

Ministère de l'enseignement supérieur et de la Recherche scientifique

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

FACULTÉ DES SCIENCES APPLIQUEES

DEPARTEMENT GENIE CIVIL ET

HYDRAULIQUE

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Génie civil

Spécialité : structures

C : .....

R : .....

Thème

**Contribution à la production des panneaux  
d'isolation à partir des sous-produits du  
palmier dattier**

**Présenté par :**

- ❖ BAAMEUR Israa
- ❖ MAAROUF Anfel

**Soutenu devant le jury :**

Mr. DJOUHRI Mohammed	MCB	Président	UKM Ouargla
Mr. MOUKHTARI Abdessamad	MCB	Examineur	UKM Ouargla
Mr. Kriker Abdelouahed	Professeur	Encadreur	UKM Ouargla
Mr. Ben Sari Ahmed	Doctorant	Co-encadreur	UKM Ouargla

# إهداء

أولاً أحمد الله واشكر من سخر لي الأسباب فلولا ه لا تتم النعم فاللهم لك الحمد  
حتى ترضى ولك الحمد بعد الرضى  
اهدي تحياتي إلى أعمالي الشاقة التي جعلت مني إنسانة أقوى وإلى أحلامي  
وظموحاتي التي كانت تحفيزي إلى بدل قصارى جهدي لتحقيقها وإلى أمي  
ركيزتي في الدنيا التي ساندتني عندما كنت في أضعف حالاتي بكلماتها الطيبة  
التي زرعت بها البهجة في قلبي وعطرت نفسي بحنينها ودعائها الخالص. وإلى  
أبي الذي كان لي عوناً على تحقيق أهدافي وظموحاتي فيا رب بارك له في عمره  
وهون عليه ولا تهن عليه وإلى جدات فتراهم يفرحون بإنجازاتي ويقفون معي فيا  
رب أحفظهم لي وبارك في عمرهم وإلى كل من انتقدني وجعلني أحسن نسخة من  
نفسي وبدون أن أنسى إخوتي (فتحي وصهيب) أعزاء أحبائي وسندي في هذه  
الحياة اللذان يفرحان ويقفون معي في صدماتي وخاصة عمتي الصغيرة العزيزة  
وإلى رفيقاتي وحببياتي في الدراسة واللاتي تقاسمت معهن مشقة الدرب ولكل  
من كان سبباً في زرع البسمة في قلبي.

أنفال

# إهداء

الحمد لله الذي جعل لنا من العلم نورا نهدي به وبعد اهدي تخرجي إلى  
جنة الله في الأرض أمي إلى الجسر الصاعد بي إلى الجنة إلى أبي  
وأمي اللذان وقفوا معي طوال مسيرة حياتي العلمية كما أنني أهدي هذا  
التخرج والنجاح وهذه الفرحة الكبيرة إلى إخوتي سندي في الحياة  
وأخواتي على مساندتهم لي.

إسراء

## **Remerciement**

**Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre encadreur, KRIKER Abdelouahed Professeur à la FACULTE DES SCIENCES APPLIQUEES Université Kasdi Merbah Ouargla pour son aide et ses orientations durant la réalisation de ce travail**

**Nos remerciements vont aussi au Co-encadreur de cette étude. Mr BENSARI Ahmed doctorant au Département de Génie Civil et Hydraulique, Université Kasdi Merbah de Ouargla pour le soutien qu'il nous a apporté.**

**Nous tenons à remercier Dr Djouhri Mohammed MCB, au Département de Génie Civil et Hydraulique, Université KasdiMerbah d'Ouargla d'avoir accepté de présider ce jury. Et Dr Mokhtari Abdessamad MCB au Département de Génie Civil et Hydraulique de l'Université d'Ouargla d'avoir accepté d'examiner ce travail.**

**Nous remercions : Les cadres et les techniciens de notre laboratoire de génie civil et spécialement Mr KECHERID Ali. Ainsi que les cadres et les techniciens les laboratoires LTPS d'Ouargla et Ghardaïa et spécialement leurs directeurs et Dr Hafssi Abdellatif et Mr AMIEUR. Et aussi les cadres et les techniciens du Centre de Formation Professionnelle, KGELIL Abdel Kader Baní Brahim et spécialement son directeur et Mr Benzaoui chef atelier menuiserie.**

**Nous adressons nos remerciements à tous nos enseignants qui ont contribué à notre formation**

**Nous adressons nos remerciements à tous ceux qui ont contribué de loin ou de proche pour la réussite de ce travail. Chacun par son nom.**

## Résumé

L'exploitation des ressources naturelles permanentes en Algérie est un enjeu économique important, compte tenu de la demande croissante en panneaux d'isolation des particules de bois, qui sont souvent importés de l'étranger. Pour réduire son importation, il est nécessaire de valoriser les matériaux naturels locaux. Tel que les déchets de bois, à titre d'exemple sous-produits des palmiers dattier dans les régions de sud. En effet, chaque saison de récolte des dattes des quantités énormes de sous-produits de palmiers dattier résultants du processus de nettoyage sont obtenus. Ils sont souvent jetés à la nature ou brûlés. Ainsi, cette ressource naturelle de palmier dattier dont laquelle le pays et spécialement les régions sahariennes prospère est mal valorisée. Il se trouve que ces régions sahariennes présentent des températures en hiver très froides et en été très chaudes. Leurs constructions nécessitent une très grande isolation.

Au fait, La chaleur dont nous souffrons dans les régions du Sud Est s'infiltré dans nos maisons et nos installations par les murs et les plafonds en été. L'utilisation des systèmes d'isolation thermique est donc nécessaire. Pour réduire le prix des panneaux d'isolation nous avons pensé à l'exploitation des produits locaux cela pour réduire l'importation de panneaux et rationaliser et valoriser les produits locaux. Il est devenu de notre devoir de réfléchir à l'utilisation optimale des matériaux qui valorise la culture du palmier dattier en tant que ressource et matériau naturel dans la production des panneaux en bois pour les utilisés en isolation cela pour pallier la demande croissante de ces panneaux.

L'objectif de cette étude est de contribuer à l'isolation thermique des bâtiments par la réflexion de proposer une production des panneaux d'isolation à base des sous-produits des palmiers dattier issus de la taille et du nettoyage annuelle du palmier. Il est à rappeler que le seul matériau local utilisé dans la fabrication des panneaux d'isolation est le liège issu des arbres de la zone de Jijel. Ce matériau est très épuisé durant ces dernières années. Cette étude a donc pour un objet c'est contribuer à substitution du liège par le sous-produit « Le pétiole de palmier dattier ».

Pour répondre à cette demande, nous avons réalisé cette étude, qui représentait en contribuant à la production de panneaux isolants à partir des produits du palmier dattier en produisant de nouveaux matériaux composites constitués de kernef, qui fait partie des résidus de palme et des adhésifs (colle naturelle et colle artificielle) pour obtenir des échantillons de

proportions différentes et pour obtenir le résultat Nous avons utilisé le liège comme témoin dans cette étude. Après avoir mené des expériences physiques et mécaniques sur les échantillons, nous avons obtenu des résultats satisfaisants, car les performances mécaniques de la colle blanche sont supérieures à celles de la gomme arabique. Le kernef a montré de bonnes propriétés physiques ainsi que des propriétés mécaniques, en particulier dans les propriétés thermiques fixes de l'étude. Les résultats sont acceptables, ce qui nous encourage à utiliser les résidus de palmier dattier dans la fabrication de panneaux isolants pour les bâtiments et à développer un bon matériau isolant.

**Les Mots clés :** isolation thermique, sous-produit de palmiers, planches de bois, colle gomme arabique, bois fibreux, fibre, kernef.

## ملخص

يعد استغلال الموارد الطبيعية الدائمة في الجزائر قضية اقتصادية مهمة نظرًا للطلب المتزايد على ألواح عزل الجسيمات الخشبية، والتي غالبًا ما يتم استيرادها من الخارج. للحد من استيرادها، أصبح من الضروري الترويج للمواد الطبيعية المحلية. مثل نفايات الخشب، على سبيل المثال مخلفات نخيل التمر في المناطق الجنوبية. المنتجات الثانوية لنخيل التمر الناتجة عن عملية التنظيف السنوية للنخيل. النخيل يشكل ثروة هامة تزدهر به البلاد في مناطق الواحات. هذه المناطق تعاني من حرارة كبيرة خاصة في فصل الصيف الحرارة تتسرب إلى المنازل ومنشآت عبر الجدران والأسقف. مما يتطلب علينا استخدام أنظمة العزل الحراري، باستعمال مواد عازلة. المادة العازلة الوحيدة المستعملة وطنيا هي الفلين المنتج في غابات جيجل وضواحيها. علما ان مادة الفلين الى الى الانقراض. لترشيد استغلال هذه المادة بات من واجبا التفكير في استغلال وتثمين موارد خشبية اخرى لإنتاج المواد العازلة المناطق الجنوبية حباها الله بثروة طبيعية وهي نخيل التمر. مخلفات هذه الاخيرة يمكن استغلالها في انتاج الالواح العازلة. الهدف من هذه الدراسة هو تلبية هذا الطلب من خلال إنتاج ألواح الخشب العازلة المستخرجة من بقايا النخيل الناتجة عن عمليات التقليم والتنظيف السنوي، مع اعتبار نخيل التمر مورداً لتنمية بلدنا. وتلبية هذا الطلب قمنا بهذه الدراسة المتمثلة في المساهمة في انتاج الواح عازلة من منتجات نخيل التمر وذلك بإنتاج مواد مركبة جديدة تتكون من الكرناف الذي هو جزء من بقايا النخيل ومواد لاصقة (الغراء الطبيعي والغراء الاصطناعي) لتتصل بعدها على عينات مختلفة النسبة وللحصول على النتيجة استعملنا الفلين كشاهد في هذه الدراسة. بعدما اجرينا التجارب الفيزيائية والميكانيكية على العينات تحصلنا على نتائج مرضية حيث ان الاداء الميكانيكي للغراء الابيض اعلى من اداء الصمغ العربي اظهر الكرناف خواص فيزيائية جيدة وكذلك خصائص ميكانيكية خاصة في الخواص الحرارية الثابتة للدراسة. النتائج مقبولة وهذا ما يشجعنا على بقايا نخيل التمر في صناعة الالواح العازلة للمباني وتطوير مادة عازلة جيدة

**الكلمات المفتاحية:** مخلفات النخيل العازلة للحرارة، الألواح الخشبية، الصمغ العربي، الخشب الليفي، الألياف، الكرناف.

## Abstract

The exploitation of permanent natural resources in Algeria is an important issue given the growing demand for wood particle insulation panels, which are often imported from abroad. To reduce its importation, it is necessary to promote local natural materials. Such as wood waste, for example the by-products of date palms in the southern regions. The palm is a resource in which the country thrives. Date palm by-products are resulting from the annual palm cleaning process.... The heat we suffer in the South East regions seeps into our homes and facilities through the walls and ceilings in the summer. The use of thermal insulation systems is therefore necessary. To reduce the price of insulation panels, we thought of using local products to reduce the import of panels and rationalize and enhance local products. It has become our duty to think about the optimal use of materials that values the cultivation of the date palm as a resource and natural material. In the production of wooden panels for use in insulation the production of wood from palm remains, how to meet the growing demand for panels. The objective of this study is to contribute to the thermal insulation of buildings by thinking about proposing a production of insulation panels based on date palm by-products from the pruning and annual cleaning of the palm tree. It should be remembered that the only local material used in the manufacture of insulation panels is cork from trees in the Jijel area. This material has been very depleted in recent years. This study has therefore for another also it is to contribute to the substitution of cork by the by-product "The petiole of date palm"

To meet this demand, we carried out this study, which represented by contributing to the production of insulating panels from date palm products by producing new composite materials made of kernef, which is part of palm residues and adhesives (natural glue and artificial glue) to obtain samples of different proportions and to obtain the result We used cork as a control in this study. After conducting physical and mechanical experiments on the samples, we got satisfactory results, because the mechanical performance of white glue is higher than Arabic gum. Kernef showed good physical properties as well as mechanical properties, especially in the fixed thermal properties of the study. The results are acceptable, which encourages us to use the date palm residues in the manufacture of insulation panels for buildings and to develop a good insulation material.

**Key words:** thermal insulation, palm residues, wooden planks, gum Arabic, fibrous wood, fiber, kernef.

## TABLE DES MATIERES :

<u>RESUME .....</u>	<u>1</u>
<u><i>LISTE DES FIGURES.....</i></u>	<u><i>VII</i></u>
<u><i>LISTE DES TABLEAUX .....</i></u>	<u><i>VIII</i></u>
<u><i>LISTE DES PHOTOS .....</i></u>	<u><i>IX</i></u>
<u>INTRODUCTION GENERALE : LE PALMIER DATTIER A CONNU DES GRANDS PROGRES GRACE A LA MISE EN ŒUVRE DU PROGRAMME NATIONAL DE DEVELOPPEMENT AGRICOLE.....</u>	<u>1</u>
<b>PARTIEBIBLIOGRAPHIQUE.....</b>	<b>3</b>
<b>CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR LES MATERIAUX COMPOSITES .....</b>	<b>5</b>
INTRODUCTION -----	5
I. LES MATERIAUX COMPOSITES-----	5
I-1. Définition des matériaux composite -----	5
I-2. Les composants d'un matériau composite.-----	5
I-2-1.Renforts : .....	5
I-2-1-1.Les composites fibreux .....	6
I-2-1-2.Les fibres végétales .....	6
I-2-1-3.La composition chimique des fibres végétales.....	7
I-2-1-4.Cellulose.....	7
I-2-1-5.Extractifs .....	7
I-2-2. Matrice .....	8
I-2-2-1.Résines thermoplastiques.....	9
I-2-2-2.Résines thermodurcissables .....	9
I-2-2-3.La résine polyester .....	10
I-2-2-3-1.Applications des polymères .....	10
I-2-2-3-2.Propriétés de la résine polyester insaturé .....	11
I-2-2-3-2-a.Propriétés physiques .....	11
I-2-2-3-2-b.Propriétés mécaniques.....	11
I-2-2-4.Les résines époxydes .....	11
I-2-2-4-1.Propriétés de la résine époxy .....	12
I-2-2-4-1-a.Propriétés physiques .....	12
I-2-2-4-1-b.Propriétés mécaniques.....	12
I-2-3.Les colles .....	13
I-2-3-1.Colle blanche .....	13
I-2-3-1-1.Avantagesadhésifs blancs.....	13
I-2-3-1-2.Domaines d'utilisation .....	13
I-2-3-2.La gomme arabique ou résine naturelle. ....	13



