale dans une matrice polymère (B) [25]

### II.2.5.2 Propriétés mécaniques :

Les propriétés mécaniques des fibres de palmier dattier ont été déterminées et comparées à d'autres fibres naturelles.

Fibre	Résistance à la traction MPa	Module de Young GPa	Allongement à la rupture %
Palmier dattier	97-196	2.5-5.4	2-4.5
Chanvre	690	70	1.6
Sisal	511-635	9.4-22	2.0-2.5

**Tableau II-1** : Propriétés mécaniques de certaines fibres naturelles [26].



**Figure II-4** : Courbe typique contrainte-déformation des fibres de palmier dattier (10 mm de longueur) [24].

La courbe contrainte-déformation (Figure II-4) est caractérisée par une région initiale linéaire suivie par une courbure indiquant l'augmentation de taux de déformation avec la contrainte. Ce comportement est similaire à d'autres types de fibres naturelles. Les valeurs typiques de la résistance à la traction des fibres de palmier dattier se situaient entre 97 et 196 MPa, tandis que les valeurs pour le module de Young se situaient entre 2.5 et 5.4 GPa. En outre, l'allongement à la rupture se situait entre 5 et 10%. Selon la comparaison faite dans le Tableau II-1, la résistance à la traction des fibres de palmier dattier est faible par rapport aux autres fibres naturelles [5].

### II.2.6.3 Propriétés physiques

Le **tableau (II.2)** présente les principales propriétés physiques de fibres de palmiers dattiers (Dokar, Elghres, D-Nour et D-Bida) [1]

Propriété	Minimum –Maximum	Moyenne - CV(%)
Diamètre (mm)	0.1-1.00	0.45-54.43
Densité Absolue (kg/m <sup>3</sup> )	1300-1450	1383.33-5.52
Densité Apparente (kg/m <sup>3</sup> )	512.21-1088.81	900-17.64
Teneur en eau naturelle	9.50-10.00	10-5.00

**Tableau. II.2** : Propriétés physiques de fibres de palmiers dattiers[1].

## II.2.6.4 Propriétés thermophysiques [24]

Le tableau (II.3) montre les propriétés thermophysiques et diélectriques de diverses variétés de palmier dattier. Selon le tableau (II.3), les propriétés thermiques des différentes variétés de bois de palmier dattier présentent des valeurs faibles, la conductivité thermique varie entre  $0.072 \text{ W.m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$  et  $0.085 \text{ W.m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Echantillon	P (mbar)	K ( $\text{W.m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ )	a ( $\times 10^{-7} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ )	$\epsilon_r$
PDN//	$10^{-4}$	$0.046 \pm 0.003$	$1.65 \pm 0.10$	-
PDN	$10^{-4}$	$0.042 \pm 0.003$	$2.16 \pm 0.15$	-
PDN//	1000	$0.084 \pm 0.003$	$3.31 \pm 0.31$	$10.38 \pm 0.52$
PDN	1000	$0.083 \pm 0.003$	$2.29 \pm 0.20$	$8.09 \pm 0.26$
PMD	1000	$0.073 \pm 0.003$	$3.13 \pm 0.49$	$24.70 \pm 1.61$
PEG	1000	$0.072 \pm 0.002$	$2.76 \pm 0.24$	$2.58 \pm 0.02$
BDN	1000	$0.085 \pm 0.004$	$1.91 \pm 0.21$	$5.81 \pm 0.08$
BMD	1000	$0.084 \pm 0.005$	$2.07 \pm 0.30$	$5.70 \pm 0.10$
BEG	1000	$0.074 \pm 0.004$	$2.29 \pm 0.30$	$5.13 \pm 0.09$

**Tableau(II.3):** Propriétés thermophysiques et diélectriques du palmier dattier (Pétioles et grappes)[24].

- K : la conductivité thermique
- a: la diffusivité thermique
- $\epsilon_r$  : la permittivité diélectrique relative

## II.3 Généralité sur les constituants

### II.3.1 La définition

Le palmier-dattier est une plante pérenne, ayant une croissance lente. Ses caractéristiques dépendent du milieu, de l'âge et des conditions culturales . C'est un grand palmier de 20 à 30 m de haut, au tronc cylindrique (stipe), portant une couronne de feuilles (palmes), pennées et divisées, longues de 4 à 7 m.

Le système racinaire du palmier est dense, de type fasciculé, formé de plusieurs types de racines dont le diamètre ne dépasse pas 1,5 cm et qui émergent partiellement au-dessus du niveau du sol dans une hauteur allant jusqu'à 50 cm de la base du stipe. Elles ne se ramifient pas et ont relativement peu de radicelles. On distingue les racines respiratoires, les racines de nutrition, les racines du faisceau pivotant, les racines de plantation d'un rejet. [11]

### II.3.2 la cause de recyclage

Le développement des filières du recyclage s'est inscrit dans une volonté de développer une gestion des déchets plus cohérente et plus efficiente, dont l'économie circulaire est le moteur.

Le recyclage vise à limiter la consommation de matières premières vierges en proposant aux entreprises consommatrices des matières premières secondaires irréprochables sur tous les plans (qualitatif, environnemental, sanitaire). Cela permet également de limiter la consommation d'énergie dans la fabrication de produits à partir de produits recyclés.

Avec le dispositif institutionnel, des directives européennes au Grenelle, en passant par la création de filière REP (Responsabilité Elargie des Producteurs) et d'éco-organismes, c'est toute la filière qui a été repensée. [27]

### Utilisation des sous-produits :

Le palmier dattier est un arbre rustique s'adaptant aux régions les plus arides du monde. C'est un monocotylédone arborescente, de la famille des palmacées ou phoenicacées sous famille des coryphinées, du genre phoenix et de l'espèce phoenix dactylifera L. Il constitue la principale source de vie de la population saharienne.

En Algérie, la culture du palmier dattier est essentiellement localisée dans les wilayas sahariennes. On estime le nombre à 10 millions de palmiers dattiers dont 76 % productifs donnant une production annuelle d 270000 tonnes de dattes dont 45 % de Deglet Nours.

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

- Le vinaigre, l'alcool et les levures, par fermentation microbiologiques des dattes communes; - farine de dattes utilisées dans la panification;
- Jus de dattes, par extraction, utilisé comme sucrerie; - tronc d'arbre, utilisé dans l'ébénisterie traditionnelle, bois de chauffage et charpentes de bâtiments;
- Palmes sèches, utilisées comme clôtures, brises vent, dans la confection de couffins, de chapeau, etc., ils peuvent même servir en industrie de papier ;
- Les régimes de dattes, comme balais traditionnels, et comme combustibles;
- Le luffa pour la confection des semelles de sandales;
- Le lacmi, boisson très recherchée par la population locale, représentant la sève qui s'écoule du stipe.

L'utilisation des sous produits du palmier dattier dans l'alimentation du bétail est, depuis longtemps, pratiqué par les éleveurs locaux d'une façon traditionnelle. Les sous-produits les plus utilisés sont, principalement, les déchets de dattes, puis viennent, à un degré moindre, les pédicelles de dattes et les palmes sèches [21]

## **II.4 Généralité sur le transfert de chaleur**

### **II.4.1 Introduction**

La thermodynamique permet de prévoir la quantité totale d'énergie qu'un système doit échanger avec l'extérieur pour passer d'un état d'équilibre à un autre. La thermique (ou thermocinétique) se propose de décrire quantitativement (dans l'espace et dans le temps) l'évolution des grandeurs caractéristiques du système, en particulier la température, entre l'état d'équilibre initial et l'état d'équilibre final[28].

### **II.4.2 Expressions des flux d'énergie**

---

Il faut ensuite établir les expressions des différents flux d'énergie. En reportant ces expressions dans le bilan d'énergie, on obtient l'équation différentielle dont la résolution permet de connaître l'évolution de la température en chaque point du système.[28]

## II.5 Conduction

C'est le transfert de chaleur au sein d'un milieu opaque, sans déplacement de matière, sous l'influence d'une différence de température. La propagation de la chaleur par conduction à l'intérieur d'un corps s'effectue selon deux mécanismes distincts : une transmission par les vibrations des atomes ou molécules et une transmission par les électrons libres. La théorie de la conduction repose sur l'hypothèse de Fourier : la densité de flux est proportionnelle au gradient de température

$$\vec{\varphi} = -\lambda S \overrightarrow{\text{grad}}(T) \quad (\text{II.1})$$

Avec :  $\lambda$

- $\phi$  Flux de chaleur transmis par conduction (W)
- $\lambda$  Conductivité thermique du milieu ( $\text{W m}^{-1} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ )
- $x$  Variable d'espace dans la direction du flux (m)
- $S$  Aire de la section de passage du flux de chaleur ( $\text{m}^2$ ) [28]

