

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique



Département Génie Mécanique

Laboratoire de Génie Mécanique et de Développement

Mémoire de Master

Pour l'obtention du diplôme de Master en Mécanique des Solides

Composite à fibres végétales

Réalisé par :

Soumia KOUDACHE

Présenté et soutenu publiquement le 30/06/2016

Composition du Jury :

Président	M. Brahim GUERGUEB	MA-A	ENP Alger
Promoteur	M. Saïd RECHAK	Professeur	ENP Alger
Examineur	M. Hacene BELHANECHÉ,	MA-A	ENP Alger
Examineur	M. Yassine BELKACEMI	MA-A	ENP Alger

-ENP 2016-

Remerciement

Tout d'abord je remercie ALLAH le tout puissant qui m'a donné la volonté, le courage et l'audace pour réaliser ce modeste travail.

Je remercie vivement, Monsieur le professeur Saïd RECHAK pour avoir assuré la direction de ce travail, et pour m'avoir apporté rigueur scientifique nécessaire à son bon déroulement.

Je remercie également monsieur le président de jury Brahim GUERGUEB et les examinateurs Monsieur Yacine BELKACEMI et Monsieur Hacene BELHANECHÉ d'avoir acceptées d'examiner mon travail.

Je remercie les enseignants de l'école nationale polytechnique d'Alger, et en particulier les enseignants de département de génie mécanique.

Mes vifs remerciements s'adressent également à toute personne qui a contribué à ma formation ou participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

ملخص

الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو مقارنة ألياف اصطناعية الألياف الزجاجية وتلك الطبيعية. الألياف الطبيعية غير مكلفة وصديقة للبيئة. ومع ذلك، فإن الخواص الميكانيكية للألياف اصطناعية هي أكثر إثارة للاهتمام لأنها تمتلك خصائص ميكانيكية عالية بالمقارنة مع الألياف النباتية .

الكلمات الرئيسية: الألياف النباتية الألياف الاصطناعية، الألياف الزجاجية، الخواص الميكانيكية، صديقة للبيئة

Abstract :

In this master thesis, we present at first a bibliography research for natural fiber composites. At the second stage, their characteristics as well as thermal and mechanical proprieties are presented throughout this study, it's shown that natural fibers composites are more interesting then fiber glass composite. Moreover natural fiber composites are composites are economical and eco-environment.

Key-words: natural fiber, thermal, mechanical, fiber glass, economical, eco-environment.

Résume

Dans ce mémoire, on présente en premier lieu une recherche bibliographique sur les matériaux composites à fibre végétales. En second lieu leurs caractéristiques thermiques et propriétés mécaniques sont présentées. Il été montré que les matériaux composites à fibre végétales sont plus intéressantes que les matériaux composites à fibre de verre. De plus ce type de matériaux composites est économique et éco-environnemental.

Mots- clés : fibres végétales ; caractéristiques thermiques; propriétés mécaniques ; fibres de verre ; économique ; éco- environnemental.

Sommaire

Liste des tableaux	
Liste des figures	
Introduction générale et état de l'art.....	8
Chapitre I : Caractéristiques sur les fibres végétales	11
1.1. Les fibres végétales	11
1.1.1. Classification des différentes fibres végétales.....	11
1.1.2. Structure d'une fibre.....	12
1.1.3 Constitution des fibres végétales.....	14
1.1.4. Exemple de transformation.....	15
1.1.5. Mise en forme des matériaux composites à base de fibre naturelle.....	16
1.2. Principaux avantages et inconvénients des fibres végétales.....	17
Chapitre II. Propriétés thermiques et mécaniques du composites à des fibres végétales	20
II.1 Propriétés thermiques des fibres naturelles	20
II.2. Propriétés mécaniques des fibres naturelles	21
II.2.1 Comparaison entre fibres naturelles et de la fibre de verre.....	22
II.2.2. Impacts environnementaux des fibres naturelles comparées aux fibres artificielles.....	25
Conclusion générale	28
Bibliographie	29

Liste des tableaux

Tableau I. 1 : Inventaire des principales fibres disponibles au plan mondial.[4]	11
Tableau I. 2 : Composition et propriétés de différentes fibres végétales. [2]	13
Tableau I. 3 : Avantages et inconvénients [2].....	17
Tableau II. 1 : Propriétés mécaniques de différentes fibres [3]	21
Tableau II. 2 : Propriétés mécaniques de différentes fibres naturelles et de la fibre de verre	22
Tableau II. 3 : les caractéristiques mécaniques des fibres végétales et fibres artificielles	23
Tableau II. 4 : Comparaison entre les fibres naturelles et les fibres de verre. [3]	24
Tableau II. 5 : Impacts environnementaux de la fibre de verre, de chanvre. [3]	26

Liste des figures

Figure I. 1 : type de fibres [12].....	12
Figure I. 2 : tissus de fibres végétales [2].....	12
Figure I. 3 : Structure du bois, montrant les cellules et les microfibrilles[4]	14
Figure I. 4 : Structure tridimensionnelle de la paroi primaire [4]	15
Figure I. 5 : Représentation schématique de la hiérarchie structurale dans une fibre cellulosique [4].....	15
Figure I. 6 : les étapes de transformation [7].....	16
Figure II. 1 : Thermogrammes TGA (perte en poids) des composants des fibres végétales	20
Figure II. 2 : courbe (contrainte-déformation) des fibres de sisal [15]	22
Figure II. 3 : Cycle de vie d'un matériau composite à base de fibre artificielle	25
Figure II. 4 : Cycle de vie d'un matériau composite à base de fibre naturelle	26