I-2-3-2-1. Propriétés physico-chimiques.....	14
I-2-3-2-2. Types de gomme arabique.....	14
I-3. Fibres végétales utilisées dans la fabrication des composites -----	14
I-4. Composites à base de fibres végétales-----	15
I-4-1. Classifications des panneaux de bois -----	15
I-4-1-1. Les panneaux de particules.....	15
I-4-1-2. Panneaux de copeaux ou d'agglomérés.....	16
I-4-1-3. Les panneaux de fibres.....	16
I-4-1-4. Les panneaux MDF (Medium Density Fiberboard).....	16
I-4-1-5. Panneau à lamelles orientées OSB (Oriented Strand Board ).....	16
I-4-1-6. Les contreplaqués.....	17
I-4-2. Les matériaux composites à structure multicouche -----	17
Conclusion-----	17
<b>CHAPITRE 2 : GENERALITES SUR LES PALMIERS ET LEUR UTILISATION DANS L'ISOLATION.....</b>	<b>19</b>
INTRODUCTION -----	19
<b>I. LE PALMIER DATTIER -----</b>	<b>19</b>
<b>I-1. Définition -----</b>	<b>19</b>
<b>I-2. Exigences écologiques du palmier dattier-----</b>	<b>20</b>
<b>I-3. La structure du palmier dattier-----</b>	<b>21</b>
<b>I-4. Description morphologique du palmier dattier -----</b>	<b>22</b>
<b>I-4-2. La partie aérienne.....</b>	<b>23</b>
<b>I-4-2-1. Le Tronc.....</b>	<b>23</b>
<b>I-4-2-3. La Couronne.....</b>	<b>23</b>
<b>I-4-2-4. La Palme.....</b>	<b>24</b>
<b>I-4-2-5. Le Pétiole.....</b>	<b>24</b>
<b>I-4-2-6. Le Rachis.....</b>	<b>24</b>
<b>I-4-2-7. Les Epine.....</b>	<b>24</b>
<b>I-4-2-8. Les Folioles.....</b>	<b>24</b>
<b>I-4-2-9. Les Spathes.....</b>	<b>24</b>
<b>I-4-2-10. Les Grappes.....</b>	<b>25</b>
<b>I-4-2-11. Les Pédicelles.....</b>	<b>25</b>
<b>II. L'ISOLATION THERMIQUE -----</b>	<b>25</b>
<b>II-1. Matériaux isolants. -----</b>	<b>25</b>
<b>II-1-1. Matériaux d'isolation thermique.....</b>	<b>25</b>
<b>II-2. Propriétés des matériaux isolants.-----</b>	<b>25</b>
<b>II-2-1. Propriétés mécaniques.....</b>	<b>25</b>
<b>II-2-2. Propriétés d'absorption.....</b>	<b>26</b>
<b>II-2-3. Propriétés thermiques.....</b>	<b>26</b>

<b>Conclusion</b> .....	<b>26</b>
<b>PARTIE EXPERIMENTALE</b> .....	<b>27</b>
<b>CHAPITRE 3 : MATERIAUX ET METHODES EXPERIMENTAUX</b> .....	<b>29</b>
<b>INTRODUCTION</b> -----	<b>29</b>
<b>I-CHOIX DES CONSTITUANTS DES MATERIAUX ELEMENTAIRE :</b> -----	<b>29</b>
<b>I-1- Préparation de déchantions renforts</b> -----	<b>29</b>
<b>I-2-1-produit :</b> .....	<b>29</b>
<b>I-2-2 bois de palmier dattier kernef</b> .....	<b>30</b>
<b>II - Matrices</b> -----	<b>30</b>
<b>II -1- Gomme arabique</b> -----	<b>30</b>
<b>II-1-1-Préparation de la résine naturelle</b> .....	<b>30</b>
<b>II-2 Le processus de stéréotypes</b> -----	<b>31</b>
<b>III - CARACTERISATION PHYSIQUES ET MECANIQUES :</b> -----	<b>32</b>
<b>III - 1. Caractérisation physique :</b> -----	<b>32</b>
<b>III - 1-1. La densité apparente</b> .....	<b>32</b>
<b>III - 1-2. La densité absolue</b> .....	<b>33</b>
<b>III - 1-3. Le taux d'absorption :</b> .....	<b>34</b>
<b>III -2. Caractérisation mécanique</b> -----	<b>38</b>
<b>III -2-1. Flexion et compression</b> .....	<b>38</b>
<b>III -2-2.La résistance thermique</b> .....	<b>42</b>
<b>III -3.Comparaison entre la colle blanche et la gomme arabique :</b> -----	<b>44</b>
<b>III -4.Comparaison d'isolation thermique entre échantillons :</b> -----	<b>45</b>
<b>III -5.Comparaison entre les planches fabriquées à partir des restes de palmiers et les planches du marché</b> -----	<b>45</b>
<b>CONCLUSION</b> .....	<b>45</b>
<b>CONCLUSION GENERALE:</b> .....	<b>47</b>
<b>REFERENCES NORMATIVES :</b> .....	<b>48</b>
<b>REFERENCES</b> .....	<b>48</b>

## Liste des figures

Figure I-1 Les différents types de renfort de base .....	6
Figure I-2 Structure chimique de la cellulose .....	7
Figure I-3 Molécule de cellulose (répétitions du motif cellobiose) .....	7
Figure I-4 différentes familles de matrice .....	8
Figure II- 1 Evolution de la superficie récoltée et de la production mondiale de dattes entre 2000 et 2017 (FAO,2019).....	20
Figure II- 2 Répartition géographique du palmier dattier dans le monde. (Source :blankmap <a href="http://onlinemaps.blogspot.com/2011_11_01_archive.html">http://onlinemaps.blogspot.com/2011_11_01_archive.html</a> ) .....	20
Figure II- 3 Morphologie de palmier dattier (Munier, 1973).....	21
Figure II- 4 Différents types de racines rencontrées chez le palmier dattier (Peyron, 2000) .....	23
Figure III- 1 Principe de l'appareillage de flexion .....	38
Figure III- 2 la variation de la contrainte de flexion de chaque échantillon.....	41
Figure III- 3 la variation de la contrainte de compression de chaque échantillon .....	42
Figure III- 4 la variation des propriétés thermiques de chaque échantillon.....	44

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau I-1 Caractéristiques moyennes des matrices thermoplastiques non renforcées. ....</b>	<b>9</b>
<b>Tableau I-2 Caractéristiques moyennes des matrices thermodurcissables non renforcées .....</b>	<b>10</b>
<b>Tableau III- 1 Les résultats de la Caractérisation physique de palmier dattier. ....</b>	<b>35</b>
<b>Tableau III- 2 Les résultats de la Caractérisation physique liège.....</b>	<b>36</b>
<b>Tableau III- Le Matériaux composés fabriqués 3 .....</b>	<b>36</b>
<b>Tableau III- 4 Dimensions des éprouvettes la contrainte de flexion <math>\sigma</math>.....</b>	<b>40</b>
<b>Tableau III- 5 Dimensions des éprouvettes et la contrainte de compression <math>\sigma_c</math>.....</b>	<b>41</b>
<b>Tableau III- 6 Dimensions des éprouvettes et propriétés thermiques de bois étudié obtenues en utilisant un ( CT mètre). ....</b>	<b>44</b>

## *Liste des photos*

<b>Photo III- 1 bryage du pétiole de palmier Dattier.....</b>	<b>29</b>
<b>Photo III- 2 préparation de la gomme arabique.....</b>	<b>30</b>
<b>Photo III- 3: Le protocole sur la préparation des matrices .....</b>	<b>31</b>
<b>Photo III- 4 l'essai de masse volumique apparente .....</b>	<b>33</b>
<b>Photo III- 5 l'essai de masse volumique absolue. ....</b>	<b>34</b>
<b>Photo III- 6 l'essai d'absorption .....</b>	<b>35</b>
<b>Photo III- 7 Le Matériaux composés fabriqués .....</b>	<b>37</b>
<b>Photo III- 8 Les étapes du principe de la flexion 3 points.....</b>	<b>39</b>
<b>Photo III- 9 Les étapes du principe de la compression .....</b>	<b>39</b>
<b>Photo III- 10 Appareil de mesure de la conductivité thermique (CT mètre).....</b>	<b>43</b>

# Introduction Générale

---

## Introduction générale :

Le palmier dattier a connu des grands progrès grâce à la mise en œuvre du Programme National de Développement Agricole.

Actuellement, l'Algérie dispose d'un potentiel énorme de palmiers. Lors de la récolte des dattes et l'entretien périodique des palmiers, cette opération génère une quantité importante et croissante de déchets. L'exploitation de ces sous-produits agricoles dans le but de valoriser les raisons économiques et environnementales. En effet, les résidus de palmiers sont soit brûlés soit laissés à l'air libre, causant des graves problèmes et risques environnementaux.

Le palmier dattier produit plusieurs essences de bois de manière renouvelable au cours de sa vie et certaines après la mort du palmier. Tous se prêtent à des usages variés en fonction de ses propriétés mécaniques et physiques, et dans ce cadre, nous proposons dans ce mémoire une étude de faisabilité pour obtenir un matériel ayant une résistance mécanique et thermique suffisante à partir de particules de bois issues de déchets de palmier à moindre coût.

Nous avons fixé deux objectifs principaux pour cette étude. Le premier objectif est de renforcer la production industrielle de tous les types de bois qui composent le palmier dattier, afin de réduire la demande croissante de bois en Algérie. Et notre deuxième objectif est de fournir des panneaux isolants en utilisant des résidus de palme comme matière alternative au bois.

En réponse à cette thèse, nous avons mené des expérimentations sur le pétiole de palmier pour apporter des informations sur les propriétés des matériaux utilisés dans notre étude, le pétiole de palmier, et son utilisation comme la meilleure matière première de renforcement dans une matrice pour développer un matériel composite ayant de bonnes propriétés d'isolement.

Ce mémoire étude est devisé en trois chapitres, le premier se compose de deux parties :

Première partie : Nous parlerons de matériel composite, où nous allons commencer par sa définition, sa composition, arrivant à ces différents types, et ce, en ciblant le type de composite qui nous intéresse dans cette étude, et nous allons définir les composants des palmiers, leurs déchets et leurs domaines d'utilisation, notamment en isolation thermique

# Introduction Générale

---

La deuxième partie : en ciblant le type de composite qui nous intéresse dans cette étude, nous allons définir les composants des palmiers, leurs déchets et leurs domaines d'utilisation, notamment en isolation thermique.

Quant au deuxième chapitre, il est lié au renforcement d'une plante sélectionnée dans notre étude et aux étapes de fabrication des panneaux isolants.

Le troisième chapitre concerne les résultats obtenus par les expériences effectuées, les discuter et comparer avec des matériaux utilisés sur le marché.

Nous terminons notre étude par une conclusion générale et ouvrons également quelques perspectives sur les résultats principaux que nous avons obtenus.



# PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE





**CHAPITRE 1 :**  
**Généralités sur les matériaux composites**

### CHAPITRE 1 : Généralités sur les matériaux composites

#### Introduction

Les matériaux composites sont de plus en plus utilisés dans l'industrie. Actuellement, ils occupent une grande place parmi les matériaux car ils présentent de grands avantages par rapport aux matériaux traditionnels, notamment: légèreté, résistance mécanique et chimique, liberté de forme ; résistance au choc. Ils offrent une meilleure isolation thermique et acoustique et certains sont de bons isolants électriques. Ils enrichissent également les possibilités la conception convient à plusieurs fonctions.

Les matériaux composites sont utilisés dans de nombreux domaines d'application, grande performance des matériaux les véhicules sont à l'origine de solutions technologiques innovantes. [1].

#### I. Les matériaux composites

##### I-1. Définition des matériaux composite

Les matériaux composites sont des matériaux à hautes caractéristiques mécaniques qui peuvent être formés d'un ou plusieurs matériaux selon le souhait et les caractéristiques à obtenir, et chaque élément ne les possède pas à lui seul. Ainsi, le matériau devient plus léger et plus solide, et les matériaux composites sont composés de matrice + renfort + optionnel (selon un additif). [11]

##### I-2. Les composants d'un matériau composite.

###### I-2-1. Renforts :

Les renforts sont ceux qui améliorent les performances mécaniques et la ténacité des matériaux composites et sont souvent sous forme fibreuse ou linéaire.

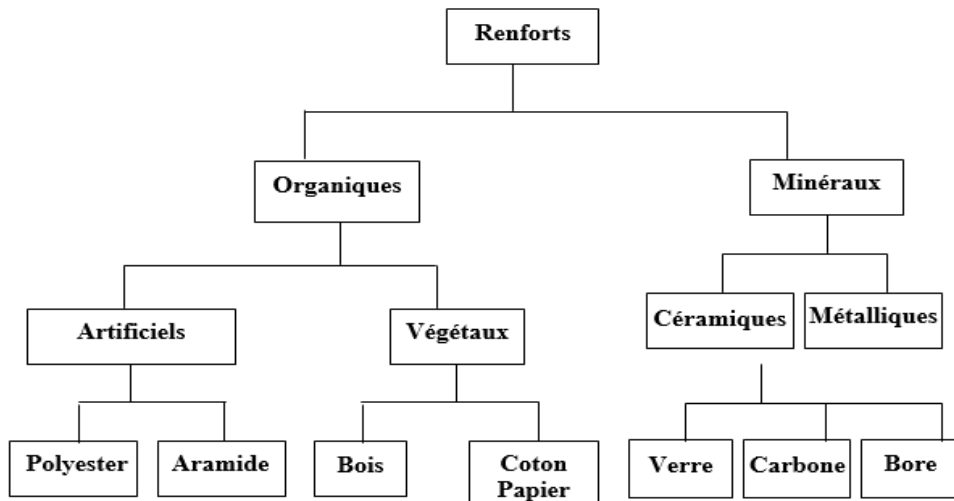


Figure I-1 Les différents types de renfort de base [31].

### I-2-1-1. Les composites fibreux

Sont l'union de molécules naturelles ou artificielles, comme dans le cas de la cellulose, ils forment des molécules linéaires dans un sens pour chevaucher les structures tertiaires secondaires qui peuvent former des feuilletts. Existe deux catégories de fibres qui peuvent être utilisées comme renforcement [1]

- La catégorie des fibres inorganiques : les fibres les plus courantes de cette catégorie sont les fibres d'aramides (kevlar) et les fibres de polyester.