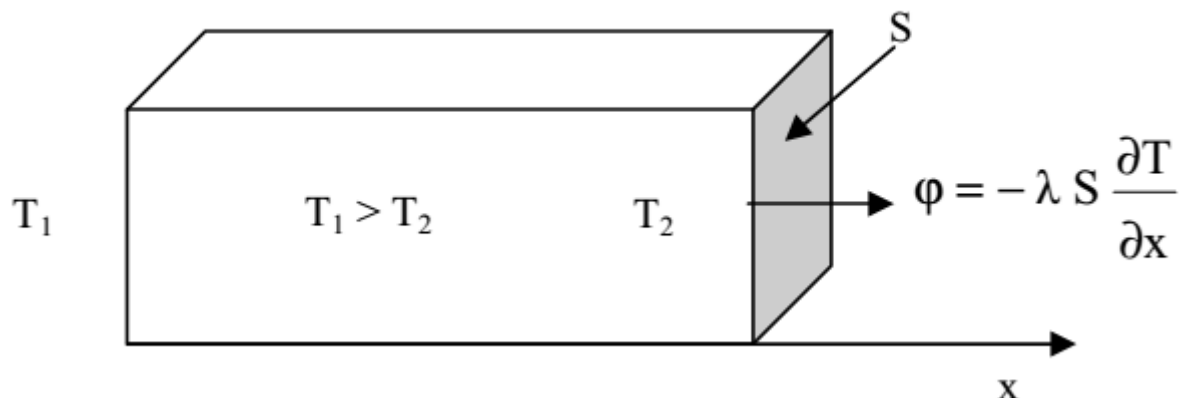


Figure II.5 : Schéma du transfert de chaleur conductif [28]

## II.6 Convection

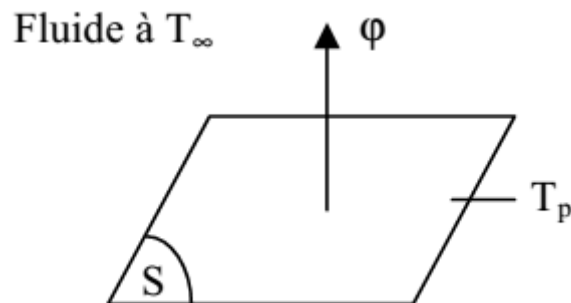
C'est le transfert de chaleur entre un solide et un fluide, l'énergie étant transmise par déplacement du fluide. Ce mécanisme de transfert est régi par la loi de Newton

$$\phi = h S (T_p - T_\infty) \quad (\text{II.2})$$

Avec :

- $\phi$  Flux de chaleur transmis par convection (W)
- $h$  Coefficient de transfert de chaleur par convection ( $\text{W m}^{-2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ )
- $T_p$  Température de surface du solide ( $^\circ\text{C}$ )
- $T_\infty$  Température du fluide loin de la surface du solide ( $^\circ\text{C}$ )
- $S$  Aire de la surface de contact solide/fluide ( $\text{m}^2$ ) [28]

**Remarque :** La valeur du coefficient de transfert de chaleur par convection  $h$  est fonction de la nature du fluide, de sa température, de sa vitesse et des caractéristiques géométriques de la surface de contact solide/fluide



**Figure II.6 :** Schéma du transfert de chaleur convectif [28]

## II.7 Rayonnement

C'est un transfert d'énergie électromagnétique entre deux surfaces (même dans le vide). Dans les problèmes de conduction, on prend en compte le rayonnement entre un solide et le milieu environnant et dans ce cas nous avons la relation

$$\phi = \sigma \varepsilon_p S (T_p^4 - T_\infty^4) \quad (\text{II.3})$$

Avec :

- $\phi$  Flux de chaleur transmis par rayonnement (W)
- $\sigma$  Constante de Stefan ( $5,67.10^{-8} \text{ W m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$ )
- $\epsilon$  p Facteur d'émission de la surface
- $T_p$  Température de la surface (K)
- $T_\infty$  Température du milieu environnant la surface (K)
- S Aire de la surface ( $\text{m}^2$ ) [28]

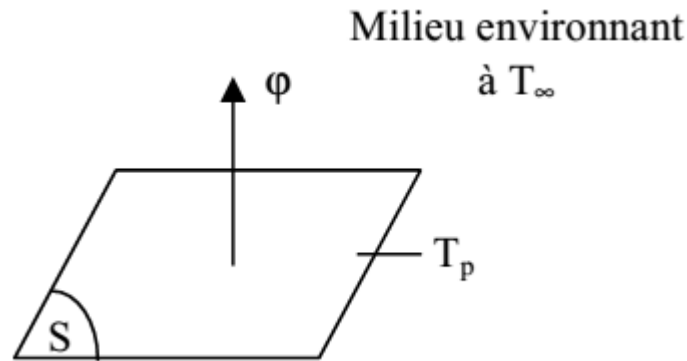


Figure II.7 : Schéma du transfert de chaleur radiatif[28]

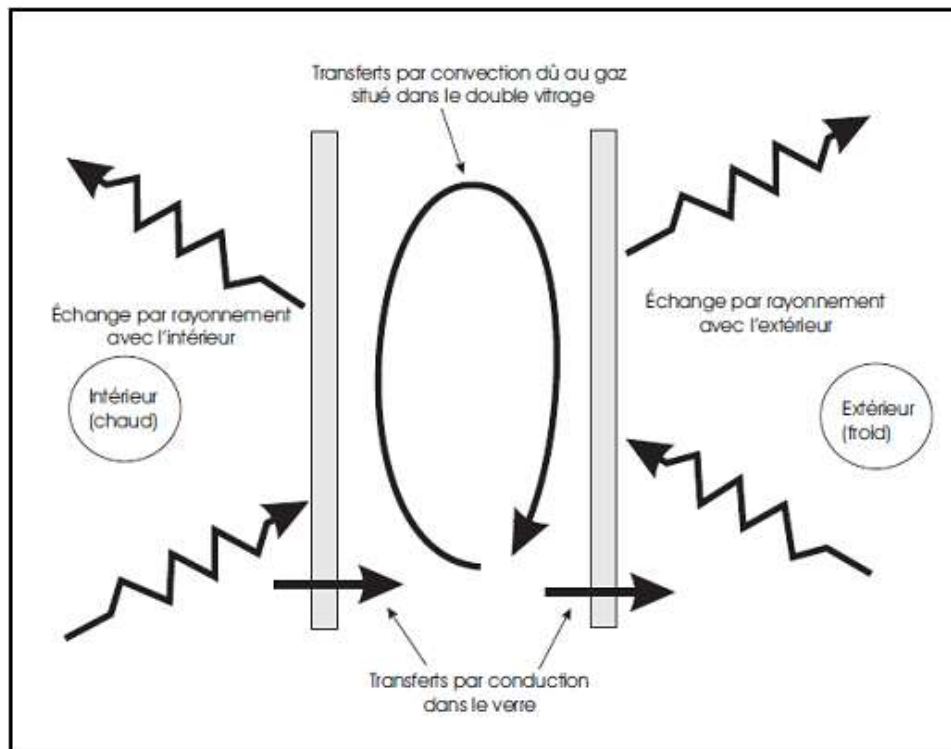


Figure II.8 : Exemple illustrant les différents types de transferts de chaleur [28]

#### II.4.3 Les nombres sans dimension:[29]



L'étude des problèmes de transfert de chaleur par convection implique la résolution d'équations différentielles qui décrivent la mécanique des fluides, les échanges d'énergie, les transferts de masse. Ces équations sont généralement liées et difficiles à résoudre théoriquement, ce qui conduit à associer à la théorie l'expérimentation permettant de trouver les valeurs des grandeurs recherchées.

L'expérimentation est souvent menée à une échelle différente de la réalité industrielle. La nécessité de définir des corrélations qui soient applicables à des appareils de tailles différentes opérant dans des situations différentes conduit à l'utilisation de paramètres adimensionnels qui permettent de définir des similitudes.

On peut déterminer les nombres sans dimensions en considérant toutes les forces qui peuvent s'appliquer sur un fluide. Ainsi, on a défini les forces et leurs unités de mesure dans le système international [SI] par rapport aux variables fondamentales.

$$\checkmark \text{ Les forces d'inertie : } F_a = m \cdot a \quad [F_a] = \rho L^2 U^2 \quad (\text{II.4})$$

$$\checkmark \text{ Les forces de viscosité : } F_\mu = \tau \cdot s \quad [F_\mu] = \mu L U \quad (\text{II.5})$$

$$\checkmark \text{ Les forces de gravité : } F_g = m \cdot g \quad [F_g] = \rho \cdot g \cdot L^3 \quad (\text{II.6})$$

### Nombre de Reynolds

Reynolds c'est un ingénieur anglais spécialiste de l'hydrodynamique qui introduit ce nombre qui est constamment utilisé dans les calculs des régimes d'écoulements. Pour connaître le régime d'écoulement nous utilisons le nombre de Reynolds, ce nombre est proportionnel au rapport entre les forces d'inertie et les forces de viscosité, en fonction de la masse volumique  $\rho$ , de sa viscosité dynamique  $\mu$ , de sa vitesse moyenne, et de diamètre hydraulique. [16] Il s'exprime par la relation suivante :

$$\frac{F_a}{F_\mu} = \frac{\text{forces d'inertie}}{\text{force de viscosité}} \quad (\text{II.7})$$

$$\frac{F_a}{F_\mu} = \frac{\rho L^2 U^2}{\mu L U} = \frac{\rho L U}{\mu} = \text{Re}$$

Où

- $V$  : La vitesse moyenne [ $m \cdot s^{-1}$ ].
- $L$  : La longueur caractéristique [m].
- $\nu = \frac{\mu}{\rho}$  : La viscosité cinématique du fluide [ $m^2 \cdot s^{-1}$ ].
- $\mu$  : La viscosité dynamique [ $Pa \cdot s$ ]

Pour les écoulements internes la dimension caractéristique du système à utiliser dans le calcul du nombre de Reynolds est le diamètre hydraulique [m] qui est donné par la relation suivant :

$$D_h = \frac{4S}{P} \quad (II.8)$$

Où

- $S$  : est la surface du tuyau [ $m^2$ ].
- $P$  : est son périmètre [m] [30]