***INTRODUCTION GENERALE ET
ETAT DE L'ART***

Introduction générale et état de l'art

Depuis l'apparition des premières pièces en résine renforcée de fibres de verre (vers 1940), les composites se sont énormément développés et impliqués dans de nombreux secteurs : aéronautique, automobiles, bâtiment... Toutefois face à des contraintes économiques et environnementales toujours plus exigeantes, l'utilisation de renforts cellulosiques et lignocellulosiques (fibres végétales) dans les composites à matrice organique apparaît aujourd'hui comme une alternative de choix. L'intérêt pour ces fibres réside notamment dans leurs bonnes propriétés spécifiques : biodégradabilité, abondance, caractère renouvelable et faible coût.

Le nombre d'études concernant ces nouveaux matériaux est en continuelle augmentation et leur développement représente un enjeu important. Des travaux antérieurs ont pu mettre en évidence les avantages et les limitations intrinsèques à ces nouveaux matériaux. A titre exemple, Shaoxiong LIANG a mis en évidence l'étude des fibres de lin [8]. En effet, cette fibre présente les meilleures propriétés mécaniques parmi les plus couramment étudiées, e.g. chanvre, jute, sisal, noix de coco, coton ... Le potentiel des fibres élémentaires de lin pour être utilisées comme renfort pour des matériaux composites tient au fait que leurs propriétés spécifiques (propriétés mécaniques ramenée à la densité de la fibre) sont comparables voire supérieures à celles du verre de grande diffusion. D'autre part, Catherine POMEL a traité l'analyse des différentes étapes possibles permettant de passer de la fibre de lin au matériau composite industriel à base de textiles de lin [9]. Aussi on trouve les travaux Christophe Poilane, Daniel Scida, Mustapha Assarar et Rezak Ayad qui ont étudié l'effet de l'humidité sur le comportement des matériaux composites à fibres végétales [10], et on trouve quelque expose sur les fibres végétales on cite : Caractérisation des fibres pour des applications composites et travaux de développement de composites 100% biosourcés exposée par Raphaël KUENY, *CETELOR* [13]....

La connaissance des propriétés et caractéristiques des fibres naturelles d'origine végétale est important afin de relier la structure de ces fibres à leurs propriétés dans les matériaux. Les fibres végétales sont couramment utilisées car ce sont les fibres les plus disponibles. Leur structure complexe est assimilable à celle de matériaux composites renforcés par des fibrilles de cellulose

disposées en hélice. Pour comprendre l'origine de leur comportement, il est nécessaire de connaître leur microstructure, présentée de manière simplifiée..... [11]

Les fibres végétales sont constituées de cellulose, lignines et hémicelluloses. La notion de variabilité des fibres est importante et doit être prise en compte dans le cas des fibres d'origine végétale. [1] Les caractéristiques de fibres végétales structurales et dimensionnelles différentes vont elle-même influencer les propriétés mécaniques et thermiques des fibres. Par exemple, les fortes propriétés mécaniques du Lin sont attribuées à son taux de cellulose élevé. De même, l'angle microfibrillaire est inversement proportionnel à la résistance et à la dureté de la fibre. La dégradation thermique des fibres (qui est une caractéristique critique pour leur application comme charge ou renfort) est diminuée pour un faible taux d'hémicelluloses. Cependant, ces corrélations directes avec les propriétés des fibres sont un peu simplistes et ne peuvent s'appliquer exactement dans le cas des structures si complexes des fibres végétales. Dans ce travail on traite deux chapitres

Le premier chapitre concerne caractéristiques sur les fibres végétales.

Le deuxième chapitre propriétés thermiques et mécaniques du composites a fibres végétales.

CHAPITRE I :
CARACTERISTIQUES SUR
LES FIBRES VEGETALES

Chapitre I : Caractéristiques sur les fibres végétales

1.1. Les fibres végétales

Dans les régions déficientes en forêts, la production d'autres types de fibres a été développée comme par exemple les fibres de lin, de jute, de sisal. Ces fibres naturelles proviennent de pays en voie de développement comme l'Inde ou la Chine, mais sont de plus en plus cultivées dans les pays d'Europe et aux Etats-Unis .La production de ces fibres est difficile à estimer à cause de la diversité des sources et des espèces [4] Une estimation est faite à partir de différentes sources bibliographiques et indiquée dans le tableau I.1.

Tableau I. 1 : Inventaire des principales fibres disponibles au plan mondial. [4]

Source de fibres	Milliers de tonnes fibres sèches par an
Bois	1750000
Pailles (avoine, lin)	1454000
Fibres de coton	15000
Feuilles (sisal)	480

1.1.1. Classification des différentes fibres végétales

Les fibres se classent en deux catégories principales : les fibres synthétiques et les fibres naturelles (figure I.1). Ces dernières, qui conduisent aux composites biosourcés, peuvent aussi être classées selon leur origine, végétale ou animale. La différence principale réside dans leur composition : les fibres végétales sont le plus souvent composées de cellulose et les fibres d'origine animale sont le plus souvent composées de protéines.