- La catégorie des fibres organiques : cette catégorie englobe

- Les fibres minérales (comme les fibres de verres, de carbones, de bores, et de céramique;)
- Les fibres métalliques (comme les fibres d'acier et de fonte) ;
- Les fibres naturelles qui se divisent en :
  - Fibres animales (comme les fibres de poil, de laine, et de soie, etc.)
  - Et fibres végétales (comme les fibres de Jute, de sisal, de coir, de bois, de bambou, et de palmier dattier)

### I-2-1-2. Les fibres végétales

Les fibres végétales sont extraites de différentes sources de plantes et de déchets de bois, de palmiers et de résidus agricoles, divers comme les feuilles (paille, herbe) les fruits, les graines (de noix de coco) ... etc. Les fibres végétales sont utilisées comme miel jusqu'à la période de la brique pénètre ce secteur Industrie plus de composés Efficacité et moindre coût grâce aux

avantages offerts par ces fibres naturelles par rapport aux fibres utilisées traditionnellement, qui ont de bonnes propriétés mécaniques. Cependant, il existe certains inconvénients des fibres naturelles telles que l'absorption d'eau et une faible résistance au feu.[1]

### I-2-1-3. La composition chimique des fibres végétales

Les fibres végétales sont des fibres lignocellulosiques composées de cellulose, d'hémicelluloses et de lignine, et en proportions relativement faibles d'extractibles non azotés, de matière protéique brute, de lipide et de matière minérale. Les proportions de ces différents constituants dépendent énormément de l'espèce, de l'âge et des organes de la plante

### I-2-1-4. Cellulose

Les fibres de cellulose sont constituées de molécules d'oxygène, d'hydrogène et de carbone formant une chaîne linéaire unie, composée d'une grande proportion de molécules de glucose à faible teneur en sucre ( $C_6H_{12}O_6$ ).

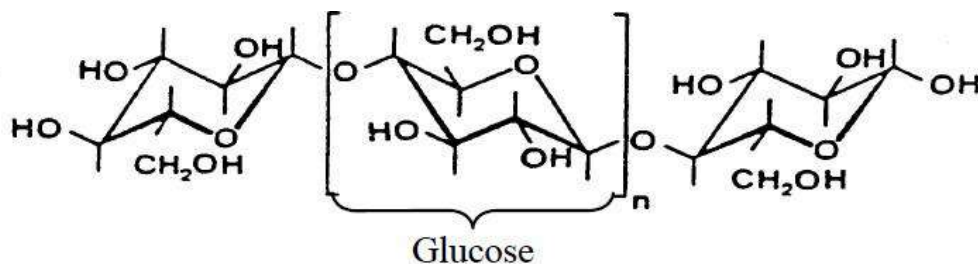


Figure 0-1 Structure chimique de la cellulose [28].

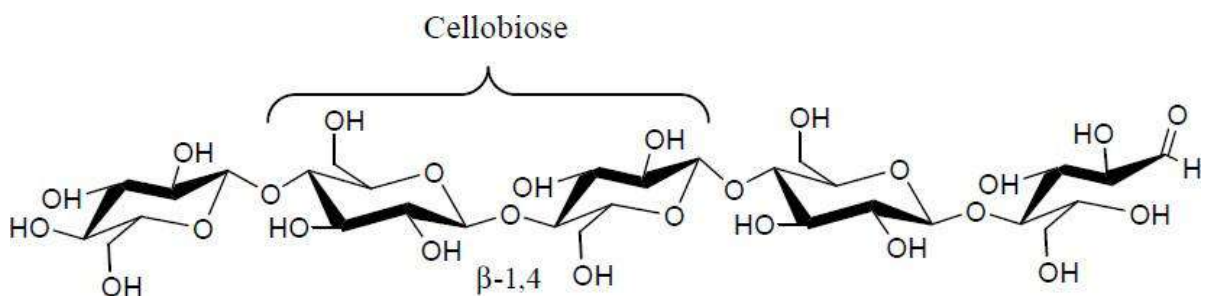


Figure 0-2 Molécule de cellulose (répétitions du motif cellobiose) [29].

### I-2-1-5. Extractifs

Les extractifs ne font pas partie intégrante de la paroi cellulaire de la fibre végétale, ils sont responsables de sa couleur et de son parfum. Les extractifs sont facilement éliminés par des

solvants naturels. Ils comprennent plusieurs substances chimiques différentes comme certaines graisses, composés aromatiques, huiles volatiles, alcools à haut poids moléculaire et acides gras. Les extractifs ne contribuent pas aux propriétés mécaniques de fibre végétale mais ils lui augmentent sa résistance contre la dégradation et contre les attaques des insectes.[27]

### I-2-2. Matrice

Matricielles font le lien entre les renforts entre eux et la répartition des efforts mécaniques sur les renforts et leur protection pour obtenir la forme souhaitée par le concepteur et sont classées en trois types:

-Les composites à matrice organique (CMO) grande taille.

-Les composites à matrice céramique (CMC) plus important au niveau industriel.

-Les composites à matrice métallique (CMM) Bonne résistance mécanique  
Parmi les matrices organiques, trois catégories de polymères peuvent être utilisées:  
Les polymères thermoplastiques; les polymères thermodurcissables ; les élastomères

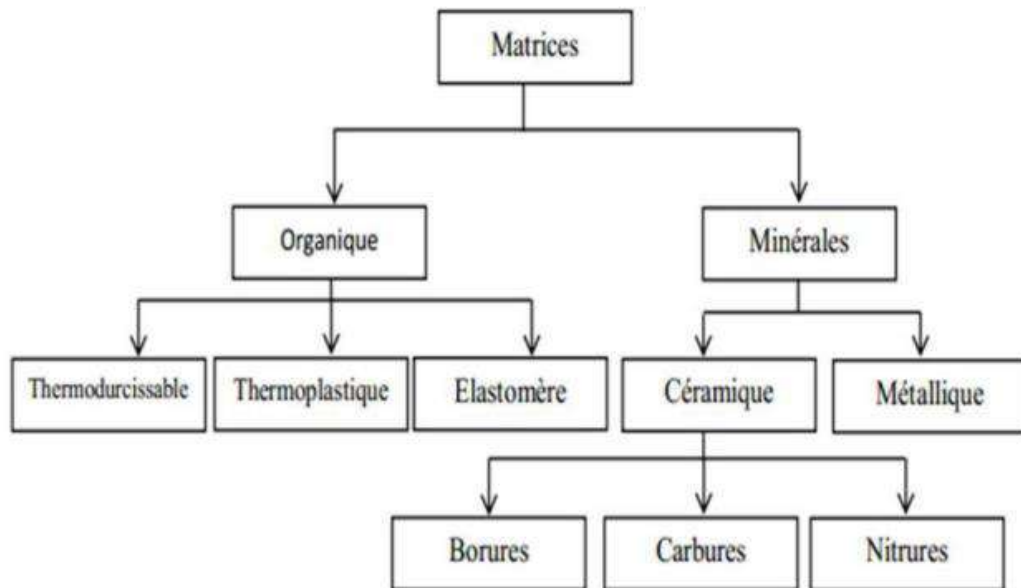


Figure 0-3 différentes familles de matrice [32]

## I-2-2-1. Résines thermoplastiques

Ce sont des monomères linéaires en travaux. Avec la chaleur, les thermoplastiques se ramollissent, ce qui entraîne de longs mouvements par des chaînes moléculaires. Le recuit thermique et le refroidissement peuvent être répétés indéfiniment (La conversion est réversible) (26)] car contrairement aux résines thermodurcissables.

Les principales familles de thermoplastiques sont les polyoléfines (polyéthylène ; polypropylène), plastique de chlorure de polyvinyle, acrylique et polystyrène.

La structure conduit à des propriétés différentes notamment en ce qui concerne le polypropylène, Ceci est incroyable. Ce dernier, de par sa composition et sa structure, est chimiquement inerte, résistant à l'humidité, Il a également une bonne résistance à la fissuration ou traumatismes ; Polyoléfine cependant adaptée aux fibres cellulosiques.

Le tableau I.1 montre quelques caractéristiques des Polymères thermoplastiques.

Tableau I-1 Caractéristiques moyennes des matrices thermoplastiques non renforcées.[26]

Polymère	T <sub>g</sub> (°C)	T <sub>f</sub> (°C)	Thermoformage (°C)	Densité	σ <sub>t</sub> MPa	Module Elastique GPa	α <sub>d</sub> à 20°C
PP	5	165	150-195	0.92	30	1.2	9
HDPE	-100	134	130-205	0.95	28	1.1	3.4-4.0
PVC	75-105	160-220	100-180	1.39	58	2.9	1.6-7.7
PS	90-100	-	130-155	1.05	55	3.2	1.8-2.4
PET	70	255-265	120-170	1.30	47	2.6	-
ABS	90-120	-	130-200	1.05	50	2.5	-
PMMA	100	-	150-190	1.18	72-80	3.3	1.6-2.8

PP : polypropylène, HDPE : polyéthylène à haute densité, PVC : polychlorure de vinyle, PS : polystyrène, PET : polyéthylène, ABS : acrylonitrile butadiène styrène, PMMA : poly méthacrylate de méthyle.

## I-2-2-2. Résines thermodurcissables

La résine thermoplastique possède de grandes propriétés, notamment d'adhérence, et est largement utilisée dans le collage du bois ou dans les composés de bois. Le collage est autorisé sous la forme d'un réseau tridimensionnel qui prend la nature de la répartition des résines

thermodurcissables sur les fibres des différentes faces selon au type de colle et à la nature du matériau. La résine est répartie plus ou moins uniformément. Il existe des types de résine dont les propriétés mécaniques sont résumées dans le Tableau suivant. [23,24,25].

Tableau 0-2 Caractéristiques moyennes des matrices thermodurcissables non renforcées [26,30]

Résine	La densité $\rho$ (kg /m <sup>3</sup> )	Module d'Elasticité E (Gpa)	Résistance à la Traction $\sigma$ (Mpa)	Module d'allongement Rupture (%)	$\nu_{\text{poisson}}$	$T_{\text{max}}$ (°C)	$\alpha_d$ (10 <sup>-5</sup> K <sup>-1</sup> )
UF	1.2-1.5	6-10	40-80	-	-	140	0.7-1.1
PF	1.1-1.3	3-4	35-60	-	0.36	80-300	-
Polyester	1.2	2.9- 4	50- 80	2- 3	0.4	60-200	0.4-1.6
Epoxyde	1.1- 1.4	3-4.5	50 -130	3- 8	0.4	90-200	0.3-1.6
Phénolique	1.3	3.8- 7	50-70	1 -1.5	0.4	120-200	1.0-2.3
Uréthane	1.1	0.7-7	30	-	-	100	-
Vinylester	1.1	3.4 -3.5	70 -85	2-5	-	100-140	-
Polyamide	1.1 -1.5	4- 20	30-40	<1	-	250-300	-

$T_{\text{max}}$  : température maximale d'utilisation,  $\alpha_d$  : coefficient de dilatation thermique

### I-2-2-3. La résine polyester

Le polyester, est une résine thermodurcissable liquide , elle est considérée comme la résine la plus utilisée, on la retrouve dans différents secteurs : le nautisme (coque), le sanitaire, l'automobile, les sports et loisirs, l'art (résine de coulée ou d'inclusion)].[22]

Le mot polymère d'origine Grec plous -meros, est composé de deux mots, « plous » qui veut dire plusieurs et « méros » qui veut dire partie est par définition une macromolécule organique ou inorganique constituée de l'enchaînement répété d'un même motif. Les monomères sont liés les uns aux autres par des liaisons covalentes.

Les édifices macromoléculaires ainsi définis ont des dimensions moléculaires caractérisées par leur masse molaire très supérieure à celles des molécules simples, il en résulte, pour le polymère résultant des propriétés nouvelles utilisables, en particulier dans le domaine des matériaux.

#### I-2-2-3-1. Applications des polymères

Les polymères sont fortement utilisés dans

- L'emballage des produits alimentaires, emballage de transport.
- Les secteurs du bâtiment.

- Les secteurs de l'automobile, l'aéronautique et les bateaux.
- L'industrie de l'électroménager, du textile, de l'électricité et de l'agriculture

### **I-2-2-3-2. Propriétés de la résine polyester insaturé**

#### **I-2-2-3-2-a. Propriétés physiques**

Les résines (seules) sont transparentes. Les renforts ou charges diminuent la transmission lumineuse de l'objet fini. La masse volumique de la résine est : 1200 Kg/m<sup>3</sup>.

#### **I-2-2-3-2-b. Propriétés mécaniques**

Les polyesters insaturés sont rarement utilisés seuls mais presque toujours associés à des charges - carbonate de calcium, silice, mica... - ou à des fibres. Les propriétés mécaniques observées dépendent totalement de la nature de l'agent de renforcement.

On prendra soin de l'humidité et la température ambiante, lors de la mise en œuvre, n'affectent pas les propriétés mécaniques du produit final (température supérieure à 15 °C et pas de mise en œuvre par forte humidité.

[La technique elle-même affectera les propriétés suivantes qu'elle permet d'utiliser des fibres orientées, des tissus ou des mats... [2]

### **I-2-2-4. Les résines époxydes**

Les époxydes sont des résines thermodurcissables qui réticulent de façon irréversible. Elles polymérisent à l'aide d'un durcisseur et d'un accélérateur et ont une structure macromoléculaire tridimensionnelle. La polymérisation a lieu à température ambiante également.

La faible absorption d'eau et l'absence de post-retrait assurent au polymère une bonne résistance aux divers agents chimiques. Ces deux propriétés permettent d'obtenir une protection importante contre la corrosion chimique.



### **I-2-2-4-1. Propriétés de la résine époxy**

#### **I-2-2-4-1-a. Propriétés physiques**

L'existence de fonctions OH dans les polys époxydes est l'une des principales raisons de leur bonne adhérence sur des supports polaires. Les époxydes sont d'excellents adhésifs, d'où la nécessité d'utiliser des agents de démoulage (silicones, films de polyéthylène). Les époxy sous faible épaisseur peuvent présenter une hygroscopie gênante car la reprise d'eau diminuera température de transition vitreuse et donc la température de service.

La masse volumique de la résine est : 1100 à 1500 Kg/m.

#### **I-2-2-4-1-b. Propriétés mécaniques**

À cause de leur caractère très réticulé (Les époxy sont généralement moins rigides que les polyesters ou phénoliques ( $E \sim 2,5$  à  $3,5$  GPa) mais ils sont nettement plus ductiles et tenaces [(3)]), les époxy ont une très bonne stabilité dimensionnelle. Les propriétés mécaniques dépendent de la nature des charges, fibres de haut module en particulier : verre, carbone, aramides. La cohésion de la résine avec la fibre peut être amoindrie à long terme par l'humidité.

### **I-2-2-4-2. Applications de la résine époxy**

Les revêtements anticorrosion et imperméabilisants, qui représentent les deux tiers des utilisations époxy;

- Adhésifs et adhésifs.
- Des matériaux renforcés de fibres, de tissus de verre mais aussi de carbone et Polyamides aromatiques (Nomex, Kevlar).

