



Université Mohamed Khider de Biskra
Entrez votre faculté
Entrez votre département

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences et Techniques

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Construction Mécanique

Réf. : Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :
Chahrazad Deghnouche

Le : lundi 8 juillet 2019

Réalisation d'un nouveau matériau biocomposite à base de fibres naturel

Jury :

Dr.	Noureddine DRIAS	MCB	Université de Biskra	Président
M.	Tarak DJOUDI	MAA	Université de Biskra	Examineur
Pr.	Semcheddine DERFOUF	Pr	Université de Biskra	Rapporteur

Année universitaire : 2018 - 2019

Remerciements

Je remercie, en premier lieu, Allah le tout Puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'Il m'a données pour terminer ce mémoire.

Je tiens à remercier sincèrement M^r Derfouf Semchedidine , mon encadreur, pour toute son attention, sa disponibilité, ses conseils et pour ses encouragements durant la réalisation de ce mémoire.

Je tiens à remercier M^r Taher Guettaf Temam

Je tiens à remercier M^r Bennour Ameer

Je tiens aussi à remercier M^{lle} Sara Boughediri pour son aide

Je remercie également les membres du jury d'avoir accepter de juger mon travail.

Je tiens à remercier particulièrement tous mes collègues de génie mécanique de l'Université Mohamed Khider, Biskra.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

A mes parents.

Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur

de l'amour dont ils ne cessent de me combler.

Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

Mes chers frères ,

A ma famille.

A tous mes amis.

À tous ceux qui m'ont été d'un soutien moral ou

matériel.

Liste de figure

Figure. I.1. Différents composants de palmier dattier	4
Figure .I.2 Dattes	4
Figure. I.3 Tronc.....	5
Figure. I.4. Palme. Article	5
Figure. I.5. Pétiole	6
Figure. I.6. Répartition géographique du palmier dattier dans le monde. . .	7
Figure. I.7. Répartition des palmiers dattiers de l'Algérie par wilaya en 2014. . .	7
Figure. I.8. Pourcentage de palmier dattier dans la Wilaya de Biskra. . .	8
Figure. I.9. Variété des palmiers dattiers en Biskra.....	8
Figure. I.10. Classification des fibres naturelles et quelques exemples	9
Figure. I.11. Observation de la fibre de surface du tronc par (MEB).....	10
Figure. I.12. Fibres de tige du support dattier (grappe).....	10
Figure. I.13. Bois d'un pétiole du palmier dattier	11
Figure. I 14. Observation de la fibre de Lif du tronc par (MEB).....	11
Figure. I 15. Formule chimique de la cellulose	12
Figure. I 16. Structure chimique partielle de deux hémicelluloses.....	12
Figure. I 17. Précurseurs de la biosynthèse de la lignine.....	13
Figure. I 18. Produits artisanal en déchets de palmier.....	13
Figure. II.1 Matériaux composites.....	17
Figure. II.2. Présentation de l'interface [matrice - fibre	17
Figure. II.3.Défférentes familles de matrices	18
Figure. II.4. Différentes familles du renfort	19
Figure. II.5. Classification des fibres naturelles en fonction de leur origine.....	19
Figure. II.6. Différents types de fibres de verre	21
Figure. II.7. Classification schématique des différents types de composites	22
Figure. II.8. principe de moulage au contact	23

Figure. II.9. Principe de moulage par projection simultanée.....	24
Figure. II.10. Moulage sous vide.....	25
Figure. II.11. Structure chimique partielle de deux hémicelluloses... ..	26
Figure. II.12. Principe de moulage à la presse à froid.	26
Figure. II.13. principe de moulage par compression.	27
Figure. II.14. Couche de composite.....	28
Figure. II.15. Composite stratifié... ..	28
Figure. II.16. Exemple du plan du drapage d'un composite stratifié	29
Figure. II.17. Composite sandwich	29
Figure. III.1 Balance électronique.....	32
Figure. III.2. Etuve d'humidité.....	33
Figure. III.3. Pied à Coulisse Numérique.....	33
Figure. III.4. Machine de traction INSTRON 6959	34
Figure. III.5. Les formes des spécimens étudiées.....	34
Figure. III.6 Variations de l'humidité en fonction du temps	35
Figure. III.7. Variation de l'humidité en fonction du temps.....	37
Figure. III.8. Procédure d'absorption de l'eau	39
Figure. III.9 Variation de la masse en fonction du temps.....	40
Figure. III.10. Variation du pourcentage de la quantité de l'eau.....	41
figure. III.11 Découpage le bois du régime de datte	44
Figure. III.12 Les fibres après le premier mois	44
Figure. III.13 Bois du régime après le deuxième mois.....	45
Figure. III.14. représente la propagation des champignons	45
Figure. III.15. séparations des fibres	46
Figure. III.16. : lavage (nettoyage) des fibres	46

Figure. III.17 préparation de l'Eprouvette de fibre pour l'essai de traction	47
Figure. III.18. : Modèle Eprouvette.....	47
Figure. III.19.20.21 courbes des essais de traction des fibres	48
Figure. III.22. : Étapes de traitement par Na OH.....	49
Figure. III.23. : les fibres après traitement	49
Figure. III.24. : Allure de la courbe de l'essai de traction après traitement chimique d 2% de Na OH pendant 24h.....	50
Figure. III.25. : Allure de la courbe de l'essai de traction après traitement chimique d 2% de Na OH pendant 48h	51
Figure. III.26. : Allure de la courbe de l'essai de traction après traitement chimique d 5% de Na OH pendant 24h.....	52
Figure. III.27. : Allure de la courbe de l'essai de traction après traitement chimique d 5% de Na OH pendant 48h.....	53
Figure. III.28. : courbe de l'essai de traction fibre	54
Figure (IV.1) : Les fibres longues	56
Figure (IV.2) : Les fibres courtes	56

Figure(IV.3) : les fibres courtes de life.....	57
Figure(IV.4) : (A) résines commerciales: les résines, (B) : sécatif.....	57
Figure(IV.5) : Étapes de séchage de la résine.....	57
Figure (IV.6) : Allure de la courbe de l'essai de traction de la résine pure... ..	58
Figure(IV.7) : Le moule utilisé poure les bio composites a fibre longues et fibres de liffe, (a) :le moule réalisé et (b) : conception de moule par solidworks... ..	58
Figure (IV.8) : Pesage de fibre avec la balance électronique... ..	59
Figure (IV.9) : Disposition des fibres sur le ruban adhésif.....	59
Figure (IV.10) : <i>dépôts de la première couche de fibre dans le moule</i>	59
Figure (IV.11) : couler de la résine sur les fibres et l'étendre sur la couche de fibre.....	60
Figure (IV.12) : enlever l'adhésif.....	60
Figure (IV.13) : Le composé obtenu à partir du moule	60
Figure (IV.14) : l'éprouvette finale de bio-composite.....	61
Figure (IV.15) : allure de la courbe de l'essai de traction de la résine + Fibre longue.....	61
Figure (IV.16) : Les étapes de réalisation.....	62
Figure (IV.17) : Elaboration des fibres dans le moule.....	63
Figure (IV.18) : Les bio composites réalisées, (A) : à base de fibre traitées avec 2% de NaOH, (B) : à base de fibre courte non traitées, (c) : à base de fibres de life	63
Figure (IV.19) : allure de la courbe de l'essai de traction de la résine + fibre.....	63
Figure (IV.20) : allure de la courbe de l'essai de traction de la résine + fibres courtes traitées avec 2% de NaOH.....	64
Figure (IV.21) : allure de la courbe de l'essai de traction de la résine + fibres de life... ..	64
Figure (IV.22) La courbe d'essai de traction combine les fibre de bio-composé.....	65

Liste de tableau

Tableau.I.1. Composante chimique de fibre de palmier dattier	11
Tableau II.1 : Caractéristiques des résines thermodurcissables et des résines	
Thermoplastiques	18
Tableau III.1 : Variations massique des échantillons	35
Tableau III.2 : le pourcentage de l'humidité	38
Tableau III.3 : Variations massique des Échantillons	39
Tableau III.4: le pourcentage de la quantité de l'eau	41

Liste des abréviations

MEB	La microscopie électronique à balayage
H	parahydroxyphényle,
G	gaïacol,
S	syringyle.
TP	thermoplastiques
TD	thermodurcissables
RTM	Résine Transfert Molding
BMC	Bulk Molding Compound
SMC	Sheet Molding Compound
UD	Unidirectionnel
LCD	liquide cristal display
KN	traction et compression (kilonewton)
RDM	Résistance des matériaux
m avant	la masse avant le séchage.
m après	la masse après le séchage.
H(%)	le pourcentage de l'humidité extraite.
Δm (%)	pourcentage de la quantité de l'eau d'absorber par les spécimens de .
m avant	la masse avant l'absorption de l'eau c'est-à-dire l'état initial.
m après	la masse après l'absorption de l'eau c'est-à-dire l'état finale.
GPA	Gigapascals
L	Longueur
l	largeur
e	épaisseur
D	diamètre

Sommaire

Liste figure	i_iv
Liste tableau	v
Liste des abréviations	vi

Chapitre I. Historique de palmier dattier

Introduction générale.....	1
I. Historique de palmier dattier.....	3
I.1. Introduction.....	3
I.2. Structure des palmiers dattiers	3
I.2.1. Dattes.....	4
I.2.2. Le tronc	5
I.2.3. Palme	5
I.2.4. Les kornafs (pétiole)	6
I.3. Répartition géographique du palmier dattier	6
I.3.1. Dans le monde.....	6
I.3.2. En l'Algérie.....	7
I.3.3. Dans la wilaya de Biskra.....	8
I.4 Les fibres naturelles	9
I.5 Les fibres végétales	10
I.6 Fibres du palmier dattier	10
I. 7. Composition chimique de fibre de palmier dattier.....	11
I.7.1. Cellulose.....	11
I.7.2. Hémicelluloses	12
I.7.3. Lignines.....	12
I.5. utilisaitaion	13

Chapitre II. Généralité sur les matériaux composites

II. Généralité sur les matériaux composites	16
II.2. définition.....	16
II.3. Constituions d'un matériau composite	16
II.3.1. Interface	17

II.3.2. Matrice	17
II.3.2.1. Matrices thermoplastiques (TP).....	18
II.3.2.2. Matrices thermodurcissables (TD).....	18
II.3.3. Les renforts	19
II.3.3.1. Différentes natures de renfort... ..	19
II.3.3.2. Présentation des différents renforts naturels	19
II.3.3.3. Différents formes de renfort	21
I. 3. 4. Les charges.....	21
II. 3. 5. Les additifs.....	22
II.4. Classification des composites	22
II.3.4. Classification des composites selon la nature de fibre	22
II.5. Classification à base de la structure composite	23
II. 5. 1. Moulage au contact.....	23
II. 5. 2. Moulage par projection simultané	24
II. 5. 3. Les technologies dites en moule fermé.....	24
II. 5. 3. 1. Moulage sous vide	24
II. 5. 3. 2. Moulage par injection basse pression de résine (RTM)	25
II. 5. 3. 3. Moulage à froid.....	26
II. 5. 3. 4. Moulage par injection de compound BMC.....	26
II. 5. 3. 5. Moulage par compression de mat pré imprégné SMC	27
II. 5. 3. 6. Moulage par enroulement filamentaire.....	27
II.6. Architecture du composite.....	28
II. 6. 1. Les monocouches.....	28
II. 6. 2. Les stratifiées	28
II. 6. 3. Les sandwichs	29
II.7. Conclusion	30
Chapitre III. Etude des caractéristiques des fibres	
III.1. Introduction	32
III. 2. Protocole expérimentale	32
III. 2. 1. La balance électronique.....	32
III. 2. 2. L'étuve de séchage pour la déshumidification	32
III. 2. 3. Pied à coulisse numérique	33
III. 2. 4. Machine des essais de traction	33
III. 3. Calcul du taux d'humidité	34

III. 3. 1. La technique de séchage	30
III. 3. 2. Préparation des spécimens.....	30
III.4. Absorption le bois du régime de dattes	38
III. 4. 1. Préparation des spécimens	39
III. 5. Concernant la composition du bois du spadice du palmier dattier en Fibres	43
III .5 .1.Extraction des fibres	43
III. 6. Préparation de la fibre	46
III. 6. 1. Modèle Eprouvette	47
III.6.2.Essais de traction fibre non traité	47
III. 6. 3. traitement chimique des fibres de spadice par Na OH	49
III. 6. 4. Les résultats de traitement.....	50
III. A.1.Pour une concentration de 2% de Na OH pendant 24h.....	51
III.A.2. Pour une concentration de 2% de Na OH pendant 48h.....	52
III.B. 1.Pour une concentration de 5% de Na OH pendant 24h	52
III.B.2.Pour une concentration de 5% de Na OH pendant 48 h	53
III. C. 1. Pour une de l'eau distillée pendant 48 h	54
Chapitre IV : résultats et discussions	
IV.1 Préparation de fibres	56
IV. 1.1. Les fibres longues	56
IV. 1.2. Les fibres courtes	56
IV. 2. La réalisation du bio composite	57
IV. 2. 1 la résine utilisée.....	57
IV. 2. 1. 1 .L'Essai de traction résine de référence	58
IV. 2. 2. Le bio composites à base de fibres longues	58
IV. 2. 2. 1. Le moule utilisé.....	58
IV. 2. 2. 2. Les étapes de réalisation	59
IV 2.2.3. Essai de traction de l'éprouvette bio-composite (Résine + fibre longue).61	
IV. 2. 3. Bio composites à base de fibres courtes.....	61
IV. 2. 3. 1. Le moule utilisé.....	61
IV. 2.3 .2 . Le protocole expérimental	62
IV. 2. 3. 3. Essai de traction de l'éprouvettes bio-composites	63

IV. 2. 3. 4. Résulta globale essai de traction de l'éprouvette bio-composite 65

IV. 3 Interprétation des résultats 65

Conclusion générale 66-67

Introduction générale

Les matériaux biocomposites sont apparemment une nouvelle classe innovatrice des matériaux composites renforcés de fibres a été récemment développée. Ils sont désignés comme les matériaux bio composites (parfois aussi appelé les composites bio-sources). Les composites renforcés de fibres naturelles ont donc attiré une attention de plus en plus grande en raison de leur faible coût, leur densité peu élevée, leur biodégradabilité, leur disponibilité, leur facilité de mise en œuvre et leur capacité à être recyclés. Ces avantages présentent de l'intérêt pour des applications dans divers domaines comme par exemple la vie quotidienne (meubler, plancher, pots, l'industrie automobile...), qui exigent des matériaux légers à haute performance, des possibilités de recyclage, le minimum d'impact sur l'environnement, et une réduction du coût de la matière.

L'objectif tracé dans cette étude est d'utiliser des palmiers de l'oasis de Biskra (Algérie) où la fibre végétale extraite du bras de régime est extraite, ce qui est négligeable, car elle s'est rétablie lors de la récolte de dattes de décembre. Ces tiges sont abondantes en Algérie car cette dernière compte plus de 18,5 millions de palmiers dattiers.

Enfin de réaliser pratiquement au moins un biocomposite avec les éléments à base de fibres qui sont considérés comme déchets et sont jetés ou brûlés. Le but de ce travail est d'extraire des fibres, de déterminer les propriétés mécaniques des fibres de palmiers et de les traiter l'hydroxyde de sodium et de déterminer leurs caractéristiques mécaniques telles que le module de Yong, la résistance pratique,etc.

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

- ✓ Le premier chapitre comprend des généralités sur palmier dattier.
- ✓ Le deuxième chapitre est consacré à une étude générale sur les matériaux composites.
- ✓ Le troisième chapitre vise tout d'abord à étudier les caractéristiques physiques et mécaniques des fibres du spadice.

Le quatrième chapitre englobe le protocole de réalisation de biocomposites, les résultats des essais engagés et leurs discussions et interprétations.



Chapitre I



I. Historique sur le palmier dattier :

I. 1. Introduction :

Le palmier dattier est une espèce monocotylédone, arborescente, dioïque et diploïde. Il a été dénommé *Phoenix dactylifera* L. par Linné en 1734. Ce nom provient du mot «Phoenix» qui signifie dattier chez les phéniciens, et «dactylifera» dérive du terme grec «dactylos» signifiant doigt, allusion faite à la forme du fruit [1]. Une autre source mentionne le nom de l'oiseau légendaire égyptien, qui était capable de résister et même de renaître, après avoir connu le feu [2]. Selon le glossaire l'intermédiaire des Terminologie doctrinale, le palmier dattier est considéré par les arabes comme arbre noble, ils lui ont donné le nom de «NAKHLA» qui signifie le pur, le meilleur ou l'essentiel.

Le palmier dattier offre de larges possibilités d'adaptation, c'est une espèce thermophile ayant une activité qui se manifeste à partir d'une température de (+7 à +10) °C. La température de 10 °C est le zéro de la végétation. L'intensité maximale de végétation est atteinte à des températures supérieures à 30 °C, elle se stabilise ensuite et commence à décroître à partir de (38-40) °C [2].

I. 2. La Morphologie des palmiers dattiers :

Le palmier dattier est typiquement cultivé dans les oasis sahariennes. Celui originaire d'Afrique du Nord, est amplement cultivé dans la région de l'Arabie jusqu'au Golfe Persique, où il forme la végétation caractéristique des oasis. Il est cultivé en outre aux Canaries, dans la Méditerranée septentrionale et dans la partie méridionale des Etats-Unis. C'est une plante sensible au froid, qui pousse sur des terrains de n'importe quelle nature, pourvu qu'ils soient fertiles et bien drainés. Dans les régions à climat doux, il est cultivé en plein air, en position ensoleillée, utilisé surtout comme plante ornementale pour son allure élancée et son feuillage.

On pourrait croire que c'est un arbre qui possède un tronc alors que c'est un monocotylédone qui ne contient pas de bois ni de tronc mais possède un stipe. De plus, c'est une plante dioïque contenant donc des palmiers mâles et des palmiers femelles. Le palmier a un tronc très élancé, haut jusqu'à 30 m, couvert de manière visible par les gaines des feuilles tombées. Les feuilles, réunies en un nombre de 20 à 30 maximum, forment une couronne apicale clairsemée. Elles sont pennées, longues jusqu'à 6 m, les feuilles supérieures sont ascendantes, les basales recourbées vers le bas, avec des segments coriaces, linéaires, rigides et piquants, de couleur verte. [3]

La figure II.1 présente les différents composants de palmier dattier:

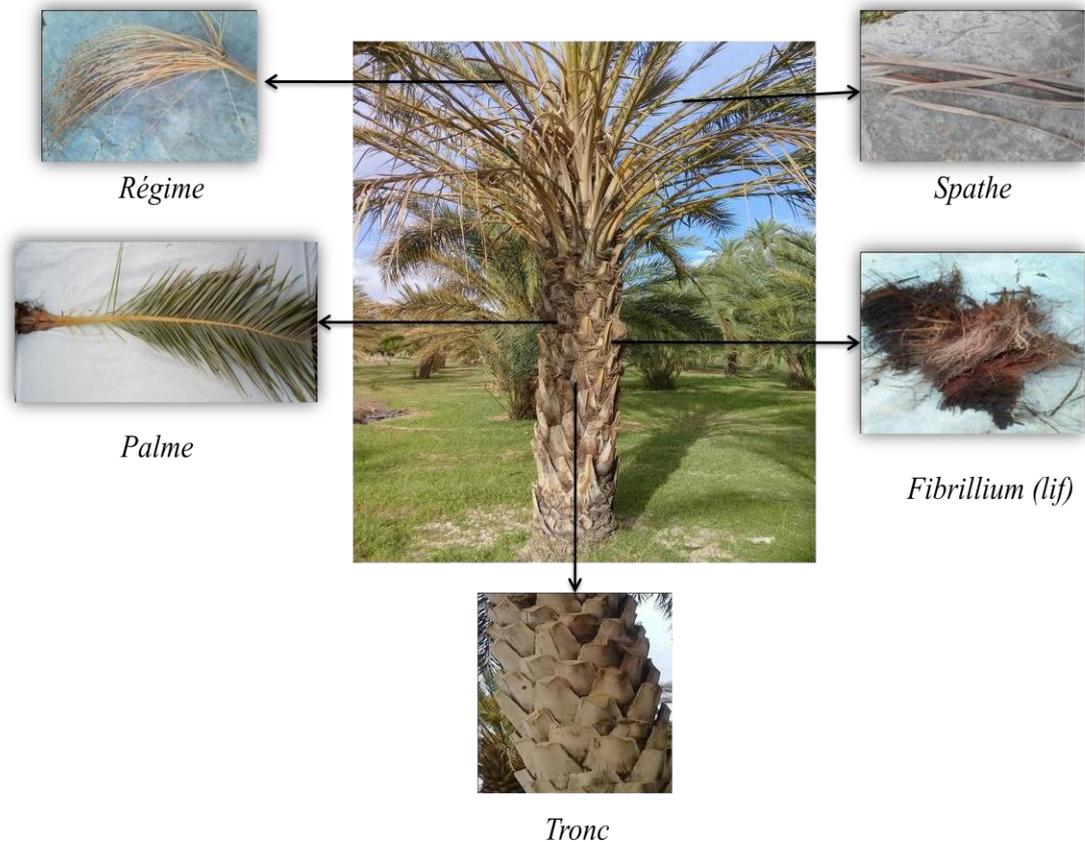


Figure (I.1) : Différents composants de palmier dattier [43].

I. 2. 1. Les Dattes :

Ces fruits sont des baies de forme ovale de 3 cm de long. La chaire très sucrée entoure la graine. Récoltées en automne, leur couleur varie du rouge lumineux au jaune lumineux selon les variétés, elles seront ensuite séchées au soleil. Un palmier dattier peut produire de 10 jusqu'à 100 kg par an.



Figure (I.2) : Dattes.

I. 2. 2. Le tronc :

Qu'on appelle aussi « Stipe », qui de forme cylindrique, c'est-à-dire ayant approximativement un même diamètre de bas en haut, sauf qu'à la base, on retrouve les racines respiratoires. Mais le stipe n'est de diamètre constant que si la croissance de l'arbre a été régulière dès son jeune âge.



Figure (I.3) : Tronc [44].

I. 2. 3. La palme :

Une palme, ou en arabe *DJERID*, qui est une feuille composée, en forme de peigne figure. I.4. La base *pétiolaire*, ou *Kornaf*, engaine partiellement le tronc et est en partie recouverte par le *fibrillum*, ou *life* [3].