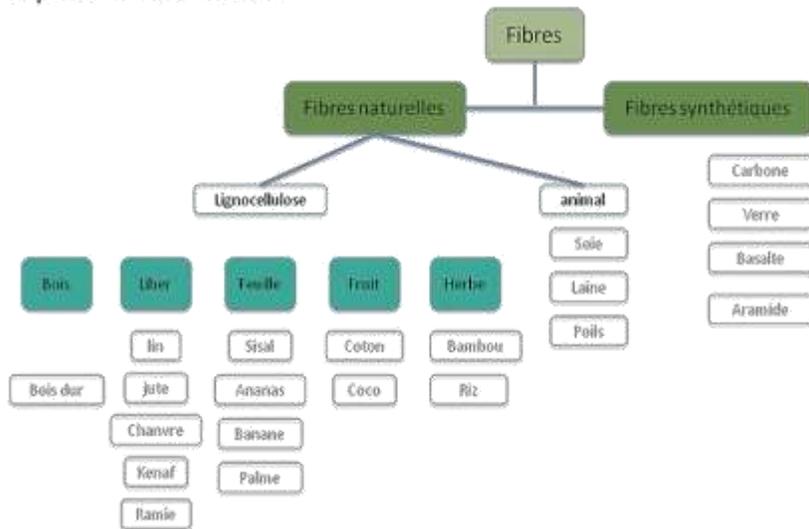


Figure I. 1 : type de fibres [12]

La figure I.2 représente quelques exemples de tissus de fibres végétales



Chanvre



Jute



Sisal



Coton



Coco



Lin

Figure I. 2: tissus de fibres végétales [2]

1.1.2. Structure d'une fibre

Les fibres végétales sont des structures biologiques principalement composées de cellulose, hémicelluloses et de lignine. Dans une proportion beaucoup plus faible. La cellulose possède une structure en grande partie cristalline. La cellulose cristalline est l'un des polymères ayant le module

d'élasticité le plus élevé, soit environ 136 GPa à comparer au 75 GPa de la fibre de verre. Cette rigidité provient de la structure cristalline qui suit un agencement supramoléculaire hélicoïdal très ordonné. Il est important de noter que cette structure moléculaire particulière entraîne lors d'une elongation des fibres, un couplage torsion/traction qui peut avoir des conséquences sur l'interface, sur la déformation ou sur les mécanismes de rupture du composite. A l'intérieur de la fibre, les chaînes cellulosiques sont réunies en micro fibrilles qui en s'agglomérant forment des fibrilles sur plusieurs couches. L'angle qui existe entre ces éléments très structurés et l'axe de la fibre conditionne la rigidité de la fibre. Les liaisons hydrogènes qui s'établissent le long et entre les chaînes cellulosiques sont à la base des bonnes propriétés des fibres cellulosiques. Ce ces différences, constitutives ainsi qu'anatomiques, qui vont donner la grande variabilité des propriétés physico-mécaniques des fibres naturelles. Dans une fibre végétale, les propriétés physiques des fibres naturelles sont principalement déterminées par la composition chimique et physique, la structure, le pourcentage de cellulose, l'angle micro fibrillaire, la section et le degré de polymérisation. En simplifiant, pour un pourcentage de cellulose donné, plus l'angle micro fibrillaire sera faible et plus la rigidité et la résistance de la fibre seront élevées ; plus l'angle micro fibrillaire sera important et plus l'allongement à la rupture sera important. Le tableau (I.2) présente, pour différentes fibres, le pourcentage de la cellulose, l'angle micro fibrillaire, les dimensions des fibres et le rapport d'aspect L / d . Ce rapport étant un paramètre important pour permettre le transfert de charges entre fibre et matrice. [2]

Tableau I. 2 : Composition et propriétés de différentes fibres végétales. [2]

Nature des fibres	% de cellulose	Angle micro fibrillaire (°)	D (µm)	L (mm)	L/D
Lin	64-71	10	5-76	4-77	1687
Ramie	83	7.5	16-126	40-250	3500
Chanvre	78	6.2	10-51	5-55	960
Jute	61-71	8	25-200		110
Sisal	67-78	20	7-47	0.8-8	100

Noix de coco	43	45	12-24	0.3-1	35
--------------	----	----	-------	-------	----

Discussion :

Le jute, lin et le chanvre ont une rigidité et résistance très élevée par rapport au sisal et noix de coco et cela revient à l'angle micro fibrillaire.

1.1.3 Constitution des fibres végétales

Une fibre présente les parties suivantes (figure I.3) :

- la lamelle mitoyenne M d'épaisseur de 0.5 à 2 μm en périphérie qui est commune aux cellules voisines. Elle est composée principalement de lignine (70%) associée à d'autres composés organiques tels les hémicelluloses, la pectine, la cellulose. La lamelle mitoyenne soude les fibres les unes aux autres et leur confère une grande rigidité grâce à la présence de la lignine.