Il existe de nombreux domaines d'utilisation :

- Produits chimiques, aliments, etc.
- Des revêtements étanches se trouvent dans le bâtiment (murs et sols)
- Le génie civil utilise du béton époxy et des colles structurales.
- Les composites (verre, carbone et Kevlar) sont largement utilisés.

### **I-2-3. Les colles**

#### **I-2-3-1. Colle blanche**

La colle blanche est généralement faite d'acétate de vinyle, qui est le matériau visqueux : la colle tient ensemble en éliminant son eau et sa capacité à se former des liens solides entre les matériaux et maintien de leur résistance et travail dans des circonstances spécifiques, mais pas bonnes propriétés mécaniques Nous le conservons en fines tranches. La colle blanche se caractérise par :

- Conserve son intégralité même lorsqu'il est exposé à une température de 100 degrés C
- Deux choses différentes peuvent être liées ensemble pour créer un matériau complexe [09]

##### **I-2-3-1-1. Avantages adhésifs blancs**

- Convient à tous les types de bois.
- Réversible à la congélation jusqu'à -30°C.
- Pas de déphasage
- Joint solide et renforcé.

##### **I-2-3-1-2. Domaines d'utilisation**

Il est utilisé pour coller les portes, les fenêtres, les panneaux de bois, les tables et les éléments sandwich.

##### **I-2-3-2. La gomme arabique ou résine naturelle.**

La gomme arabique est une substance extraite de l'acacia, constituée de fibres alimentaires qui se dissolvent dans l'eau, elle appartient à la famille des légumineuses.

La gomme arabique est utilisée dans l'industrie alimentaire, ainsi que dans les préparations pharmaceutiques. Les spécifications de la gomme arabique n'ont pas changé et sont toujours les mêmes que ceux établis par le 31e Comité du Codex Alimentarius sur les additifs alimentaire tenue à la Haye, Pays-Bas, du 19 au 23 mars 1999.

La gomme arabique est une source de fibres alimentaires de plus en plus importante sur les dix ans en termes d'offre et de demande sur le marché international.

### **I-2-3-2-1. Propriétés physico-chimiques**

C'est une gomme naturelle fabriquée à partir de la sève de deux types d'acacias. Acacia du Sénégal et acacia Sial. La gomme arabique est récoltée à l'échelle commerciale sur des arbres sauvages de la côte africaine, du Sénégal et du Soudan à la Somalie, bien qu'elle ait été trouvée auparavant dans certaines régions de la péninsule arabique en Asie occidentale [01].

### **I-2-3-2-2. Types de gomme arabique**

Il existe trois types de gomme arabique:

- La gomme arabique hashab, utilisée pour réduire le taux d'urée dans le sang, ce qui entraîne une réduction du degré d'insuffisance rénale.
- La gomme Talha, qui est utilisée dans diverses industries telles que la coloration, la cosmétique, etc.
- La gomme d'encens, et il a d'autres usages médicaux tels que les médicaments pour les maladies pulmonaires.

La gomme arabique abaisse la tension superficielle des liquides, ce qui entraîne une augmentation du pétillant dans les boissons gazeuses. Cela peut être exploité dans ce que l'on appelle les Dite Cola et Mentos pétillants. La gomme arabique est une substance collante, collante. Les gommes ont de nombreuses formes et compositions différentes, selon leurs origines et leurs ressources. Elles sont généralement divisées en deux parties : une qui est soluble et une autre qui absorbe l'eau.

La gomme se caractérise par des larmes ovales ou sphériques d'un diamètre d'environ 3 cm ou sous forme de verre de couleur blanche à jaune-brun très pâle. Elle est vendue dans le commerce sous forme de poudre ou de pilule, presque toutes solubles dans l'eau et insolubles dans l'alcool [10].

### **I-3. Fibres végétales utilisées dans la fabrication des composites**

Le concept d'utilisation de fibres naturelles dérivées de plantes comme renforcement dans une structure composite a été utilisé avec succès par de nombreuses civilisations à travers l'histoire du monde et n'est donc pas nouveau. Une variété de matériaux peut historiquement être indiquée en ce qui concerne la fibre végétale à utiliser comme moyen d'améliorer la rigidité, la résistance et la résistance aux chocs d'un matériau donné

### **I-4. Composites à base de fibres végétales**

Ces dernières années, les composites renforcés de fibres végétales ont reçu beaucoup d'attention en raison de leurs propriétés (légères, non abrasives, combustibles, non toxiques, à faible coût et biodégradables, écologique et recyclabilité).

Les fibres végétales, comme matériaux de construction pour les bâtiments, étaient connues depuis longtemps.

Les composites obtenus à partir de fibres végétales varient dans leurs méthodologies de traitement. Les composites de fibres végétales peuvent être produits en utilisant une grande variété de matrices polymères et de procédés de traitement. Globalement, ces systèmes renforcés peuvent être classés en trois catégories :

Les composites thermodurcissables, les composites thermoplastiques à fibre courte/longue ; et les mélanges thermoplastiques remplis.

Les fibres végétales, comme matériaux de construction pour les bâtiments, étaient connues depuis longtemps [02].

#### **I-4-1. Classifications des panneaux de bois**

On distingue les panneaux de particules, les panneaux de copeaux, les panneaux de fibres, Les panneaux MDF, les panneaux de lamelles minces et longues et les contres plaqués ; tout en suivant la taille des particules,[33]

##### **I-4-1-1. Les panneaux de particules**

Les panneaux de particules sont fabriqués à partir de particules de bois provenant de l'industrie de la première transformation du bois (copeaux, sciures). Ces derniers sont séchés à l'air chaud, débarrassés des éventuels corps étrangers (particules métalliques ou minérales) avant d'être triés en deux catégories, les plus gros servent à composer l'âme du panneau et les plus fins sont destinés à composer les faces pour lui donner un aspect lisse. Les lamelles sont ensuite encollées avec des résines liquides, dont la composition varie en fonction de la classe du panneau souhaité.[34].

Plusieurs types de conformations existent :

- Monocouche homogène
- Trois couches
- Multicouches

### **I-4-1-2. Panneaux de copeaux ou d'agglomérés**

Les panneaux de copeaux ou d'aggloméré sont fait avec des copeaux de bois, le tout pressé avec de la colle. Ils permettent d'utiliser les restes de bois qui ne peut pas être utilisé pour faire des planches, ou qui ne convient pas à la confection de contreplaqué. C'est une façon de minimiser l'impact des scieries sur l'environnement. Ils sont utilisés, en emplacement du contreplaqué, car ils sont plus économiques. Les panneaux de copeaux sont beaucoup utilisés comme recouvrement de toiture, des murs... qui seront recouverts d'un revêtement. Le bois de copeaux n'est pas résistant à l'eau [1].

### **I-4-1-3. Les panneaux de fibres**

Les panneaux de fibres sont fabriqués par procédé "humide". Ce dernier permet, grâce aux propriétés adhésives naturelles des fibres de bois en présence d'eau, la cohésion sans colle des fibres... Les panneaux isolants (dits tendres) sont simplement séchés (environ 8 %) puis découpés. Les panneaux dits mi-durs et durs sont obtenus par un pressage à chaud qui polymérise la lignine du bois... Les panneaux de fibres durs se caractérisent par une masse volumique élevée, alors que les panneaux tendres sont très légers, ils sont principalement utilisés comme isolant [1].

### **I-4-1-4. Les Peneaux MDF (Medium Density Fiberboard)**

Les panneaux MDF (Medium Density Fiberboard) sont fabriqués par procédé "à sec". Dans ce procédé, la cohésion du panneau est obtenue par collage des fibres avec des résines thermodurcissables. L'encollage des fibres est effectué par pulvérisation de la colle sous haute pression. Tout comme les panneaux de fibre, la destination première des panneaux MDF est la fabrication de mobiliers d'intérieur. De plus, les panneaux MDF peuvent être utilisés comme revêtement de sols. [35]

### **I-4-1-5. Panneau à lamelles orientées OSB (Oriented Strand Board)**

La fabrication de l'OSB utilise exclusivement du bois frais de coupe. Les billes de bois sont le plus souvent découpées en billons de plus petites dimensions, qui sont écorcés avant d'être tranchés en fines lamelles de 0,6 à 0,8 mm d'épaisseur. Les panneaux OSB ne peuvent être utilisés en milieu humide confiné ou en exposition directe aux intempéries [36]

### **I-4-1-6. Les contreplaqués**

Le contreplaqué est composé de feuilles de placage disposées en plis superposés et collés dont le sens du fil du bois est croisé. L'épaisseur d'un panneau est donc fonction du nombre de plis et de l'épaisseur des feuilles de placage qui le compose [28].

### **I-4-2. Les matériaux composites à structure multicouche**

c'est la fusion de deux couches de matériaux composites (dur et lourd) au milieu desquelles se trouve un noyau épais pour le préserver, et il est lié avec un matériau en résine compatible avec ces matériaux ; ces structures se caractérisent par une valeur de flexion élevée par rapport à leur légèreté et leur résistance à l'abrasion ; Souvent utilisé dans les industries aéronautique, automobile et marine ; Classé comme : éponge cellulaire, nid d'abeille, carton ondulé, bois de balsa est constitué de plusieurs matériaux qui présentent une bonne résistance à la flexion et une isolation thermique élevée malgré leur légèreté. La diversité de ses matériaux constitutifs a donné lieu à plusieurs propriétés intégrées différentes [37].

### **Conclusion**

Nous avons donné dans ce chapitre des informations générales sur les matériaux composites, nous nous sommes concentrés sur les matériaux composites à base de polymères et de renforts naturels et chimiques. Nous avons effectué une synthèse sur les propriétés et le renforcement utilisé dans la matrice. Il s'est avéré que les propriétés des fibres végétales diffèrent d'un type à l'autre, et que leur structure et leur composition chimique ont un impact significatif sur les propriétés de l'échantillon, d'où la nécessité de prendre en compte les propriétés des fibres végétales avant de les fusionner dans la matrice et de les utiliser et de faire attention aux matériaux. Le véhicule est à base de fibres végétales. Dans cette étude, nous avons suggéré l'utilisation du bois dans les véhicules en raison de sa biomasse très élevée et de sa disponibilité abondante au niveau du pays dans les déchets de palmier dattier, pour lesquels nous avons consacré un chapitre entier pour parler de tout ce qui concerne ce type de bois.

**CHAPITRE 2 :**  
**Généralités sur les palmiers et leur  
utilisation dans l'isolation**

### CHAPITRE 2 : Généralités sur les palmiers et leur utilisation dans l'isolation

#### Introduction

Ce chapitre porte sur l'étude des sous-produits du palmier dattier, étudions donc tous les composants du palmier dattier.

#### I. Le palmier dattier

##### I-1. Définition

Le palmier dattier c'est une plante qui est cultivé depuis l'Antiquité pour ses fruits sucrés et comestibles appelés dattes. C'est une plante monocotylédone de la famille des Arécacées (Palmiers) et de la sous-famille des *Coryphoideae*, dont *Phoenix dactylifera L.* est l'espèce de palmier dattier la plus cultivée.

Cette plante monocotylédone n'est pas un arbre, au sens botanique, car elle ne produit pas de vrai bois. C'est donc abusivement que le terme d'arbre est utilisé pour parler d'un dattier. Toutefois, ce palmier constitue souvent une des strates arborées dans son milieu. [(13)]

La biodiversité mondiale du palmier dattier représente environ 5000 cultivars de palmier dattier [37]. D'après les descriptions botaniques fournies par de nombreux chercheurs, l'Algérie se taille la part du lion avec près de 1000 variétés, suivie par l'Iran et le Soudan avec 400 variétés chacun, puis l'Irak avec 370 variétés, la Tunisie avec 250, le Maroc avec 244 et les États-Unis D'Amérique avec 196 et 26 articles en Egypte. Plus de cultivars dans d'autres pays [39, 40] Et sur la base d'une statistique réalisée par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture sur le nombre de dattes produites dans les 20 premiers pays en 2017(**Figure 5**), qui montre également une amélioration significative de la fabrication des dattes, de la production mondiale et de l'utilisation (15).



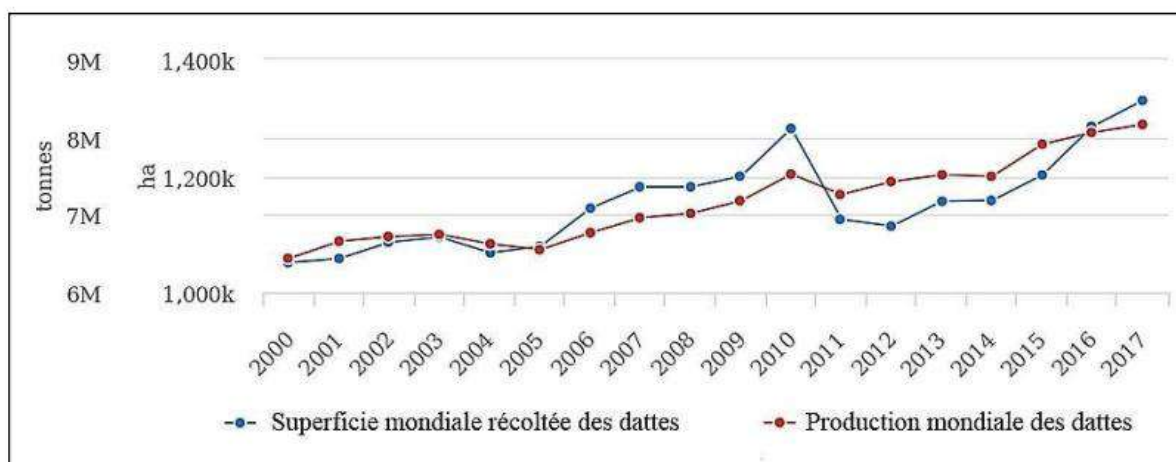


Figure II- 1 Evolution de la superficie récoltée et de la production mondiale de dattes entre 2000 et 2017 (FAO,2019)

### I-2. Exigences écologiques du palmier dattier

Le palmier dattier *Phoenix dactylifera L* est cultivée sur les cinq continents (**Figure6**), il ne vit pas en région tropicale humide comme les autres palmées, mais en région subtropicale sèche, spontanée dans la plupart des régions du vieux monde largement dans la région du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord ; où la pluviométrie est inférieure à 100 mm par an.

Le palmier dattier se distingue par son adaptation à diverses conditions de croissance, il résiste mieux au froid, à la sécheresse et exige beaucoup de chaleur, il est sensible à l'humidité surtout pendant la période de fructification et de floraison.