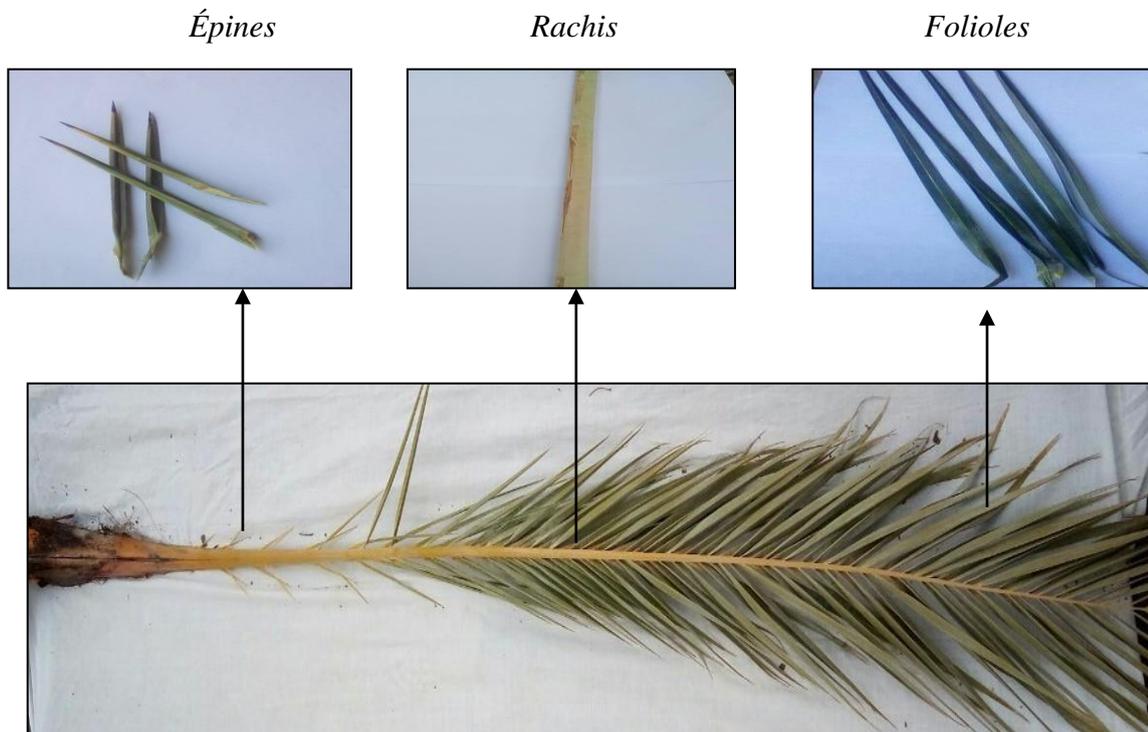


Figure (I.4) : Palme [45].

Le rachis, est de forme semi-cylindrique plus ou moins ailé et porte les épines et les folioles. Le pétiole est dur et relativement rigide.

Les épines sont plus ou moins nombreuses et plus ou moins longues. On constate un gradient entre les premières épines et les épines du haut, qui se transforment progressivement en folioles.).

Epines et folioles sont plus ou moins régulièrement disposées en position généralement oblique le long du rachis, seules ou en un groupe de trois au maximum.

La finesse, la rigidité et la couleur des folioles diffèrent selon le cultivar. L'épiderme des folioles est recouvert d'une mince couche cireuse. Cependant, la couleur peut varier avec les conditions de culture : les folioles d'un palmier qui a soif ternissent. La morphologie et la disposition des folioles et des épines sur le rachis constituent l'un des éléments de caractérisation des cultivars [4].

I. 2. 4. Pétioles (*kornafs*) :

Sont les bases pétiolaires du palmier qui restent collées au stipe après la mort de la palme. Ils se dessèchent à leur extrémité et assurent une protection du tronc. Leur présence permet de grimper sur le palmier.

Entre les KORNAFS, le tronc est recouvert d'un FIBRILLUM, qui est une bourre fibreuse c'est une de tissage végétal que l'on appelle le life [3].



Figure (I.5) : Pétiole.

I. 3. Répartition géographique du palmier dattier :

I.3.1. Dans le monde :

La production mondiale de dattes est d'environ 7 millions de tonnes par année et a plus que doublé depuis les années 1980. Cela place la datte au 5^{ème} rang des fruits les plus produits

dans les régions arides et semi-arides. D'après l'Organisation Des Nations Unies Pour L'alimentation Et L'agriculture (FAO), la production mondiale de dattes est estimée à 7,62 millions de tonnes en 2010. Les principaux pays producteurs de dattes les plus importants sont : l'Egypte, l'Iran, l'Arabie Saoudite, les Emirats arabes, l'Irak, le Pakistan et l'Algérie et le Soudan [5].

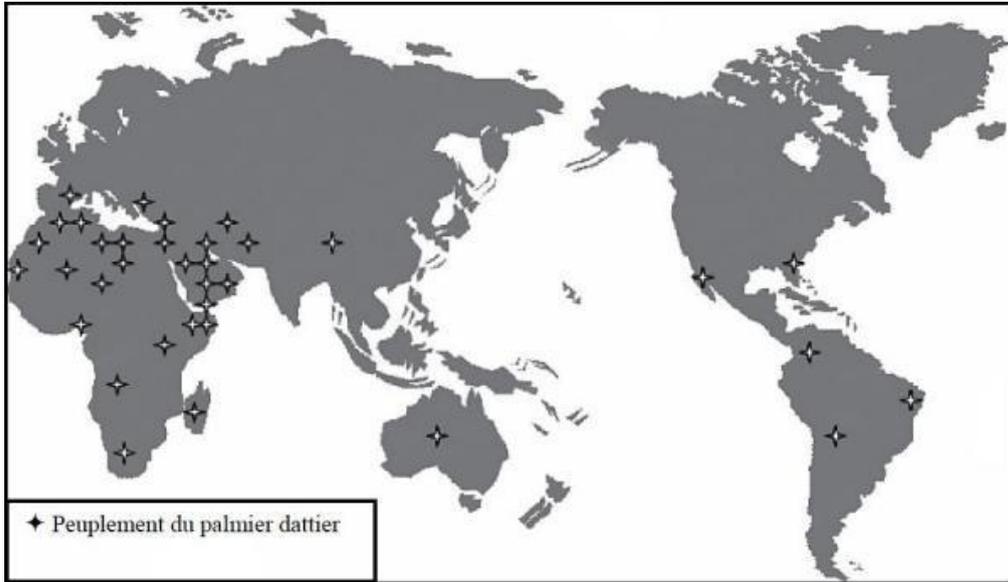


Figure (I.6): Répartition géographique du palmier dattier dans le monde [6].

I. 3. 2. En l'Algérie :

Selon les données de ministère de l'agriculture et du développement rural, les palmiers dattiers en Algérie s'étalent sur une superficie de plus de 160 milles hectares. Bien que ce patrimoine soit reparti sur 17 wilayas du pays, néanmoins, il est concentré principalement dans les wilayas Sud- Est et Sud-Centre du pays [7]. La première place est occupée par Biskra avec plus 23 % du patrimoine national, Suivie par la wilaya d'Adrar de près de 21% et la wilaya d'El Oued avec plus de 20 % figure .II.7

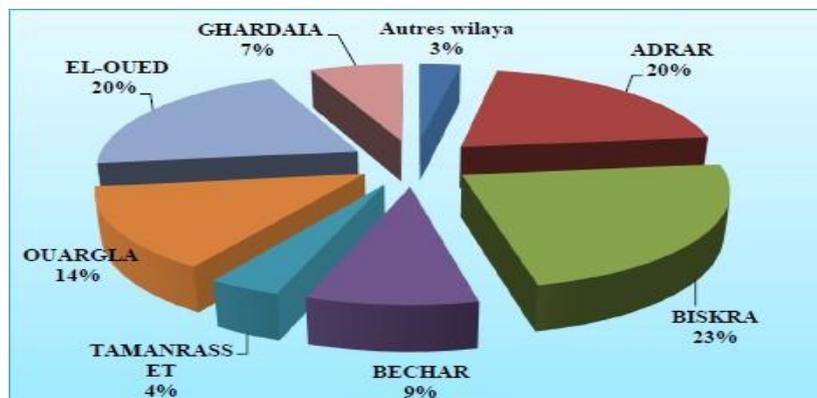
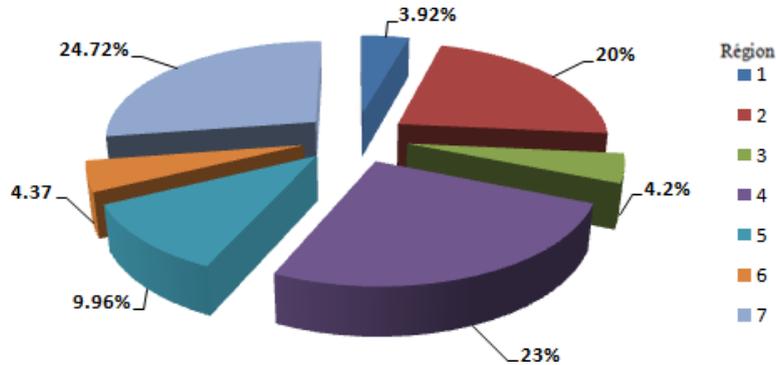


Figure (I.7): Répartition des palmiers dattiers de l'Algérie par wilaya en 2014 [8].

I. 3. 3. Dans la wilaya de Biskra :

La wilaya de Biskra est la première région en Algérie en termes de nombre de palmiers dattier avec 4,36 millions de palmiers dattiers, représentant 23,19% des palmiers nationaux. Les palmeraies de la wilaya sont particulièrement concentrées dans les Ziban (Biskra) occidentales à 7 régions figure I.8 [9].



Région 1 : EL-outaya, Djamourah, Branis, El-Kantara, Ain Touta.

Région 2 : Sidi Okba, Chetma, Ain Naga, El-houach, M'chounech.

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

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

Région 5 : Oulad Djalal, Doucen, Chaiba,

Région 6: Sidi Khaled, Basbese, Ras El Miaad

Région 7 : Ourelal, Mlili, Mekhadma, Lioua, Oumech

Figure (I.8): Pourcentage de palmier dattier dans la Wilaya de Biskra.

La région de Biskra est connue pour l'excellente variété de Deglet Nour qui représente 61.93 % du nombre total de palmiers 2 701 217, avec 12.90% pour la variété d'Elghars comme présenté dans la figure I.9.

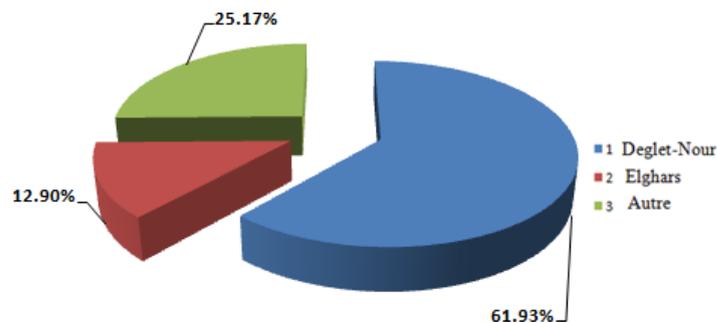


Figure (I.9) : Variété des palmiers dattiers en Biskra.

I.4. Les fibres naturelles :

Les fibres naturelles peuvent être classées selon leur origine. Il est donc possible de distinguer trois grandes familles [10] :

✚ **Les fibres végétales** : elles se subdivisent elles-mêmes selon leur provenance.

On peut donc citer les fibres libériennes qui sont extraites de tiges de plantes (Chanvre, Lin, Ramie, Jute), les fibres dures qui sont extraites de feuilles, de troncs ou d'écorces de fruits (Sisal, Chanvre de manille, Noix de Coco), et les fibres qui proviennent des poils séminaux de graines (Coton, Kapok) ,

✚ **Les fibres animales** : elles peuvent émaner des poils (Toison animale) ou encore des sécrétions (Soie),

✚ **Les fibres minérales** : (Amiante). La Figure I-10 illustre la classification des fibres naturelles.

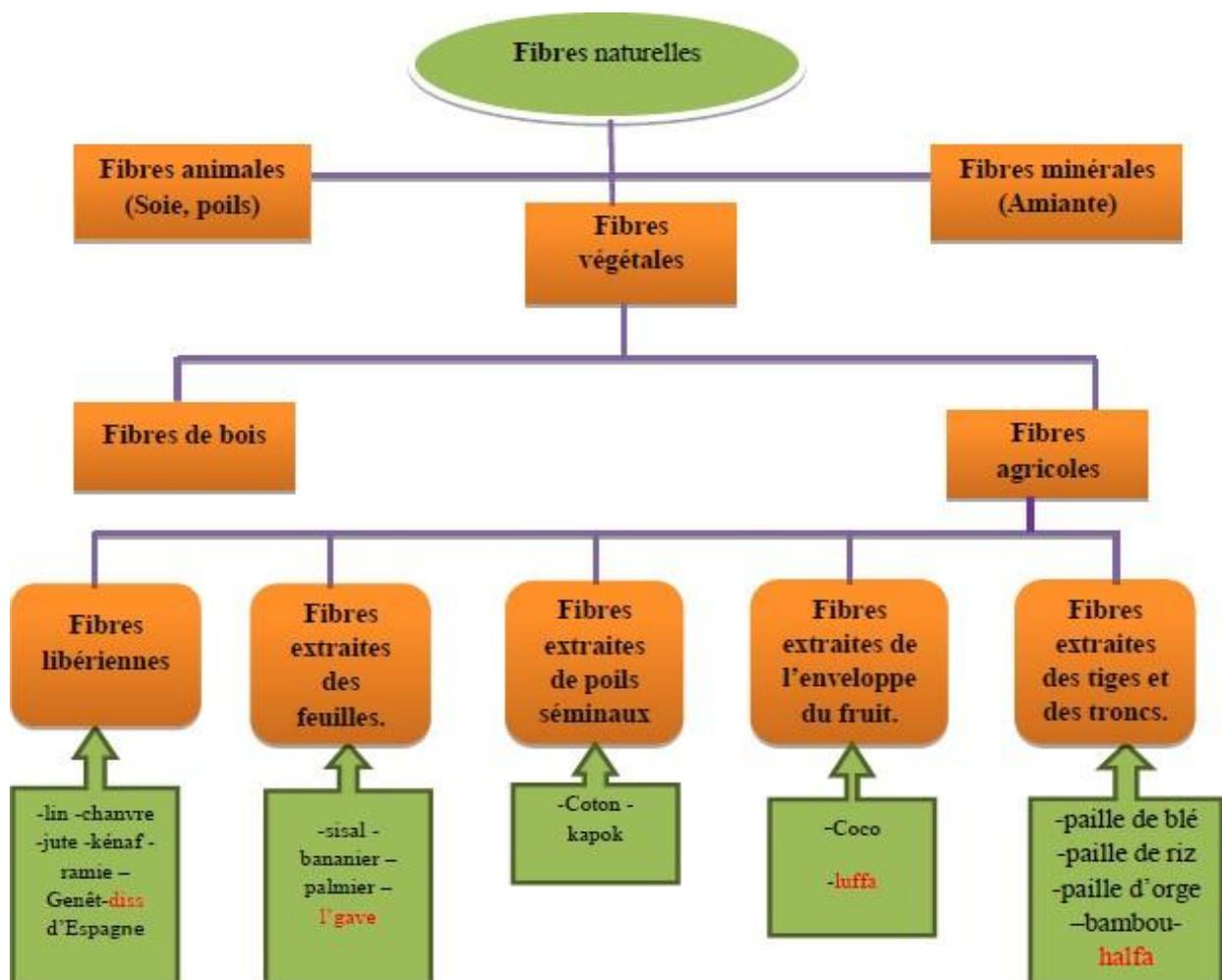


Figure (I.10) : Classification des fibres naturelles et quelques exemples [11].

I. 5. Les fibres végétales :

On désigne par les fibres ligno-cellulosiques des constructions biologiques fibrillaires issues du végétal habituellement constituées de cellulose, d'hémicelluloses et de lignine [12], [13] et d'un taux plus faibles d'extraits non azotés, de matière protéique brute, de lipide et de matière minérale [14]. La variation de chacun de ces constituants est souvent en fonction de l'espèce de l'âge et des organes de la plante. [13] et [15-16].

I. 6. Fibres du palmier dattier :

Le palmier dattier a une structure fibreuse, possédant quatre types de fibres [17]:

- ✚ Fibres de bois de tronc.

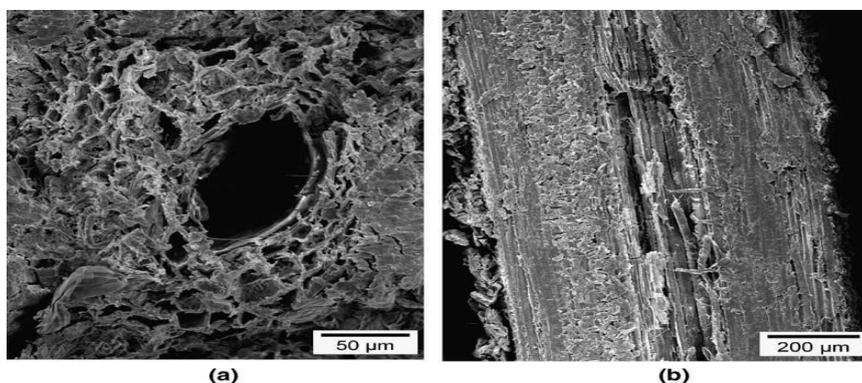


Figure (I.11): Observation de la fibre de surface du tronc par (MEB),
a) coupe transversale, b) coupe longitudinale[18].

- ✚ Fibres de feuilles au niveau des pédoncules.
- ✚ Fibres de tige au niveau des tiges des pédoncules et du support dattier (grappe).



Figure (I.12) : Fibres de tige du support dattier (grappe).

- ✚ Fibres de surface autour de son tronc ou de bases de palmes (pétiole)



Figure I.13 : Bois d'un pétiole du palmier dattier [19].

✚ Fibres de Life (entre le Kornaf et le tronc : bourre fibreuse appelée Life).

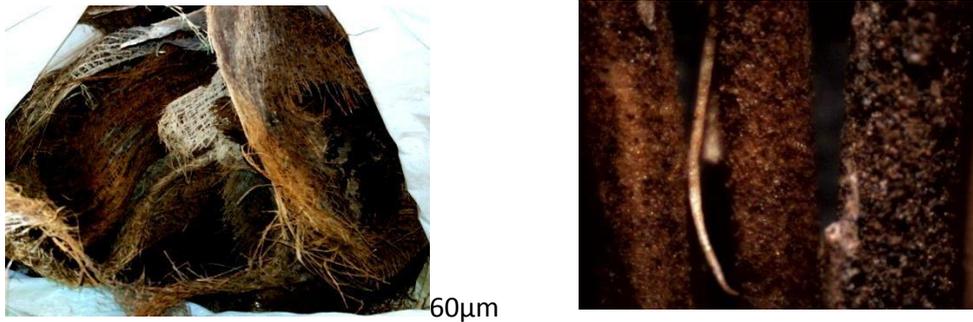


Figure (I.14): Observation de la fibre de Life du tronc par (MEB).

I. 7. Composition chimique de fibre de palmier dattier :

On peut classer les matériaux de structure en trois catégories principales : la cellulose, les hémicelluloses et les lignines, organisées dans une structure composite (Tableau .I.1) :

Feuillus	Résineux	Composition chimique
45%	42%	Cellulose
30%	27%	Hémicelluloses
20%	28%	Lignines

Tableau (I.1) : Composante chimique de fibre de palmier dattier.

I. 7. 1. La cellulose :

C'est un polymère régulier du glucose, de formule $(C_6H_{10}O_5)_n$. Des liaisons hydrogène intra et intermoléculaires, dues aux nombreux groupements hydroxyles de la chaîne, favorisent l'arrangement de celle-ci en domaines cristallins, avec des zones amorphes à intervalle d'environ 30 nm.

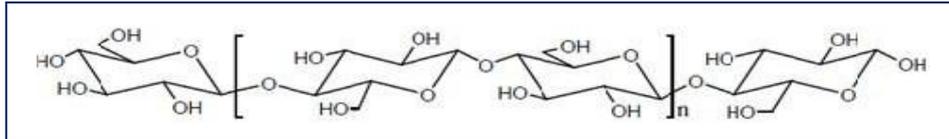


Figure (I.15): Formule chimique de la cellulose [4].

I. 7. 2. Hémicelluloses :

Les hémicelluloses sont intimement liées à la cellulose. Les hémicelluloses sont des polyposes, dont les unités sont des pentoses, hexoses, acides hexa uroniques et désoxyoses. Elles diffèrent de la cellulose par des chaînes moléculaires beaucoup plus courtes et par des ramifications sur la chaîne principale (Figure I.16).

En général, les hémicelluloses ont une structure amorphe, leur teneur et leur composition varient en fonction des essences. On distingue différents types d'hémicelluloses : les xylènes, les mannanes, les glucanes, les galactanes et les pectines [20].

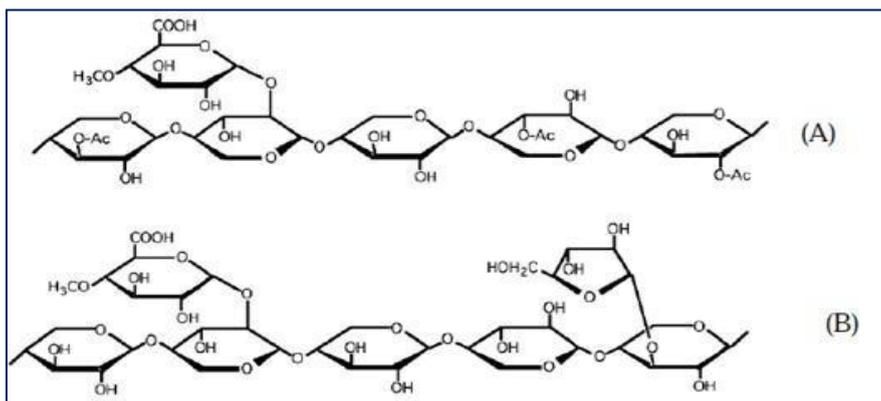


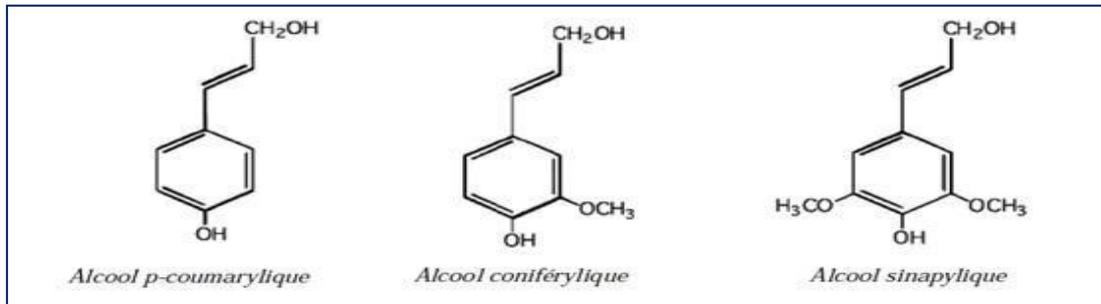
Figure (I.16): Structure chimique partielle de deux hémicelluloses : (A) *O*-acétyl-4-*O*-méthylglucuronoxylane de feuillus et (B) Arabino-4-*O*-méthylglucuronoxylane de résineux [21].