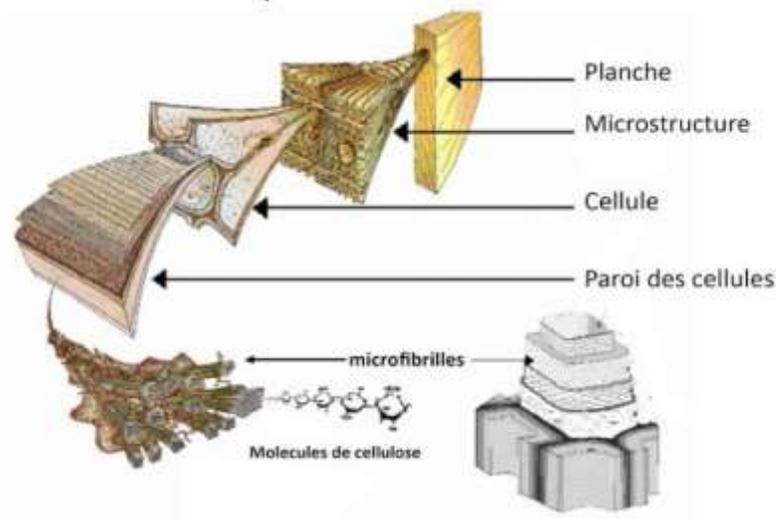


Figure I. 3 : Structure du bois, montrant les cellules et les microfibrilles[4]

- La paroi primaire P, très mince (0.03 à 0.1 μm) est souvent confondue avec la lamelle mitoyenne. Elle est constituée d'une structure fibrillaire enrobée dans un mélange de lignine, de pectines et d'hémicelluloses (figure I.4).

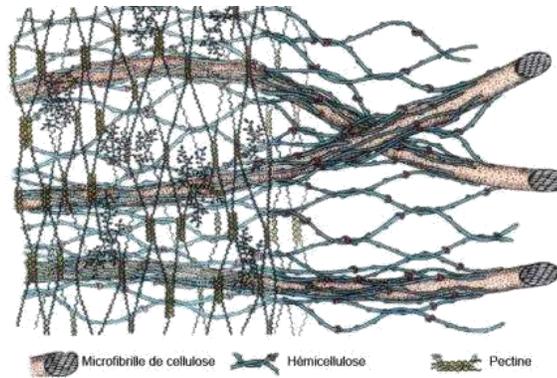


Figure I. 4: Structure tridimensionnelle de la paroi primaire [4]

- La paroi secondaire, principale partie de la fibre qui comprend trois parties distinctes :
 - La paroi externe S1 mince (0.1 à 0.2 μm) dans laquelle les fibrilles sont enroulées en hélices parallèles, de sens opposés (une couche dans un sens, l'autre couche croisée).
 - La paroi centrale S2, de beaucoup la plus épaisse (0.5 à 8 μm). Les fibrilles sont disposées en hélices parallèles, la rigidité de la fibre dépend de l'épaisseur de cette paroi.
 - La paroi interne S3 (appelée paroi tertiaire) ; mince (0.04 à 0.1 μm), voisine du lumen W.
- Entre les fibres, il existe des espaces qui sont partiellement composés de lignine et d'hémicelluloses. (Figure I.5)

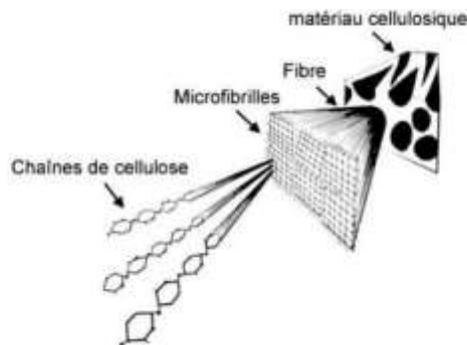


Figure I. 5 : Représentation schématique de la hiérarchie structurale dans une fibre cellulosique [4]

1.1.4.Exemple de transformation

La transformation des fibres végétales se passe aux plusieurs étapes la figure I.6 montre les différents étapes de transformations.

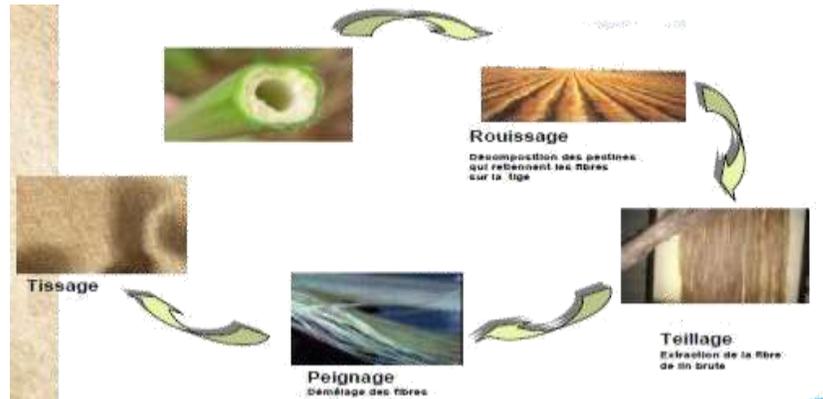


Figure I. 6 : les étapes de transformation [7]