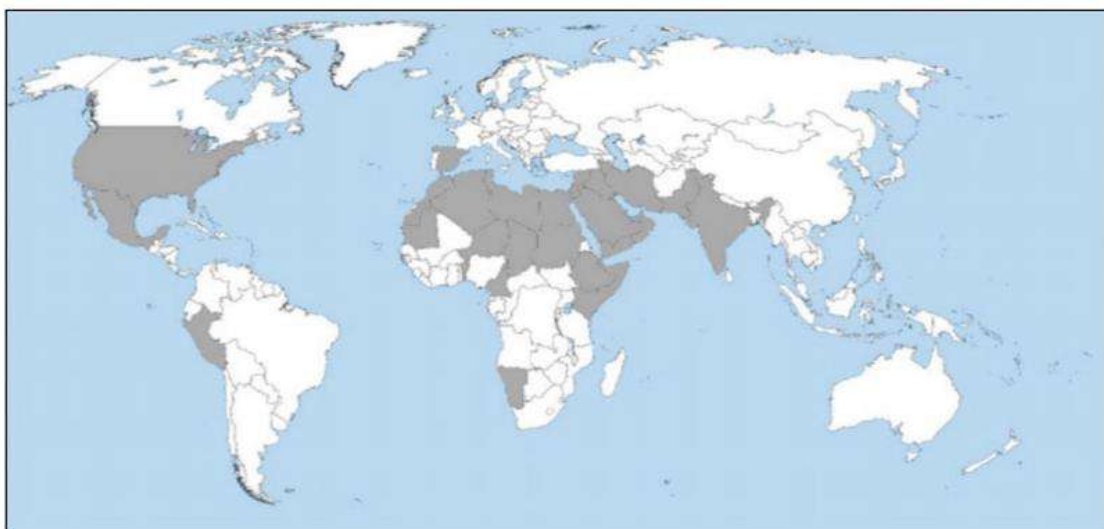


Figure II- 2 Répartition géographique du palmier dattier dans le monde. (Source : blankmap [http://onlinemaps.blogspot.com/2011\\_11\\_01\\_archive.html](http://onlinemaps.blogspot.com/2011_11_01_archive.html))

### I-3. La structure du palmier dattier

La structure du palmier dattier est caractérisée par plusieurs ramifications issues de la base de sa tige. La tige du palmier dattier est recouverte de bases de feuilles vert-brun. Il est surmonté d'une grappe de feuilles longues, pennées et segmentées et de frondes acérées.

Habituellement, environ 10 à 20 nouvelles feuilles sont produites chaque année. Les feuilles de palmier dattier sont soutenues par un tapis de maille cylindrique d'un bloc de maille de matériau fibreux résistant à leurs bases. Ensemble, ils forment une gaine de protection étanche pour le bourgeon terminal [18].

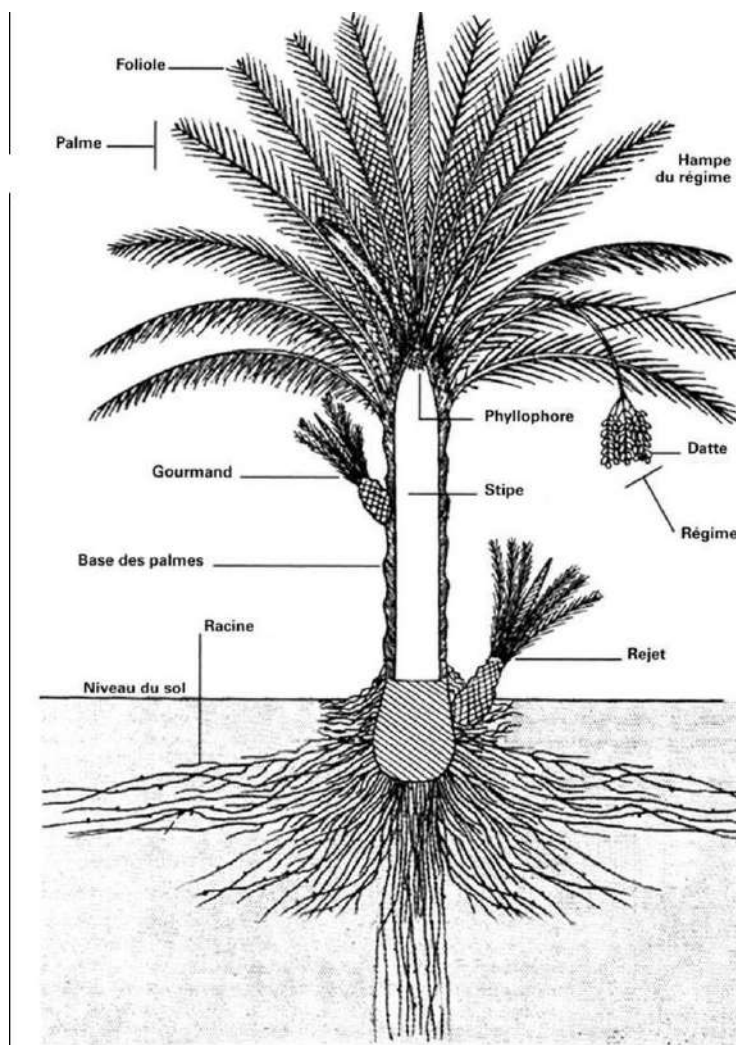


Figure II- 3 Morphologie de palmier dattier (Munier, 1973)

### **I-4. Description morphologique du palmier dattier**

C'est un grand palmier de 20 à 30 m de haut, au tronc cylindrique (le stipe), portant une couronne de feuilles, les feuilles sont pennées divisées et longues de 4 à 7 m. L'espèce est dioïque et porte des inflorescences mâles ou femelles, les fleurs femelles aux trois carpelles sont indépendantes, dont une seule se développe pour former la datte (le fruit) (Hadjari et Kadi, 2005). (Figure 7)

#### **I-4-1. La partie racinaire :**

Le système racinaire du palmier dattier est fasciculaire, les racines ne se ramifient pas et n'ont relativement que peu de radicelles. Le bulbe ou plateau racinal est volumineux et émerge en partie au-dessus du niveau du sol. Le système présente quatre zones d'enracinement. (Figure 8)

Zone 1 : les racines respiratoires, localisées à moins de 0,25 m de profondeur qui peuvent émerger sur le sol.

Zone 2 : les racines de nutrition, allant de 0,30 à 0,40 m de profondeur.

Zone 3 : les racines d'absorption, qui peuvent rejoindre le niveau phréatique à une profondeur varie d'un mètre à 1,8m.

Zone 4 : les racines d'absorption de profondeur, elles sont caractérisées par un géotropisme positif très accentué. La profondeur des racines peut atteindre 20 m, (Munier, 1973 ; Djerbi, 1994)

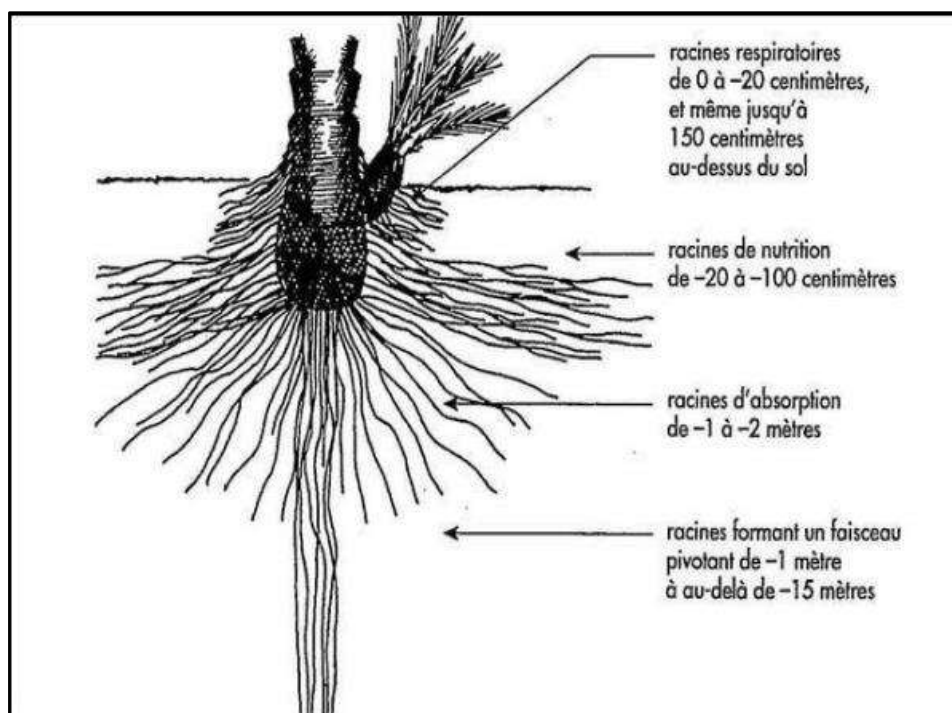


Figure II- 4 Différents types de racines rencontrées chez le palmier dattier (Peyron, 2000)

### I-4-2. La partie aérienne

#### I-4-2-1. Le Tronc

C'est aussi "*the Trunk*" ou "*the stem*" en anglais et "*Elgidhea*" en arabe. C'est un stipe généralement cylindrique, de 1 à 30m de hauteur, très garni en lifs. (19). Il reste couvert pendant de nombreuses années des bases foliaires des anciennes feuilles desséchées qui finissent par tomber.

#### I-4-2-2. Fibrillium

« Fibrillium » la même appellation est utilisée en anglais, on l'appelle aussi fibres de surface de palmier dattier et "*Lif*" en arabe. Le Fibrillium est la gaine de fibres qui entourent le stipe entre les bases des palmes. Le rôle écologique des fibres de surface de palmier est de renforcer le tronc et le protéger contre les chocs extérieurs et la chaleur du désert. Pendant l'entretien annuel des palmiers, chaque palmier peut se débarrasser d'environ 3kg de Fibrillium [(3)].

#### I-4-2-3. La Couronne

L'ensemble des palmes vertes forment la couronne. On dénombre de 50 à 200 palmes chez un palmier dattier adulte [6]. Elles sont émises par le bourgeon terminal ou « phallophore ».

### **I-4-2-4. La Palme**

La palme ou "*Palm*" en Anglais, "*Djérida*" en Arabe est une feuille pennée garnies des folioles. Le palmier produit de 10 à 20 palmes par an selon les variétés et le mode de culture. Ces dernières vivent et demeurent vertes de 3 à 7 ans avant qu'elles deviennent sèches et inclinées puis elles seraient ôtées par taillage [14 ,3 ,7]

### **I-4-2-5. Le Pétiole**

Le pétiole ou "*Petiole*" en Anglais et "*Cornaf*" en Arabe. C'est la partie de la palme enfuie dans le Fibrillium, il est généralement large, son diamètre longitudinal atteint 30 cm, et sa longueur varie entre 25 et 50 cm selon l'espèce de palmier. Le pétiole contribue avec le Fibrillium dans le renforcement et la protection du tronc contre l'endommagement causés par les animaux, les chocs extérieurs, et contre le climat difficile [7]

### **I-4-2-6. Le Rachis**

Le Rachis est "*Rachis*" en Anglais et "*Nasle*" en Arabe. C'est le bois de la partie épineuse de la palme, il se situe entre la partie de foliole et la partie de pétiole. C'est un bois dur et dense par rapport au bois des autres deux parties.

### **I-4-2-7. Les Epines**

Les épines ou "*Thorns*" en Anglais et "*Chouques*" ou encore "*Sreb*" en Arabe. Les épines poussent sur les deux côtés du Rachis pour se déchirent par la suite en folioles, elles occupent d'environ 28% de longueur totale de la palme. [7]

### **I-4-2-8. Les Folioles**

Les Folioles ou "*Leaflets*" en Anglais et "*Saâf*" en Arabe. Les folioles sont les petites feuilles dispersées sur les deux côtés de palme. Elles ont un épiderme recouvert d'un enduit cireux et une forme pointue aux extrémités. La partie occupée par les folioles représente 65% de longueur totale de la palme. [14 ,7]

### **I-4-2-9. Les Spathes**

La Spathe ou "*Spathe*" en Anglais et "*El Djof*" en Arabe. C'est une enveloppe qui recouvre une inflorescence avant son développement et qui se déchire automatiquement pendant la maturation. La spathe femelle diffère de la spathe male ; elle est plus longue et plus large que celui du mal. Généralement, le palmier male "*Dokkar*" produit des spathes plus que le palmier femelle "*Nakhla*," [14,3 ,6].

### **I-4-2-10. Les Grappes**

La Grappe ou le Régime est "*Bunch*" en Anglais et "*Ardjoune*" ou "*Adhak*" en Arabe. Il est constitué par une tige principale qui se ramifie en pédicelles. [3,6]

### **I-4-2-11. Les Pédicelles**

Les Pédicelles sont "*Pedicels*" en Anglais et "*Chamarikh*" en Arabe. Ils sont un ensemble des pédicules provenant du même régime, ils sont constitués de deux parties ; une partie supérieure lisse et droite et une partie inférieure sinueuse sur laquelle les dattes sont alignées. [3,6]

## **II. L'isolation thermique**

L'isolation thermique est le processus qui consiste à empêcher le transfert de chaleur d'un endroit à un autre, en tout ou en partie, en utilisant des matériaux qui ont des propriétés d'isolation thermique pour aider à réduire le transfert de chaleur de l'extérieur du bâtiment vers l'intérieur en été et de l'intérieur vers l'extérieur en hiver, en profitant des propriétés de ces matériaux telles que la mauvaise conductivité thermique et la capacité calorifique.

### **II-1. Matériaux isolants.**

Ce sont ces matériaux synthétiques, des matériaux qui, s'ils sont utilisés de manière appropriée, peuvent empêcher ou réduire le transfert de chaleur par différents moyens de transfert de chaleur (conduction, convection, rayonnement).

#### **II-1-1. Matériaux d'isolation thermique.**

L'idée de base des matériaux d'isolation thermique dépend de ses composants à faible densité apparente et, par conséquent, sa conduction thermique est faible, ce qui permet d'obtenir le processus d'isolation thermique. De même, la chaleur est transmise dans les matériaux d'isolation thermique par l'air et le gaz qui remplit les vides dans les matériaux isolants [40].

### **II-2. Propriétés des matériaux isolants.**

#### **II-2-1. Propriétés mécaniques.**

Certains matériaux d'isolation se caractérisent par une vessie et une endurance acceptable, c'est pourquoi il peut parfois être utilisé. Son objectif principal est l'isolation thermique, donc la durabilité à la pression, à la traction et au cisaillement est prise en considération.

### **II-2-2. Propriétés d'absorption**

La présence d'eau sous forme d'humidité dans le matériau isolant réduit la valeur d'isolation thermique du matériau, ce qui signifie qu'elle réduit la résistance thermique et peut conduire à la destruction rapide du matériau.