I. 7. 3. La lignine :

Après la cellulose, la lignine est la substance organique la plus abondante dans les plantes. Elle est chimiquement très différente de la cellulose et des hémicelluloses. C'est un polymère tridimensionnel, amorphe et de nature phénolique, qui assure la rigidité de la paroi cellulaire.

La lignine est bio-synthétisée à partir de trois alcools phénoliques : les alcools p-coumarylique, coniférylique et sinapylique (Figure I.17). La polymérisation de ces trois alcools conduit respectivement à trois types d'unités dans la lignine : H pour parahydroxyphényle, G pour gaïacol, S pour syringyle. Les lignines des résineux et des

feuillus se différencient alors par leur teneur en unités G, S et H (essentiellement G chez les résineux, G-S chez les feuillus). La variabilité de la composition est plus grande chez les feuillus, la teneur en unités G-S varie entre 20 et 60 %. La Figure I.17 présente la structure schématisée d'une lignine de résineux [22].



Figure(I.17): Précurseurs de la biosynthèse de la lignine [23].

I. 8. Utilisation des fibres et de bois des palmiers dattiers :

Les travaux annuels d'entretien de ses palmiers génèrent des quantités importantes de déchets composés essentiellement de Palme, de Régime et du life. Ces déchets constitués de fibres ne sont exploitées que d'une manière artisanale tels que les chapeaux, les paniers et tapis...etc.



Figure (I.18) : Produits artisanal en déchets de palmier dattier
a)Chapeau, b) Panier, c) Tapis.

Depuis plusieurs années, des travaux de recherche se sont orientés vers la promotion de ces fibres pour produire des matériaux composites. On peut citer le travail qui a été publié en 2008 par Sbiai Adil qui présente l'effet de la taille de la fibre sur le physico-chimique et propriétés mécaniques des composites à base de fibres de palmier dattier et matrice époxyde [24]. L'étude a été menée en Algérie par un A. Bezazi et al sur l'analyse statistique et effet des traitements chimique sur le comportement physico-mécanique des fibres des bras de

grappe des palmiers dattier, et on peut citer une étude sur la caractérisation de nouveaux matériaux composites à base de feuillets de palmier dattier et déchets de polystyrène expansé qui ont été réalisés dans la région de Biskra par Mr : Taher Masri et al. En 2018 [25].

En conclusion on peut dire que le palmier dattier est une plante très répandue dans notre région, il constitue un élément majeur dans l'activité socioéconomique de la région, cependant peu de travaux ont essayé d'explorer ses propriétés en vue de son utilisation pour d'autres utilisation non conventionnel. Cette étude prend justement cet aspect en charge et constitue un pas important dans la caractérisation de ces constituants pour leur utilisation éventuelle pour des applications spécifiques. Des observations au microscope optique et au MEB sont réalisées, elles ont permit de montrer la structure fibreuse de tous les constituants, par ailleurs des essais mécaniques sont réalisés afin d'évaluer les propriétés de ses constituants.



Chapitre II



II. Généralités sur les matériaux composites :

II. 1. Introduction :

Un des objectifs du second chapitre est d'apporter un aperçu sur les matériaux composites par le biais d'une description de leurs constitutions, de leurs propriétés et de leurs structures. Etant donné l'importante diversité de ces matériaux, il serait aussi hors de propos de se livrer à un exposé complet de tout type de composite.

La première partie de ce chapitre est consacrée à la présentation des différents constituants des matériaux composites. Dans la deuxième partie, sera présenté le procédé expérimental de la fabrication de ce type de matériaux et leurs structures.

Les matériaux composites disposent d'éventualités importantes par apport aux matériaux traditionnels. Ils possèdent de nombreux avantages fonctionnels: légèreté, résistance mécanique et chimique, maintenance réduite et liberté de forme. Ils permettent d'augmenter la durée de vie de certains équipements grâce à leurs propriétés mécaniques et chimiques. Il offre une meilleure isolation thermique ou phonique, et pour certains d'entre eux, une bonne isolation électrique [1].

II. 2. Définition :

Un matériau composite peut être défini comme l'assemblage de deux ou plusieurs matériaux, l'assemblage final ayant des propriétés supérieures aux propriétés de chacun des matériaux constitutifs. On appelle maintenant de façon courante matériaux composites des arrangements de renforts (appelés aussi charges) qui sont noyés dans une matrice.

La matrice assure la cohésion et l'orientation de la charge. Elle permet également de transmettre à la charge les sollicitations auxquelles est soumis le composite. Les matériaux ainsi obtenus sont hétérogènes et souvent anisotropes. La nature de la matrice et de la charge, la forme et la proportion de charge, la qualité de l'interface et le procédé de production utilisé sont autant de paramètres qui peuvent influencer les propriétés du matériau composite [1].

II. 3. Constituants des matériaux composites :

Les matériaux composites sont constitués principalement :

- ✓ d'une matrice à laquelle sont ajoutés, dans certains composites des charges,
- ✓ d'un renfort.
- ✓ d'une interface.

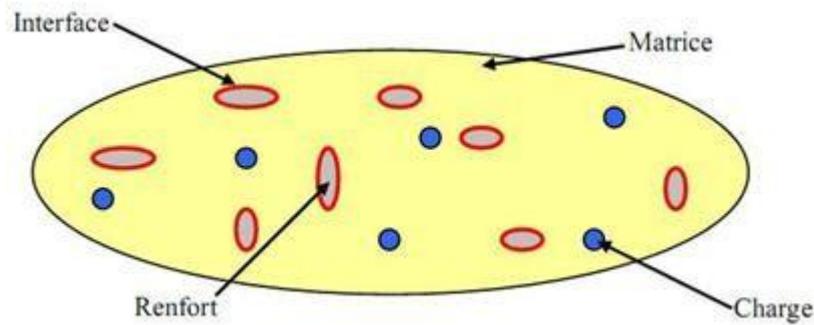


Figure (II.1): Matériaux composites [2].

II. 3. 1. Interface :

L'utilisation d'une couche interface permet d'assurer la compatibilité entre le renfort et la matrice. Qui se forme spontanément lorsque deux phases sont mises en présence l'un de l'autre au moment de l'élaboration du matériau et qui se maintient entre ces deux phases pendant toute la vie du matériau, l'interface n'est pas simplement une simple discontinuité entre les deux phases du matériau hétérogène ou leur juxtaposition [3].

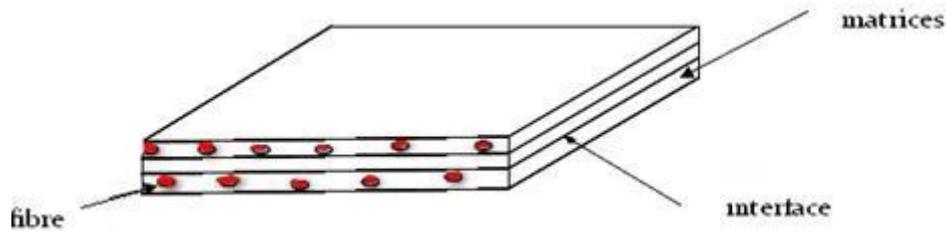


Figure (II.2): Présentation de l'interface [matrice - fibre].

II. 3. 2. Matrice :

La matrice permet de lier les fibres du renfort fibreux entre elles, ainsi que de répartir les efforts (résistance à la compression ou à la flexion). La matrice est facilement déformable et assure la protection chimique des fibres.

Généralement, c'est un polymère ou une résine organique [4].

On peut retrouver dans l'organigramme ci-dessous, les différentes familles de matrices:

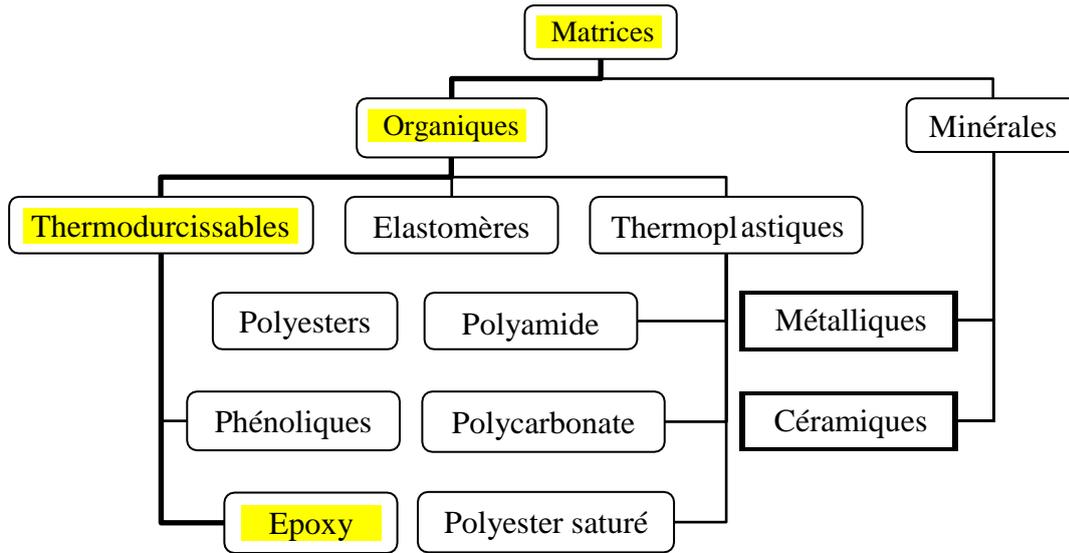


Figure (II.3): Différentes familles de Matrices.

II. 3. 2. 1. Matrices thermoplastiques (TP) :

Les résines thermoplastiques sont des solides généralement solubles, formés de chaînes distinctes bien compactées, liées entre elles par des seules liaisons secondaires (force de van der Waals, liaisons d’hydrogène) et mis en forme par chauffage et refroidissement [5].

II. 3. 2. 2. Matrices thermodurcissables (TD) :

Les résines thermodurcissables sont des polymères, qui, après un traitement thermique ou physico-chimique (catalyseur, durcisseur), se transforment en des produits essentiellement infusibles et insolubles. Ces résines ont donc la particularité de ne pouvoir être mises en forme qu’une seule fois [6]. Une comparaison entre quelques caractéristiques des résines thermodurcissables et celles des résines thermoplastiques est présentée dans le tableau 1 :

Matrices	Thermoplastiques	Thermodurcissables
Etat de base	Solide prêt à l’emploi	Liquide visqueux à polymériser
Stockage matière de base	Illimité	Réduit
Mouillabilité des renforts	Difficile	Aisée
Moulage	Chauffage refroidissement	Chauffage continu
Cycle	Long	Court
Tenue au choc	Assez bonne	Limitée
Tenue thermique	Réduite	Meilleure
Chute et déchets	Recyclables	Perdus

Tableau (II.1): Caractéristiques des résines thermodurcissables et des résines thermoplastiques.

II. 3. 3. Renforts :

C'est le principal porteur constitutif dans le composite (forme, volume). Il confère aux composites leurs caractéristiques mécaniques : rigidité, résistance à la rupture, dureté. Les renforts sont d'origine minérale (verre, bore, céramique...) ou organique (carbone ou aramide). Les plus employées sont les fibres de verre. Les fibres de carbone sont privilégiées [7].

II. 3. 3. 1. Différentes natures de renfort : [8]

Différentes natures des fibres peuvent être employées avec les matrices. Peut être défini comme deux grandes familles, il y a des fibres organiques ou inorganiques. figure. II.4.

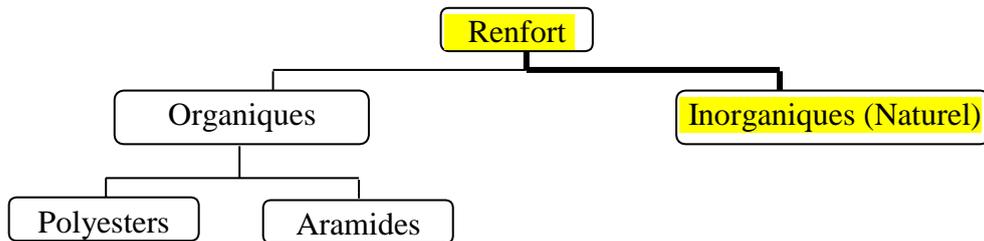


Figure (II.4): Différentes familles du renfort.

II. 3. 3. 2. Présentation des différents renforts naturels :

a) Classification :

On peut subdiviser les fibres naturelles en trois grands groupes selon leur origine

- ✓ Les fibres végétales.
- ✓ Les fibres animales.
- ✓ Les fibres minérales.

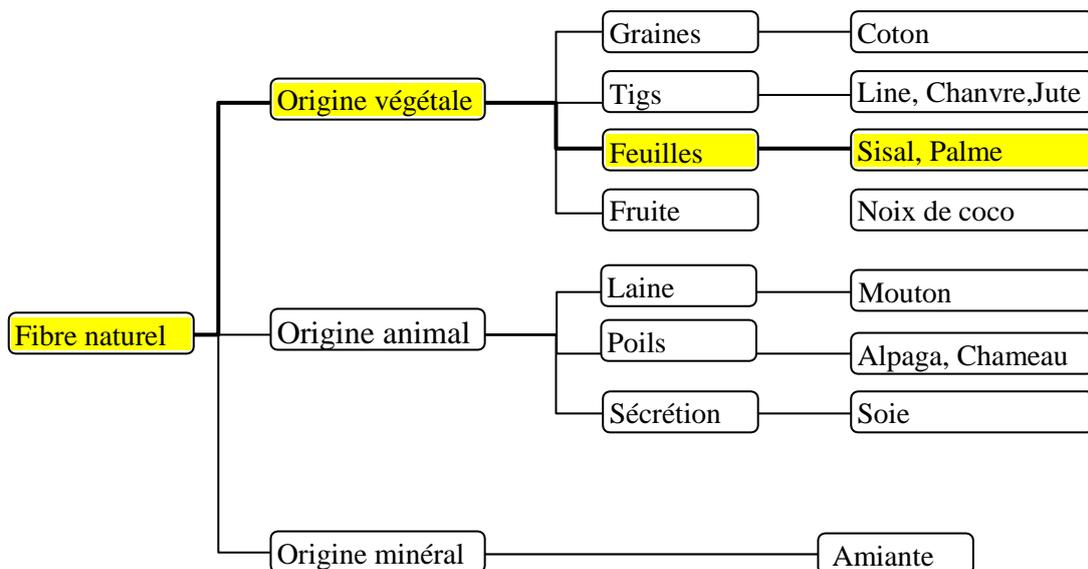


Figure (II.5): Classification des fibres naturelles en fonction de leur origine [9].

b) Fibres végétales :

De par leurs définitions les fibres végétales sont des structures biologiques fibrillaires composées de cellulose, hémicelluloses et de lignine. En proportion relativement faible d'extractibles non azoté, de matière protéique brute, de lipide et de matières minérales. Les proportions de ces constituants dépendent énormément de l'espèce, de l'âge et des organes de la plante [10].

✚ Classification des fibres végétales :

Il existe plusieurs critères de différenciation des fibres:

suyant l'organe de la plante dont elles sont issues, les fibres végétales peuvent être classées en fibres de tiges (jute, lin, ramie), et de feuilles (Sisal, abace, paille de graminée) [11].

- ✓ Suivant leur teneur en holocellulose (cellulose et hémicellulose) et en lignine, on peut distinguer les fibres ligneuses (dures et rigide provenant de matériels ligneux tels que le bois d'œuvre, les : résidus de l'industrie du bois et les fibres non ligneuses (douces, souples, issues de végétaux non ligneux souvent annuels relativement moins riches en lignine tels que le kénaf, le chanvre, le sisal, le jute et le lin) [8].
- ✓ Suivant leur longueur, les fibres végétales peuvent être groupées en deux catégories : fibres longues, dites libérienne, provenant des tiges et d'écorce de tiges de plantes annuelles. Elles sont douces, tandis que les fibres longues issues de feuilles ou de troncs d'arbre sont plus dures et plus rigides à cause de leur richesse en lignine. et fibres courtes ou étoupes qui sont associées aux fibres longues [9].

✚ Différentes méthodes d'extraction des fibres végétales :

Les techniques utilisées pour séparer et présenter les fibres sont [8]:

- ✓ **Le rouissage** : hydrolyse de la pectose qui lie les fibres. Cette opération s'effectue soit en eau courante, soit sur un pré, soit en fosse, soit industriellement à l'aide de produits chimiques ;
- ✓ **Le broyage** : fragmentation des parties ligneuses
- ✓ **Le teillage** : séparation des fragments ligneux
- ✓ **Le peignage** : démêlage des fibres.

II. 3. 3.3. Différents formes de renfort : [12]

Les renforts les plus utilisés se présentent sous forme de fibres ou de dérivées et constituent une fraction volumique de matériau composite généralement comprise entre 30% et 70%.

Les renforts fibres se présentent sous diverses formes commerciales.

- a) Sous forme de roving (fils, mèches, etc. ...) : le roving est un assemblage de fils de bases parallèles groupés sans torsion.
- b) Sous forme de tissus (tissus taffetas, toiles, serge, etc. ...) : le tissu est formé par l'entrecroisement perpendiculaire des roving.

Les tissus de roving peuvent peser jusqu'à 800 g/m^2 .

- c) Sous forme de mat (à fil coupé, à fil continu) : le mat est un matelas de fils coupés ou continus à ensimage plastique, agglomérés par un liant à solubilité rapide ou lente dans la résine.



a) Roving de verre



b) Tissu de verre



c) Mat de verre

Figure (II.6) : Différents types de fibres de verre.

II. 3. 4. Les charges : [13]

L'objet de la charge renforçant est d'améliorer les caractéristiques mécaniques de la résine, ou diminuer le coût des résines en conservant les performances des résines. En générales ces charges sont des microbilles ou des particules (poudre).

Les principales charges utilisées sont :

- ✓ microbille en (verre, carbone, époxyde, phénolique, polystyrène, etc. ...)
- ✓ des poudres ou paillettes métalliques : (cuivre, fer, aluminium, etc. ...)
- ✓ des particules de carbone (noir de carbone).

II. 3. 5. Les additifs : [13]

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

- ✓ lubrifiants et agents de démoulage.
- ✓ pigments et colorants.
- ✓ agents anti-retraits.
- ✓ agents anti-ultraviolets.
- ✓ accélérateur.
- ✓ catalyseur.

II. 4. Classification des composites :

Le domaine des composites est très vaste. Les composites peuvent être classifiés selon la nature de leurs renforts, à base de la structure composite et du procédé de fabrication etc.

II. 4. 1. Classification des composites selon la nature de la fibre :

Les matériaux composites peuvent être divisés en trois types selon la nature de leur renforcement. La figure. I.6 présente une classification schématique des matériaux composites.

Nous distinguons deux catégories principales : les composites renforcés par des fibres organique et les composites renforcés par des fibres naturels. Ces catégories se divisent au moins en deux sous catégories.

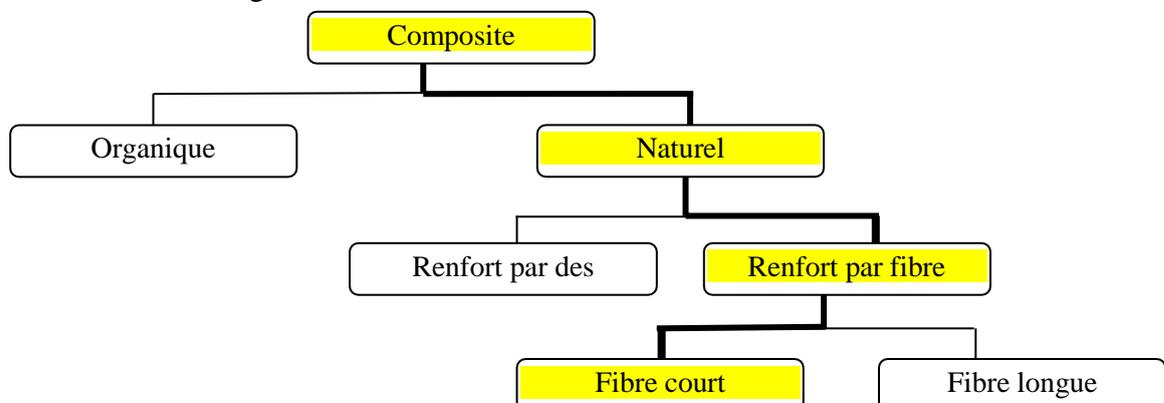


Figure (II.7) : Classification schématique des différents types de composites.

II. 5. Classification à base de la structure composite :

II. 5. 1. Moulage au contact : [14]

Le principe est de procéder manuellement à la réalisation des pièces à partir des résines thermodurcissables, à température ambiante et sans pression.

Les renforts sont déposés sur le moule et imprégnés de résine liquide, accélérée et catalysée. Après durcissement de la résine, la pièce est démoulée et détournée.

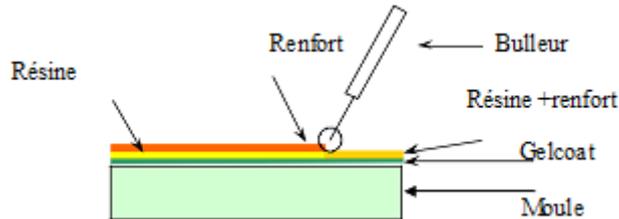


Figure (II.8): principe de moulage au contact.

On utilise cette technologie de moulage dans le cas de fabrication des petites séries des pièces: de 1 à 1000 pièces/an, Pièces de très grandes dimensions et pour des Revêtements sur supports divers.

Ce type de type de moulage représente des avantages tel que :

- ✓ Très larges possibilités de forme.
- ✓ Pas de limite dimensionnelle.
- ✓ Une surface lisse gelcoatée (aspect, tenue à la corrosion).
- ✓ Propriétés mécaniques moyennes à bonnes.
- ✓ Investissements spécifiques très faibles.
- ✓ Moules simples, peu onéreux, rapide à réaliser en interne.

Mais aussi il se limite à :

- ✓ Une seule face lisse.
- ✓ Nécessité de finition (détourage, perçage, etc.).
- ✓ Qualité tributaire de la main d'œuvre.
- ✓ Faible cadence de production par moule.
- ✓ Espace de travail important.
- ✓ Conditions de travail médiocres.

II. 5. 2. Moulage par projection simultané : [14]

Les matières premières sont mises en œuvre à l'aide d'une machine dite "de projection" comprenant :

- ✓ un dispositif de coupe - projection du renfort (rowing).
- ✓ un ou deux pistolets projetant simultanément la résine.