### Nombre de Prandtl

Le nombre de Prandtl est défini comme le rapport entre le diffusivité de quantité de mouvement et la diffusivité thermique. Il caractérise l'importance relative des effets thermiques et visqueux, Il peut être exprimé comme :

$$Pr = \frac{\mu \cdot C_p}{K} \quad (II.9)$$

Où

- $\mu$  : La viscosité dynamique [ $Pa \cdot s$ ].
- $C_p$ : La chaleur spécifique à pression constante [ $J / (kg \cdot K)$ ].
- $K$ : La conductivité thermique [ $W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$ ]. [29]

### Nombre de Nusselt

Le nombre de Nusselt est défini comme le rapport entre le transfert thermique total et le transfert par conduction, Il peut être exprimé comme :

$$Nu = \frac{hL}{K} \quad (II.10)$$

Où

- h: Le coefficient d'échange thermique [ $W.m^{-2}.K^{-1}$ ].[29]

### Nombre de Grashof

Le nombre de Grashof est défini comme le rapport entre les forces de gravité par les forces visqueuse, Il peut être exprimé comme :

$$Gr = \frac{F_g \text{ forces de gravité}}{F_\mu \text{ forces de viscosité}} \quad (II.11)$$

$$Gr = \frac{g, \beta, \Delta T, Lc^3, \rho^2}{\mu^2}$$

Où

- g: L'accélération de la pesanteur [ $m. s^{-2}$ ].
- $\Delta T$ : La différence de température [K].
- $\beta$ : Le coefficient de dilatabilité ou d'expansion thermique [ $1/K$ ].[29]

### Nombre de Rayleigh

Le nombre de Rayleigh est défini comme le rapport entre l'importance relative de la poussée d'Archimède et le produit de la trainée visqueuse par le taux de diffusion thermique, Il peut être exprimé comme :

$$Ra = \frac{g}{v, \alpha} (T_s - T_\infty). L^3 = Gr. Pr \quad (II.12)$$

Où

- $T_s$  : La température de la paroi [K].
- $T_\infty$ : La température du fluide loin de la paroi [K].
- v: La viscosité cinématique du fluide [ $m^2 s^{-1}$ ].
- $\alpha$  : La diffusivité thermique  $= \frac{K}{\rho.C_p}$  [ $m^2 s^{-1}$ ].[29]

**Définition du Polypropylène (PP)**

Le polypropylène est l'un des polymères les plus polyvalents. Il sert à la fois comme thermoplastique et comme fibre. Comme thermoplastique il sert à fabriquer des boîtes à aliments qui résistent au lave-vaisselle. C'est possible parce qu'il ne fond pas en dessous de 160°C. Comme fibre, le polypropylène est utilisé pour faire des revêtements de sol intérieur et extérieur, du type de ceux que l'on trouve autour des piscines et des golfs miniatures. Le polypropylène est bon pour les revêtements extérieurs parce qu'il est très facile à colorer, et parce qu'il n'absorbe pas l'eau. Structuellement c'est une polyoléfine, et il est similaire au polyéthylène, seulement sur un carbone sur deux de la chaîne principale il y a un groupe méthyle attaché. Le polypropylène peut être fabriqué à partir du monomère propylène par polymérisation Ziegler-Natta et par polymérisation par catalyse par un métallocène [31]

# **Chapitre III :**

# **Matériaux et**

# **méthodes**

### III.1 Introduction

Ce chapitre concerne la valorisation et la caractérisation physique, mécanique et thermique des restes du palmier dattier de la région pour but de développement de nouveaux biomatériaux. Ces matériaux à base des restes serviront comme isolation thermique que dans le domaine du bâtiment des régions arides.

Dans le cadre de l'évaluation du confort thermique de ces nouveaux types de matériaux, On a fait des tests expérimentaux. Conduits de déduire quelques propriétés intrinsèques (la conductivité thermique, la résistance thermique, la capacité calorifique massique, masse volumique et émissivité).

### III.2 La méthode de préparation des échantillons

Après la collecte, séchage à 50°C dans la durée de 1h et le broyage de l'échantillon ; ces dernier montré sur les figures :



**Figure III.1:** illustration des folioles après recyclage.

Où nous broyons l'échantillon, puis ajoutons la colle biologique de l'échantillon pour obtenir une pâte, puis les mettons dans un moule dont les dimensions (122 mm, 120 mm, 1,70 mm) les dimensions sélectionnées, sont approuvées les dimensions de l'appareil de test, ensuite l'échantillon est compressé et séché pendant 3 jours sous l'influence de la lumière du soleil, comme indiqué sur la figure(III.2) pour des études Thermiques et mécaniques.



**Figure III.2** : Présentation de l'échantillon obtenu.

### III.3. Techniques expérimentales

Plusieurs techniques d'analyse sont employées dans le but de caractériser de déchets à base fibre du palmier dattier. Nous décrivons les tests expérimentaux nécessaires pour développer les paramètres thermo-physiques nécessaires et expliquons ces tests, qui nous permettront de comprendre les propriétés mécaniques et physiques des matériaux détaillées dans les sections suivantes.

#### III.3. 1. Caractérisation et calcul des propriétés physique :

##### III.3. 1.1. La masse volumique

La masse volumique d'éprouvette est déterminée par le rapport de la masse (kg, selon une balance électronique) et du volume total de l'échantillon ( $2.48 \cdot 10^{-5} m^3$ ). Pour calculer la masse volumique, nous avons utilisé la formule suivante :

$$\rho = m/v \quad \text{(III.1)}$$

La valeur calculée de la masse volumique est  $\rho = 1290.32 \text{kg/m}^3$

##### III.3. 1.2. Microscopie électronique à balayage (MEB)

La morphologie de surface d'échantillon préparé (fibre du palmier dattier) a été observée par microscopie électronique à balayage (MEB). ce microscope est équipé d'un

spectromètre à dispersion d'énergie (EDS) permettant l'analyse qualitative des atomes des échantillons préparés par l'énergie émise en Ev par leurs électrons rétrodiffusés.

### **III.3. 1.3. Analyse spectrométrie infra rouge (FTIR) :**

La spectroscopie infrarouge à Transformée de Fourier (FTIR) a été réalisée avec un appareil de modèle NICOLLET AVATAR 330 dans la gamme.

Le principe de cette technique est basé sur l'absorption d'un spectre infrarouge par le matériau analysé. Elle permet la détection des vibrations caractéristiques des liaisons chimiques et d'effectuer l'analyse qualitative des fonctions chimiques présentes dans le matériau.

### **III.3. 2. Valorisation Thermique**

#### **III.3. 2.1-Essai du Rayonnement**

##### **III.3. 2.1- a Description de L'appareil**

L'appareil WL 360 transmissions de chaleur par rayonnement est destiné à l'analyse des conformités à la loi du rayonnement en prenant l'exemple du rayonnement thermique et lumineux.

L'appareil possède un corps thermo rayonnant sous forme de source noire avec pile thermoélectrique correspondante qui mesure l'intensité lumineuse. Un luxmètre avec source lumineuse saisit l'intensité lumineuse, des thermocouples mesurent la température.

En outre, des filtres colorés ainsi qu'un diaphragme font partie du matériel fourni d'origine pour évaluer l'influence de la lumière sur l'intensité lumineuse.

Pour étudier la loi de Kirchhoff, diverses plaques d'absorption y compris thermocouples sont fournies. Tous les dispositifs peuvent être aisément fixés sur un bâti L'appareil permet d'étudier les thèmes suivants :

- Loi du cosinus de Lambert
  
- Loi de l'inverse du carré de Lambert
  
- Loi de Stefan-Boltzmann



• Lois de Kirchhoff (absorption, réflexion, émission)

• III.3. 2.1.1 Notre Choix

**III.3. 2.1.1. Loi de stefan\_ boltzmann :**

La puissance rayonnée totale  $E_s$  d'un corps noir est proportionnelle à la puissance quatre de la température de rayonnement  $T$  (en kelvin) :

$$E_s = \delta \cdot T^4 \quad (\text{III .2})$$

$\delta$  est une constante physique appelée (constante de stefan boltzmann). la loi est utilisée le plus souvent dans sa forme plus (pratique).

$$E_s = C_s \cdot \left(\frac{T}{100}\right)^4 \quad (\text{III .3})$$

Avec la constante de rayonnement du corps noir

$$C_s = 5,67 \frac{W}{m^2 K^4} \text{ Etude de la longueur d'onde de la lumière [32].}$$

**III.3. 2.1.2. L'objectif de l'essai :**

La puissance rayonnée totale  $E_s$  d'un corps noir est proportionnelle à la puissance quatre de la température de rayonnement  $T$  (en kelvin) :

Cet essai réalisé avec le radiateur thermique permet de vérifier la validité de la loi en démontrant que la puissance rayonnée mesurée est proportionnelle à la puissance quatre de la température du radiateur thermique. [1].

**III.3. 2.1.3. Mise en marche et les étapes de l'essai :**

Activer l'amplificateur de mesure. Fixez la pile thermoélectrique à une distance de ( $L = 170, 250, 300$  mm) par rapport au radiateur thermique et la relier à l'amplificateur de mesure (raccord 'rayonnement /radiation').

Enlever tous les autres éléments intercalés

Mesurer la température ambiante.

Raccorder le radiateur thermique (raccord 'Charge/Load. et 'Température/ Température l'). Mettre en marche l'amplificateur de mesure, noter le décalage, attendre jusqu'à ce qu'il soit constant.