L'effet de l'humidité sur le matériau dépend de ses propriétés d'absorption et d'écoulement, ainsi que des conditions climatiques environnantes telles que la température et l'humidité [02]

### **II-2-3. Propriétés thermiques**

C'est la capacité du matériau à l'isolation thermique, et cette capacité est mesurée par le coefficient de conductivité thermique. Plus le coefficient de conduction est faible, plus la résistance du matériau au transfert de chaleur est élevée et vice versa. Il en ressort clairement que la résistance thermique est inversement proportionnelle au coefficient de conduction. (Conduction, convection, rayonnement). Il est à noter que les matériaux réfléchissants sont considérés comme des matériaux efficaces dans l'isolation thermique pour leur capacité à répondre au rayonnement et aux vagues de chaleur. En plus de ce qui a été mentionné, il existe d'autres propriétés telles que chaleur spécifique, capacité calorifique et coefficient de diffusion qui doivent être connus pour chaque matériau [40].

### **Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons présenté une compilation bibliographique concernant le bois de palmier dattier en fructification que nous avons choisi comme renfort dans notre étude. Nous avons commencé par définir le palmier dattier et ses composants et variétés dans le milieu agricole. Et puis les travaux qui incorporaient les fibres et les particules de bois dans la matrice polymère. Nous constatons que les déchets de bois de palmier dattier sont la source de matières premières et sont disponibles au moindre coût dans notre pays et dans le monde entier. Le fait est que l'entretien annuel du palmier dattier génère une énorme quantité de déchets constitués de bois espèce et possède des propriétés physiques, chimiques et mécaniques. Ensuite, étudiez les propriétés physiques et thermiques de ces espèces ; il est fait de bois et, selon ce qui a été rapporté, a une capacité d'absorption élevée.



# Partie Expérimentale





**CHAPITRE 3 :**  
**Matériaux et Méthodes Expérimentaux**

### CHAPITRE 3 : Matériaux Et Méthodes Expérimentaux

#### Introduction

Ce chapitre concerne la partie expérimentale consacrée à la fabrication de panneaux isolants à partir de restes de palmiers à l'aide de colle naturelle (gomme arabique) et de colle blanche, et les résultats de l'expérience obtenue.

Dans ce chapitre, nous avons abordé la méthode de fabrication de panneaux thermo-isolants à l'aide de colle blanche et de colle naturelle.

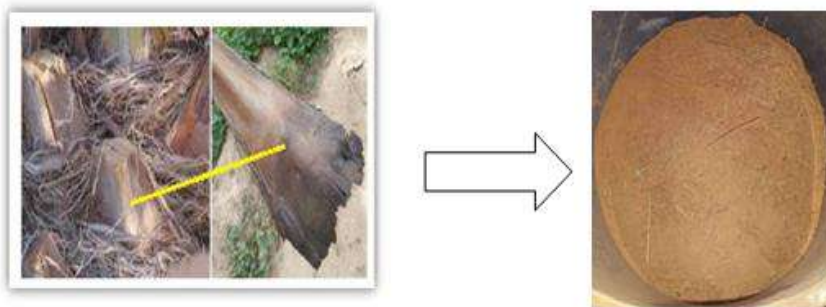
#### I-Choix des constituants des matériaux élémentaire :

Nous avons commencé à utiliser le bois de palmier comme renforts. Dans notre étude, nous avons utilisé la partie des restes de palmiers renouvelables des palmiers, et ce dernier se distingue par les régions du sud-est de l'Algérie, en particulier la Wilayat de Ouargla, pour cela nous avons utilisé la partie inférieure de la feuille de palmier <<kernef>>.

#### I-1- Préparation de déchantions renforts

##### I-2-1-produit :

Cet élément est obtenu en prélevant une partie inférieure du jérid<<kernef>> et en le broyant à l'aide d'un broyeur, le même utilisé pour le liège la matière floculant issue de la wilaya de Djidjel.



*Photo III- 1 broyage du pétiole de palmier Dattier.*

### **I-2-2 bois de palmier dattier kernef**

1\_ Nous avons préparé sept assiettes pour un taux variable pour les deux échantillons, composé de kernef et de liège pour 100.

2- Comme pour les autres échantillons, nous combinons une quantité de liège et de kernef entre eux dans les proportions [20-60-80].

3- Et ensuite mener ces expériences dans l'atelier de menuiserie de l'Institut de Formation Professionnelle, Amir Abdel Kader Baní Brahim.

### **II - Matrices**

Les différentes matrices utilisées pour la préparation des matériaux Composites sont de deux types :(gomme arabique ; colle blanche). Dans ce produit des kernef composé.

#### **II -1- Gomme arabique**

##### **II-1-1-Préparation de la résine naturelle**

Étape : Nous avons pris un échantillon important de la gomme arabique et ajouté de l'eau distillée pour couvrir l'échantillon d'eau et l'avons laissé pendant 24 heures, nous avons remarqué la fusion de la gomme, puis nous l'avons introduite dans un bain-marie, donc nous avons commencé par l'homogénéité et un bon contrôle de l'échantillon et à partir de là former la colle naturelle nécessaire pour être utilisée dans les fibres et les panneaux de bois.

En fin de compte, il a fallu une semaine pour nous montrer le résultat que la deuxième étape c'est celle qui a bien fonctionnée et est utilisée dans notre étude de projet. Les étapes de préparation sont réalisées au laboratoire de biologie de l'université d'Ouargla.



*Photo III- 2 préparation de la gomme arabique*

### II-2 Le processus de stéréotypes

Tout d'abord, nous avons préparé un moule aux dimensions (30 \* 30) cm, et préparé des outils usagés à partir de colle blanche et naturelle, de matériaux (kernef et liège) et de film plastique.

-Après cela, nous avons pris une quantité de kernef et de liège égale à  $m = 648$  g et une quantité de colle  $m = 1851$  g (Selon la colle utilisée) ; puis nous avons bien mélangé les ingrédients à la main jusqu'à ce qu'ils soient homogènes entre eux et ensuite, nous avons enveloppé un moule avec un sac en plastique, puis nous avons mis l'échantillon à l'intérieur du moule et l'avons réglé à la main, puis nous l'avons mis dans la machine à presser et pressons à 110 bars pendant 24 heures et laissons sécher l'échantillon.

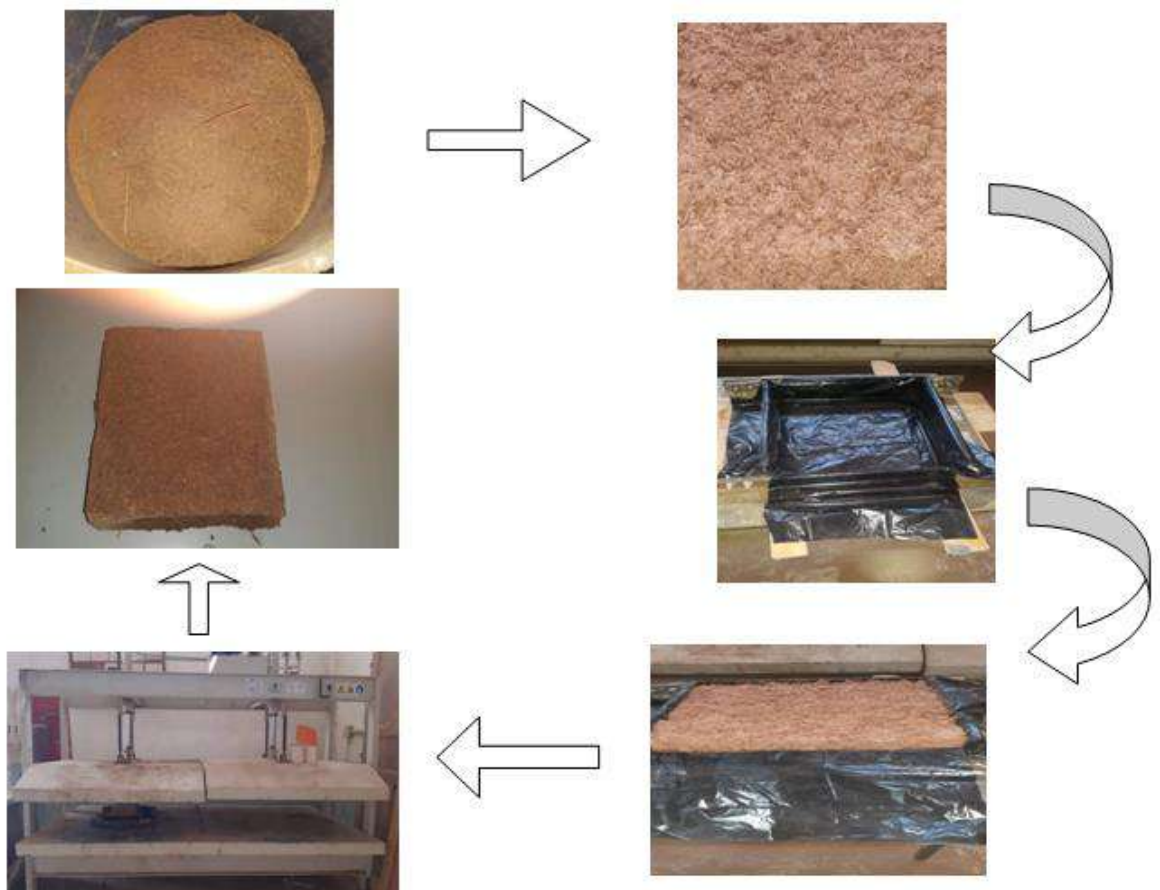


Photo III- 3: Le protocole sur la préparation des matrices

## CHAPITRE 3 : Matériaux et Méthodes Expérimentaux

---

Comme le montre le tableau 5 et la figure 16 nous avons confectionné 7 échantillons

### III - Caractérisation physiques et mécaniques :

#### III - 1. Caractérisation physique :

Des expériences physiques ont été menées au laboratoire des travaux publics Du Sud, Ouargla.

##### III - 1-1. La densité apparente

La mesure de la densité apparente des différentes variétés de bois de palmier dattier consiste à mesurer le volume des échantillons prisent de chaque variété. Pour réaliser cette mesure nous avons suivi le protocole suivant :

- Remplir une éprouvette graduée avec un volume  $V_1$  d'eau.
- Peser un échantillon sec  $M_0$  puis le couvrir totalement par plusieurs couches de paraffine (figure 3.12) ensuite peser de nouveau  $M$ .
- Introduire l'échantillon couvert de paraffine dans l'éprouvette en prenant soin d'éliminer toutes les bulles d'air (figure 3.14).
- Lire le nouveau volume d'eau  $V_2$  [1].

La masse volumique apparente se calcul par la formule [III.1] :

$$P_{apparente} = \frac{M_0}{(V_2 - V_1) - \frac{M - M_0}{\rho_{paraffine}}} \quad (III.1)$$



*Photo III- 4 l'essai de masse volumique apparente*

### **III - 1-2. La densité absolue**

La mesure de la densité absolue consiste à éliminer le vide qui existe dans la substance de l'échantillon et de mesurer le volume absolu de l'échantillon. Cette méthode est appelée la méthode de pycnomètre. Nous avons choisi le protocole suivant :

- Broyer finement 10g de l'échantillon (figure13).
- Peser le pycnomètre (sec et propre) avec son couvercle, soit P0.
- Dévisser le couvercle et introduire 10 g de l'échantillon puis peser l'ensemble, soit P1.
- Ajouter de l'eau jusqu'à 2 cm du bord supérieur, visser à fond et le remplir à l'aide d'une pissette par le trou supérieur.
  - Secouer le pycnomètre en rebouchant avec un doigt le trou du couvercle.
  - Laisser reposer un bon moment, pour permettre à l'air de s'échapper et toute mousse ou écume de se disperser (en peut utiliser une pompe à vide pour accélérer le phénomène), compléter si nécessaire.
- Sécher les parois extérieures du pycnomètre et peser l'ensemble, soit P2.
- Vider le pycnomètre, le laver et le remplir d'eau jusqu'au niveau du trou supérieur.
- Sécher les parois extérieures du pycnomètre et peser l'ensemble, soit P3

## CHAPITRE 3 : Matériaux et Méthodes Expérimentaux

---

Selon la norme NF-EN94-064 La masse volumique absolue de l'échantillon est calculée en la formule suivante [1] :

$$\rho = \frac{P1 * \rho_{eau}}{P0 - P3} \quad (III.2)$$



*Photo III- 5 l'essai de masse volumique absolue.*

### **III - 1-3. Le taux d'absorption :**

Le principe consiste à peser l'échantillon qui est préalablement lavé et séché, soit MC le résultat de la mesure. Ensuite les mettre dans une éprouvette convenable.

-Commencer à ajouter lentement de l'eau distillée afin que l'échantillon puisse l'absorber en fin et à mesure.

-Continuer à ajouter de l'eau jusqu'à ce que l'échantillon soit totalement immergé avec environ 2cm d'eau au-dessus.

-Retirer l'échantillon après 24h d'immersion et essuyer avec un chiffon pour enlever l'excès d'eau sur la surface puis peser de nouveau, soit MS la nouvelle masse. La norme NF-E94-064

-Répéter la procédure jusqu'à ce que MS soit constante. Le taux d'absorption est donné par la relation [1] :

$$Ab = \frac{MS - MC}{MC} * 100 \quad (III.3)$$



*Photo III- 6 l'essai d'absorption*

*Tableau III- 1 Les résultats de la Caractérisation physique de palmier dattier.*

Propriétés	1	2	3	Moyen
La masse Volumique Absolue ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )	0,371	0,339	0,463	0,391
La masse volumique Apparent ( $\text{Kg}/\text{m}^3$ )	0.122	0.116	0.118	0.118
Absorption de L'eau (%)	365.93	323.33	324.64	337.96



## CHAPITRE 3 : Matériaux et Méthodes Expérimentaux

Tableau III- 2 Les résultats de la Caractérisation physique de liège.