1.1.5. Mise en forme des matériaux composites à base de fibre naturelle

Les différentes techniques utilisées pour la mise en œuvre des composites NFRCs se fondent sur les acquis relatifs aux composites renforcés de fibres synthétiques. Ces techniques incluent entre autres le moulage au contact, la pultrusion, l’enroulement filamentaire, l’extrusion, le moulage par injection de résine, le compounding, etc. Il convient cependant de relever avec justesse que les matrices telles que le polyéthylène et le polypropylène thermoplastiques, sont surtout utilisés dans le compounding et l’extrusion.[15]

Un des principaux inconvénients des fibres naturelles est que les procédés de mise en forme ont tout d’abord été développés pour les fibres artificielles. De par leur nature, les fibres naturelles ne sont pas toutes identiques et uniformes comme la fibre de verre ou de carbone. Les ingénieurs de chez ENTEK Extruders ont identifié quatre problèmes limitant les procédés de mise en forme des matériaux composites à base de fibres naturelles : la puissance du moteur, la température, l’alimentation, le vacuum et les équipements auxiliaires au procédé de mise en forme.

★ Puissance du moteur

Il faut savoir où se trouve la limitation du produit. Pour ce qui est de la fibre naturelle, c’est le cisaillement qui limite les vitesses d’extrusion. En effet, plus la fibre est cisailée, plus elle va se dégrader (thermo-oxydation et dissipation visqueuse). Comme la fibre naturelle est très sensible à

la dégradation thermique, il est important de choisir le bon moteur et les bons engrenages afin d'obtenir le maximum de puissance du moteur à faible vitesse de rotation des vis de l'extrudeuse.

★ Température

Il existe deux problèmes: ne pas transmettre assez de chaleur au mélange ou ne pas retirer assez d'énergie du système. Pour la fibre naturelle, si trop de chaleur est alimentée au système, il serait possible de se retrouver avec un mauvais mélange si la fibre est partiellement ou totalement dégradée..

★ L'alimentation des fibres naturelles dans le procédé de mise en forme

Les fibres naturelles peuvent être de faible densité ou de forme et de masse variable dans le même produit. Pour ce qui est du problème de densité, il peut être réglé en transformant la fibre sous forme de granules, qui seront plus facilement incorporés au mélange. Pour les problèmes de variations de masse ou de forme des fibres, c'est un problème plus complexe et chaque cas doit être réglé de façon différente.

★ Le chauffage des fibres

Il y a une libération de composés volatils. Lorsque le composite arrive à la filière, le changement de pression vers l'air libre peut modifier la forme et la grosseur du composite (phénomène de moussage). C'est pourquoi il est important d'utiliser une zone de dégazage afin de retirer les composés volatils avant la filière.

1.2. Principaux avantages et inconvénients des fibres végétales

Comme renforts de matériaux composites Les fibres végétales constituent une alternative intéressante aux fibres de verre en raison de leur recyclabilité. Ces fibres présentent de nombreux avantages comme renfort de matériaux composites. En revanche, certains inconvénients peuvent être un frein au niveau du développement industriel. Les principaux avantages et inconvénients sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

Tableau I. 3 : Avantages et inconvénients [2]

Avantages	Inconvénients
-----------	---------------

Faible cout	Variation de qualité en fonction du lieu de croissance, de la météo
Biodégradabilité	Absorption d'eau
Neutre pour l'émission de CO ₂	Faible stabilité dimensionnelle
Pas d'irritation cutanée lors de la manipulation des fibres	Mauvaise tenue en vieillissement
Pas de résidus après incinération	Fibre anisotrope
Ressource renouvelable	Fiable tenue thermique
Demande peu d'énergie pour être produite	Pour des applications industrielles, demande la gestion d'un stock
Propriétés mécaniques spécifiques importantes (résistance et rigidité)	Renfort discontinu
Bonne isolation thermique et acoustique	
Non abrasif pour les outillages	

CHAPITRE II.

***PROPRIETIES THERMIQUES ET
MECANIQUES DU COMPSITES A
FIBRES VEGETALES***

Chapitre II. Propriétés thermiques et mécaniques du composites à des fibres végétales

II.1 Propriétés thermiques des fibres naturelles

Un des problèmes majeurs posés par les fibres naturelles d'origine végétale est leur résistance limitée à la température [12]. Les technologies de transformation pour réaliser des pièces en matériaux composites avec des fibres naturelles sont identiques à celles utilisées avec des fibres de synthèse, en veillant toutefois à ne pas les dégrader. Une température limite de 200-230 °C est souvent évoquée, mais en réalité les deux paramètres importants sont la température et le temps [11].

Le thermogramme TGA repris à la figure (II.1) montre que la cellulose se dégrade au-dessus de 250°C. La lignine se dégrade très significativement dès 180°C. En réalité, des décolorations et de pertes de poids sont aussi observées sur la cellulose dès 200°C.