Les fils coupés et la résine sont projetés sur la surface du moule puis compactés et éboulés à l'aide de rouleaux et d'ébulleurs. La résine pré accélérée est catalysée en continu lors de sa projection.

Parmi les avantages associés à ce type de moulage on retrouve :

- ✓ Très larges possibilités de forme et dimensions
- ✓ Travail simplifié, suppression de la mise en forme obtenue directement par la projection
- ✓ Investissements très modérés
- ✓ Moule simple, peu onéreux, rapides à réaliser en interne.

En plus des limites rencontrées par le moulage au contact, celui-ci se limite à des Propriétés mécaniques moyennes.

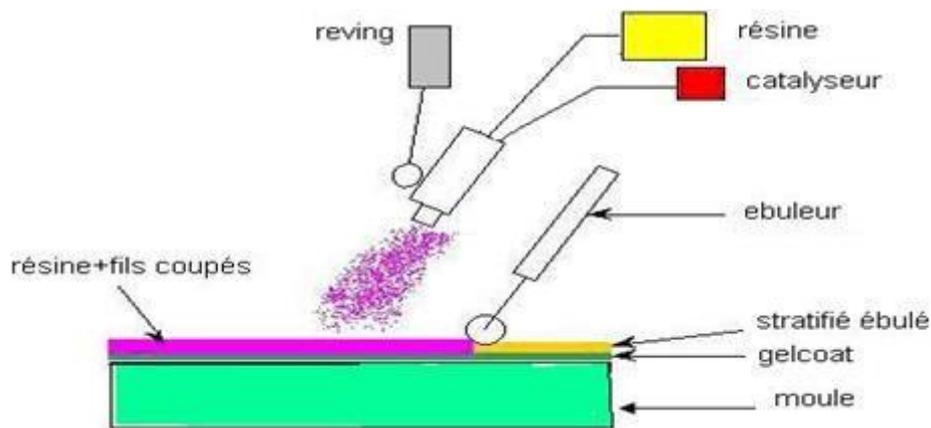


Figure (II.9): Principe de moulage par projection simultanée.

II. 5. 3. Les technologies dites en moule fermé :

II. 5. 3. 1. Moulage sous vide : [4]

Le moulage sous vide s'effectue en utilisant un moule ouvert sur lequel on dispose les couches de renfort imprégné.

Une fois que le renfort (mat, tissu, préforme) est placé à l'intérieur du moule et la résine catalysée est versée sur ce dernier, une feuille de plastique souple vient couvrir le tout

hermétiquement (pose d'un joint d'étanchéité sur le périmètre de la pièce). On fait le vide sous la feuille de plastique des bulles d'air, fluage de l'excédent de résine qui est absorbé par un tissu de pompage. L'ensemble est ensuite soumis à polymérisation en étuve ou en autoclave.

La résine peut également être injectée par l'aspiration consécutive au vide.

On utilise ce type de moulage dans le cas d'une production en petites séries de pièces nécessitant deux faces lisses.

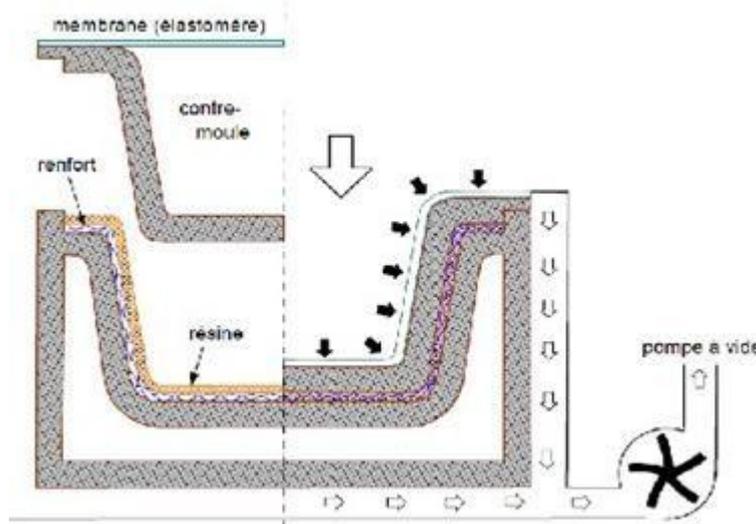


Figure (II.10): Moulage sous vide.

II. 5. 3. 2. Moulage par injection basse pression de résine (RTM) :

Le moulage par injection de résine liquide RTM (Résine Transfert Molding) s'effectue entre moule et contre-moule rigides.

Le renfort (mats, préforme, éventuellement tissus) est mis en place dans le moule, une fois celui-ci solidement fermé, la résine, accélérée et catalysée, est injectée sous faible pression (1.5 à 4 bars) à travers le renfort jusqu'au remplissage complet de l'empreinte.

La pression de moulage est faible. Le procédé convient pour des cadences jusqu'à 30 pièces par jour. [15]

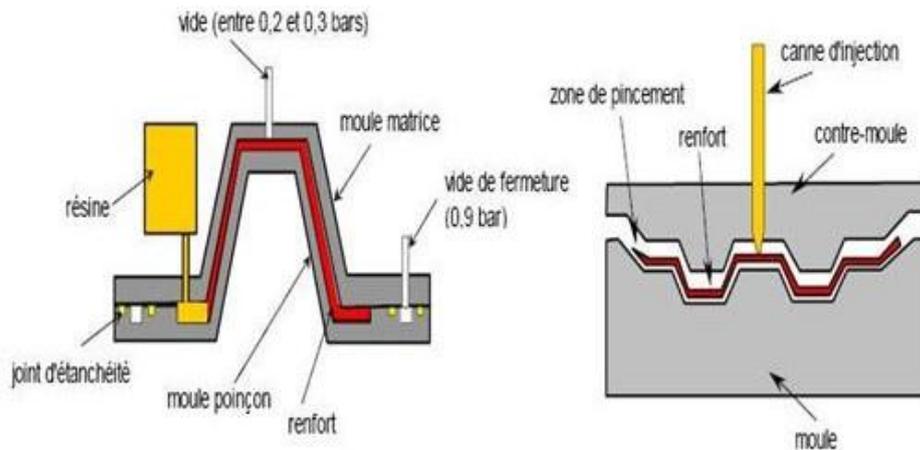


Figure (II.11): Principe de moulage par injection de résine.

II. 5. 3. 3. Moulage à froid : [15]

C'est un moulage à l'aide d'une presse à compression entre moule et contre moule rigides, initialement sans apport thermique extérieur.

Le renfort (mat) est posé sur la partie inférieure du moule, la résine dotée d'un système catalytique très réactif, est tout de suite versée en vrac.

La fermeture du moule sous pression (2 à 4 bars) entraîne la répartition de la résine dans l'empreinte et l'imprégnation du renfort. Le durcissement de la résine est accéléré progressivement par l'élévation de température du moule, car la réaction exothermique. Ce qui permet un démoulage rapide.

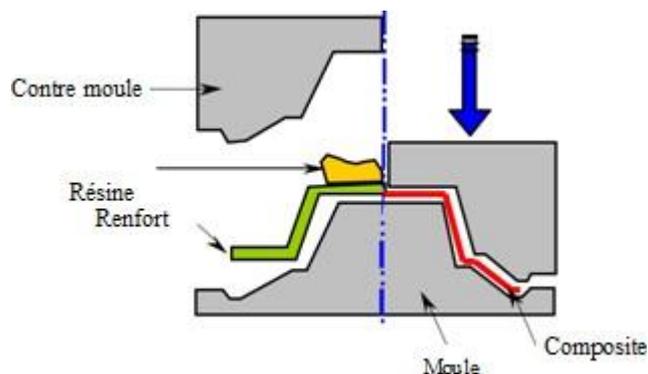


Figure (II.12): Principe de moulage à la presse à froid.

II. 5. 3. 4. Moulage par injection de compound BMC : [15]

Le compound (**B**ulk **M**olding **C**ompound), préparé dans un malaxeur, est une masse à mouler constituée de résine, de charges et d'adjuvants divers, renforcée par des fils de verre coupés.

Le moulage se fait à chaud (130 - 150 °C) par injection (principalement) entre moule et contre moule en acier usiné.

La pression (50 à 100 bars) de fermeture du moule entraîne le fluage de la matière préalablement dosée et le remplissage de l'empreinte.

Le temps de durcissement très court permet un démoulage rapide.

On utilise ce type de moulage pour une production en grandes séries, et pour des pièces de taille petite et moyenne, plus ou moins épaisses.

II. 5. 3. 5. Moulage par compression de mat pré imprégné SMC : [15]

Le mat pré imprégné (Sheet Molding Compound) est une nappe de fils coupés ou continus, imprégnée par un mélange de résine polyester, de charges et d'adjuvants spécifiques divers.

Découpé en flans de masse et dimensions déterminées, le mat pré imprégné est moulé à chaud (140 à 160 °C) par compression entre un moule et un contre moule en acier usiné.

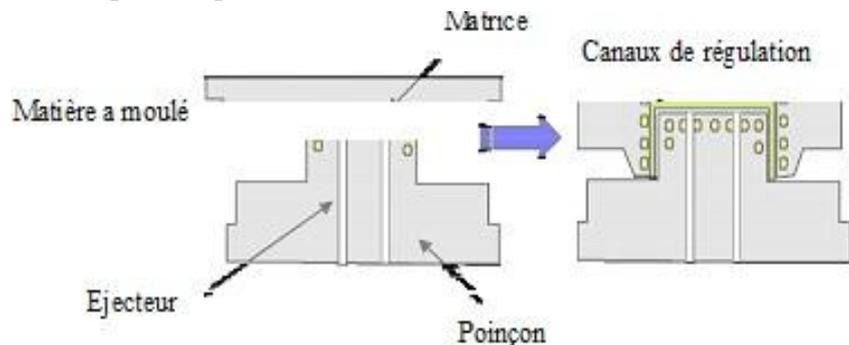


Figure II.13 : principe de moulage par compression.

II. 5. 3. 6. Moulage par enroulement filamentaire : [15]

Suivant le schéma ci-après, il peut être intégré dans une chaîne de fabrication en continu, et ainsi autoriser l'obtention de tubes de grande longueur. Application aux enveloppes de fusées, de torpilles, de conteneurs etc.

Pour des pièces de révolution à méridienne quelconque, l'enroulement est réalisé sur un mandrin de forme démontable, puis polymérisé en étuve ou en autoclave. Ce procédé est utilisé pour la fabrication de pièces devant résister aux pressions internes, (réservoirs, corps de propulseur etc.)

II.6. Architecture du composite :

Les structures des matériaux composites peuvent être classées en trois types :

- ✓ Les monocouches
- ✓ Les stratifiées
- ✓ Les sandwiches

II. 6. 1. Les monocouches : [16]

La composite monocouche (couche élémentaire ou strate) correspond à l'unité élémentaire d'épaisseur, elle est constituée d'un ou plusieurs plis identiques (tissé, UD, mats,...) assemblés sans aucune orientation. Un pli est un semi produit de composites (fibres matrice) présenté sous forme quasi-bidimensionnelle, feuille d'épaisseur faible (≈ 0.125 mm). On distingue, le pli UD (Le renfort est à structure UD), le pli tissé (Le renfort est à structure orienté) et le pli mat (Le renfort est à structure aléatoire).

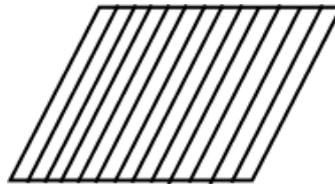


Figure (II.14): *Couche de composite*

La superposition de la monocouche dans l'ordre du plan de drapage va constituer le stratifié

II. 6. 2. Les stratifiées : [17]

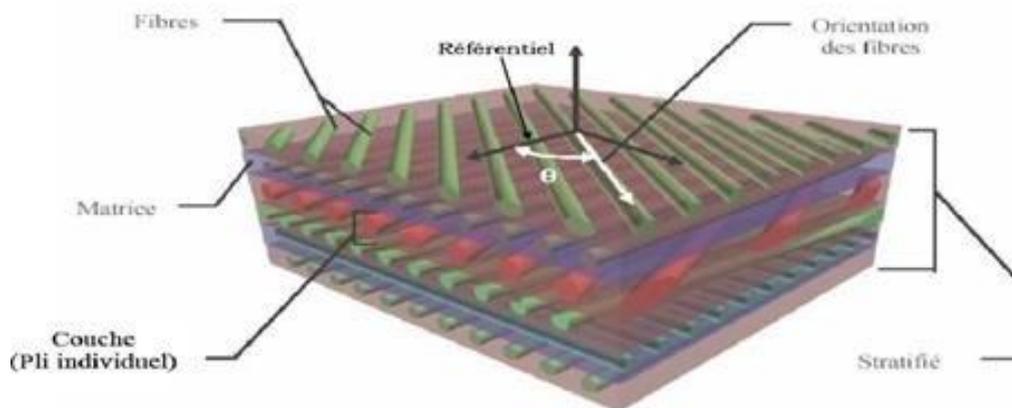


Figure (II.15): *Composite stratifié.*

Le composite stratifié ou multicouches est un ensemble de couches empilées et orientées suivant un ordre de drapage défini et rendues solidaires par l'opération de polymérisation (Figure I.15). Le drapage c'est l'orientation des plis par rapport à un référentiel donné. Il définit les propriétés mécaniques, électromagnétiques et thermiques globales du matériau composite. La figure II.15 montre un exemple de plan de drapage d'un stratifié.

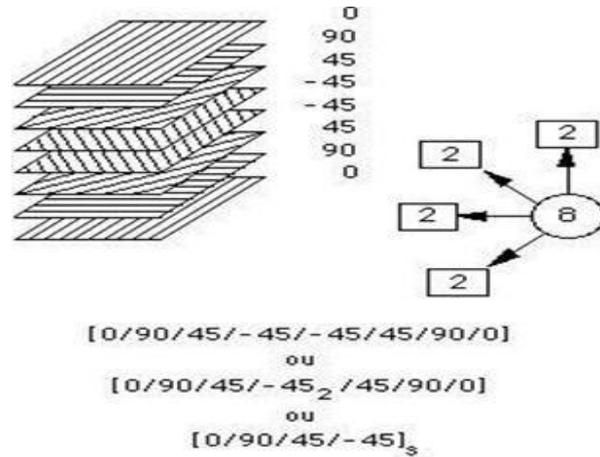


Figure (II.16): Exemple du plan du drapage d'un composite stratifié.

II. 6. 3. Les sandwichs :

Les sandwichs sont des matériaux possédant deux peaux de grande rigidité et de faible épaisseur renfermant un cœur (âme) de forte épaisseur et de faible résistance (Figure I.13). L'ensemble forme une structure d'une grande légèreté. Le matériau sandwich possède une bonne résistance à la flexion et est un excellent isolant thermique [14].

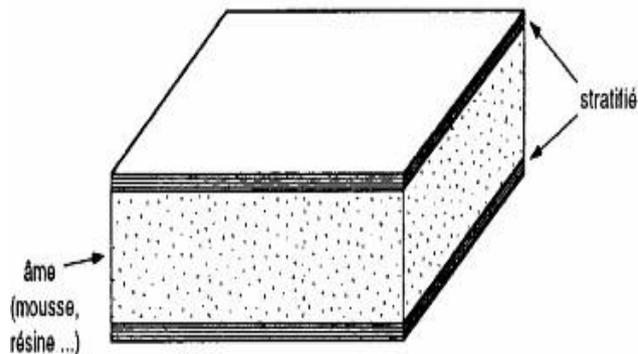


Figure (II.17): Composite sandwich.

II.7. Conclusion :

Le choix d'une association entre un renfort et une matrice est très délicat. En effet, un Composite ne peut remplir pleinement sa fonction mécanique que si les charges appliquées au matériau peuvent être transmises de la matrice à la fibre. En raison de cette interaction, un matériau composite présente une certaine tolérance à l'endommagement. Plusieurs mécanismes interviennent et contribuent au travail de rupture : fissuration matricielle, décohésion interfaciale. Ces mécanismes qui mettent en jeu les propriétés physiques et mécaniques de chaque constituant soulignent dès à présent le rôle déterminant joué par la liaison fibre/matrice.



Chapitre III



III. 1. Introduction :

En raison de l'importance des matériaux composites et de leurs multiples utilisations dans tous les domaines, tels que la structure, les propriétés, l'amélioration de la surface et surtout, la possibilité d'inclusion dans des véhicules à propriétés mécaniques élevées, nous introduisons dans ce chapitre une étude pilote qui concerne la structure des fibres dans son sens physique et mécanique, celle-ci sera traitée chimiquement par un (alcalin avec hydroxyde de sodium et eau distillée) à concentration (02% et 05%) pendant la durée de (24H et 48H), afin de les préparer à la réalisation de composés biochimiques. Ces fibres proviennent du palmier dattier (Spadice) de la région de Biskra. Ces pattes sont abondantes en Algérie. Elles sont jetées ou brûlées chaque année après l'entretien des palmiers et récoltées en quantités pouvant atteindre 250 000 tonnes par an. Cette ressource naturelle mérite l'appréciation d'être prise en charge à savoir d'être exploitée en tant que matière renouvelée.

III. 2. Protocole expérimentale

III. 2. 1. La balance électronique :

Les spécimens ont été pesés avec une balance électronique avec une précision de 10^{-3} g disponible au niveau des ateliers du hall technologique de département de génie mécanique de l'université de Biskra comme montré dans la figure (III.1).

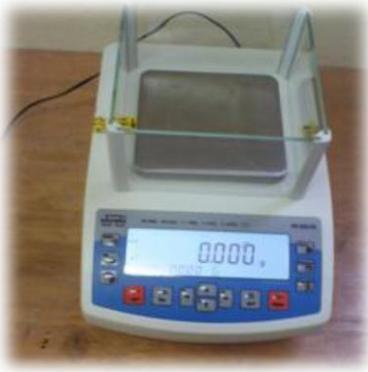


Figure (III.1): Balance électronique.

III. 2. 2. L'étuve de séchage pour les dés humidification :

Les spécimens ont été séchés dans une étuve d'humidité, l'objectif du procédé de séchage est de diminuer la teneur en eau existante dans le bois, cet équipement est disponible des ateliers du hall technologique de département de génie mécanique de l'université de Biskra comme montré dans la figure (III.2).



Figure (III.2) : *Etuve d'humidité.*

III. 2. 3. Pied à coulisse numérique :



Figure (III.3) : *Pied à Coulisse Numérique.*

Pied à Coulisse Numérique Andric - Vernier Calibre de 150mm Précision Digital en Acier Inoxydable avec Ecran d'affichage LCD Figure (III.3).

III. 2. 4. Machine des essais de traction :

Pour effectuer les essais mécaniques de traction on utilise la machine de traction de marque **INSTRON 5969** dotée d'une cellule de 10 KN. La déformation est mesurée avec un extensomètre à pince et le logiciel de commande et d'acquisition de données de la machine permet la réalisation des séquences de chargement complexes. Cette machine est disponible au niveau du laboratoire de RDM du département de génie mécanique de l'université de Biskra Figure (III.4).



Figure (III.4) : Machine de traction INSTRON 6959.

III. 3. Calcul du taux d'humidité :

III. 3. 1. La technique de séchage :

Les spécimens ont été séchés à une température de 60°C jusqu'à la stabilisation de la masse indiquée sur l'étuve et la balance de précision pour les différents intervalles de temps.

L'objectif du procédé de séchage est de diminuer la teneur en eau existante dans la structure interne du bois. Cette technique a été effectuée sur les spécimens de la variété étudiée. Les résultats sont donnés pour le séchage à l'état naturel ou et à l'état humide.

III. 3. 2. Préparation des spécimens :

Nous coupons une partie de bois du régime des dattes voir figure (III.5), la distance entre les positions est de 50 cm, après la préparation des spécimens, nous les pesons, puis nous les posons directement dans une étuve et chaque fois une pesée est faite jusqu'à la stabilisation de la masse dans la courbe figure(III.6) et le tableau (III.1), sous un degré de température de 60C°.



Figure (III.5) : Les formes des spécimens étudiées.

La dernière quantité de chaque spécimen est enregistrée comme valeur de référence est cela pour une élongation ou gonflement de 30 mm

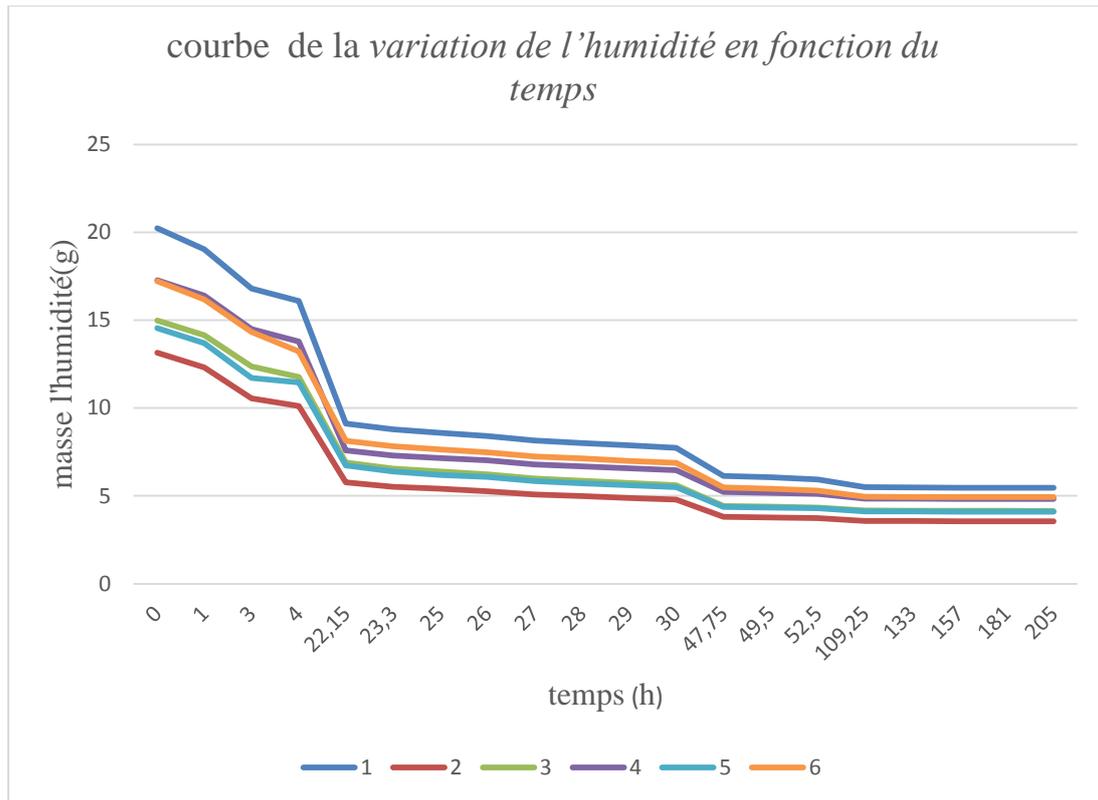


Figure (III.6) : Variations de l'humidité en fonction du temps.