Mettre en marche le radiateur thermique Régler le régulateur de puissance sur l'amplificateur de mesure sur 70.

La température augmente lentement. Enregistrer la série de mesures en notant tous les 10 K la température et le flux d'énergie du rayonnement affiché. [1]

Les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température.



**Figure III.3 :** Illustration de l'Appareil de rayonnement de type WL 360/362.

### Procédure de calcul

Pour calculer les émissivités nous utilisons les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température à distance ( $L=200\text{mm}$ ), car la valeur de cette distance efface toute la surface du plaque

#### III.3. 3.2. Essai de La convection :

L'appareil WL 352 (Figure 11) est destiné à la transmission de la chaleur par (Convection libre et convection forcée dans un écoulement d'air) pour calculer le coefficient d'échange thermique ainsi ont déduit à la suite la conductivité thermique. Ces deux propriétés ont pour but de faire le choix d'un matériau isolant.

##### III.3. 2.2.1.Essai 1a évaluation de la plaque plane :

Au début de l'essai, l'élément chauffant "Plaque plane" est raccordé à l'appareil de commande et d'affichage et monté sur le banc d'essai. La puissance thermique est réglée de manière qu'une température entre 105...115°C se règle à la surface de la plaque plane. Cela est réalisé à 55 Watt pour les essais de travail. La température de surface  $T_4$  est mesurée par le thermocouple au milieu de la plaque comme indiqué à la (Figure III.13).

À cet égard, un perçage est présent dans la plaque en plexiglas à l'avant. Les valeurs peuvent être enregistrées par l'ordinateur ou dans le sous-chapitre respectif à l'aide de la documentation d'essai. La documentation des valeurs de mesure peut se produire par l'acquisition des valeurs de mesure ou du formulaire préparatoire suivant pour calculer les valeurs caractéristiques de la convection [33]



Figure III.7: Appareil de convection de type WL 352.

### III.3. 2.3.La capacité calorifique massique $C_p$

Pour calculer **La capacité calorifique massique**, nous avons utilisé les relations de la thermodynamique suivantes :

$$Q = mC_p\Delta T \quad (\text{III .10})$$

$Q$  : la quantité de chaleur [ $J$ ].

$m$  : la masse [ $kg$ ].

$C_p$ : La chaleur spécifique à pression constante [ $J / (kg \cdot K)$ ].

$\Delta T$  : La différence entre la température initiale et la température finale [ $k$ ]

( un simple programme MATLAB) ont déduit la valeur de la chaleur spécifique de ce déchet.

$$C_p = 520.83 [J / (kg \cdot K)].$$

# **Chapitre IV :**

## **Résultats**

**VI.1.Introduction :**

Dans ce chapitre, représente l'explication les résultats des tests effectués sur les plaques préparés. Ces essais ont pour but d'étudier les caractéristiques thermo-physique de ces derniers

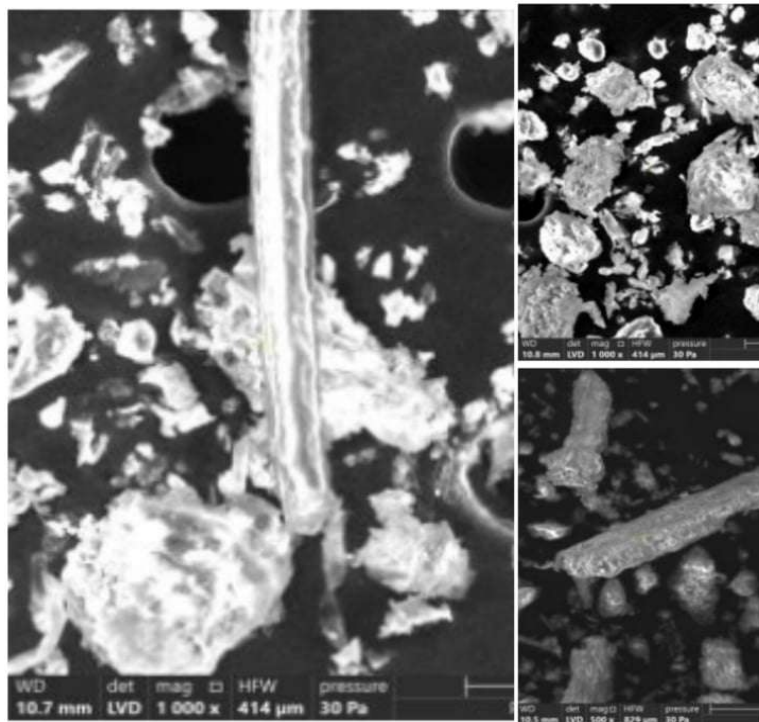
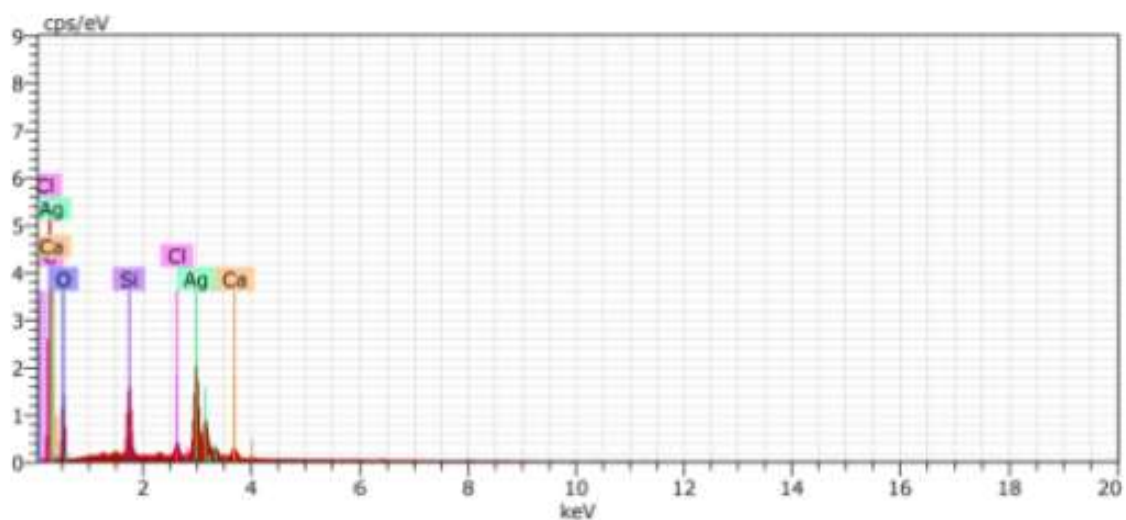
**IV.2. . Caractérisation et calcul des propriétés physique :****IV.2.1.Microscopie électronique à balayage (MEB) :**

Figure. IV.1. Analyse par microscopie électronique à balayage (MEB)



**Figure IV.2:** Diagramme de l'analyse de la composition chimique du papier par (EDS).

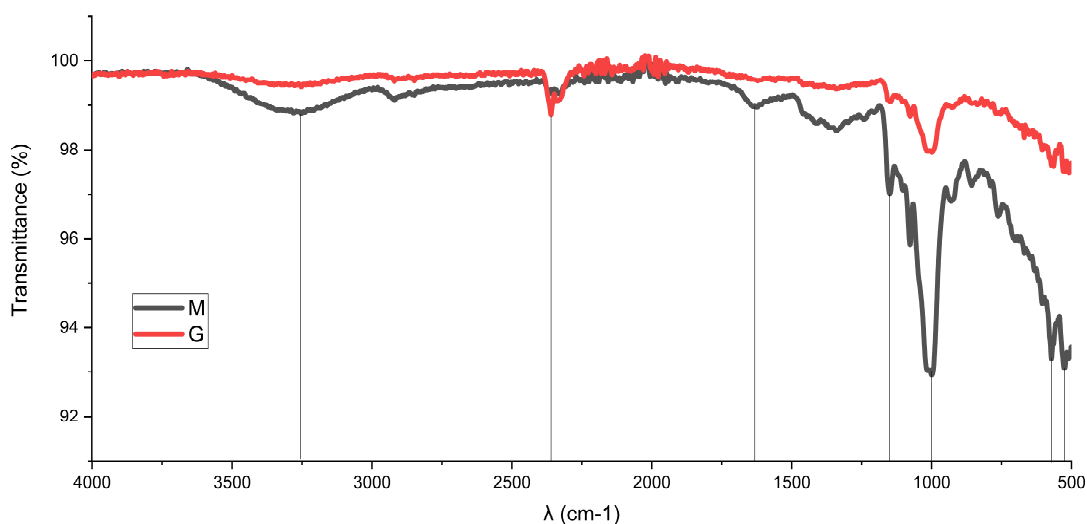
Sur la base de l'analyse EDS, montre la composition chimique du papier dans le **tableau (III.1)**, cette composition est exprimée par la concentration pondérale, la concentration atomique et le nombre d'atomes dans chaque élément

Elément symbol	Séries	Elément number	Unn.conc [weight(%)]	Atomic. conc [weight(%)]	Atomic conc [atom(%)]	Sigma [Weight(%)]
C	K- séries	6	39.72	48.88	68.28	4.80
O	K- séries	8	19.47	23.96	25.13	2.71
Ag	L- séries	47	16.98	20.90	3.25	0.56
Si	K- séries	14	3.08	3.79	2.26	0.16
Ca	K- séries	20	1.38	1.69	0.71	0.07
Cl	K- séries	17	0.63	0.77	0.37	0.05

**Tableau IV.1 :** Composition chimique par EDS de l'échantillon du fibre

#### IV.2.2. Analyse spectrométrie infra rouge (FTIR) :

L'analyse par spectrométrie IR révèle différentes bandes de vibration de déformation et d'élongation de matériau. Les résultats obtenus sont illustrés sur la figure suivant :



**Figure IV.3:** présentation des résultats Analyse spectrométrie infra rouge (FTIR)

La spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) est un outil utile pour déterminer l'interaction des produits chimiques et peut donner une indication rapide et qualitative sur le changement de la structure chimique des composites de papier.