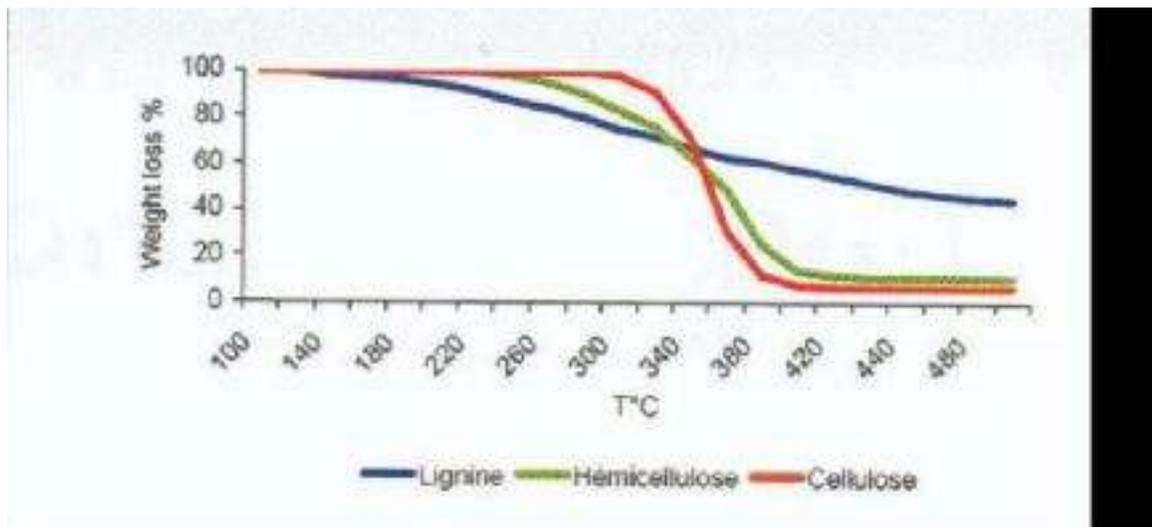


Figure II. 1 : Thermogrammes TGA (perte en poids) des composants des fibres végétales [12]

Toutes les fibres végétales sont sensibles à la chaleur. Les plus résistantes sont le coton, le kenaf et le chanvre. La faible résistance des fibres végétales à toute élévation de température limite leur usage comme renforts de composites thermoplastiques à des matrices à faible température de fusion (<200°C).

II.2. Propriétés mécaniques des fibres naturelles

Pour les composites comme pour tous les matériaux, les propriétés mécaniques sont essentielles car elles permettent le dimensionnement et la conception de structure qui doivent durer dans le temps. Les valeurs sont recensées dans le tableau II.1.

Tableau II. 1 : Propriétés mécaniques de différentes fibres [3]

Matériau	Masse volumique(g/cm ³)	Diameter (µm)	Module de traction(MPa)	Module d'Young(GPa)	Elongation à la rupture (%)
Jute	1.3-1.45	20-200	393-773	13-26.5	7.1-8
Lin	1.5-3	-	45-1100	27.6	2.7-3.2
Chanvre	-	-	690	-	1.6
Ramie	1.5	-	400-938	61.4-128	1.2-3.8
Sisal	1.45	50-200	468-640	9.4-22	3.1-7
Palme	-	20-80	413-1627	9.4-22	3.1-7
Cotton	1.5-1.6	-	287-800	55-126	7.1-8
Coir	1.15	100-450	131-175	4.1-6	15-40
Fibre de verre	2.5	-	2000-3500	70	2.5
Fibre d'acier	2.5	-	4570	86	2.8
Aramide	1.4	-	3000-3150	63-67	3.3-3.7
Fibre de carbone	1.7	-	4000	230-240	1.4-1.8

La figure II.2 représente des courbes (contrainte-déformation) des fibres de sisal

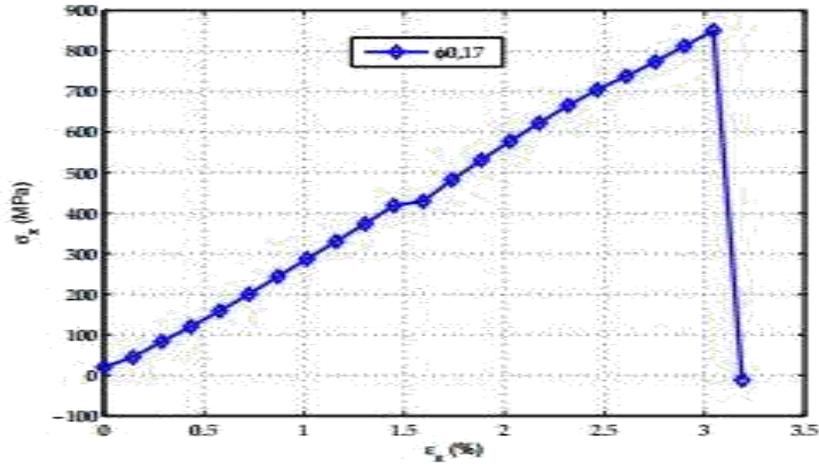


Figure II. 2 : courbe (contrainte-deformation) des fibres de sisal [15]

Discussion :

Malgré leurs très grandes différences en termes de propriétés mécaniques, les fibres naturelles sont intéressantes comme renfort dans un matériau composite. Il est certain que les fibres naturelles n'ont pas les mêmes propriétés mécaniques que les fibres artificielles. Il n'en demeure pas moins que dans certaines applications spécifiques, comme par exemple en traction. Néanmoins, les fibres naturelles se défendent très bien et peuvent même rivaliser avec les fibres artificielles.