Echantillon	1	2	3	4	5	6
temps(h)						
départ	20.229	13.142	14.976	17.272	14.554	17.225
Après 01	19.034	12.322	14.143	16.395	13.697	16.182
Après 3	16.802	10.557	12.362	14.495	11.72	14.324
Après 4	16.089	10.107	11.766	13.794	11.46	13.222
Après 22.15	9.112	5.768	6.905	7.592	6.734	8.128
Après 23.3	8.796	5.525	6.558	7.302	6.397	7.831
Après 25	8.59	5.4	6.383	7.151	6.19	7.645
Après 26	8.41	5.26	6.227	7.019	6.072	7.482
Après 27	8.159	5.074	5.99	6.783	5.839	7.239
Après 28	8.015	4.998	5.868	6.686	5.722	7.136
Après 29	7.872	4.887	5.737	6.567	5.605	6.994
Après 30	7.742	4.795	5.612	6.461	5.491	6.882
Après 47.75	6.142	3.809	4.42	5.219	4.375	5.473
Après 49.5	6.062	3.778	4.384	5.181	4.335	5.4
Après 52.5	5.94	3.731	4.338	5.11	4.292	5.305
Après 109.25	5.49	3.575	4.166	4.852	4.111	4.953
Après 133	5.479	3.569	4.157	4.843	4.11	4.944

Tableau (III.1) : Variations massique des échantillons.

La teneur en eau est définie comme la masse d'eau présente dans le bois rapportée à sa masse Anhydre dans quelque temps de séchage, elle est exprimée par la relation suivante [43] :

$$H(\%) = \frac{m_{\text{avant}} - m_{\text{après}}}{m_{\text{après}}} \times 100 \dots\dots\dots(III.1)$$

m avant : la masse avant le séchage.

m après : la masse après le séchage.

H(%) : le pourcentage de l'humidité extraite.

A partir de la relation (I) le taux de l'humidité est calculé pour une température de 60°C et illustré par la Figure(III.7) et le tableau (III.2) correspondant.

Le but de cette partie est de déterminer le taux d'absorption du volume des vides du bois étudié et d'avoir une idée sur le phénomène de reprise en eau et la porosité du bois. Pour cela, cette partie est consacrée à la détermination de gain massique en eau.

Les échantillons sont préalablement séchés dans une balance et étuve d'humidité à une température de 60°C jusqu'à ce que leurs poids stabilisent. Le choix de cette température est lié au séchage qui est conventionnel pris entre 50 °C et 100° C [43].

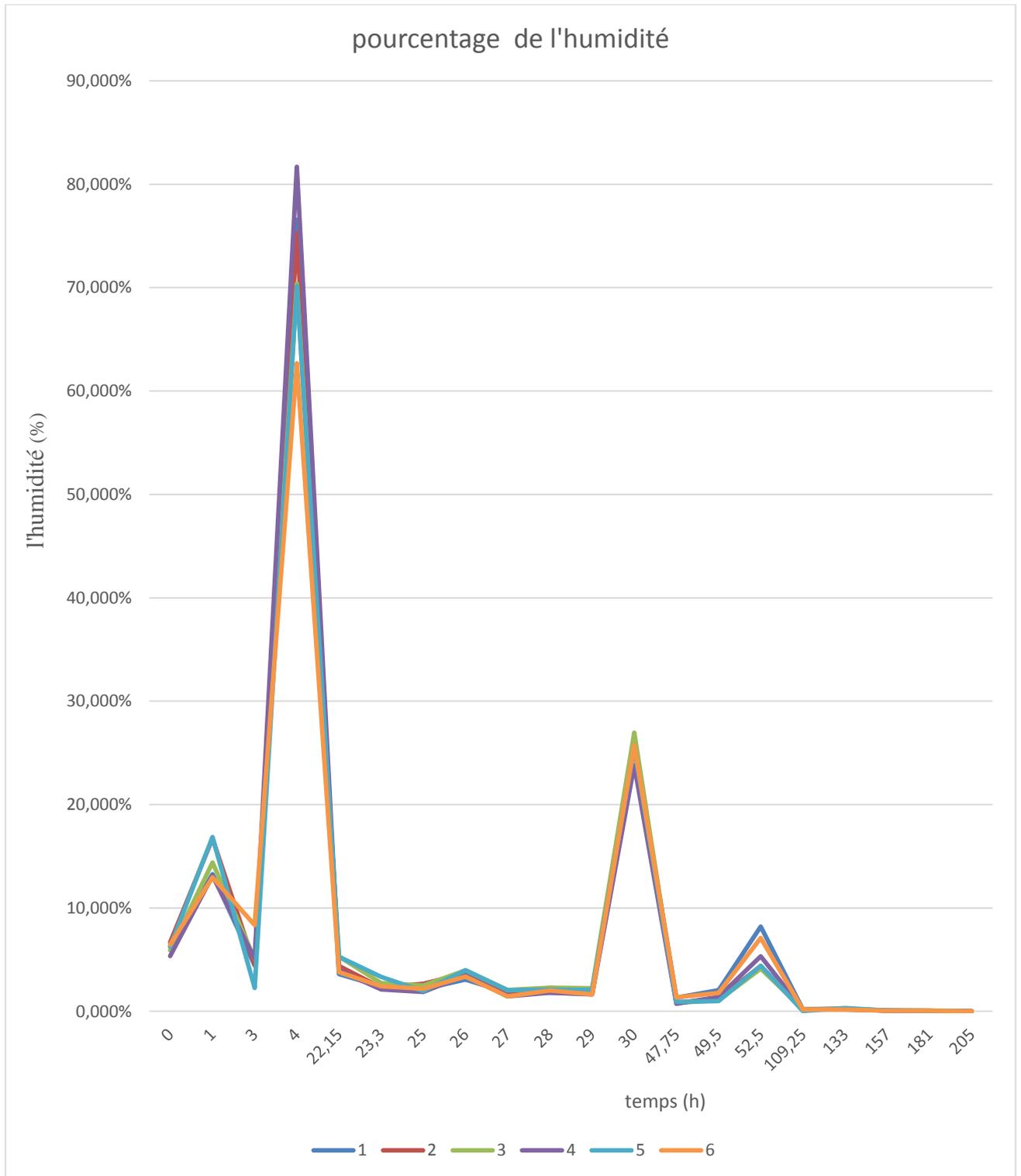


Figure (III.7) : Variation de l'humidité en fonction du temps.

Echantillon temps(h)	1	2	3	4	5	6
départ 0	6.278%	6.655%	5.890%	5.349%	6.257%	6.445%
Après 1	13.284%	16.719%	14.407%	13.108%	16.869%	12.971%
Après 3	4.432%	4.452%	5.065%	5.082%	2.269%	8.335%
Après 4	76.569%	75.225%	70.398%	81.691%	70.181%	62.672%
Après 22.15	3.593%	4.398%	5.291%	3.972%	5.268%	3.793%
Après 23.3	2.398%	2.315%	2.742%	2.112%	3.344%	2.433%
Après 25	2.140%	2.662%	2.505%	1.881%	1.943%	2.179%
Après 26	3.076%	3.666%	3.957%	3.479%	3.990%	3.357%
Après 27	1.797%	1.521%	2.079%	1.451%	2.045%	1.443%
Après 28	1.817%	2.271%	2.283%	1.812%	2.087%	2.030%
Après 29	1.679%	1.919%	2.227%	1.641%	2.076%	1.627%
Après 30	26.050%	25.886%	26.968%	23.798%	25.509%	25.745%
Après 47.75	1.320%	0.821%	0.821%	0.733%	0.923%	1.352%
Après 49.5	2.054%	1.260%	1.060%	1.389%	1.002%	1.791%
Après 52.5	8.197%	4.364%	4.129%	5.317%	4.403%	7.107%
Après 109.25	0.201%	0.168%	0.217%	0.186%	0.024%	0.182%
Après 133	0.238%	0.253%	0.193%	0.186%	0.317%	0.182%
Après 157	0.073%	0.056%	0.072%	0.083%	0.073%	0.061%
Après 181	0.000%	0.056%	0.072%	0.062%	0.049%	0.061%
Après 205	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%

Tableau (III.2) : le pourcentage de l'humidité.

La courbe de la figure (III.7), présente le taux de l'humidité de bois du régime qui contient un taux qui peut atteindre 85 %, on peut la diviser en trois parties :

- La première partie linéaire, elle est le taux le plus élevé d'une valeur de 80 %, son extraction se fait sur un temps qui ne dépasse pas les 4 heures.
- la deuxième partie est aussi linéaire, elle contient un taux de 20 %, on son extraction se fait sur un temps de 22.15 heures.
- la dernière partie est non linéaire, la masse se stabilise à l'humidité est de 10 % son extraction se fait sur un temps de 109 heures.

Nous tirons de l'augmentation observée de l'humidité et de la masse pendant les premières heures de séchage et de la diminution constante de la masse et de l'humidité au fil du temps. Il existe des lacunes dans le niveau de fibres, ce qui réduit leur contenu organique.

III. 4. Absorption le bois du régime de dattes :

Dans cette partie de notre étude, nous allons voir la quantité d'absorption d'eau des différents bois du régime des dattes pris en charge par l'étude.

III. 4. 1. Préparation des spécimens :

Après avoir préparé les échantillons en phase de séchage, placez-les dans un récipient Contient de l'eau distillée Notez que le bois flotte sur l'eau en raison de sa densité Sous l'eau, comme le montre la figure (III.8).



Figure (III.8) : Procédure d'absorption de l'eau.

Chaque fois que nous avons calculé la masse avant de peser, le travail c'est fait relativement dans la variation de la masse par apport au temps, et comme cette dure jusqu'à la stabilisation de masse, c'est-à-dire après la saturation par absorption de l'eau distillée qui dure 104 jours, d'eau distillée et le tableau(III.3) et figure (III.9) ci-dessous représente la masse.

Echantillon temps(h)	1	2	3	4	5	6
départ 0	5.438	3.393	4.109	4.729	3.824	4.88
Après 1	6.634	4.25	5.061	5.728	4.625	5.942
Après 1.5	6.96	4.509	5.271	6.064	4.793	6.234
Après 2	7.141	4.638	5.441	6.166	4.926	6.36
Après 2.5	7.36	4.813	5.633	6.389	5.101	6.56
Après 3	7.588	4.987	5.788	6.539	5.238	6.712
Après 3.5	7.797	5.138	5.922	6.734	5.345	6.9
Après 21.5	14.492	9.526	11.548	12.474	10.263	12.634
Après 23	14.7	9.554	11.554	12.583	10.34	12.722
Après 23.5	14.777	9.624	11.612	12.693	10.389	12.833
Après 25	14.83	9.673	11.604	12.781	10.444	12.969
Après 25.5	14.939	9.649	11.546	12.748	10.324	12.985
Après 55.5	15.038	9.682	11.649	12.772	10.472	13.112
Après 104	15.926	10.361	12.167	13.347	11.111	13.935

Tableau(III.3) : Variations massique des Échantillons.

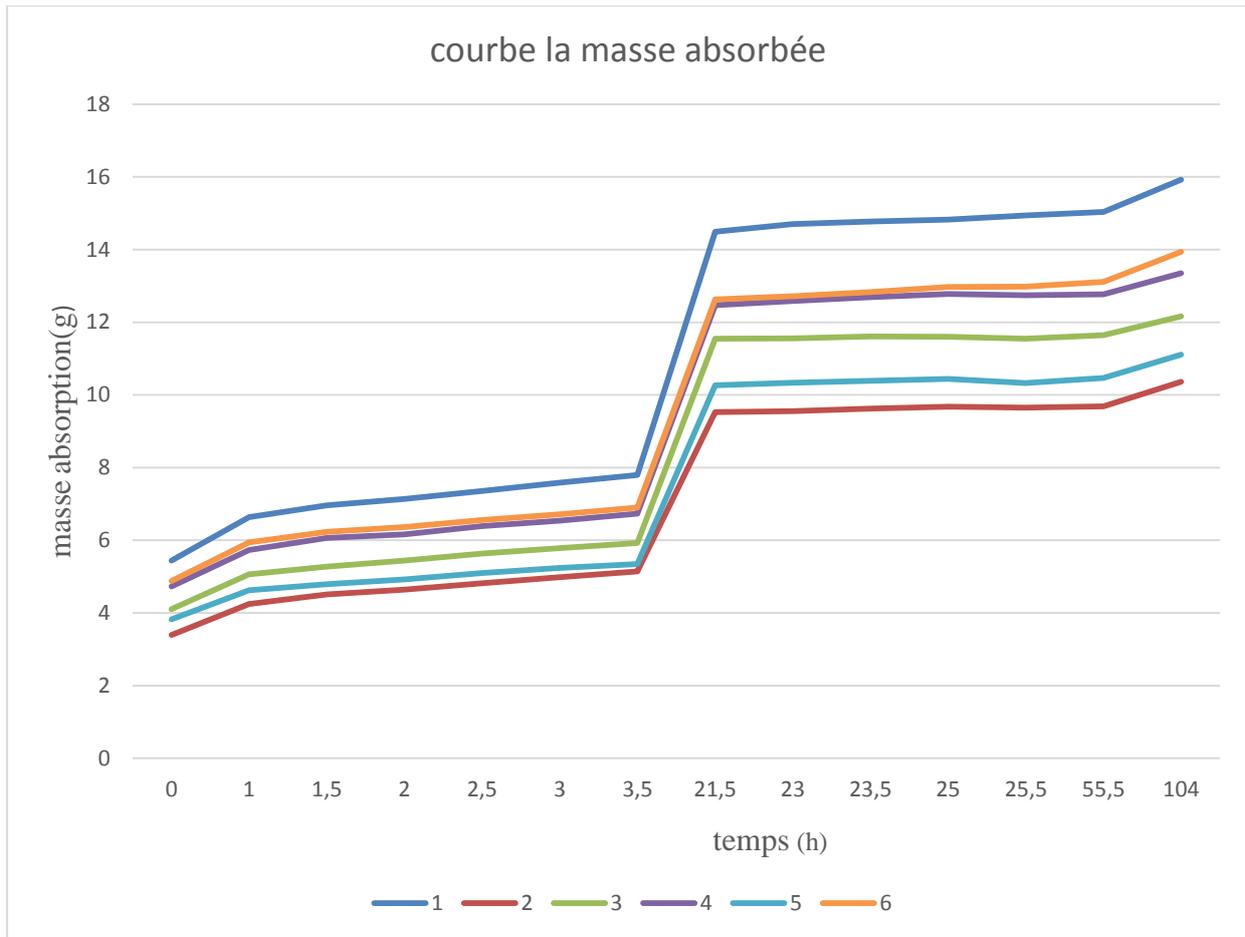


Figure (III.9) : Variation de la masse en fonction du temps.

L'utilisation de la relation (1) nous permet de calculer le taux d'absorption de l'eau de nos échantillons

$$\Delta m(\%) = \frac{m \text{ après} - m \text{ avant}}{m \text{ avant}} \times 100 \dots \dots \dots (III.2)$$

Δm (%) : le pourcentage de la quantité de l'eau d'absorber par les spécimens de bois.

m avant : la masse avant l'absorption de l'eau c'est-à-dire l'état initiale.

m après : la masse après l'absorption de l'eau c'est-à-dire l'état finale.

Le tableau (III.4) et le figure(III.10) expliquent cela :

Echantillon tems(h)	1	2	3	4	5	6
départ 0	21.993%	25.258%	23.169%	21.125%	20.947%	21.762%
Après1	4.914%	6.094%	4.149%	5.866%	3.632%	4.914%
Après1.5	2.601%	2.861%	3.225%	1.682%	2.775%	2.021%
Après 2	3.067%	3.773%	3.529%	3.617%	3.553%	3.145%
Après2.5	3.098%	3.615%	2.752%	2.348%	2.686%	2.317%
Après 3	2.754%	3.028%	2.315%	2.982%	2.043%	2.801%
Après3.5	85.866%	85.403%	95.002%	85.239%	92.011%	83.101%
Après21.5	1.435%	0.294%	0.052%	0.874%	0.750%	0.697%
Après 23	0.524%	0.733%	0.502%	0.874%	0.474%	0.873%
Après23.5	0.359%	0.509%	0.069%	0.693%	0.529%	1.060%
Après 25	0.735%	0.248%	0.500%	0.258%	1.149%	0.123%
Après25.5	0.663%	0.342%	0.892%	0.188%	1.434%	0.978%
Après55.5	5.905%	7.013%	4.447%	4.502%	6.102%	6.277%
Après 104	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%	0.000%

Tableau (III.4) : le pourcentage de la quantité de l'eau.

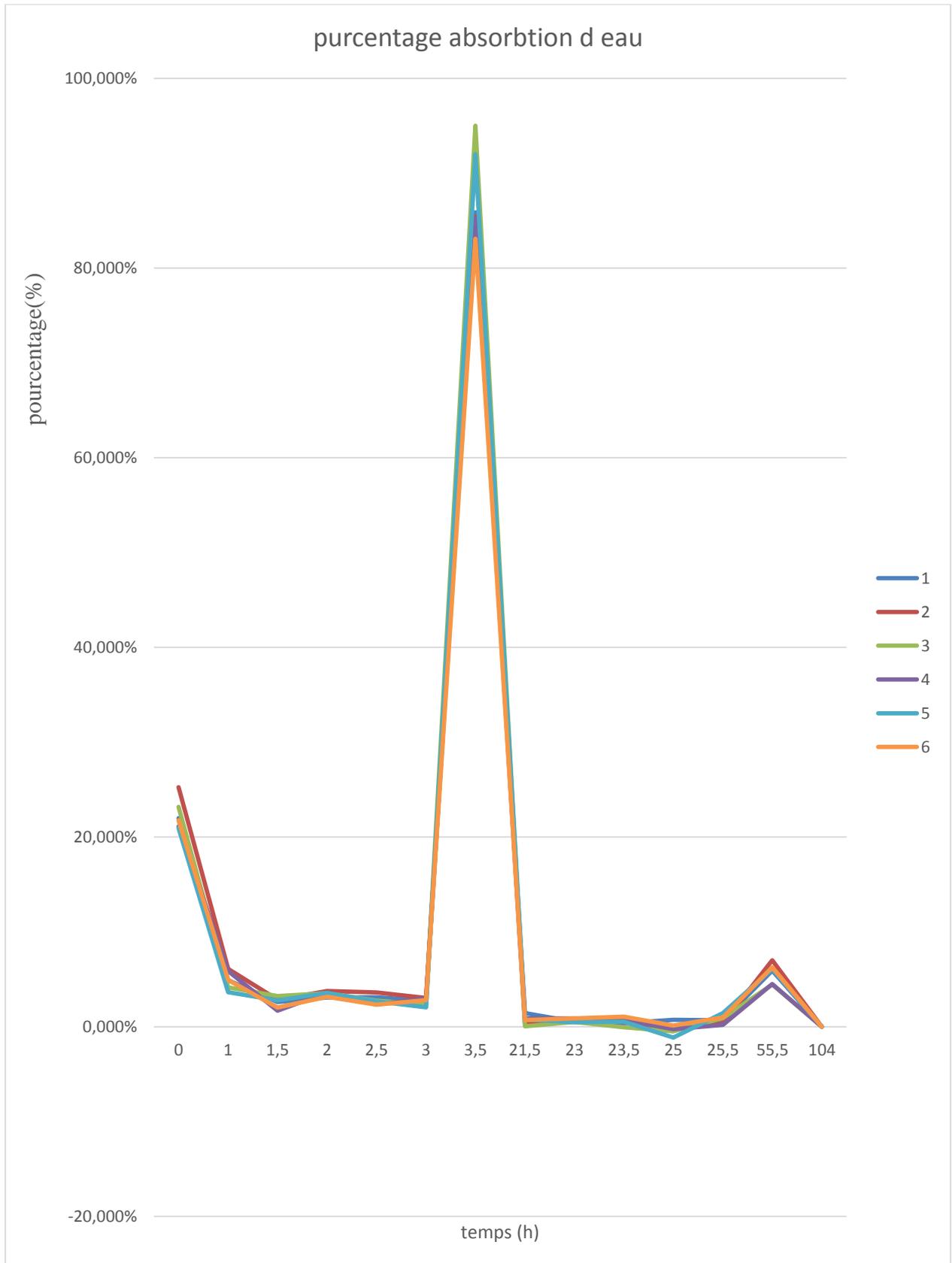


Figure (III.10) : Variation du pourcentage de la quantité de l'eau.
En fonction du temps.

La courbe de la figure (III.10), montre un taux d'absorption d'eau allant jusqu'à 95% et il est divisé en trois parties :

- La première partie linéaire, qu'est le taux le plus élevé d'une valeur de 85 %, son extraction se fait sur un temps qui ne dépasse pas les 3.5 heures.
- la deuxième partie est aussi linéaire, elle contient un taux de 18 %, on son extraction se fait sur un temps de 21.5 heures.
- la dernière partie est non linéaire, la masse se stabilise et le taux d'absorption est de 10 % son extraction se fait sur un temps de 104 heures.

Notre étude comparative des niveaux d'humidité a permis de conclure que la masse de fibres augmente progressivement et que l'absorption d'eau augmente proportionnellement à l'augmentation des niveaux de fibres.

Le protocole proposé dans notre étude est qui est totalement extrait de notre expérience dans ce domaine de recherche est comme suit :

III. 5. Concernant la composition du bois du spadice du palmier dattier en Fibres :

Sachant que le bois est constitué de trois composantes essentiels et qui sont la cellulose (fibres), la lignine et l'hémicellulose qui possèdent des liaisons mécaniquement fortes ces deux éléments constitue principalement le bois et sont les fibres constitue la matrice à savoir que nous pouvons séparer les fibres de la matrice facilement, mais nous n'arrivons pas à le faire parfaitement, une partie de la matrice reste collée sur la surface de la fibre, raison de leur état de la surface qui est relativement rugueux ce qui provoque l'augmentation de frottement entre eux pour cela beaucoup de chercheurs dans ce domaine ont utilisé des solutions chimiques afin d'éliminer cette liaison .

III .5 . 1. Extraction des fibres :

Dans notre étude nous allons extraire les fibres et les séparer de la matrice de manière purement naturelle.