Propriétés	01	02	03	Moyen
La masse Volumique absolue (Kg/m)	0.56	0.148	0.148	0.150
La volumique apparent (Kg/m)	5.47	4.19	4.47	4.71
Absorption de l'eau (%)	170.40	169.30	170.45	170.05

Tableau III-3 Le Matériaux composés fabriqués

Percentage de claue échantillon	Matériaux composés
Echantillon1(ELKC20%)	Liège 20%+kernf80%+Colle blanche
Echantillon2(ELKC40%)	Kerref40%+liège 60%+ Colle blanche
Echantillon3(ELKC60%)	Kerref60%+liège 40%+Colle blanche
Echantillon4 (EKC100%)	Kerref100%+Colle blanche
Echantillon5 (EKg100%)	kerref100%+gomme arabique
Echantillon6 (ELKC20%)	Kerref20%+liège 80%+Colle blanche
Echantillon7 (ELC100%)	Liège100%+ Colle blanche

Comme le montre la figure III-7 quelques échantillons on subit des fissurations cela est probablement due au phénomène de retrait ou bien au mode de séchage qui nécessite une étude supplémentaire. Pour cela sur les parties non fissurées et partir d'échantillons  $30*30\text{ cm}^2$  nous avons coupé des éprouvettes d'environ  $4*4*16\text{ cm}$  pour les essais de

## CHAPITRE 3 : Matériaux et Méthodes Expérimentaux

---

flexion et par la suite nous avons réalisé des essais de compression sur des cubes 4\*4 cm. Alors que les essais thermiques ont été effectués sur les éprouvettes 16\*16 cm<sup>2</sup>.



ELKC20%



ELKC40%



ELKC60%



EKg100 %



ELKC20 %



ELC100%

*Photo III- 7 Le Matériaux composés fabriqués*

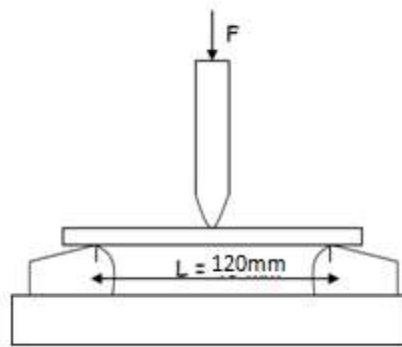
### III -2. Caractérisation mécanique

Dans cette partie nous analyserons les résultats mécaniques finis.

L'expérience de résistance à la flexion et de compression en trois points a été obtenue, les expériences ont été menées dans le laboratoire de recherche EVRNZA de notre université. Par Machine universelle Konrolle illustrée dans la figure suivante, avec vitesse Roulement manuel très faible.

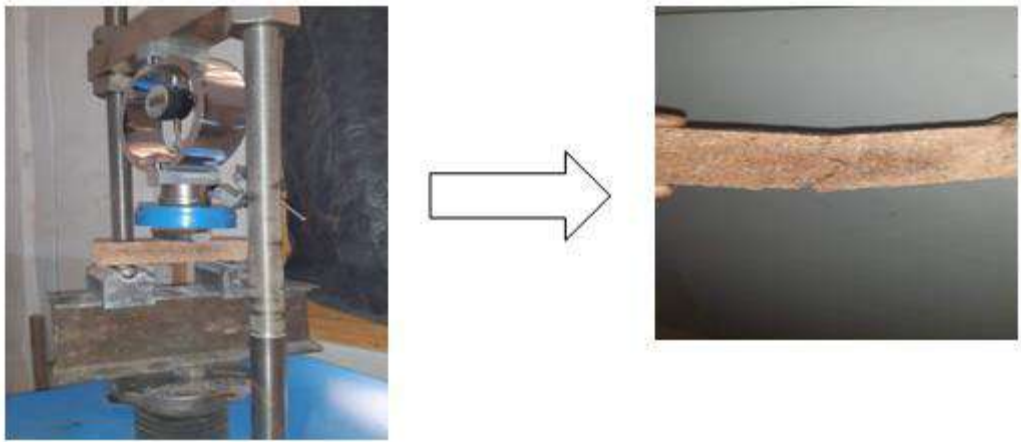
Nous avons testé toutes sortes d'échantillons préfabriqués et ajouté du bois un échantillon vierge, simple et fabriqué en usine pour comparer nos résultats.

#### III -2-1. Flexion et compression



*Figure III- 1 Principe de l'appareillage de flexion*

Les propriétés mécaniques étudiées dans cette section sont les propriétés de flexion des trois points et la compression. Le principe de la flexion trois points consiste à placer l'échantillon sur deux équerres et Appliquez-lui la force à vitesse constante perpendiculairement à sa surface. Comme pour la pression, la force est répartie sur la surface de l'échantillon à vitesse constante et perpendiculaire selon la norme NF-EN 310 [39].



*Photo III- 8 Les étapes du principe de la flexion 3 points*



*Photo III- 9 Les étapes du principe de la compression*

La méthode théorique que nous allons suivre pour déterminer la flèche.

Les tests de flexion en trois points de chaque matériau composite sont réalisés selon la norme inespérée de la norme NF-EN 310.

Pour le calcul de la contrainte de flexion  $\sigma$  sont déterminées selon la formule [1] :

$$\sigma = \frac{3FL}{2bh^2} \text{(III.4)}$$

L : distance entre les points d'appui (mm).

h : largeur de l'éprouvette (mm).

## CHAPITRE 3 : Matériaux et Méthodes Expérimentaux

---

b : épaisseur de l'éprouvette (mm).

F : charge pour un point choisi sur la tangente à l'origine (N)

Pour le calcul de la contrainte de compression  $\sigma$  sont déterminées selon la formule [2] :

$$\sigma_c = \frac{F}{S} \text{(III.5)}$$

F : force appliquée à une surface (N).

S : surface de l'échantillon ( $MM^2$ ).

Résultats d'essai de flexion trois point et compression du bois :

*Tableau III- 3 Dimensions des éprouvettes la contrainte de flexion  $\sigma$*

<b>Echantillon</b>	<b>L (mm)</b>	<b>b(MM)</b>	<b>h (mm)</b>	<b>F(N)</b>	<b><math>\sigma</math> (MPa)</b>
<b>ELKC20%</b>	120	40	36	17	0.059
<b>ELKC40%</b>	120	40	60	287	0.359
<b>ELKC60%</b>	120	40	43	17	0.041
<b>EKC100%</b>	120	40	45	304	0.676
<b>EKg100%</b>	120	36	30	17	0.094
<b>ELKC20%</b>	70	40	60	405	0.525
<b>ELC100%</b>	120				0.590

## CHAPITRE 3 : Matériaux et Méthodes Expérimentaux

Tableau III- 4 Dimensions des éprouvettes et la contrainte de compression  $\sigma_c$

Echantillons	b (mm)	h (mm)	S (mm)	F(N)	$\sigma_c$ (MPa)
ELKC20%	40	40	1600	1887.833	1.180
ELKC40%	40	40	1600	118.166	0.074
ELKC60%	40	40	1600	17	0.011
ELK100%	40	40	1600	2930.667	1.832
EKg100%	40	40	1600	6276.5	3.923
ELKC20%	40	40	1600	80.33	0.0502

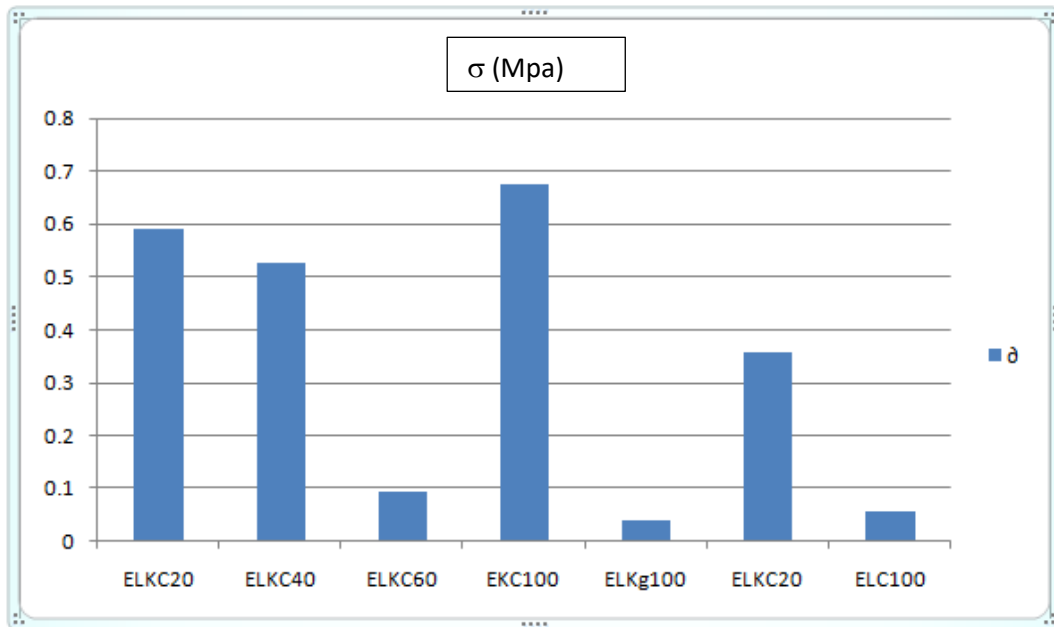


Figure III- 2 la variation de la contrainte de flexion de chaque échantillon

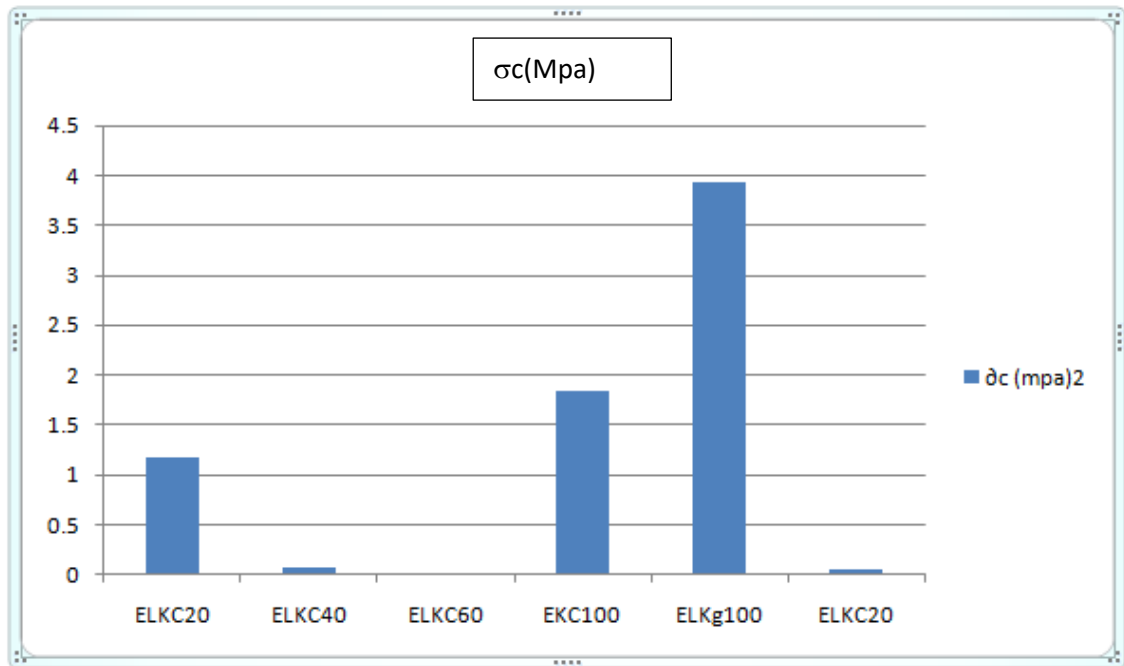


Figure III- 1 la variation de la contrainte de compression de chaque échantillon

Nous constatons que la meilleure résistance a flexion est obtenu par l'échantillon 4 (100% kernef avec une colle blanche). Alors que la résistance a compression est obtenue pour l'échantillon 5 (100% kernef avec une colle arabique). Donc les échantillons en palmier dattiers été les meilleurs sur le côté mécanique.

### III -2-2. La résistance thermique

#### L'appareil de la mesure de la conductivité thermique (CT mètres)

La mesure est basée sur l'analyse de la réponse à la prise de la température du l'échantillon. Ce dernier a recodé impulsions du flux de chaleur. Les matériaux est excité par le chauffage électrique de l'élément chauffant inséré dans la sonde qui est en contact direct avec l'échantillon testé. L'expérience est effectuée conformément à la norme NF EN ISO 8894- En effet, en utilisant l'appareil de mesure TC mètre (Figure 18) nous donne la possibilité d'insérer la puissance de chauffage et le temps de mesure.

. Pour obtenir un résultat précis, nous testons chaque échantillon trois fois dans les deux directions parallèle et perpendiculaire.

La méthode de mesure de la conductivité thermique du sol, est procédée par une sonde à choc thermique, elle est constituée de 2 parties :

## CHAPITRE 3 : Matériaux et Méthodes Expérimentaux

---

- UN élément cylindrique résistif dans lequel est dissipée, par effet Joule, une quantité de chaleur constante pendant la durée de la mesure ;

- Une sonde de calcul de la température placée à l'interface sol-sonde.



*Photo III- 8 Appareil de mesure de la conductivité thermique (CT mètre).*

En utilisant la méthode de Loi de Fourier ; pour le calcul de la résistance thermique ( $R_{th}$ ) sont déterminées selon la formule suivante :

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda} * s \quad (III.6)$$

$e$  : épaisseur de l'éprouvette.

$\lambda$  : conductivité thermique.

$s$  : surface de l'éprouvette.

Des expériences ont été menées au laboratoire des travaux publics de Ghardaïa et les résultats suivants ont été obtenus dans le Tableau III- 6 :



## CHAPITRE 3 : Matériaux et Méthodes Expérimentaux

Tableau III- 5 Dimensions des éprouvettes et propriétés thermiques de bois étudié obtenues en utilisant un (CT mètre).