II.2.1 Comparaison entre fibres naturelles et de la fibre de verre

Les tableaux II.2 et II.3 représentent les propriétés mécaniques de chaque fibre et les caractéristiques respectivement.

Tableau II. 2 : Propriétés mécaniques de différentes fibres naturelles et de la fibre de verre [3]

propriétés	fibre							
	Fibre de verre	Chanvre	jute	Ramie	Coir	Sisal	Lin	Coton

Masse volumique (g/cm ³)	2.55	1.48	1.46	1.5	1.25	1.33	1.4	1.51
contrainte de traction (MPa)	2400	550-900	400-800	500	220	600-700	800-1500	400
Module d'élasticité(G Pa)	73	70	10-30	44	6	38	60-80	12
Elongation à la rupture(%)	3	1.6	1.8	2	15-25	2-3	1.2-1.6	3-10
Absorption d'humidité (%)	-	8	12	12-17	10	11	7	8-25

❖ Etude comparative matériaux composites tissu en fibre de verre/époxy, tissu en fibre de carbone (taffetas)/époxy, lin/époxy et sisal/époxy

Le tableau II.3 présente les résultats du module d'Young et du coefficient de Poisson des éprouvettes, de ces composites, testées en traction.

Tableau II. 3 : les caractéristiques mécaniques des fibres végétales et fibres artificielles

	Référence [14]		Référence [8]	Référence [15]
Fibres	verre	taffetas	lin	sisal

Module d'élasticité (GPa)	17.93	45.99	7.4	4.3
Allongement (%)	1.86	0.98	1.2-5.5	1.6
Contrainte de la rupture à la traction (MPa)	335	443.12	84	389
densité	2.5	1.75	1.54	1.07

Discussion :

Les fibres végétales ont d faibles densités avec une grande déformation et faible rigidité.

Tableau II. 4 : Comparaison entre les fibres naturelles et les fibres de verre. [3]

	Fibre naturelle	Fibre de verre
Masse volumique	Faible	Le double des fibres naturelles
Cout	Faible	Faible mais plus élevé que les fibres naturelles
Renouvelabilité	Oui	Non
Recyclabilité	Oui	Non
Dépense d'énergie	Faible	Elevé
Distribution	Large	Large
Carbone-neutre	Oui	Non
Abrasion des machines	Non	Oui
Risqué à la sante	Non	oui
biodégradable	non	oui

Les fibres naturelles sont moins dispendieuses et sont moins dommageables pour l'environnement que les fibres artificielles [3]. D'un point de vue purement mécanique, les fibres artificielles sont intéressantes puisque leurs propriétés en flexion, en traction et en impact sont pratiquement toujours supérieures aux autres fibres. Cependant, dans certaines applications, comme par exemple en emballage, le but est d'avoir un matériau assez résistant mais pas nécessairement le meilleur; i.e. d'avoir des propriétés mécaniques suffisantes tout en réduisant les coûts. C'est dans ce domaine que les fibres naturelles peuvent être beaucoup plus intéressantes que les fibres artificielles, puisqu'elles sont moins dispendieuses. Il y a également tous les aspects environnementaux dont il faut tenir compte. Les fibres naturelles ont habituellement un bilan net de CO2 moins important que les fibres artificielles. Elles consomment moins d'énergie, sont biodégradables et endommagent habituellement moins les appareils de mise en forme que la fibre de verre ou de carbone. Un dernier point de comparaison est la densité des fibres naturelles habituellement plus faible que celle des fibres artificielles. Ce facteur pourrait être un élément clé dans le domaine du transport, où la réduction de poids signifie une réduction de coût énergétique, donc une économie d'argent.

II.2.2. Impacts environnementaux des fibres naturelles comparées aux fibres artificielles

Les avantages indéniables des fibres naturelles sont leurs aspects économiques et environnementaux. En effet, les Figures II.3 et II.4 présentent les cycles de vie des matériaux composites à base de fibres naturelles et artificielles. [3]