Cette analyse a été réalisée pour confirmer l'élimination des matériaux non cellulosiques, en plus une identification des groupes fonctionnels

Les résultats des spectres de transformation de Fourier - Infrarouge (FT-IR) des échantillons sont présentés à la figure. 5. Cette présentation montre, qu'ils existent des pics moyens et pointus de 2349 à 1000  $\text{cm}^{-1}$ . Il existe un fort pic pointu à 3250  $\text{cm}^{-1}$  ; 2350  $\text{cm}^{-1}$  ; 1150  $\text{cm}^{-1}$  et 1000  $\text{cm}^{-1}$  qui indique aussi le groupe d'étirement (-OH) et alcool ;(O=C=O) et carbone dioxyde ; et les deux dernier indiqués le group d'étirement (-OH) et carboxylique acide.

D'autre part, on peut dire qu'il existe un fort pic à 1625  $\text{cm}^{-1}$  Dans l'échantillon M qui prouve l'existence de C=C d'étirement alkène.

**IV.3.Valorisation Thermique :****IV.3.1.Essai du Rayonnement :**

Température affichée T du radiateur thermique en $^{\circ}\text{C}$	Puissance rayonnée EH en $\text{W}/\text{m}^2$
5	18
10	29
15	34
20	39
25	45
30	49
35	54



40	57
41	57

**Tableau IV.2 :** les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (170mm).

<b>Température affichée T du radiateur thermique en c°</b>	<b>Puissance rayonnée EH en W/m<sup>2</sup></b>
5	26
10	32
15	36
20	40
25	45
30	49
35	53
40	59
45	60
50	63
55	66
60	69
65	72

70	74
75	75
77	75

**Tableau IV.3 :** Les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (250mm).

Température affichée T du radiateur thermique en c°	Puissance rayonnée EH en W/m <sup>2</sup>
5	25
10	36
15	43
20	50
25	55
30	62
35	72
37	75

**Tableau IV .4:** Les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (300mm)

#### Interprétation des Résultats :

La loi des stefan-boltzman peut être vérifiée en entrant les valeurs de mesure dans un double diagramme logarithmique (III.11) et en déterminant la pente des droites .tenir complet du fait que la pile thermo-électrique n'enregistre que le rayonnement de la source de chaleur  $E_H$  ; cependant, avec la loi de stefan Boltzmann, le rayonnement  $E_S$  global incluant le rayonnement ambiant  $E_{amb}$ , doit être appliquée.la formule suivante :

$$E_s = E_H + E_{amb} \quad (\text{III .4})$$

Le rayonnement ambiant se calcule donc à partir de la température ambiante selon la formule suivante :

$$E_{amb} = c_s \cdot \left( \frac{273,15 + T_{amb}}{100} \right)^4 \quad (\text{III .5})$$

$$E_{amb} = c_s \cdot \left( \frac{273,15 + 30,5}{100} \right)^4 = 482,03 \frac{W}{m^2}$$

Le coefficient d'émission est déterminé à partir du rayonnement de la source de chaleur et de la valeur théorique :

$$\varepsilon = \frac{E_s}{E_{theo}} \cdot 100\% \quad (\text{III .6})$$

$$E_{theo} = c_s \cdot \left( \frac{273,15 + T}{100} \right)^4 \quad (\text{III .7})$$

Si l'on reporte la courbe avec les valeurs pour  $E_s$  dans un double digramme logarithmique et si l'on définit une droite de régression, on obtient donc pour la pente de cette droite **(III.12)**

$$\frac{\Delta y}{\Delta x} = 1$$

Il en découle La validité de la loi de Stefan-Boltzmann est ainsi justifiée.

Température affichée T du radiateur thermique en °C	Puissance rayonnée EH en W/m <sup>2</sup>	$E_{theo}$ en $\frac{W}{m^2}$	$\varepsilon$ en%	$E_s$ en $\frac{W}{m^2}$
5	26	339.39	/	365.39
10	32	364.46	/	371.39
15	36	390.89	96	375.39

20	40	418.7	90	379.39
25	45	448.04	86	384.39
30	49	478.86	81	388.39
35	53	511.2	77	392.39
40	59	545.24	73	398.39
45	60	580.9	69	399.39
50	63	618.3	65	402.39
55	66	657.46	62	405.39
60	69	698.46	58	408.39
65	72	741.34	55	411.39
70	74	786.17	53	413.39
75	75	833	50	414.39
77	75	852.3	49	414.39

**Tableau IV .5** : les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (L=250mm).

#### IV.3.2.Essai de La convection :

##### Essai 1a évaluation de la plaque plane :

T1 en C°	T4 en C°	Nu	Alpha	$\frac{dO}{dT}$	$\frac{dM}{dT}$
18.3	19.5	2	0.5	20	0.032

**Tableau IV .6** : Valeurs de mesure par convection

Selon la relation du nombre sans dimension Nusselt

$$Nu = \frac{hl}{\lambda} \quad (\text{III .9})$$

Où

h : Le coefficient d'échange thermique [ $W.m^{-2}.k^{-1}$ ].

L ; longueur caractéristique [m].

$\lambda$  : Inconnu.

Une simple programmation élaborée par le langage MATLAB, nous calculons directement la valeur de la conductivité thermique :  $\lambda = 0,03$  qui est en bon accord avec les résultats trouvés en littérature.

Finalement, on résume les résultats dans le tableau ci –dessous.

Masse volumique	$\rho = 1558.88 \text{ Kg/m}^3$
Conductivité thermique	$\lambda = 0,03 \text{ W/ (m}^2.k)$
Capacité thermique massique	$C_p = 520.83 \text{ J/ (kg/K)}$

**Tableau IV.7** : Caractéristiques Thermique des fibres

Afin d'évaluer ces travaux, nous avons réalisé des autre études sur des échantillons polypropylène contenant différents rapports de fibres

#### Essai du rayonnement :

Température affichée T du radiateur thermique en c °	Puissance rayonnée EH en $W/m^2$	$E_{theo}$ en $\frac{W}{m^2}$	$\varepsilon$ en%	$E_s$ en $\frac{W}{m^2}$
103	81	1135,08223	/	1216,08

105	94	1159,4165	/	1229,08
110	101	1221,96391	/	1236,08
115	112	1287,00852	97	1247,08
120	122	1354,61593	93	1257,08
125	133	1424,8526	89	1268,08
130	143	1497,78582	85	1278,08
135	155	1573,48375	82	1290,08
140	168	1652,01538	79	1303,08
145	182	1733,45058	76	1317,08
150	195	1817,86003	73	1330,08
155	209	1905,31529	71	1344,08
160	226	1995,88877	68	1361,08
165	258	2089,65371	67	1393,08

**Tableau IV.8 :** les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (L=170mm, écha:10%).

Température affichée T du radiateur thermique en c°	Puissance rayonnée EH en W/m <sup>2</sup>	$E_{theo}$ en $\frac{W}{m^2}$	$\varepsilon$ en%	$E_s$ en $\frac{W}{m^2}$
55	20	657,46	/	677,46
60	22	698,46	97	679,46

65	25	741,34	92	682,46
70	27	786,17	87	684,46
75	34	833,01	83	691,46
80	39	881,90	79	696,46
85	45	932,92	75	702,46
90	52	986,11	72	709,46
95	62	1041,55	69	719,46
100	69	1099,30	66	726,46
105	80	1159,42	64	737,46
110	90	1221,96	61	747,46
115	99	1287,01	59	756,46
120	110	1354,61	57	767,46
125	124	1424,85	55	781,46
130	135	1497,78	53	792,46
135	147	1573,48	51	804,46
140	159	1652,02	49	816,46
145	175	1733,45	48	832,46
150	189	1817,86	46	846,46
155	204	1905,31	45	861,46
160	220	1995,89	44	877,46
165	236	2089,65	43	893,46

**Tableau IV.9:** les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (L=170mm, écha:20%).

Température affichée T du radiateur thermique en c °	Puissance rayonnée EH en W/m <sup>2</sup>	$E_{theo}$ en $\frac{W}{m^2}$	$\epsilon$ en%	$E_s$ en $\frac{W}{m^2}$
40	5	545.25	/	550.25
45	7	580.91	95	552.25
50	9	618.30	89	554.25
55	11	657.47	85	556.25
60	13	698.46	80	558.25
65	18	741.35	76	563.25
70	22	786.17	72	567.25
75	29	833	69	574.25
80	36	881.90	66	581.25
85	44	932.91	63	589.25
90	52	986.11	61	597.25
95	61	1041.56	58	606.25
100	69	1099.30	56	614.25
105	80	1159.42	54	625.25
110	92	1221.96	52	637.25
115	102	1287.01	50	647.25



120	114	1354.62	49	659.25
125	124	1424.85	47	669.25
130	137	1497.79	46	682.25
135	150	1573.48	44	695.25
140	173	1652.02	43	718.25
145	180	1733.45	42	725.25
150	195	1817.86	41	740.25
155	210	1905.32	40	755.25
160	226	1995.89	39	771.25
163	235	2051.76	38	780.25