✚ **La première étape de travail :** Nous allons couper le bois du régime des dattes directement après la récolte, puis on va l'envelopper avec un nylon pour le protéger de l'humidité car elle joue un rôle important après coupage de spadice, nous allons couper en morceaux moyens comme il est indiqué ci-dessous **figure** (III.11)

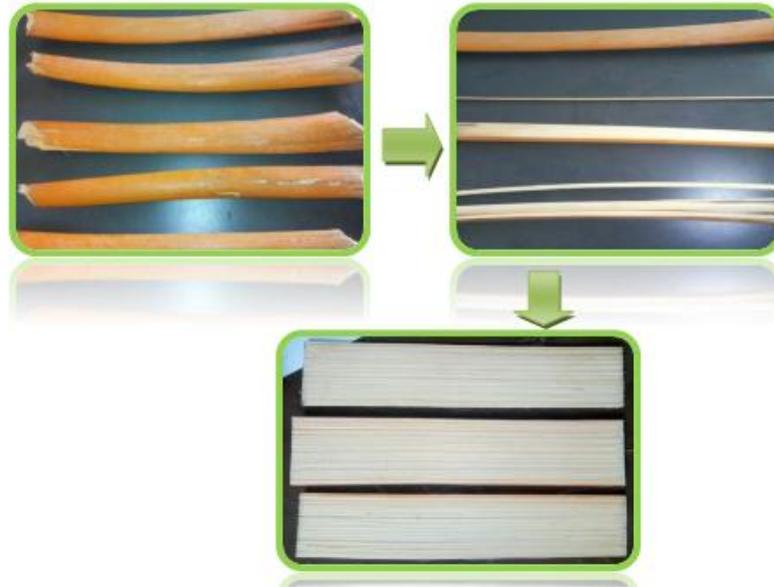


Figure (III.11) : *Découpage le bois du régime de datte.*

- ✚ **La Seconde étape :** Après le coupage les échantillons, nous allons envelopper directement dans un sachet du nylon de couleur noir l'élimination de lumière, et de préférence qu'on utilise plusieurs sachets, de nylon pour éviter aussi la perte de l'humidité, après on va les mettre dans une chambre.
- ✚ **La troisième étape :** Après le premier mois, nous remarquons le début de l'apparition du champignon de manière variable au niveau de l'échantillon de spadice, comme indiqué sur la figure (III.12).



Figure (III.12) : Les fibres après le premier mois

Après le deuxième mois, nous avons divisé les échantillons en deux moitiés et ajouté un peu d'eau pour améliorer les conditions d'accélération de l'activité fongique et de son évolution, comme illustré à la figure (III.13).

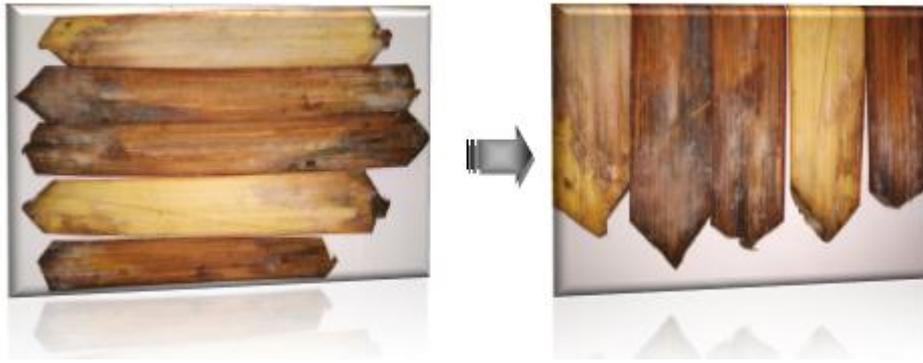


Figure (III.13) : Bois du régime après le deuxième mois.

✚ **La quatrième étape :** Au bout de trois mois, nous remarquons qu'il existe un élément très important, à savoir l'humidité, qui joue un rôle important lorsqu'il est combiné à la lumière et à la température. Cela crée le climat de propagation et de propagation des champignons et des bactéries, ainsi que sa diversité, qui permet de tirer parti des fibres. Les formes suivantes représentent la propagation des champignons en fonction du temps, Figure (III.14).

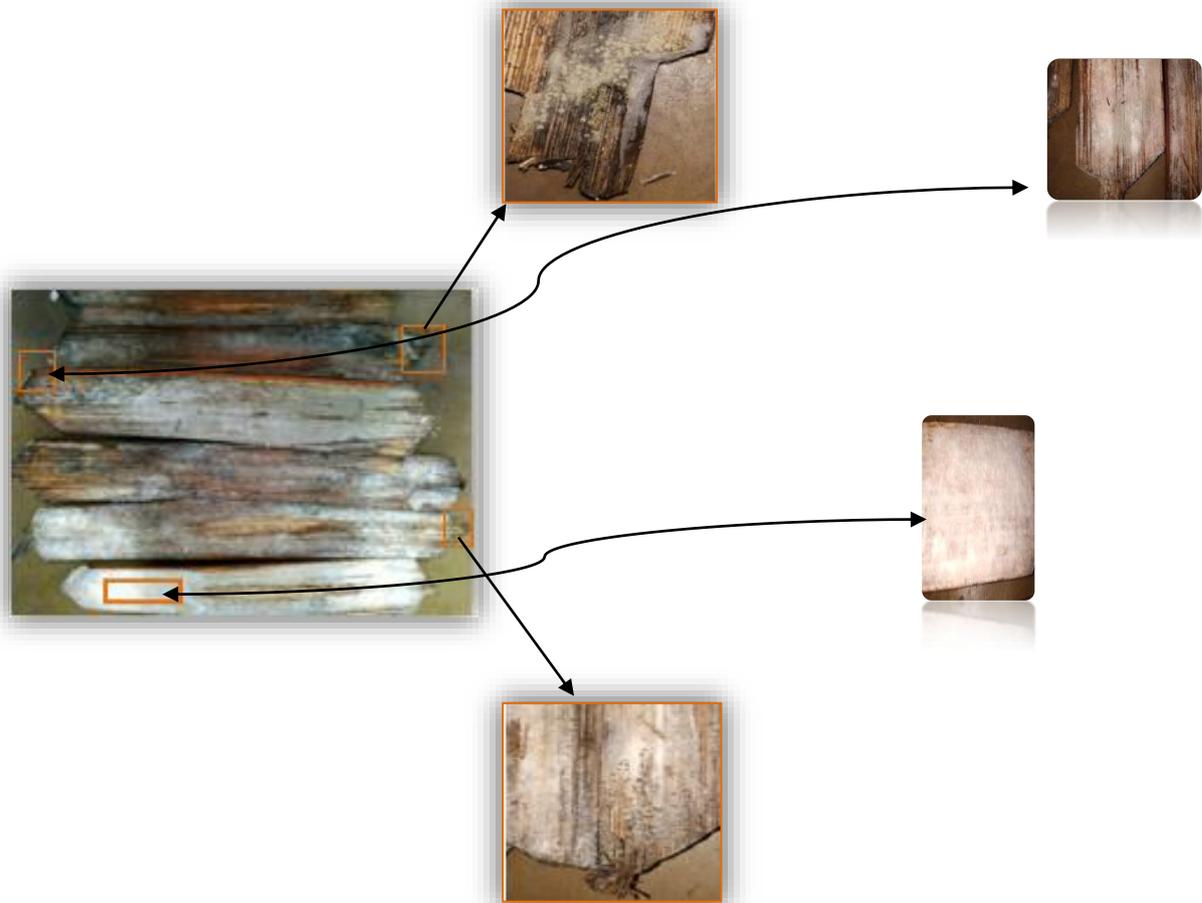


Figure (III.14) : représente la propagation des champignons.

✚ **La cinquième étape :** Après le quatrième mois, nous notons la séparation des fibres de Lénine et la facilité d'extraction de la fibre, Figure(III.15).

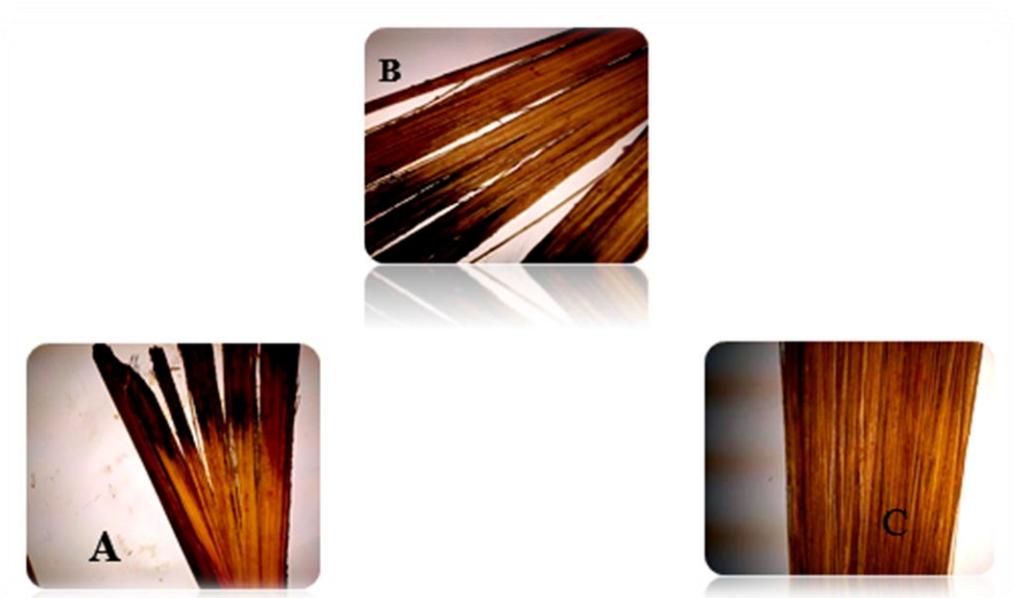


Figure (III.15) : séparations des fibres.

✚ **La sixième étape :** Après avoir séparé les fibres, nettoyez-les soigneusement à l'eau pour éliminer les traces de fibres afin d'obtenir des fibres telles que celles présentées ci-dessous, Figure(III.16).



Figure(III.16) : lavage (nettoyage) des fibres.

III. 6. Préparation de la fibre :

Dans cette étape nous avons préparé des fibres après leur extraction naturelle comme il a été fait dans la première étape, puis nous mesurons les diamètres.

Après la mesure de la fibre nous avons choisi des fibres pour l'essai de traction comme représente le module d'élasticité des fibres qui illustre dans la Figure (III-17) suivant :



Figure (III-17) : préparation de l'Eprouvette de fibre pour l'essai de traction.

III. 6. 1. Modèle Eprouvette :

Pour les essais de traction, nous avons complété le modèle Eprouvette Figure (III-18) pour les fibres aux dimensions suivantes :

L = 60 mm

l = 10 mm

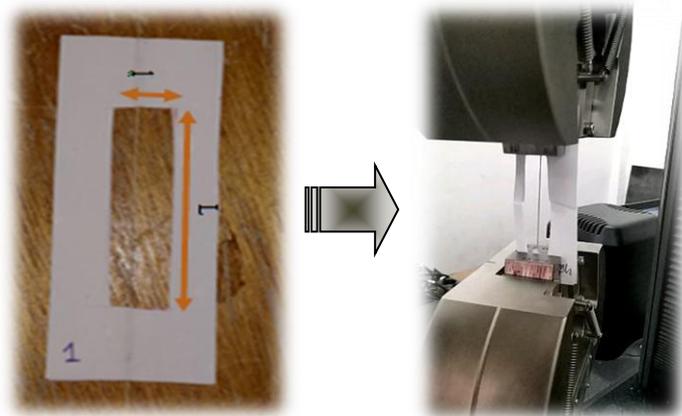
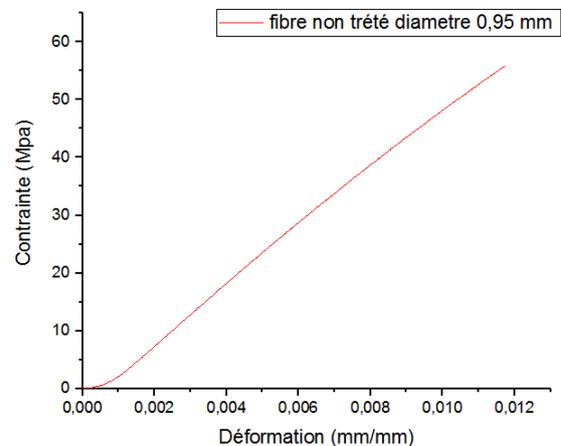
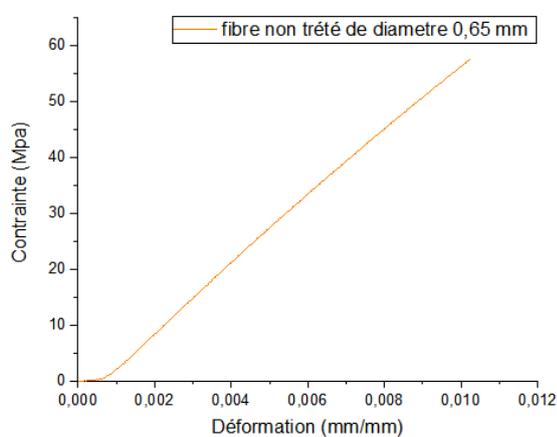


Figure (III-18) : Modèle Eprouvette.

III. 6. 2. Essais de traction fibre non traité :

L'essai de traction est réalisé sur des fibres sèches de diamètre (0,65 ; 0,95 ; 0,9mm). La courbe sur la donne la courbe type de contrainte-déformation de fibre.



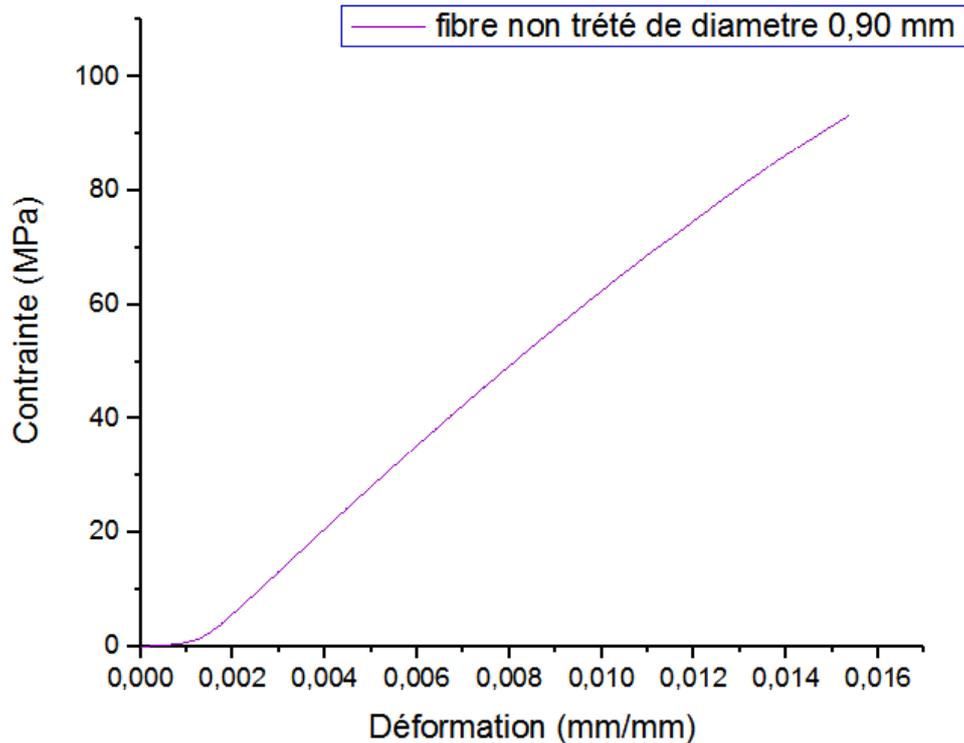
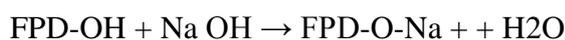


Figure (III.19, 20 et 21) : courbes des essais de traction des fibres

Malgré les fibres Spadice soient identiques mais **module de Young** est instables, cela indique que la structure de Spadice n'est pas fixe.

III. 6. 3. traitement chimique des fibres de spadice par Na OH :

Afin de déterminer l'effet de Na OH sur les propriétés mécaniques des fibres, nous avons effectué un traitement chimique des fibres de spadice extraites, où les émerger dans des solutions alcalines à des concentrations de 2% et 5% d'hydroxyde de sodium, respectivement d'une solution de 20 grammes de granules d'hydroxyde de sodium à 980 cm³ d'eau distillée. Et dissout 50 g de Na OH dans 950 cm³ de ce dernier. En plus du traitement de l'eau distillée. Chaque traitement a été effectué pendant 24 et 48 heures à la température ambiante. Ensuite, les fibres ont été rincées à l'eau avant d'apparaître dans de l'eau distillée pendant 15 minutes pour obtenir un pH neutre et enfin séchées à l'étuve à 70 ° C pendant une période de 5 heures. La réaction des fibres de palme avec l'hydroxyde de sodium est décrite comme suit :



L'étude de la variance globale des fibres a été divisée en six parties pour les traitements de : 2% et 5% de Na OH et le traitement avec l'eau distillée, pendant 24H et 48H pour chaque traitement. Nous fixons la date et l'heure du début du processus, puis commençons le traitement conformément au protocole précédent et au formulaire (III.22).



Figure III.22 : Étapes de traitement par Na OH.

III. 6. 5. Les résultats de traitement :

Après le traitement des fibres figure (III.23), nous avons obtenu les résultats suivants :



Figure (III.23) : les fibres après traitement.

III. A. 1. Pour une concentration de 2% de Na OH pendant 24h :

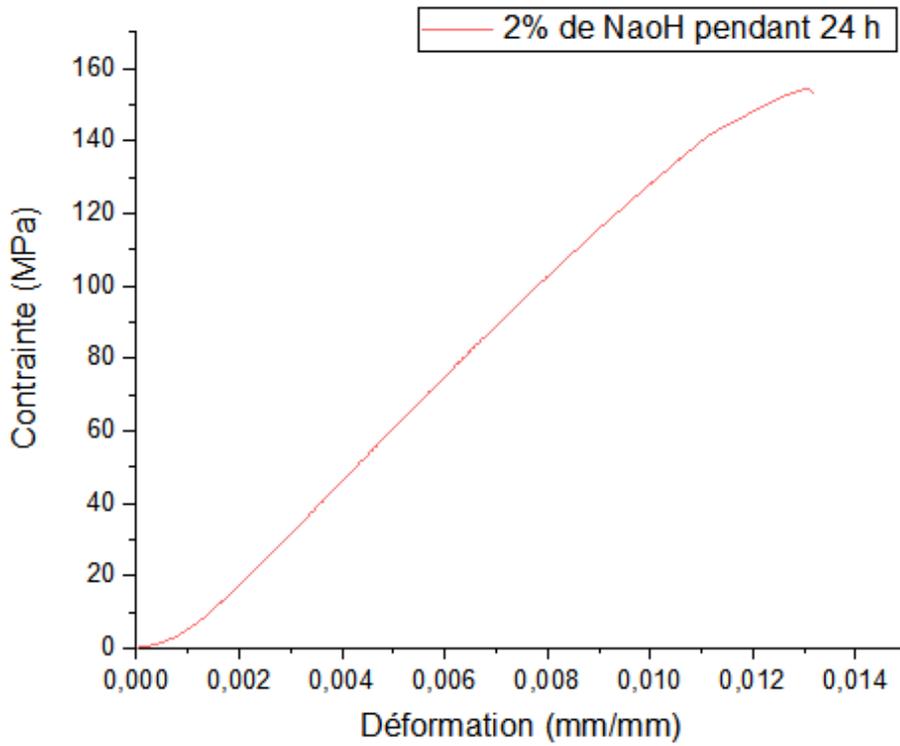


Figure (III.24) : Allure de la courbe de l'essai de traction après traitement chimique d 2% de Na OH pendant 24h.

III. A. 2. Pour une concentration de 2% de Na OH pendant 48h :

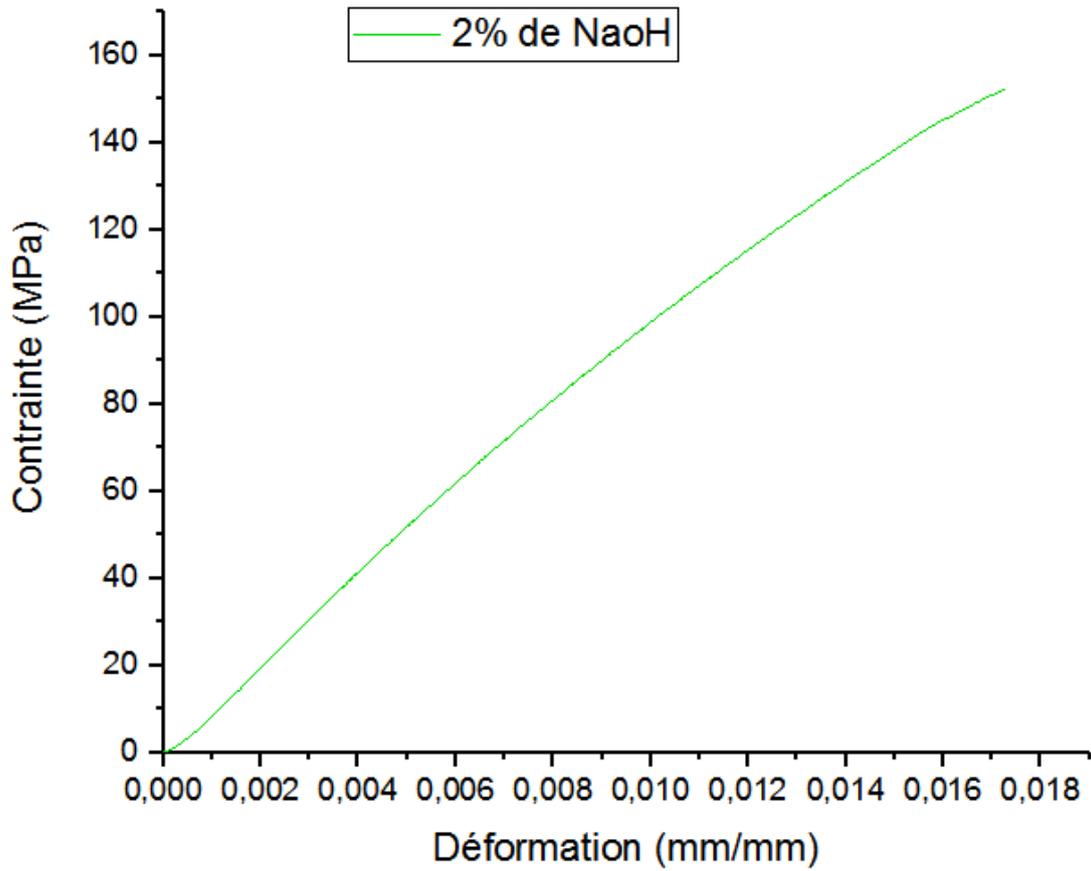


Figure (III.25) : Allure de la courbe de l'essai de traction après traitement chimique d 2% de Na OH pendant 48h.

