HAL
open science

Procédé de fabrication des composites 100% végétaux : Effet de la granulométrie des étoupes de lin et de l'ajout des bios liants = Manufacturing process of 100% vegetable composites: Effect of the flax tow grading and the addition of biological matrix

Nemr El Hajj, Rose-Marie Dheilly, Zoheir Aboura, Malik Benzeggagh, M. Queneudec

To cite this version:

Nemr El Hajj, Rose-Marie Dheilly, Zoheir Aboura, Malik Benzeggagh, M. Queneudec. Procédé de fabrication des composites 100% végétaux : Effet de la granulométrie des étoupes de lin et de l'ajout des bios liants = Manufacturing process of 100% vegetable composites: Effect of the flax tow grading and the addition of biological matrix. JNC 16, Jun 2009, Toulouse, France. 10 p. hal-00399753

HAL Id: hal-00399753

https://hal.science/hal-00399753v1

Submitted on 29 Jun 2009

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Procédé de fabrication des composites 100% végétaux : Effet de la granulométrie des étoupes de lin et de l'ajout des bios liants.

Manufacturing process of 100% vegetable composites: Effect of the flax tow grading and the addition of biological matrix

N. EL HAJJ [1], R.M. Dheilly [1], Z. Aboura [2], M.L. Benzeggagh [2] et M. Queneudec[1]

1 : Equipe Ingénierie des Matériaux et Procédés (IMAP), Laboratoire des Technologies Innovantes EA 3899,
Université de Picardie Jules Verne:
41 Avenue Paul Claudel, 80 480 Dury, France
e-mail : nemr.el-hajj@utc.fr, Rose-Marie.Dheilly@u-picardie.fr, michele.tkint@u-picardie.fr

2 : Université de technologie de Compiègne, laboratoire Roberval UMR/CNRS 6253:
Centre de recherche Royallieu BP 20 259, F-60205 Compiègne, France
e-mail : zoheir.aboura@utc.fr, malk.benzeggagh@utc.fr

Résumé

La demande pour des matériaux préservant l'environnement est actuellement en forte croissance. Les matériaux composites biodégradables (fibres et polymères biodégradables), issus principalement de ressources naturelles augurent de performances mécaniques, acoustiques et thermiques intéressantes. L'innovation de ce travail a d'abord consisté à mettre en place trois procédés de mise en œuvre pour fabriquer des plaques composites et des feutres 100% végétaux à base d'étoupes de lin pour différentes applications(emballage, isolation, construction..). Il s'agit de valoriser les parties les moins nobles de la plante de lin.

Abstract

Nowadays, the request to use materials preserving the environment is in strong growth. The good mechanical properties and low density of flax fiber allows them to be used as reinforcement in polymeric matrix composite. The innovation of this work consisted to introduce three manufacturing processes of 100% vegetable composite based on flax-tow and flax-shaves for various applications (packaging, insulation, construction …).

Mots Clés : Etoupe de lin, anas de lin, agroliant, matériaux biodégradables, procédé de fabrication
Keywords : Flax-tow, flax-shaves, agri-binding, biodegradable materials, manufacturing process

1. Introduction

Depuis les années 90, de nouveaux matériaux composites ont émergé dans le paysage industriel. Les contraintes environnementales et les nouvelles réglementations sur le recyclage des matériaux composites ont poussé les industriels à développer de nouveaux matériaux issus de ressources renouvelables.

L'introduction de fibres naturelles dans des matrices polymères (biodégradables ou non) peut apporter des avantages notoires par rapport aux fibres traditionnellement utilisées dans les composites (comme les fibres de verres) : faibles densités, bonnes propriétés mécaniques, faibles coûts. De plus, le pouvoir isolant de ces matériaux tel que le lin est reconnu depuis l'époque romaine. D'une manière générale, les parties les moins nobles de la plante, qui ne sont pas exploitées dans l'industrie textile sont le plus souvent utilisées. La laine de lin est disponible sous de nombreuses formes. En feutre, elle protège parfaitement contre le bruit, compte tenu de sa densité.

D'un point de vue écologique, les exigences culturales du lin sont convenables. C'est une ressource renouvelable d'avenir, sans conséquence néfaste sur l'environnement et la santé.

De nombreux travaux ont montré le potentiel des fibres de lin comme renfort dans une matrice en comparaison des fibres de verre [16 -17].

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 spécifiques à ces nouveaux matériaux. La nature hydrophile des fibres végétales est à l'origine du manque de compatibilité avec la matrice plus hydrophobe. Très peu de liaisons existent

entre la phase “renfort” et la phase “matrice”. Cette “incompatibilité” provoque une mauvaise dispersion des fibres dans la matrice et la formation d’un matériau hétérogène. Les fonctions hydroxyles de la cellulose forment des liaisons hydrogènes entre les chaînes de cellulose. Cela provoque l’agrégation des fibres entre elles et la formation d’un composite dans lequel les fibres sont mal dispersées.

Une autre limitation à l’utilisation de fibres naturelles dans les composites, est leur capacité à retenir l’eau. La faible stabilité thermique des fibres naturelles d’origine végétale constitue également une limitation. Celles-ci commencent à se dégrader à 200°C. Les bio-composites doivent alors impérativement être mis en œuvre aux températures les plus faibles possibles, ce qui limite les applications avec certains polymères techniques.