Echantillons	E(m)	$\lambda(\text{wk}^{-1}\text{m}^{-1})$	S(mm <sup>2</sup> )	R(kw <sup>-1</sup> )
ELKC20%	0.036	0.17	0.0256	0.005
ELKC40%	0.060	0.14	0.0256	0.01
ELKC60%	0.043	0.14	0.0256	0.008
EKC100%	0.045	0.32	0.0256	0.004
EKg100%	0.030	0.22	0.0256	0.003
ELKC20%	0.060	0.13	0.0256	0.009
ELC100%	0.020	0.055	0.0256	0.01

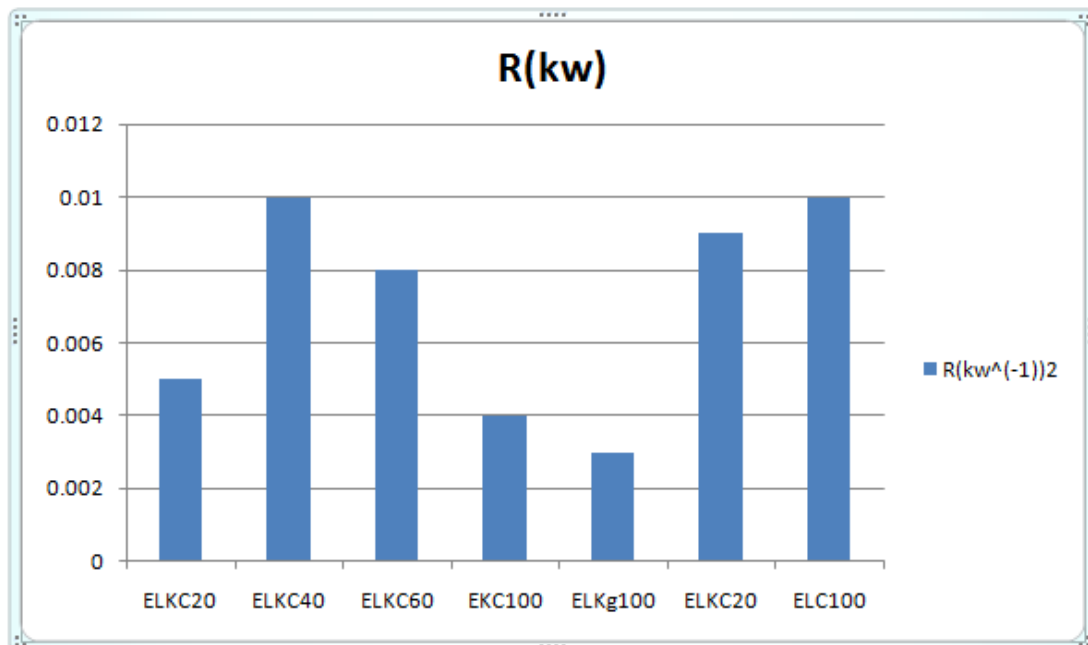


Figure III- 2 la variation des propriétés thermiques de chaque échantillon

### III -3. Comparaison entre la colle blanche et la gomme arabique :

A travers les résultats, on note des expériences dans les tableaux que les échantillons constitués de colle blanche ont donné de meilleurs résultats que la colle arabe, malgré l'utilisation du même poids pour la colle beaucoup de gomme arabique. Ce résultat est en accord avec les références [1.2.3.4]

### **III -4. Comparaison d'isolation thermique entre échantillons :**

On note que le résultat le plus important en résistance thermique a été enregistré dans l'échantillon 2 (40% kernef + 60% liège), qui est similaire à l'échantillon 7 (100% liège) ( $R = 0,01 \text{ k/w}$ ), comme pour les autres échantillons il était proche des premiers résultats et à partir de là Selon les résultats que nous avons obtenus, nous pouvons dire que le kernef a de bonnes propriétés mécaniques et physiques. Mais concernant la résistance thermique, il retient bon que le liège pur. Néanmoins, la substitution de 40% de liège a donnée des propriétés thermiques similaire à celle de liège pur. Le kernef peut être utilisé dans la fabrication de panneaux d'isolation thermique en raison de son comportement et de ses bonnes propriétés mécaniques, et donc une alternative au liège, qui est sur le point de disparaître.

### **III -5. Comparaison entre les planches fabriquées à partir des restes de palmiers et les planches du marché**

Nous notons que les résultats que nous avons obtenus par rapport aux planches en liège ont été tirés [18. 19] L'échantillon 4 composé de 100% kernef à la colle blanche a donné une valeur de résistance à la flexion ( $0.7\text{MPa}$ ) supérieure à la valeur de l'échantillon 7 ( $0.6\text{Mpa}$ ), quant à la résistance à compression , on note également que l'échantillon 5 a donné un résultat supérieur au résultat de échantillon 7 (Liège 100%), qui est considéré comme une référence, et selon les résultats, nous disons que les planches du marché et les planches que nous avons fabriquées, il y a une grande différence dans la résistance à la pression, comme la valeur des planches fabriquées est bien supérieure aux planches du marché. Quant à la flexion, les contraintes sont proches. Mais sur le côté thermique le liège demeure le meilleur quoique la composition de 40% kernef 60% lige a donné une résistance thermique la même que celle de liège.

### **Conclusion**

A travers les résultats obtenus sur la base de l'utilisation des déchets de palme et de résine pour obtenir et évaluer les matériaux composites ; ces matériaux sont utilisés dans plusieurs domaines, dont la construction. Les résultats ont montré que les performances mécaniques de la colle blanche sont supérieures à celles de la gomme arabique. L'Algérie se distingue par sa production annuelle de palmiers, qui à son tour laisse les déchets de la taille et du nettoyage annuel, qui doivent être éliminés. Cette recherche encourage le recyclage des déchets de bois de palmier pour préserver l'environnement, et parmi les idées qui doivent être valorisées en

### CHAPITRE 3 : Matériaux et Méthodes Expérimentaux

---

Algérie figure l'utilisation du bois de palmier (kernef) comme isolant thermique. Dans cette expérience, nous avons utilisé des adhésifs (colle blanche et gomme arabique) pour lier des particules de bois de palmier (kernef) afin d'obtenir un matériau composite avec de nouvelles et excellentes propriétés physiques et mécaniques qui nous aident à concrétiser notre étude de l'isolation et nous avons ajouté du liège comme un témoin pour le bois de palmier (kernef). Nous adresse mes remerciements à tous ceux qui ont contribué de proche ou de loin à la réussite de ce travail. Ils sont nombreux, mais par crainte d'oublier certains.

# CONCLUSION GENERALE

## Conclusion générale :

le bon choix des matériaux isolants a un rôle majeur dans la réduction de la température à l'intérieur du bâtiment, ce qui nécessite d'étudier les propriétés physiques et mécaniques des matériaux d'isolation thermique et d'en choisir un meilleur, et à travers ce que nous avons fait, les expériences que nous avons faites pour ces matériaux, notamment un matériau composite utilisé dans l'étude <<kernef + liège> Nous avons obtenu des résultats précédemment cités qui ont montré que la colle blanche est meilleure que la colle naturelle en termes d'aspect mécanique.

Quant au matériau kernef présentait de bonnes propriétés physiques propriétés et sur la base d'autres matériaux, ainsi que mécaniques, notamment dans les propriétés thermiques fixées pour l'étude. Les résultats sont acceptables, et c'est ce qui nous encourage les restes de palmiers dattiers dans la fabrication de panneaux isolants pour les bâtiments et le développement d'un matériau L'isolation est Bon à partir de sources biologiques moins coûteuses avec de bonnes propriétés physiques et mécaniques.

Enfin, nous espérons avoir réussi notre travail et mentionné l'importance d'un matériau approprié que nous pouvons utiliser dans la fabrication de panneaux isolants, ainsi que le développement de matériaux locaux. Nous espérons que la recherche se poursuive et y accorde plus d'attention car elle a des effets positifs sur l'environnement et la société.

## REFERENCES

### Références normatives :

- Norme NF-EN 310
- Norme NF-P 18-554
- Norme NF-P 94-064.

## REFERENCES

---

- [1].**ALMI Kenza**. Développement et caractérisation de matériaux à base du bois de palmier dattier adaptés aux applications de développement durable en Algérie. , Génie Mécanique, Université Mohamed Khider– Biskra, avril 2018.
- [2]**CHERFEDDINE Safa et BOUCHAREB Yousra**. Étude et caractérisation des composites polyester-fibre naturelle, Chimie des matériaux, Université Med Khider- Biskra 2020.
- [3].**DJERBI M.**, 1994. Précis de phéniciculture. F.A.O., Rome, 192 p.
- [4].**El-Hadrami A., Al-Khayri J.M.**, 2012. Socio economic and traditional importance of datepalm. Emir. J. Food Agr. 24 (5):371-385.
- [5].**F.H. Ahmed Ali**. Palmier dattier: arbre de la vie entre le passé, le présent et le futur.Partie 1, 2005, Ed, Dare el arabia, Kairo, Egypt,14519/ ISBN977-258-197-3. .
- [6].**G. Peyron**. Cultivar le palmier dattier.C.I.R.A.D, Montpellier, France,110p, 2000
- [7].**F H. Ahmed Ali**. Palmier dattier : arbre de la vie entre le passé, le présent et le futur. Partie 2, 2005, Ed,Dare el arabia, Kairo, Egypt 14517/ ISBN977-258-196-5.
- [8].**Ghori, W., Saba, N., Jawaid, M., Asim, M.**ÿ: Un examen des fibres de palmier dattier (Phoenix dactylifera) et de ses composites polymères. Conf. Ser.
- [9].<http://media.marefa.org/modules/vPlayer/vPlayercfg.php?fid=da60385f0bb17a4a9e0>.

## REFERENCES

- [10].Beggari M. , Daif S. ,Contribution à la production des bois à partir des sous produits palmier dattier en utilisant une résine naturelle , mémoire de master structure, Génie civil , université KASDI MERBAH Ouargla, 2021.
- [11].**Jean-M** Berthelot mécanique et analyse des structure 5<sup>e</sup>édition 2012Lavoisier Paris IBB978-27430-14507.
- [12].**Jaradat, AA, Zaid, A.** : Caractéristiques qualitatives des fruits du palmier dattier dans un centre d'origine et un centre de diversité. Alimentaire Agric. Environ. 2, 208-217 (2004) .
- [13].Le palmier dattier, Maison neuve et Larose, Paris.P 367 .
- [14].**M. Walid Azier**. Etude comparative de trois pieds mâles de palmier dattier (Phoenixdactylifera L.) et l'impact de leurs pollens sur quelques caractéristiques physicochimiques des dattes, dans la région d'El Maleh (Biskra). mémoire d'ingénieur d'état en Agronomie à l'université de Biskra, 2007.
- [15].**Mater**. Sci. Ing. (2018). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/368/1/012009> 36
- [16].**MUNIER P.**, 1973.Le palmier dattier, Techniques agricoles et production tropicales. Ed. GP.Maison Neuve et Larousse, Paris, 221 p.
- [17].**Nasser, RA, Salem, MZM, Hizirolu, S., Al-Mefarrej, HA, Mohareb, AS, Alam,M., et al.** : Analyse chimique de différentes parties du palmier dattier (Phoenixdactylifera L.) , techniques de proximité et thermogravimétriques pour la production d'énergie .
- [19].**P. Munier**. Le palmier dattier. G. P. Maison neuve et Larose, Paris, 221 p, 1973.
- [20].**SELLAMI Hadjer**. Etude de l'efficacité du composte de débris du palmier dattier et fiente de volaille sur le rendement de la tomate sous serre dans la région de Biskra.
- [21].**Tahar MASRI** , contribution à la caractérisation et à l'exploration de la microstructure et des propriétés des constituants du palmier, mémoire de magistère, Université Mohamed Khider de Biskra, Algérie.
- [22].[www.lornchemicals.com](http://www.lornchemicals.com).
- [23] **C. Xing**. Characterization of urea-formaldehyde resin efficiency affected by four factors in the manufacture of medium density fibreboard. Thèse de doctorat, Département des Sciences du bois et de la forêt de l'Université Laval, Québec, Canada, 2003.

## REFERENCES

- [24] **L. A. Donaldson**, T. D Lomax. Adhesive/fibre interaction in medium density fiberboard. Wood Sci. Tech., 23, 371-379, 1989.
- [25] **L. S. Penn, H. Wang**. « Epoxy Resin », Handbook of Composite, Edited by S.T. Peters, Published in 1998 by Chapman & Hall, London, ISBN 0412 540207.
- [26] **F. Michaud**. Rhéologie de panneaux composites bois/thermoplastiques sous Chargement thermomécanique : aptitude au post formage. Thèse doctorat, Université de Bordeaux I, Bordeaux, France 2003.
- [27] **P. Navi, F. Heger**. Comportement thermo-hydrromécanique du bois : application Technologiques et dans les structures. Ed.1, Presses polytechniques et universitaire Romandes, CH-1015 Lausanne ISBN 2-88074-620-5, 2005
- [28] **D. Sedan**, Etude des interactions physico-chimiques aux interfaces fibres de chanvre/ciment. Influence sur les propriétés mécaniques du composite. Thèse doctorat, Université de Limoges, **2007**.
- [29] **M. Ragoubi**, Contribution à l'amélioration de la compatibilité interfaciale des fibres naturelles /matrice thermoplastique via un traitement sous décharge couronne. Thèse de PhD, Université de Henri Poincaré Nancy 1, **2010**.
- [30] **M. Laarej**. Etude par spectroscopie Raman et modélisation d'une résine composite RTM. Thèse de PHD. L'université Abou Bakr Belkaid de Tlemcen, **2010**.
- [31]. **A. BOUDENNE**, "Etude expérimentale et théorique des propriétés thermo physiques d'matériaux composites à matrice polymère," Université PARIS XII, 2003.
- [32] : **JULES.E. J**, « Couplages entre propriétés thermiques, réactivité chimique et viscosité des matériaux composites therm durcissables en relation avec les conditions de leur Élaboration fondée sur ; l'hystérésis Diélectrique », Ecole nationale supérieure d'artsetmétiers, 2001.
- [33]: **J. A. Young Quist**, R. M. Rowell, N. Ross, P. Chow. Dry-process hardboard Made from pressurized refiner processed kenaf stalks. In: Proceedings of the 3d annual International Kenaf Association conference, 2, 1991 Tulsa, OK. p.25.
- [34]: <http://fr.wikipedia.org/>
- [35]: (ANSI A208.2-2009 American National Standard. Medium density

## REFERENCES

fiberboard (MDF) for interior application).

[36] : **S. Soulama**, Caractérisation mécanique et thermique de bio composites à matrice Polystyrène recyclé renforcée par des coques de cotonnier (*Gossypium Hitsutum L.*) ou des particules de bois de Kéna (Hibiscus Cannabinus L.). Thèse de Doctorat de l'université de Technologie de Belfort – Montbéliard, 2014.

[37] : [http// :corpus.ulaval.ca](http://corpus.ulaval.ca)

[38] : [http// :corpus.ulaval.ca](http://corpus.ulaval.ca)

[39] : **A.Y. Nenonen**. Elaboration et caractérisation mécanique de panneaux de particules de tige de kernef et de bio adhésifs à base de colle d'os, de tannin ou de mucilage. Thèse doctorat, Université de Toulouse, 2009.

[40] حفصي فؤاد ، المساهمة في دراسة العزل الحراري للمنشآت في المناطق الصحراوية ، هندسة مدنية ، مواد ، 2011 ،  
جامعة قاصدي مرباح ورقلة.



## **Matériaux :**

- Echantillon1(ELKC20%): Liège 20%+kernf80%+Colle blanche  
Echantillon2(ELKC40%): Kernef40%+liège 60%+ Colle blanche  
Echantillon3(ELKC60%): Kernef60%+liège 40%+Colle blanche  
Echantillon4 (EKC100%): Kernef100%+Colle blanche  
Echantillon5 (EKg100%): kernef100%+gomme arabique  
Echantillon6 (ELKC20%): Kernef20%+liège 80%+Colle blanche  
Echantillon7 (ELC100%): Liège100%+ Colle blanche