**Tableau IV.10:** les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (L=170mm, écha:25%).

Température affichée T du radiateur thermique en °C	Puissance rayonnée EH en W/m <sup>2</sup>	$E_{theo}$ en $\frac{W}{m^2}$	$\varepsilon$ en %	$E_s$ en $\frac{W}{m^2}$
40	5	545,25	/	550,25
45	6	580,91	95	551,25
50	7	618,30	89	552,25
55	9	657,47	84	554,25
60	12	698,46	80	557,25

65	17	741,35	76	562,25
70	21	786,17	72	566,25
75	27	833,01	69	572,25
80	32	881,90	65	577,25
85	39	932,92	63	584,25
90	47	986,11	60	592,25
95	56	1041,56	58	601,25
100	63	1099,30	55	608,25
105	74	1159,42	53	619,25
110	83	1221,96	51	628,25
115	93	1287,01	50	638,25
120	104	1354,62	48	649,25
125	115	1424,85	46	660,25
130	124	1497,79	45	669,25
135	138	1573,48	43	683,25
140	151	1652,02	42	696,25
145	164	1733,45	41	709,25
150	178	1817,86	40	723,25
155	192	1905,32	39	737,25
160	207	1995,89	38	752,25
165	225	2089,65	37	770,25

**Tableau IV.11:** les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (L=170mm, écha:30%)

Température affichée T du radiateur thermique en °C	Puissance rayonnée EH en $W/m^2$	$E_{theo}$ en $\frac{W}{m^2}$	$\varepsilon$ en %	$E_s$ en $\frac{W}{m^2}$
40	13	545,25	/	558,25
45	14	580,91	96	559,25
50	19	618,30	91	564,25
55	24	657,47	87	569,25
60	31	698,46	83	576,25
65	39	741,35	79	584,25
70	50	786,17	76	595,25
75	60	833,01	73	605,25
80	71	881,90	70	616,25
85	82	932,92	67	627,25
90	97	986,11	65	642,25
95	110	1041,56	63	655,25
100	124	1099,30	61	669,25
105	140	1159,42	59	685,25
110	156	1221,96	57	701,25
115	166	1287,01	55	711,25

120	190	1354,62	54	735,25
125	210	1424,85	53	755,25
130	230	1497,79	52	775,25
135	249	1573,48	50	794,25
140	270	1652,02	49	815,25
145	290	1733,45	48	835,25
150	312	1817,86	47	857,25
155	335	1905,32	46	880,25
160	358	1995,89	45	903,25
165	383	2089,65	44	928,25

**Tableau IV.12:** les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (L=170mm, écha:0%)

Température affichée T du radiateur thermique en °C	Puissance rayonnée EH en $W/m^2$	$E_{theo}$ en $\frac{W}{m^2}$	$\epsilon$ en %	$E_s$ en $\frac{W}{m^2}$
40	6	545,25	/	551,25
45	8	580,91	95	553,25
50	11	618,30	90	556,25
55	15	657,47	85	560,25

60	19	698,46	81	564,25
65	25	741,35	77	570,25
70	31	786,17	73	576,25
75	38	833,01	70	583,25
80	48	881,90	67	593,25
85	56	932,92	64	601,25
90	64	986,11	62	609,25
95	76	1041,56	60	621,25
100	88	1099,30	58	633,25
105	101	1159,42	56	646,25
110	111	1221,96	54	656,25
115	122	1287,01	52	667,25
120	139	1354,62	51	684,25
125	150	1424,85	49	695,25
130	168	1497,79	48	713,25
135	183	1573,48	46	728,25
140	198	1652,02	45	743,25
145	216	1733,45	44	761,25
150	234	1817,86	43	779,25
155	255	1905,32	42	800,25
160	274	1995,89	41	819,25
163	308	2051,76	42	853,25

**Tableau IV.13:** les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (L=230mm, écha:10%)

Température affichée T du radiateur thermique en °C	Puissance rayonnée EH en $W/m^2$	$E_{theo}$ en $\frac{W}{m^2}$	$\varepsilon$ en %	$E_s$ en $\frac{W}{m^2}$
45	10	580,91	/	590,91
50	13	618,30	96	593,91
55	15	657,47	91	595,91
60	19	698,46	86	599,91
65	23	741,35	81	603,91
70	29	786,17	78	609,91
75	36	833,01	74	616,91
80	45	881,90	71	625,91
85	52	932,92	68	632,91
90	62	986,11	65	642,91
95	71	1041,56	63	651,91
100	82	1099,30	60	662,91
105	93	1159,42	58	673,91
110	104	1221,96	56	684,91
115	118	1287,01	54	698,91
120	132	1354,62	53	712,91

125	145	1424,85	51	725,91
130	158	1497,79	49	738,91
135	172	1573,48	48	752,91
140	188	1652,02	47	768,91
145	204	1733,45	45	784,91
150	224	1817,86	44	804,91
155	239	1905,32	43	819,91
160	258	1995,89	42	838,91

**Tableau IV.14:** les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (L=230mm, écha:20%)

Température affichée T du radiateur thermique en °C	Puissance rayonnée EH en $W/m^2$	$E_{theo}$ en $\frac{W}{m^2}$	$\epsilon$ en%	$E_s$ en $\frac{W}{m^2}$
40	5	545,25	/	550,25
45	8	580,91	95	553,25
50	12	618,30	90	557,25
55	16	657,47	85	561,25
60	21	698,46	81	566,25
65	28	741,35	77	573,25
70	35	786,17	74	580,25
75	44	833,01	71	589,25

80	53	881,90	68	598,25
85	62	932,92	65	607,25
90	71	986,11	62	616,25
95	82	1041,56	60	627,25
100	94	1099,30	58	639,25
105	105	1159,42	56	650,25
110	118	1221,96	54	663,25
115	130	1287,01	52	675,25
120	146	1354,62	51	691,25
125	160	1424,85	49	705,25
130	174	1497,79	48	719,25
135	188	1573,48	47	733,25
140	207	1652,02	46	752,25
145	222	1733,45	44	767,25
150	238	1817,86	43	783,25
155	259	1905,32	42	804,25
160	276	1995,89	41	821,25

**Tableau IV.15:** les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (L=230mm, écha:25%)



Température affichée T du radiateur thermique en °C	Puissance rayonnée EH en W/m <sup>2</sup>	$E_{theo}$ en $\frac{W}{m^2}$	$\varepsilon$ en %	$E_s$ en $\frac{W}{m^2}$
45	9	580,91	/	589,91
50	10	618,30	96	590,91
55	11	657,47	90	591,91
60	13	698,46	85	593,91
65	16	741,35	81	596,91
70	20	786,17	76	600,91
75	22	833,01	72	602,91
80	30	881,90	69	610,91
85	35	932,92	66	615,91
90	42	986,11	63	622,91
95	48	1041,56	60	628,91
100	57	1099,30	58	637,91
105	64	1159,42	56	644,91
110	71	1221,96	53	651,91
115	79	1287,01	51	659,91
120	90	1354,62	50	670,91
125	98	1424,85	48	678,91
130	108	1497,79	46	688,91

135	120	1573,48	45	700,91
140	130	1652,02	43	710,91
145	140	1733,45	42	720,91
150	153	1817,86	40	733,91
155	164	1905,32	39	744,91
160	177	1995,89	38	757,91

**Tableau IV.16:** les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (L=230mm, écha:30%)

Température affichée T du radiateur thermique en °C	Puissance rayonnée EH en $W/m^2$	$E_{theo}$ en $\frac{W}{m^2}$	$\epsilon$ en %	$E_s$ en $\frac{W}{m^2}$
40	9	545,25	/	554,25
45	15	580,91	96	560,25
50	21	618,30	92	566,25
55	29	657,47	87	574,25
60	38	698,46	84	583,25
65	49	741,35	80	594,25
70	62	786,17	77	607,25
75	71	833,01	74	616,25
80	85	881,90	71	630,25
85	103	932,92	69	648,25

90	115	986,11	67	660,25
95	131	1041,56	65	676,25
100	148	1099,30	63	693,25
105	168	1159,42	62	713,25
110	183	1221,96	60	728,25
115	200	1287,01	58	745,25
120	224	1354,62	57	769,25
125	246	1424,85	56	791,25
130	269	1497,79	54	814,25
135	289	1573,48	53	834,25
140	315	1652,02	52	860,25
145	339	1733,45	51	884,25
150	363	1817,86	50	908,25
155	387	1905,32	49	932,25
160	408	1995,89	48	953,25

**Tableau IV.17:** les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (L=230mm, écha:0%)

Température affichée T du radiateur thermique en c °	Puissance rayonnée EH en W/m <sup>2</sup>	$E_{theo}$ en $\frac{W}{m^2}$	$\varepsilon$ en%	$E_s$ en $\frac{W}{m^2}$
40	4	545,25	/	549,25
45	6	580,91	95	551,25
50	8	618,30	89	553,25
55	11	657,47	85	556,25
60	15	698,46	80	560,25
65	18	741,35	76	563,25
70	22	786,17	72	567,25
75	27	833,01	69	572,25
80	33	881,90	66	578,25
85	39	932,92	63	584,25
90	46	986,11	60	591,25
95	54	1041,56	58	599,25
100	57	1099,30	55	602,25
105	66	1159,42	53	611,25
110	74	1221,96	51	619,25
115	88	1287,01	49	633,25
120	97	1354,62	47	642,25
125	105	1424,85	46	650,25