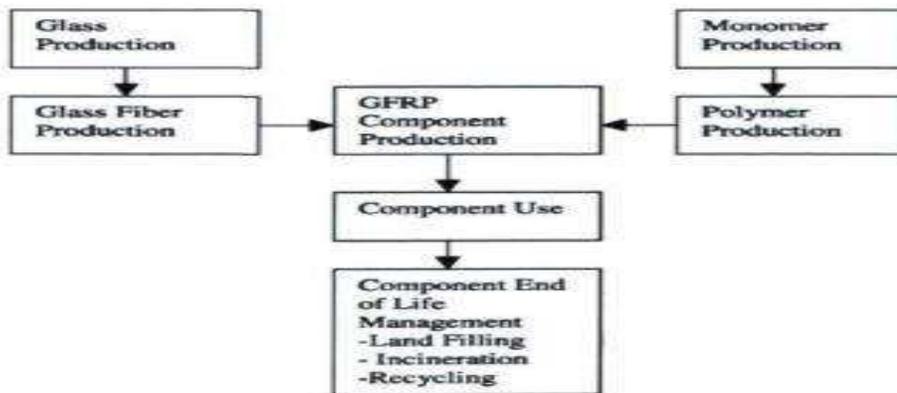


Figure II. 3 : Cycle de vie d'un matériau composite à base de fibre artificielle

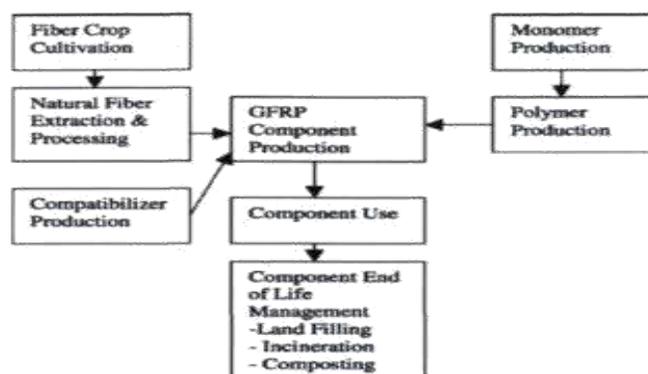


Figure II. 4 : Cycle de vie d'un matériau composite à base de fibre naturelle

Le tableau II.5 représente que la fibre naturelle (fibre de « reed ») nécessite beaucoup moins d'énergie à produire et produit moins de composés dommageables pour l'environnement. Le fait que les fibres naturelles sont d'origine naturelle, donc CO2 neutre, la réduction d'énergie venant des fibres naturelles signifie moins de CO2 produit. Les fibres naturelles gagneront sans doute de plus en plus en popularité puisqu'elles peuvent produire des propriétés similaires aux fibres artificielles (par unité de masse) avec un coût et un impact environnemental bien moindres.

Tableau II. 5 : Impacts environnementaux de la fibre de verre, de chanvre. [3]

Impacts environnementaux	Fibre de verre	Fibre de 'reed' de chine
Utilisation d'énergie (MJ/Kg)	48.33	3.64
Emission CO ₂ (Kg/Kg)	2.04	0.66
Emission CO (g/Kg)	0.8	0.44
Emission de SO _x (g/Kg)	8.79	1.23
Emission de NO _x (g/Kg)	2.93	1.07
Emission particulaire (g/Kg)	1.04	0.24
DOB à l'eau (mg/Kg)	1.75	0.36
DOC à l'eau (mg/Kg)	18.81	2.27

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Les fibres naturelles présentent de nombreux avantages par rapport aux fibres synthétiques (faible coût, ressource renouvelable, biodégradabilité, propriétés mécaniques spécifiques importantes (résistance et rigidité)). En revanche, certains inconvénients peuvent être un frein au niveau du développement industriel tels que, la méthode de mise en œuvre difficilement reproductible (non industrielle, des propriétés physiques non reproductibles, la quantité et la qualité des fibres dépendent de l'environnement et de l'humidité ainsi actuellement ces fibres sont en cours de développement.

On peut conclure que les caractéristiques mécaniques des composites renforcés par les fibres végétales sont inférieures à celles renforcés par les fibres de verre, ce qui explique les développements limités de ces fibres dans le domaine du composite. Ces types de fibres peuvent être utilisés pour diminuer le coût car ils sont moins chers que la résine mais non pour améliorer les caractéristiques mécaniques.

Les composites renforcés par des fibres naturelles sont encore peu utilisés et en court de développement.

Bibliographie

- [1] Matériaux composites à renforts fibres naturelles d'origine végétale ; supplément technique N°07
- [2] Glossaire des matériaux composites renforcés de fibres d'origine renouvelable, carma, décembre 2006
- [3] Benoit RIMGUETTE, matériaux composites à base de chanvre
- [4] Adil SBIAI, matériaux composites à matrice époxy de chargée par des fibres de palmier dattier : effet de l'oxydation du tempo sur les fibres 03/06/2011.
- [5] BROUWER, W.D, natural fiber composites in structural components; alternative application for Sisal.
- [6] BLEDZKI (AK) et GASSAN (J) composites reinforced with cellulose based fibers, progress in polymer science 1999.
- [7] Hervé BINDI, les fibres composites d'origine naturelle, carma 2006.
- [8] Shaoxiong LIANG, Etude de comportement en fatigue des composites renforcés par fibres végétales. Prise en compte de la variabilité des propriétés, 2012
- [9] Catherine Pomel, composites fibres végétales lin
- [10] Christophe Poilane, Daniel Scida, Mustapha Assarar, l'effet de l'humidité sur le comportement des matériaux composites à fibres végétales
- [11] Christophe BALEY, | Date de publication : 10 janv. 2013
- [12] Les composites : des matériaux d'avenir Partie 8 : Les composites biosourcés.
- [13] www.polefibres.fr
- [14] Koudache soumia, mémoire projet fin d'étude Elaboration et caractérisation de matériaux composites pour l'aéronautique encadrée par Rechak said, juin 2016.
- [15] Richard Ntenga. Modélisation multi échelle et caractérisation de l'anisotropie élastique de fibres végétales pour le renforcement de matériaux composites. Biologie végétale. Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II; Université de Yaoundé, 2007. Français. .