III. B. 1. Pour une concentration de 5% de Na OH pendant 24h :

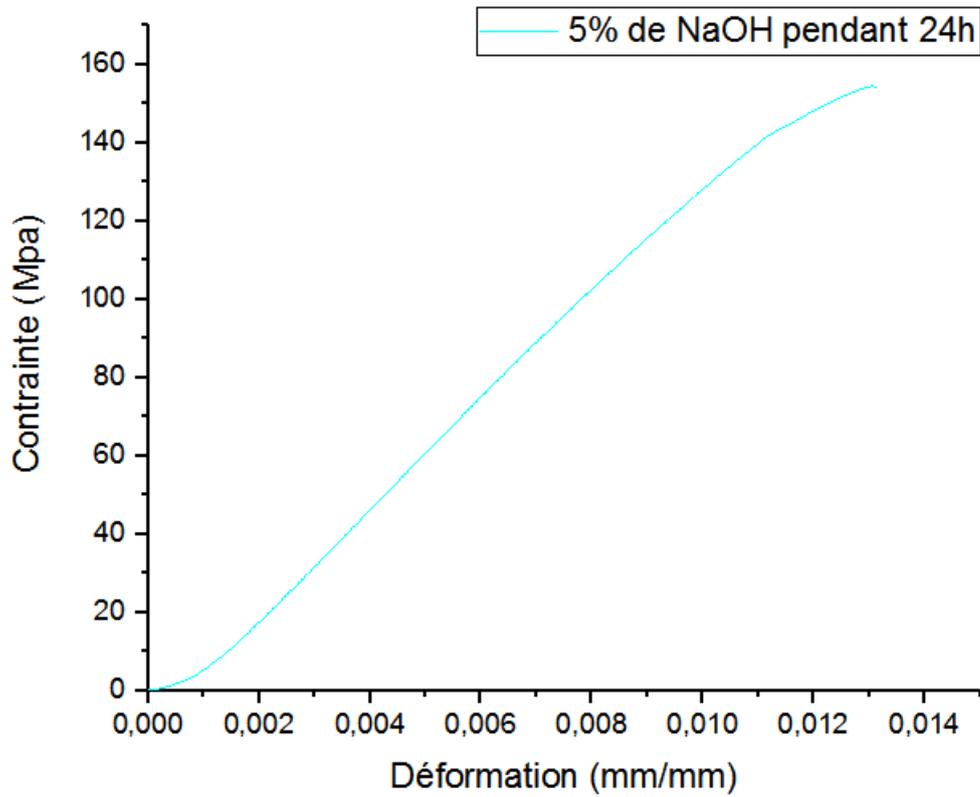


Figure (III.26) Allure de la courbe de l'essai de traction après traitement chimique d 5% de Na OH pendant 24h.

III. B. 2. Pour une concentration de 5% de Na OH pendant 48 h :

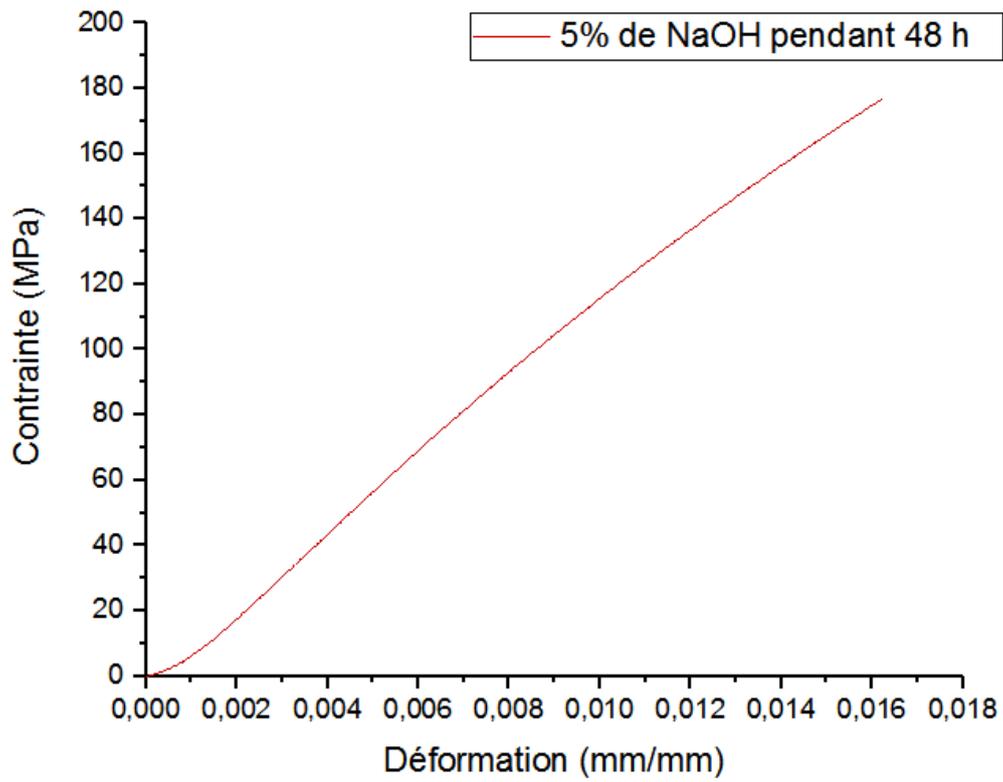


Figure (III.27) : Allure de la courbe de l'essai de traction après traitement chimique d 5% de Na OH pendant 48h.

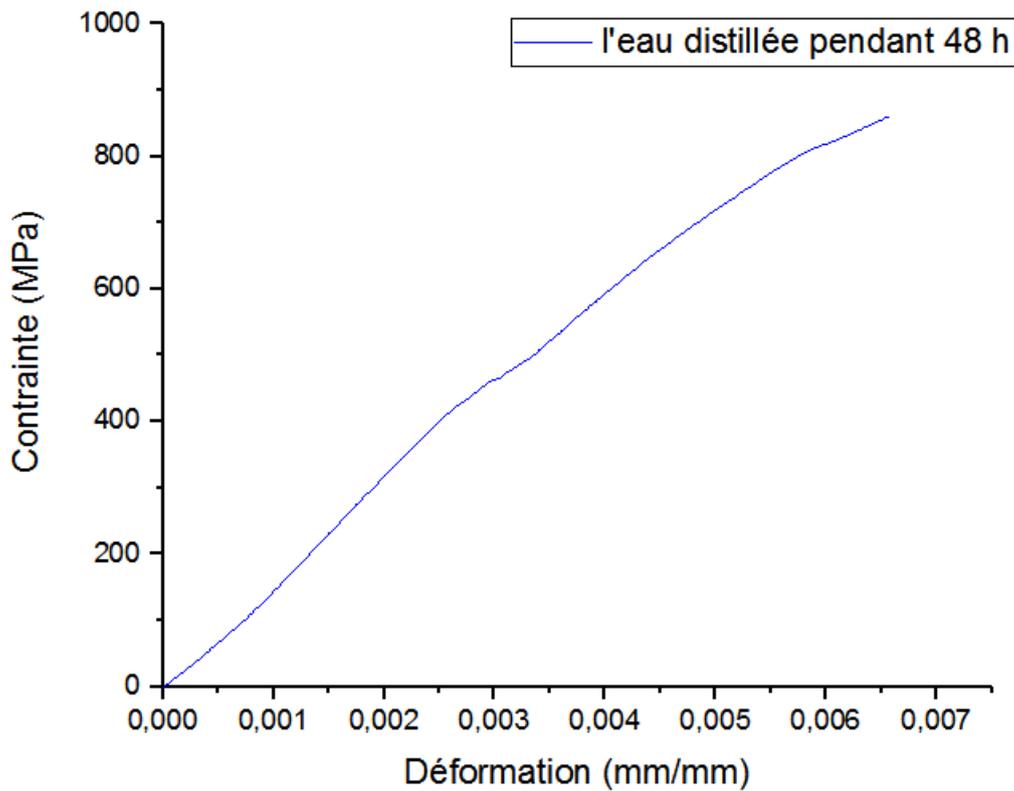
III. C. 1. Pour une de l'eau distillée pendant 48 h :

Figure (III.28) : courbe de l'essai de traction fibre.

A travers les essais de traction que nous avons effectués des éprouvettes confectionnées avec traitement chimique et sans traitement chimique, nous avons constaté que le meilleur résultat est obtenu pour les éprouvettes avec traitement chimique dont la concentration en NaOH est de 02% pour une durée de 24h et dont la valeur du module **de Young est de 14.97 Gpa** avant elle est de **4.77 Gpa** pour ceux sans aucun traitement chimique.



Chapitre IV



IV. 1. Préparation de fibres :

Dans ce travail nous avons pris en charge à la préparation des types de fibres suivantes :

IV.1. 1. Les fibres longues :

Après avoir extrait les fibres de spadice, les avoir séparées de la méthode de segmentations naturelle et les avoir nettoyées, nous mettons les longues fibres non traitées figure (IV.1) dans la structure bio composite



Figure (IV.1) : *Les fibres longues.*

IV.1. 2. Les fibres courtes :

D'un coté nous nous sommes intéressé par deux types de fibres, celles du spadice figure (IV.2) et celles fibres de life figure (IV.3), chaque type est coupé avec une longueur variant entre 0.4 à 0.5 mm et d'un autre coté et concernant les fibres de spadice, on a pris deux variantes pour notre étude celles des fibres non traités et celles des fibres traités avec 02% de NaOH pendant 48h, cela nous à permis de faire une comparaison en terme de caractéristiques mécanique de bio composite.



Figure (IV.2) : *Les fibres courtes,*

(A) : non traitées et (B) : traitées avec 2 % Na OH durant 48h.



Figure(IV.3) : *les fibres courtes de life.*

IV. 2. La réalisation du bio composite :

IV. 2. 1 la résine utilisée :

Nous avons utilisé deux résines commerciales une de couleur bleu et une de couleur syphilitique en proportions égales (50%) avec un sécatif à proportion de 01% voir la figure (IV.4), une fois ces deux résines mélangées le produit est déversé dans un moule de forme éprouvettes conçu dans les dimensions normalisées pour entamer mes essais mécaniques. La figure(IV.5) montre les étapes du processus de travail.



Figure(IV.4) : (A) *résines commerciales: les résines*, (B) *: sécatif.*



Figure(IV.5) : *Étapes de séchage de la résine.*

IV. 2. 1. 1 .L'Essai de traction résine de référence :

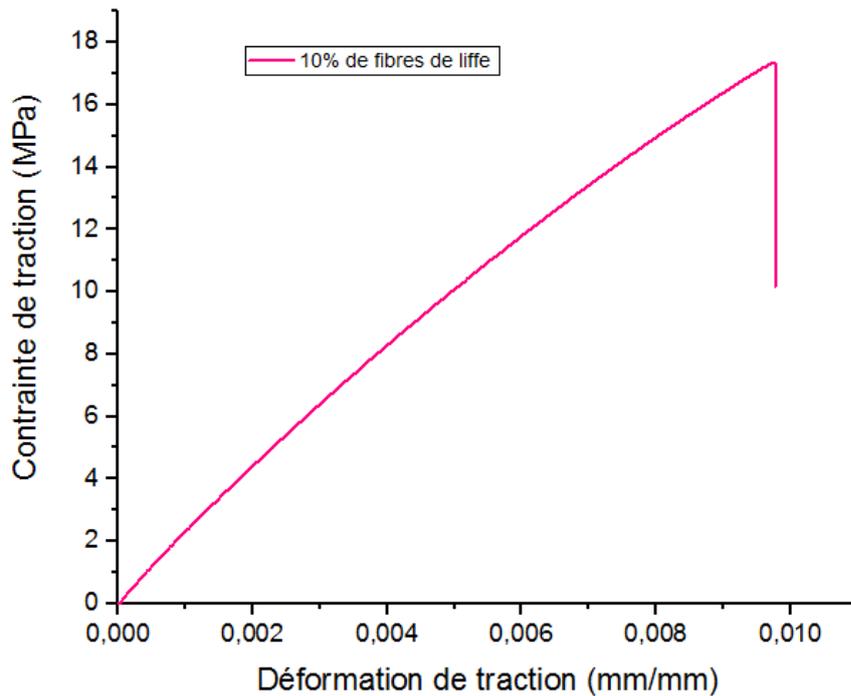
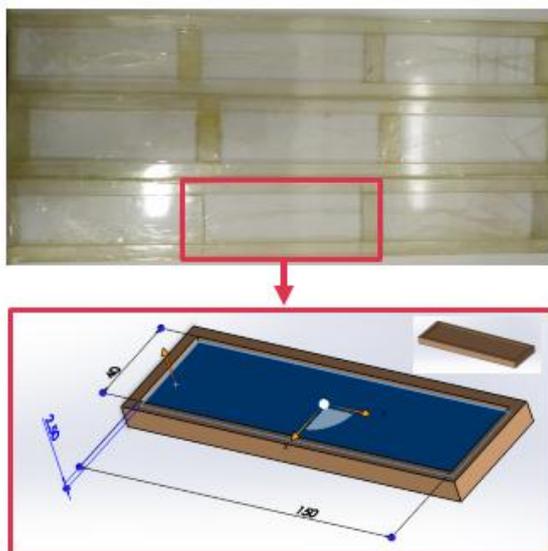


Figure (IV.6) : Allure de la courbe de l'essai de traction de la résine pure.

IV. 2. 2. Le bio composites à base de fibres longues :

IV. 2. 2. 1. Le moule utilisé :

Dans ce cas, nous avons utilisé un moule rectangulaire aux dimensions indiquées dans la figure(IV.7).



Dimensions du moule :

$$L = 150 \text{ mm}$$

$$l = 40 \text{ mm}$$

$$e = 3 \text{ mm}$$

L : Longueur

l : largeur

e : épaisseur

Figure(IV.7) : Le moule utilisé pour les bio composites à fibre longues et fibres de liffe,

(a) : le moule réalisé et (b) : conception de moule par solidworks.

IV. 2. 2. 2. Les étapes de réalisation :

À travers des fibres longues extraites et non traitées chimiquement, elles sont préparées de la manière qui suit :

- ✚ Nous pesons 3 grammes de fibres longues (présentent 20% de bio composites) avec une balance électronique comme le montre dans la figure (IV.8):



Figure (IV.8) : *Pesage de fibre avec la balance électronique*

- ✚ Ces fibres sont disposées sur du ruban adhésif pour maintenir les fibres alignées et donner une forme à sens unique figure (IV.9).



Figure (IV.9) : *Disposition des fibres sur le ruban adhésif*

- ✚ Nous pesons également 12 g de résine (présente 80% de bio composites). Ensuite, placez la première couche de fibre dans le moule avec le côté fibre côté et face du ruban connecté au moule figure (IV.10).



Figure (IV.10) : *dépôts de la première couche de fibre dans le moule*

- ✚ puis couler la résine et la répartir sur tout la surface de fibres au moyen d'une fourchette pour éliminer les bulles d'air qui rompe l'homogénéité de la matière et cause la fragilité du composé. figure (IV.11)

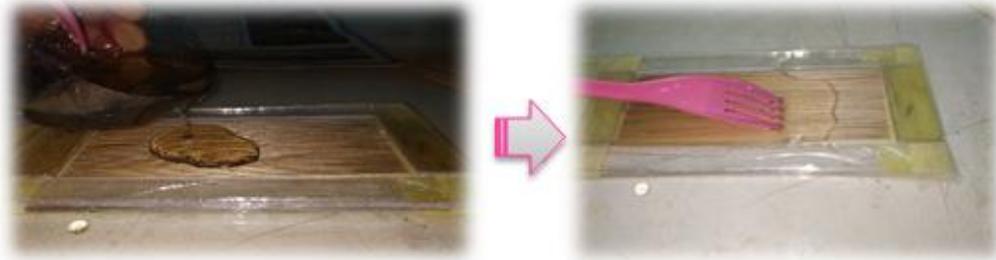


Figure (IV.11) : couler de la résine sur les fibres et l'étendre sur la couche de fibre.

- ✚ puis placez la deuxième couche de fibre et retirez l'adhésif figure(IV.12)

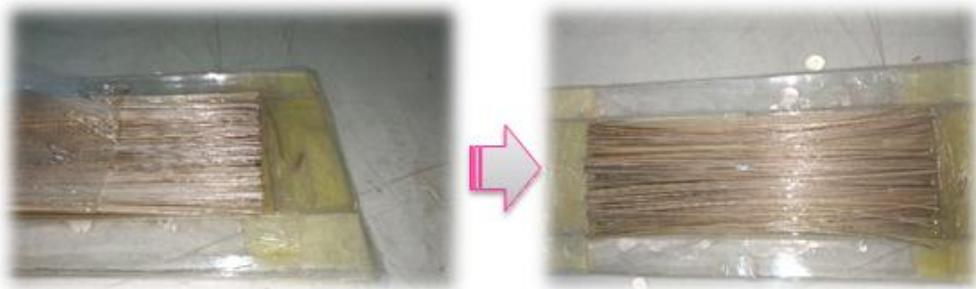


Figure (IV.12) : enlever l'adhésif

- ✚ De la même manière, la troisième couche de fibre est finie et la partie restante de la résine est coulée et laissée à sécher pour obtenir un composé qui épouse la forme de moule, l'éprouvette et bien consistante, elle est composée de trois couches de fibres et de trois couches de résine pour une épaisseur finale de 02.5 mm figure(IV.13)



Figure (IV.13) : Le composé obtenu à partir du moule.

- ✚ Enfin, le modèle de test est terminé il passe par la meule pour éliminer les bavures excédentes aux frontières du moule figure (IV.14)



Figure (IV.14) : l'éprouvette finale de bio-composite.

IV. 2. 2. 3. Essai de traction de l'éprouvette bio-composite (Résine + fibre longue) :

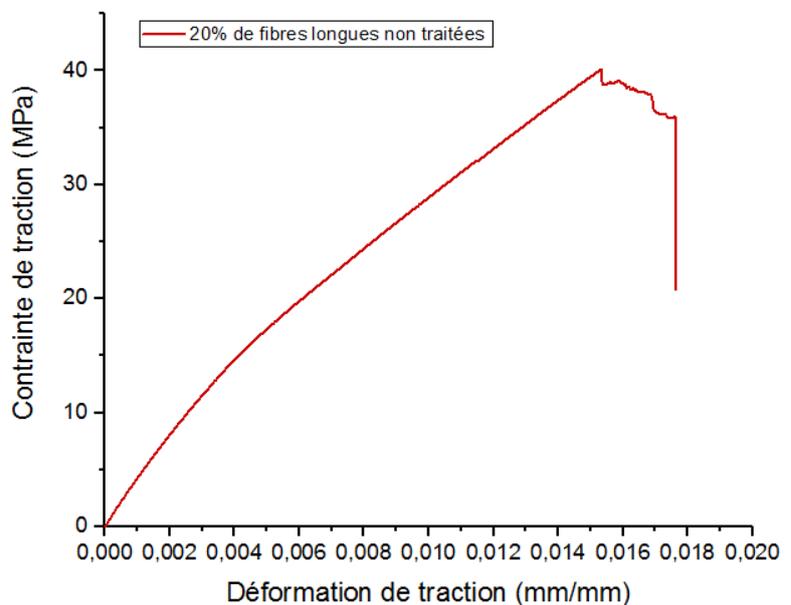


Figure (IV.15) : allure de la courbe de l'essai de traction de la résine + Fibre longue

IV. 2. 3. Bio composites à base de fibres courtes :

IV. 2. 3. 1. Le moule utilisé :

Nous avons utilisé un moule sous la forme d'éprouvette où nous avons utilisé le laser pour concevoir ce moule, Les dimensions apparaissent dans la figure (IV.16) Ci-dessous.

Démensions du moule :

- L** = 150 mm
- l** = 70 mm
- D** = 10 mm
- E** = 2.5 mm

L : longueur

l : largeur

D : diamètre

E : épaisseur

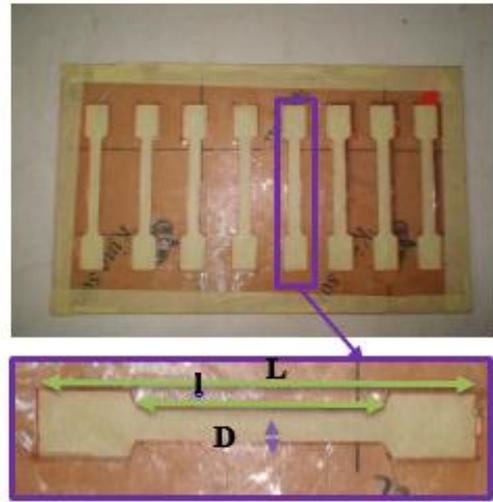


Figure (IV.16) : Les étapes de réalisation.

IV. 2.3 .2 . Le protocole expérimental :

On mélange 10g de résine bleu et 10g de résine syphilitique, on ajoute après 0.2g de catalyseur pour obtenir une matrice contient de 99% de résines (bleu + syphilitique) et de 1% catalyseur. Puis on ajouter 2.24g de fibres à ce mélange pour réaliser un bio composite contient de 90% de matrice et 10% de fibres. Enfin nous coulons le mélange dans le moule puis il est laissé sécher à la température ambiante pendant 24h. Selon ce protocole nous avons réalisé des bio composite, l'un est renforcé par les fibres courtes de spadice non traitées, l'autre est renforcé par les fibres courtes de spadice traitées avec 2% de NaOH figure (IV.17) et le dernier est renforcé par les fibres de life figure (IV.18).

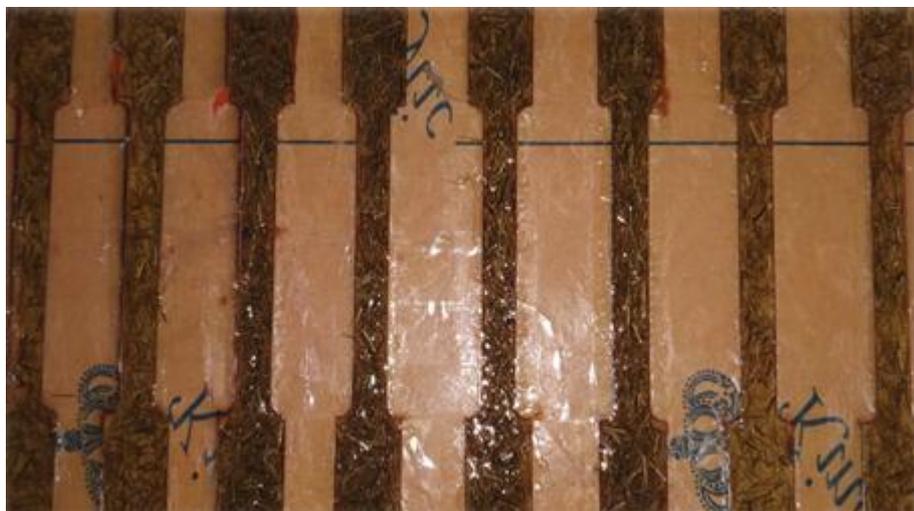


Figure (IV.17) : Elaboration des fibres dans le moule



Figure (IV.18) : Les bio composites réalisées, (A) : à base de fibre traitées avec 2% de NaOH, (B) : à base de fibre courte non traitées, (c) : à base de fibres de life.