130	115	1497,79	44	660,25
135	125	1573,48	43	670,25
140	137	1652,02	41	682,25
145	147	1733,45	40	692,25
150	158	1817,86	39	703,25
155	171	1905,32	38	716,25
160	179	1995,89	36	724,25

**Tableau IV.18:** les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (L=300mm, écha:10%)

Température affichée T du radiateur thermique en °C	Puissance rayonnée EH en $W/m^2$	$E_{theo}$ en $\frac{W}{m^2}$	$\epsilon$ en %	$E_s$ en $\frac{W}{m^2}$
40	6	545,25	/	551,25
45	9	580,91	95	554,25
50	14	618,30	90	559,25
55	19	657,47	86	564,25
60	23	698,46	81	568,25
65	30	741,35	78	575,25
70	38	786,17	74	583,25
75	46	833,01	71	591,25

80	56	881,90	68	601,25
85	66	932,92	66	611,25
90	76	986,11	63	621,25
95	89	1041,56	61	634,25
100	101	1099,30	59	646,25
105	103	1159,42	56	648,25
110	122	1221,96	55	667,25
115	139	1287,01	53	684,25
120	155	1354,62	52	700,25
125	168	1424,85	50	713,25
130	185	1497,79	49	730,25
135	200	1573,48	47	745,25
140	217	1652,02	46	762,25
145	233	1733,45	45	778,25
150	253	1817,86	44	798,25
155	270	1905,32	43	815,25
160	293	1995,89	42	838,25

**Tableau IV.19:** les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (L=300mm, écha:20%)

Température affichée T du radiateur thermique en c °	Puissance rayonnée EH en W/m <sup>2</sup>	$E_{theo}$ en $\frac{W}{m^2}$	$\varepsilon$ en%	$E_s$ en $\frac{W}{m^2}$
40	10	545,25	/	555,25
45	11	580,91	96	556,25
50	15	618,30	91	560,25
55	21	657,47	86	566,25
60	24	698,46	82	569,25
65	30	741,35	78	575,25
70	39	786,17	74	584,25
75	48	833,01	71	593,25
80	59	881,90	69	604,25
85	68	932,92	66	613,25
90	79	986,11	63	624,25
95	91	1041,56	61	636,25
100	101	1099,30	59	646,25
105	116	1159,42	57	661,25
110	130	1221,96	55	675,25
115	143	1287,01	53	688,25
120	159	1354,62	52	704,25
125	167	1424,85	50	712,25

130	174	1497,79	48	719,25
135	203	1573,48	48	748,25
140	225	1652,02	47	770,25
145	242	1733,45	45	787,25
150	262	1817,86	44	807,25
155	281	1905,32	43	826,25
160	304	1995,89	43	849,25

**Tableau IV.20:** les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (L=300mm, écha:25%)

Température affichée T du radiateur thermique en °C	Puissance rayonnée EH en $W/m^2$	$E_{theo}$ en $\frac{W}{m^2}$	$\epsilon$ en %	$E_s$ en $\frac{W}{m^2}$
40	7	545,25	/	552,25
45	9	580,91	95	554,25
50	13	618,30	90	558,25
55	17	657,47	86	562,25
60	21	698,46	81	566,25
65	29	741,35	77	574,25
70	35	786,17	74	580,25
75	43	833,01	71	588,25



80	52	881,90	68	597,25
85	62	932,92	65	607,25
90	70	986,11	62	615,25
95	81	1041,56	60	626,25
100	92	1099,30	58	637,25
105	104	1159,42	56	649,25
110	114	1221,96	54	659,25
115	128	1287,01	52	673,25
120	141	1354,62	51	686,25
125	154	1424,85	49	699,25
130	170	1497,79	48	715,25
135	182	1573,48	46	727,25
140	198	1652,02	45	743,25
145	214	1733,45	44	759,25
150	230	1817,86	43	775,25
155	247	1905,32	42	792,25
160	266	1995,89	41	811,25

**Tableau IV.21:** les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (L=300mm, écha:30%)

Température affichée T du radiateur thermique en c °	Puissance rayonnée EH en W/m <sup>2</sup>	$E_{theo}$ en $\frac{W}{m^2}$	$\varepsilon$ en%	$E_s$ en $\frac{W}{m^2}$
40	9	545,25	/	554,25
45	11	580,91	96	556,25
50	15	618,30	91	560,25
55	20	657,47	86	565,25
60	24	698,46	82	569,25
65	30	741,35	78	575,25
70	37	786,17	74	582,25
75	46	833,01	71	591,25
80	54	881,90	68	599,25
85	62	932,92	65	607,25
90	71	986,11	62	616,25
95	83	1041,56	60	628,25
100	93	1099,30	58	638,25
105	100	1159,42	56	645,25
110	116	1221,96	54	661,25
115	128	1287,01	52	673,25
120	142	1354,62	51	687,25
125	154	1424,85	49	699,25

130	169	1497,79	48	714,25
135	183	1573,48	46	728,25
140	196	1652,02	45	741,25
145	212	1733,45	44	757,25
150	226	1817,86	42	771,25
155	245	1905,32	41	790,25
160	261	1995,89	40	806,25

**Tableau IV.22:** les mesures de la dépendance du rayonnement thermique par rapport à la température (L=300mm, écha:0%)

#### Essai de la convection :

Cet expérimental fait à 3 échantillants :

Echantillant 1 : est un matrice appartient 20% renfort et 80% polypropylène

Echantillant 2 : est un matrice appartient 25% renfort et 75% polypropylène

Echantillant 3 : est un matrice appartient 100% polypropylène

T1 en C°	T4 en C°	Nu	Alpha	$\frac{dO}{dT}$	$\frac{dM}{dT}$
30.9	37.2	518	115.4	61	0.028
30.9	38.2	434	96.9	72	0.028
30.9	39	452	101	73	0.028

**Tableau IV .23 :** Valeurs de mesure par convection (Echantillant 1)

Pour déduire la valeur de la conductivité thermique, ont utilisé les valeurs moyennes mesurées de ce test :

T1 en C°	T4 en C°	Nu	Alpha	$\frac{dO}{dT}$	$\frac{dM}{dT}$
30.9C°	38.13C°	468	104.43	68.66	0.028

Tableau IV .24: les valeurs moyennes mesurées

Masse volumique	$\rho = 743.33\text{Kg/m}^3$
Conductivité thermique	$\lambda = 0.0272 \text{ W/ (m.k)}$
Capacité thermique massique	$C_p=339.16 \text{ J/ (kg/K)}$

Tableau IV.25 : Caractéristiques Thermique d' échantillant 1

T1 en C°	T4 en C°	Nu	Alpha	$\frac{dO}{dT}$	$\frac{dM}{dT}$
30.9	36	230	51.1	78	0.025
30.9	37	216	48.1	78	0.025
30.9	38.2	246	54.8	78	0.025

Tableau IV .26 : Valeurs de mesure par convection (Echantillant 2)

Pour déduire la valeur de la conductivité thermique, ont utilisé les valeurs moyennes mesurées de ce test :

T1 en C°	T4 en C°	Nu	Alpha	$\frac{dO}{dT}$	$\frac{dM}{dT}$
30.9C°	37.06C°	230.66	51.33	78	0.025

Tableau IV .27: les valeurs moyennes mesurées

Masse volumique	$\rho = 769.79 \text{Kg/m}^3$
Conductivité thermique	$\lambda = 0.0271 \text{W/ (m.k)}$
Capacité thermique massique	$C_p = 506.49 \text{ J/ (kg/K)}$

**Tableau IV.28** : Caractéristiques Thermique d' échantillant 2

T1 en C°	T4 en C°	Nu	Alpha	$\frac{dO}{dT}$	$\frac{dM}{dT}$
30.9	36.6	454	101.2	73	0.027
30.9	37.6	470	104.8	72	0.027
30.9	38.4	462	103.2	73	0.027

**Tableau IV .29:** Valeurs de mesure par convection (Echantillant 3)

Pour déduire la valeur de la conductivité thermique, ont utilisé les valeurs moyennes mesurées de ce test :

T1 en C°	T4 en C°	Nu	Alpha	$\frac{dO}{dT}$	$\frac{dM}{dT}$
30.9C°	37.53C°	462	103.07	72.66	0.027

**Tableau IV .30:** les valeurs moyennes mesurées

Masse volumique	$\rho = 831.37 \text{Kg/m}^3$
Conductivité thermique	$\lambda = 0.0272 \text{W/ (m.k)}$
Capacité thermique massique	$C_p = 405.90 \text{ J/ (kg/K)}$

**Tableau IV.31** : Caractéristiques Thermique d' échantillant 3.**Conclusion**

D'après plusieurs teste de comparaison, on remarque que la conductivité thermique est à la même valeur dans les deux cas, même aussi dans le changement de pourcentage de PP.

## CONCLUSION GENERALE

---

Le travail de ce mémoire représente une contribution à la caractérisation physique et thermique pour une valorisation énergétique d'un nouveau matériau à base des déchets du palmier dattier.

L'objectif de cette étude expérimentale est de caractériser les fibres extraites des rejets des palmiers dattiers seuls ou des fibres renforcées d'autres types de matières.

Après avoir comparé les caractéristiques des échantillons préparés, on avait vu que les fibres des restes des palmiers, présentent des propriétés thermiques remarquables; ces conclusions justifiées par la structure morphologique obtenue aux moyennes de la technique de la spectroscopie (MEB, DRX ; EES et FTIR...etc.)

Au moyenne d'une technique indirect on arrive à quantifié la valeur de la conductivité thermique de l'ordre  $\lambda = 0,03 W / (m.k)$ , pour des valeurs de la température très élevées .

Suite à ces résultats trouvés on peut conclure que ce nouveau matériau est appliqué au confort thermique des bâtiments comme un isolant .

### Référence

- [1] **HARCH.N, 2018**, Etude comparative sur les caractéristiques thermiques de matériaux de construction, mémoire1 de master université mohamed khider biskra
- [2] **BOUZIANE. N, ABDELLI. N, (2017)**, Valorisation de la matière lignocellulosique des déchets de palmier dattier (*Phoenix dactylefera L.*) comme fertilisant organique, mémoire de master université Ahmed Draïa Adrar.
- [3] **Amara.I ,Boulaoued.I ,Bahloul.M ,Mhimid.A,(2016)**, Détermination de la conductivité thermique d'une plaque isolante fabriquée par le ciment et les fibres de palmier : Modélisation et expérimentation ,international journal of scientific research and engineering technology(IJSET) ,pp 94-101,2016.
- [4] **Nouri.M , (2020)**, Développement d'éléments en biocomposite à base de fibre végétale pour la réhabilitation énergétique des bâtiments.
- [5] **Chennouf.N,(2019)**, Phénomènes de transfert de chaleur et de masse dans les composites de bois de palmier dattier : comportement sous sollicitations dynamiques,thèse de doctorat, Université Paris-Est.
- [6] **ALMI. K, (2018)**, Développement et caractérisation de matériaux à base du bois de palmier dattier adaptés aux applications de développement durable en Algérie,these de doctorat universite mohamed khider biskra.
- [7]**Masri.T,(2018)**, Contribution au développement des matériaux de construction à base des sous-produits du palmier dattier, thèse de doctorat université Mohamed Khider Biskra..
- [8] **Djoudi.T, HECINI Mabrouk, DJEBLOUN Youcef , DJEMAI Hocine**, Caractérisation Physico-mécanique des Matériaux Bio-Composites Epoxy/Fibres de Palmier Dattier (Material & Processes)
- [9] **LAMIR.A, (2019)**, Production du biogaz à partir des folioles et pétioles des palmiers dattiers (phoenix dactylifera L) variété *H'mira* : Etude comparative, mémoire de master université Ahmed Draïa Adrar.
- [10] **Khaldoune.H, (2017)**, Modélisation numérique de comportement thermophysique de composite de mortier à base des fibres de palmier dattier,mémoire de master université Mohamed Boudiaf-M'ssila.
- [11]<https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/materiaux-th11/applications-du-bois-42654210/valorisation-du-palmier-dattier-re286/>.
- [12]**SEDRA .MH ,2003** ,Le palmier dattier base de mise en valeur des oasis au maroc.



## REFERENCE

---

- [13] El Houmaizi, M., A., 2002, Modélisation de l'architecture du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) et application à la simulation du bilan radiatif en oasis. Thèse de fin d'étude du troisième cycle, Université Cadi-Ayyad, Marrakech au Maroc.
- [14] BENSALD. O, (2020), Effet de compost de déchets de palmier dattier sur le développement de la culture de tomate, mémoire de master université Ahmed Draïa Adrar .
- [15] DJAFOUR S., KHABBAZE A., KHOULDI Z., 2005- Contribution à l'étude de la composition biochimique des dattes Dégelet- Nour dans le pédocapage de la cuvette de Ourgela. Etude supérieure en biologie. Université Kasdi Merbah Ouargla
- [16] BENKADI S., 2013- Le savoir faire traditionnel dans le domaine de l'utilisation des produits de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) (Cas de la région de Ouargla). Mémoire Ingénieur d'Etat en Sciences Agronomiques. Université Kasdi Merbah - Ouargla.
- [17] PEYRON G., 2000- Cultiver le palmier- dattier, guide illustré de formation.
- [18] BABAHAMMI A., 2014- Caractérisation de la biomasse microbienne développée dans un compost issue des déchets du palmier dattier. Mémoire de master. Université Kasdi Merbah, Ouargla
- [19] IDDER-IGHILI H., 2008- Interactions entre la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera-Pyralidae) et quelques cultivars de dattes dans les palmeraies de Ouargla. Mémoire de master. Université Kasdi Merbah Ouargla
- [20] TOUTAIN G , 1967- Le palmier dattier culture et production. Page 87-91.
- [21] Chehema. A , Longo .HF , (2001), Valorisation des Sous-Produits du Palmier Dattier en Vue de leur Utilisation en Alimentation du Bétail, pp56-64.
- [22] LACOUR J., 2013, Valorisation et de la fraction organique de résidus agricoles et autres déchets assimilés à l'aide de traitement biologique anaérobies. Thèse de doctorat. Université Quisqueya (Haïti), page 39.
- [23] BOUGHABA R., 2012- Etude de la gestion et valorisation des fientes par lombricompostage dans la willaya de constantine. Mémoire de Magister. Université de Mentouri Constantine.
- [24] B. Agoudjil, A. Benchabane, A. Boudenne, L. Ibos, and M. Fois, (2011) ," Renewable materials to reduce building heat loss: Characterization of date palm wood," Energy and buildings, vol. 43, pp. 491-497.
- [25] A. A Al-Khanbashi, K. Al-Kaabi, and A. Hammami, 2005 "Date palm fibers as polymeric matrix reinforcement: fiber characterization," Polymer composites, vol. 26, pp. 486- 497.
- [26] O. Faruk, A. K. Bledzki, H.-P. Fink, and M. Sain, "Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000-2010," Progress in polymer science, vol. 37, pp. 1552-1596, 2012.

## REFERENCE

---

[27] <https://www.fnade.org/fr/produire-matieres-energie/recyclage-valorisation-matiere>.

[28] Yves JANNOT, (2012), Transferts Thermiques, Ecole des Mines Nancy.

[29] khelif.S, (2021), Contribution à la caractérisation thermophysique des déchets industriels en algérie,mémoire de master université Mohamed Khider Biskra.

[30] KHIDER. FZ, (2016), Amélioration de la convection mixte en utilisant des ailettes cylindriques avec des ouvertures au niveau de la base, mémoire de master université Mohamed Boudiaf-M'ssila.

[31] <http://www.psrc.usm.edu/french/pp.htm>.

[32] Melle Nehal Sara, (2017), Contribution à l'étude des transferts thermiques dans les échangeurs, mémoire de master université d'Université A. MIRA-BEJAIA

[33] manuel de l'appareil WL352 Gerätebau, Barsbüttel, Allemagne 08/2015 Transfer de chaleur par convection.

## RESUME :

L'essentiel de ce travail a déterminé les propriétés thermiques, mécaniques et physiques d'un matériau élaboré à base des restes du palmier dattier, pour connaître leur comportement thermique qui influencent principalement leur qualité d'isolation. À partir de certaine valeur (émissivité, coefficient d'échange par convection), il est possible de déduire les valeurs de calcul de la conductivité thermique. La conductivité thermique des matériaux est une caractéristique physique du matériau dépendant de sa masse volumique, sa température et sa teneur d'humidité. Ce matériau a donc une conductivité thermique plus faible (la valeur de conductivité thermique de l'ordre de  $(\lambda=0,03 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1})$ ). Plus que le pourcentage de cellulose est grand dans le matériau, plus que sa conductivité thermique est faible, cela confirmé par la technique FTIR, MEB, EDS. La valeur trouvée de la conductivité thermique de ce matériau est proche des valeurs des matériaux isolants utilisés dans la construction.

**Mots clés:** isolation thermique, conductivité thermique, palmier dattier, reste, recyclage.

## ملخص :

يتمثل هذا العمل في تحديد الخصائص الحرارية لمادة مصنوعة من بقايا النخيل من أجل معرفة سلوكها الحراري و الذي يؤثر بشكل أساسي على جودة العزل من خلال قيمة معينة (الانبعاثية ,معامل التبادل الحراري بالحمل الحراري) ,يمكن استنتاج قيم حساب التوصيل الحراري .الموصلية الحرارية للمواد هي خاصية فزيائية للمادة تعتمد على كثافتها و درجة حرارتها و محتواها من الرطوبة وبالتالي فان هذه المادة لها موصلية حرارية منخفضة( قيمة التوصيل الحراري  $(\lambda=0,03 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1})$  كلما زادت نسبة السيليلوز في المادة كلما كان التوصيل الحراري اقل و هذا ما تأكده التقنيّة .

FTIR, MEB, EDS

ان القيمة الموجودة للتوصيل الحراري لهذه المادة قريبة من قيم المواد العازلة المستخدمة في البناء .

**الكلمات المفتاحية :** العزل الحراري .الناقلية الحرارية , النخيل ,بقايا , إعادة تدوير

## **ABSTRACT:**

The essential of this work is to determine the thermal, mechanical and physical properties of a material made from waste paper, in order to know their thermal behavior, which mainly influences their insulation quality. From a certain value (emissivity, heat exchange coefficient by convection), it is possible to deduce the calculation values of thermal conductivity. The thermal conductivity of materials is a physical characteristic of the material depending on its density, temperature and moisture content. This material therefore has a lower thermal conductivity (the thermal conductivity value of the order of  $(\lambda = 0,03 \text{ W.m}^{-1} . \text{K}^{-1})$ ). The greater the percentage of cellulose in the material, the more its thermal conductivity is low, this confirmed by the FTIR, MEB, EDS technique.

The found value of the thermal conductivity of this material is close to the values of the insulating materials used in construction.

**Keywords:** thermal insulator ,thermal conductivity , date palm,rest, recycling .