IV. 2. 3. 3. Essai de traction de l'éprouvettes bio-composites :

✚ Résine + fibres courtes non traitées

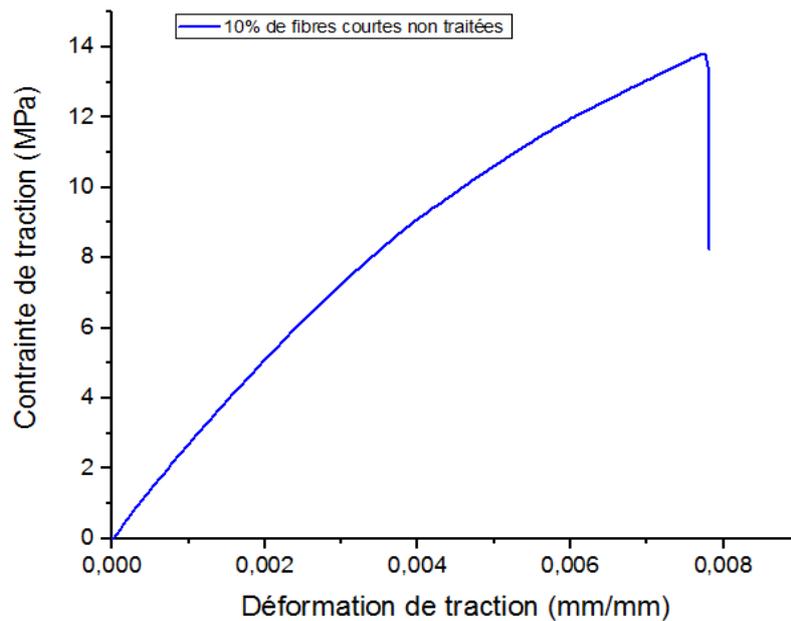


Figure (IV.19) : allure de la courbe de l'essai de traction de la résine + fibre

Courtes non traitées

✚ Résine + fibres courtes traitées avec 2% de NaOH

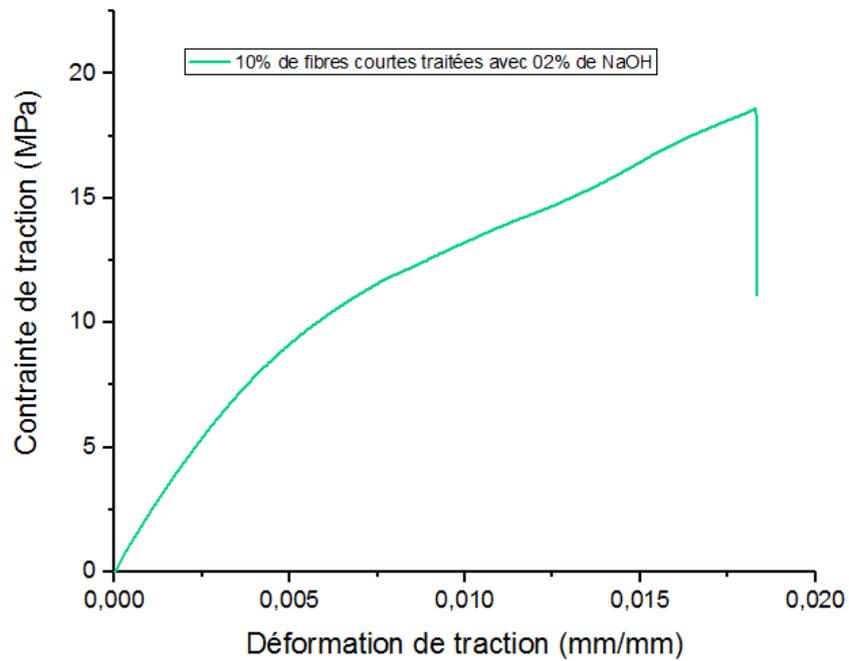


Figure (IV.20) : allure de la courbe de l'essai de traction de la résine + fibres courtes traitées avec 2% de NaOH

✚ Résine + fibres de life figure

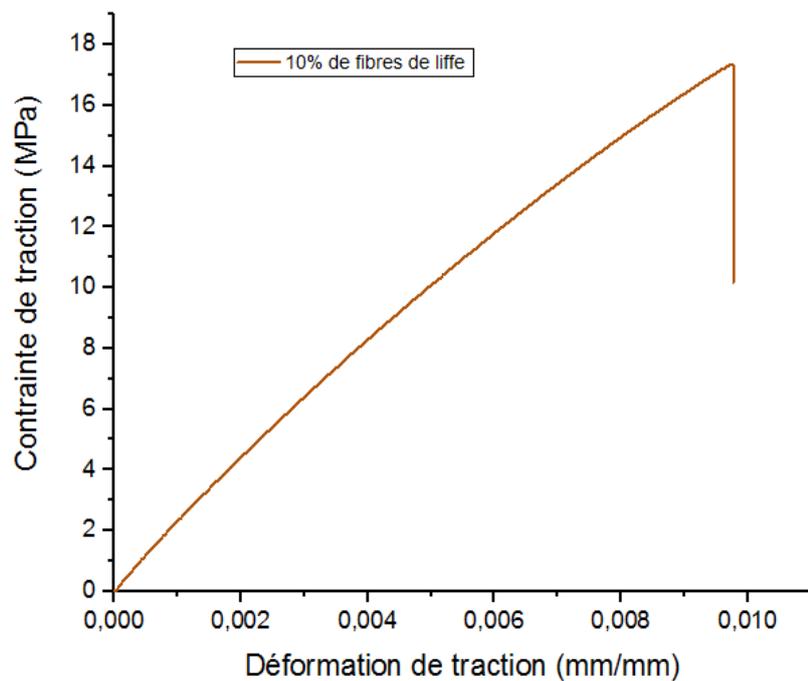


Figure (IV.21) : allure de la courbe de l'essai de traction de la résine + fibres de life.

IV. 2. 3.4. Résulta globale essai de traction de l'éprouvette bio-composite

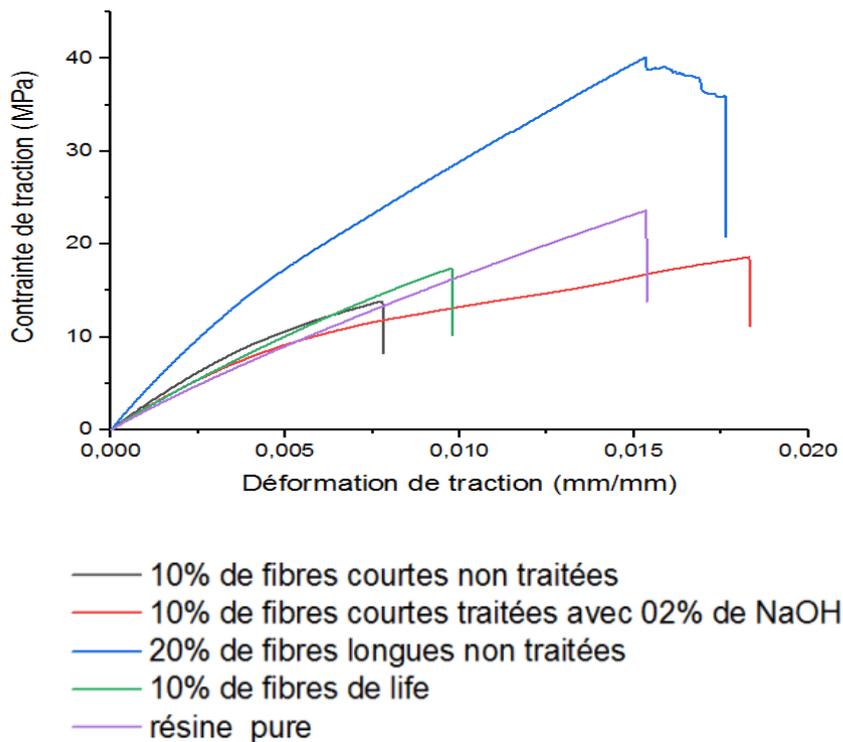


Figure (IV.22) : La courbe d'essai de traction combine les fibres de bio-composé

IV. 3 Interprétation des résultats :

Dans notre travail une large variété de caractérisations mécaniques ont été engagées au profit des fibres du palmier dattier dans leurs état naturel et après leurs traitement chimique par de l'NaOH à de différents pourcentages, des caractérisations mécaniques complémentaires ont été réalisées telle que l'essai de traction.

Et dans le cadre de l'élaboration d'une base de donnée spécifiques aux matériaux végétal, spécifiquement le bois de palmier dattier et de déduire sa contribution dans le développement des matériaux bio-composites, de point de vue propriétés structurales et mécaniques. Les résultats trouvés ont permis de montrer les détails que concerne la forme structurale et structurelle des fibres du spadice du palmier dattier et les propriétés physiques déduites ont permis de donner les détails physiques pour un probable classement dans la bibliothèques de données des types de fibres de la région aride de Biskra étudiées.

A noter que pour les fibres traitées par de l'NaOH nous remarquons une légère augmentation de la résistance mécanique lors de l'essai de traction, celle-ci se traduit par l'augmentation de la résistance de la fibre après son traitement chimique par de l'NaOH.

Conclusion générale

L'objectif principal de ce mémoire est de valoriser les fibres naturelles en tant que ressource locale disponible dans la région de Biskra et d'exploiter les déchets des palmiers dattiers de tout type et de tout genre dentant que matériaux alternatifs dans le développement des matériaux composites et même dans leur utilisation dans le secteur industriel.

La sélection de ces fibres n'est pas une coïncidence : les régions du sud de l'Algérie (Biskra) disposent de ressources végétales abondantes, mais peuvent être exploitées et possèdent des propriétés physiques et mécaniques assez intéressantes.

Notre étude a été consacrée à l'exploitation des fibres de spadice extraites de façon naturelle (après fermentation), bien qu'il ait fallu plus de quatre mois pour leurs préparation, à noter comme exemple l'une des propriétés physique impressionnante qui est l'absorption en eau est qui est l'une des propriétés physiques investit dans notre travail incluant aussi la propriété de l'absorption de l'humidité qui atteint un taux de (85 - à 95)%.

Le traitement chimiques des fibres par de l'NaOH est l'un des nombreux moyens qui nous fournissent cette amélioration et il répond généralement aux propriétés requises avec une concentration particulière pendant un certain temps, ce qui nous permet d'améliorer le caractère des propriétés physiques de nos fibres.

Et comme nous l'avons trouvé et prouvé à travers les essais de traction engagés pour des éprouvettes confectionnées avec des fibres qui ont subit des traitements chimiques et mêmes sans traitement, nous avons constaté que le meilleur résultat était pour ceux qui ont subit des traitements d' NaOH avec une concentration de 02% durant 24h, où la valeur du module **de Young est de 14.97 Gpa, à noter que celui** initialement trouvé pour des éprouvettes sans traitements est d'une valeur de **04.77 Gpa.**

A partir de ces résultats, on peu dire que le traitement chimique des fibres de spadice par de l'NaOH conduit à l'augmentation de la résistance mécanique des bio composites.

Comme perspective une investigation engagée sur d'autres propriétés physiques telle que le vieillissement, la valeur énergétique de chauffage, la capacité d'isolation etc... ou de propriétés mécaniques telle les essais de torsions de flexion ou même de cisaillement feront un apport complémentaire scientifique à la base de données technique qui est née maintenant dans ce domaine et sera certainement la bienvenue spécialement dans le domaine des bio composites.

Références bibliographiques

- [1] Munier P, 1973. Le Palmier Dattier. Éd.G.-P. Maisonneuve et Larose. Paris. 222 p.
- [2] Peyron G, 2000. Guide illustré de formation: Cultiver le Palmier Dattier. Éd. CIRAD. Montpellier. 109 p.
- [3] A. Sbiai, "Matériaux composites à matrice époxyde chargée par des fibres de palmier dattier: effet de l'oxydation au tempo sur les fibres," Thèse de doctorat, INSA-Lyon, 2011.
- [4] M. Baali, "Contribution a la caracterisation et a l'exploration de la microstructure et des proprietes des constituants du palmier," Memoire de magistere, Université Mohamed Khider-Biskra, (Algérie), 2012.
- [5] S. Ben Mbarek., I. Deboub. Valorisation des sous-produits du palmier dattieret leurs utilisations. Mémoire de Master Académique, Biologie et Valorisation desPlantes. EL-OUED : Universite Echahid Hamma Lakhdar d'EL-OUED, 2015, 98p.
- [6] I. DJOUDI. Contribution à l'identification et à la caractérisation de quelquesaccessions du palmier dattier (PhoenixDactylifera.L) dans la région de Biskra. Mémoire de Magister, Agriculture et environnement en régions arides. Biskra : Université Mohamed Kheider Biskra, 2013, 141p
- [7] Benziouche S E, 2012. Analyse de la filière dattes en Algérie: constats et perspectives de développement. Etude de cas da la daïra de Tolga. Thè Doc. ENSA. El Harrach. Alger. 470p.
- [8] FADLAOUI, Soumaia. Application de la technique de modélisation de l'architecture du palmier dattier (Phoenix dactylifera L.) pour la caractérisation des cultivars. 2017. Thèse de doctorat. Université Mohamed Khider-Biskra.
- [9] direction régional agriculture Biskra 'bilan de campagne dattiere 2016/2017
- [10] Alvarez VA., Vázquez A., Influence of fiber chemical modification procedure on themechanical properties and water absorption of MaterBi-Y/sisal fiber composites, Composites: Part A, 37, 1672–1680, 2006.
- [11] J.E.G.Van Dam et H.L. Bos, «Consultation sur l'impact environnemental des fibresnaturelles dans les applications industrielles», Congrès de Food and AgricultureOrganization(FAO), Rome, 2004, 263p.
- [12] P. Jodin. 1994. « Le Bois, Matériau d'Ingénierie. Association pour la recherche sur lebois en Lorraine, Nancy, France33 »,
- [13] C. P .Neto, A. Seca, D. Fradinho, M.A. Coimbra, Domingues, F.Evtuguin, D. Silvestre, A. Cavaleiro, J.A.S. 1996. Chemical composition and structural features ofthe macromolecular

components of Hibiscus cannabinus grown in Portugal. *Industrial Crops and Products* 5:189-196

- [14] R.M. Rowell, R.A. Young, J.K. Rowell, 1997. Paper and composites from agro-based resources. Ed Rowell R.M, Lewis publishers, Boca Raton, USA.
- [15] N. Nishimura, A. Izumi, K. Kuroda. 2002. "Structural characterization of kenaf lignin: differences among kenaf varieties. *Industrial Crops and Products*". 15: 115–122
- [16] C. Ververis, K. Georghiou, N. Christodoulakis, P. Santas, R. Santas. 2004. "Fiber dimensions, lignin and cellulose content of various plant materials and their suitability for paper production". *Industrial Crops and Products*"
- [17] K. Abdelouahed, "Caractérisation des Fibres de Palmier Dattier Et Propriétés des Bétons et Mortiers Renforcés par ces Fibres en Climat Chaud et Sec," Thèse de doctorat, ENP Alger,.
- [18] A. Kriker, G. Debicki, A. Bali, M.M. Khenfer, and M. Chabannet, "Mechanical properties of date palm fibres and concrete reinforced with date palm fibres in hot-dry climate," *Cement & Concrete Composites*, vol. 27, pp. 554–564, 2005
- [19] N. Benmansour, B. Agoudjil, A. Boudenne, "Etude des performances de produits renouvelables et locaux adaptés à l'isolation thermique dans le bâtiment" *Rencontres Universitaires de Génie Civil*. Tlemcen, 29 au 31 Mai 2011.
- [20] A. Bezazi, S. Amroune, and F. Scarpa, "Analyse statistique et effet des traitements chimiques sur le comportement physico-mécanique des fibres des bras de grappe des palmiers dattier," *Synthèse: Revue des Sciences et de la Technologie, UBMA*, vol. 31, pp. 108-120, 2015.
- [21] Roger M. Rowell, "Handbook of: Wood Chemistry and Wood Composites", 2005 by CRC Press.
- [22] Poliana DIAS de MORAES, «Influence de la température sur les assemblages bois », thèse de doctorat soutenue le 29 novembre 2003, l'université Henri Poincaré, Nancy 1.
- [23] Couhert. Pyrolyse flash à haute température de la biomasse lignocellulosique et de ses composés - production de gaz de synthèse", Thèse de pour obtenir le de Doctorat de l'Ecole des Mines de Paris Energétique. 2007
- [24] A. Sbiai, H. Kaddami, E. Fleury, A. Maazouz, F. Erchiqui, A. Koubaa, J. Soucy, and A. Dufresne, "Effect of the fiber size on the physicochemical and mechanical properties of composites of epoxy and date palm tree fibers," *Macromolecular Materials and Engineering*, vol. 293, pp. 684-691, 2008.
- [25] T. Masri, H. Ounis, L. Sedira, A. Kaci, and A. Benchabane, "Characterization of new composite material based on date palm leaflets and expanded polystyrene wastes," *Construction and*

Building Materials, vol. 164, pp. 410-418, 2018.

- [26] BERREUR.L,MAILLARD.B.d,etNÖSPERGER.S, « L'industrie française des matériaux composite»,Ministère de l'économie des finances et de l'industrie,p1-47,2002.
- [27] BOUDENNE.A, « Etude expérimentale et théorique des propriétés thermo-physiques de matériaux composite à matrice polymère »,Université PARISXII,2003.
- [28] MOKADDEM.A, « Modélisation du Comportement de L'interface Fibre-Matrice de Matériaux Composites », Mémoire de magister, USTO, 2008.
- [29] JULES.E.J, « Couplages entre propriétés thermiques, réactivité chimique et viscosité des matériaux composites thermodurcissables en relation avec les conditions de leur élaboration fondée sur l'hystérésis Diélectrique », Ecole nationale supérieure d'arts et métiers, 2001
- [30] Jean Marie. Berthelot, Matériaux composites « comportement mécanique et analyse des Structures », édition TEC et DOC, 1999.
- [31] Jean Marie. Berthelot, Matériaux composites « comportement mécanique et analyse des Structures », édition TEC et DOC, 1999.
- [32] A. BOUDENNE, "Etude expérimentale et théorique des propriétés thermo physiques d'matériaux composites à matrice polymère," Université PARIS XII, 2003.
- [33] KAUSCH.H.-H, HEYMANS.N, PLUMER.C.J, and DECROLY.P, « Matériaux polymères : propriétés mécaniques et physique»,2001.
- [34] A. Y. Nennonene,"Elaboration et caractérisation mécanique de panneaux de particules de tige de kéraf et de bioadhésifs à base de colle d'os, de tannin ou de mucilage", thèse de doctorat de l'université de Toulouse, Institut National Polytechnique de Toulouse, Sciences des Agro ressources, 2009.
- [35] A. Y. Nennonene,"Elaboration et caractérisation mécanique de panneaux de particules de tige de kéraf et de bioadhésifs à base de colle d'os, de tannin ou de mucilage", thèse de doctorat de l'université de Toulouse, Institut National Polytechnique de Toulouse, Sciences des Agro ressources, 2009.
- [36] A. Y. Nennonene,"Elaboration et caractérisation mécanique de panneaux de particules de tige de kéraf et de bioadhésifs à base de colle d'os, de tannin ou de mucilage", thèse de doctorat de l'université de Toulouse, Institut National Polytechnique de Toulouse, Sciences des Agro ressources, 2009. [9], [10] et [11] sont les mêmes références
- [37] {NOTE:<http://www.rotteleur-composites.com/le-moulage-par-contact/>}

- [38] A. Sbiai, H. Kaddami, E. Fleury, A. Maazouz, F. Erchiqui, A. Koubaa, J. Soucy, and A. Dufresne, "Effect of the fiber size on the physicochemical and mechanical properties of composites of epoxy and date palm tree fibers," *Macromolecular Materials and Engineering*, vol. 293, pp. 684-691, 2008.
- [39] CARMA « Glossaire des matériaux composites » Actualisation octobre 2006
- [40] Jean Marie. Berthelot, *Matériaux composites « comportement mécanique et analyse des Structures »*, édition TEC et DOC, 1999.
- [41] Nadia Behlouli, « les matériaux composites », cours des matériaux composites, Université de Strasbourg.
- [42] JoelCugnoni, « Identification par recalage modal et fréquentiel des propriétés constitutives de coques en matériaux composites », Thèse, Ecole Polytechnique fédérale de Lausanne, 2005.
- [43] V. Repellin, "Optimisation des paramètres durée et température d'un traitement thermique du bois. Modification des propriétés d'usage du bois en relation avec les modifications physico-chimiques et ultrastructurales occasionnées par le traitement thermique," Thèse de doctorat, Université Jean Monnet de Saint-Etienne, 2006, pp.262
- [44] , [45], [46] DJOUDI, T., et al., *Caractérisation Physico-mécanique des Matériaux Bio-Composites EpoxyFibres de Palmier Dattier (Material & Processes)*. 2018.

Résumé :

Ce travail est une contribution à l'identification physico-mécaniques des fibres végétales qui dérivent des éléments du palmier dattier ce qui caractérise la région de Ziban à noter que ces fibres sont abondamment disponibles, partant de leur extraction, passant par leur confection en tant qu'éprouvettes pour effectuer des essais de traction et enfin connaître leurs caractéristiques mécaniques avant de les incorporer dans les matériaux composites et ce dans leur état naturel et après leur traitement par de l'NaOH.

Cette étude nous a permis d'évaluer les propriétés physiques et mécaniques des fibres et les matériaux composites ont également permis de déterminer le meilleur caractère des fibres avant et après leur traitement par de l'NaOH, ces dernières sont destinées à des applications industrielles possibles.

تلخيص

هذا العمل هو مساهمة في الوصف الفيزيوميكانيكي للألياف المستخلصة من أجزاء ذراع النظام الغذائي لنخيل التمر الذي يميز منطقة الزيبان ويتوفر بكميات هائلة، من هذا المنطلق تم اختيار التخمير لاستخراج الألياف.

وذلك بإجراء اختبارات الشد على الألياف والمواد المركبة قبل وبعد المعالجة بواسطة هيدروكسيد الصوديوم. حيث سمحت لنا هذه الدراسة بتقييم الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للألياف والمواد المركبة. كما جعلت من الممكن تحديد النسبة الأفضل من الألياف وهيدروكسيد الصوديوم لتحضير المواد المركبة وتوجيهها للتطبيقات الصناعية الممكنة.