Les applications et les modes de transformation possibles sont : l’extrusion de plaques et de profilés pour des applications dans le bâtiment, la compression à chaud pour la fabrication de garnitures de portes ou de tablettes dans l’automobile. Le développement de l’injection de ces composites permet l’obtention de pièces de formes complexes et donc une diversification des applications.

Actuellement, les fibres naturelles, comme renforts dans les applications techniques, sont surtout utilisées dans l’industrie d'automobile [1 -2]. Elles peuvent être substituées aux fibres de verre en raison de leurs performances mécaniques.

Les fibres de lin ont également été utilisées pour renforcer des matrices en biopolymères, composées par exemple de dérivés de la cellulose, d'amidon, d'acide polylactique, de polycaprolactone Les biocomposites ainsi élaborés sont toujours en cours de développement [3, 4, 5,7].

Ainsi, les performances mécaniques des biocomposites réalisés à partir de fibres de lin et PLA et lin PP ont été étudiées par E. Bodros et al. [6]. Dobircau [7] a constaté une amélioration des propriétés mécaniques des composites naturels renforcés par des fibres de coton avec l’augmentation du pourcentage massique du coton dans la formulation. Enfin, [Leblanc& al] [Averous & al][8,5] ont étudié le comportement mécanique et thermique de bio composites renforcés par des fibres de cellulose et des fibres lignocellulosiques. Ils ont montré que l’ajout de fibres de cellulose augmente la résistance thermique de ces bio composites.

Ces travaux s’intéressent à l’élaboration d’agro-composites 100% végétaux utilisant les parties les moins nobles de la plante de lin. Etant conscient que les performances mécaniques, acoustiques et thermiques sont étroitement liés aux procédés de mises en œuvres ainsi que des constituants, il s’agit donc d’évaluer les propriétés des produits élaborés et de réaliser, dans des travaux futurs, un multicouche assurant un compromis afin de répondre aux exigences d’un cahier des charges.

.

2. Techniques d’élaboration des matériaux

Durant ce travail, trois techniques d’élaboration des agrocomposites ont été développées : la thermocompression pour obtenir des plaques 100% végétales, le procédé LIN-K breveté [9] qui permet d’élaborer des composites autoliés (feutres) et un procédé d’élaboration des composites agroliés.

2.1 Matières premières

Les matières végétales, étoupes et anas de lin, ont été fournies par la CALIRA (Coopérative Agricole Linière de la Région d’Abbeville, France). Les étoupes de lin utilisées sont broyées à différentes grades (1,2 et 10mm), les anas de lin à 2 et 10mm. Rappelons que les anas de lin non broyés ont une longueur qui varie entre 1 et 22mm et une densité réelle de 135 g/l [10].

2.2 Elaboration des matériaux

2.2.1 Composites autoliés

Ce matériau est élaboré à partir d’étoupes brutes, coproduits issus du teillage du lin grâce à un procédé breveté [9]. Rappelons que le teillage est une extraction mécanique des fibres longues utilisées dans l’industrie textile. Les étoupes utilisées dans le procédé ne subissent pas d’opération de nettoyage et contiennent un taux d’anas voisin de 50% en masse. Le procédé (Fig.1) consiste à autolier les fractions fibreuses grâce à l’extraction et à la recombinaison de substances internes à la fibre au cours d’un procédé thermique basse température,à la pression atmosphérique, par voie humide.

Lors de la mise en moule, un léger compactage est effectué. Dans l’étude présente, le taux de compaction, c'est-à-dire, le rapport de la hauteur finale sur la hauteur initiale, est égale à 0.6.

L’analyse microstructurale de ces feutres autoliés révèle la présence d’un gel organique qui gaine les étoupes de lin et qui assure une liaison entre ces fibres. (Fig. 2)

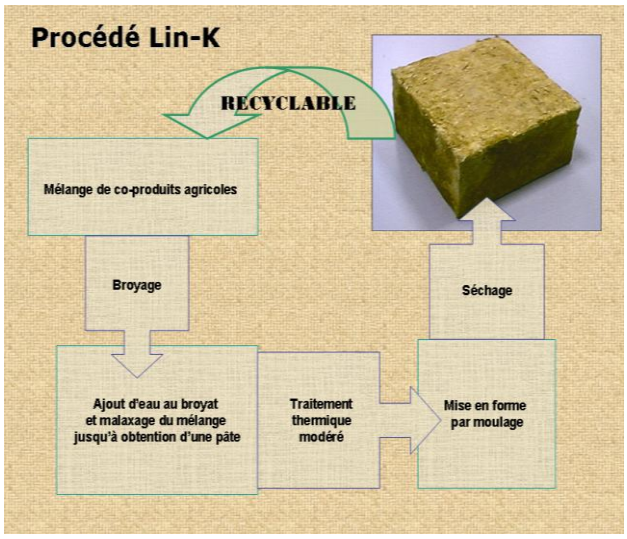

Fig.1 : Procédé Lin-K pour la fabrication des composites autoliés.

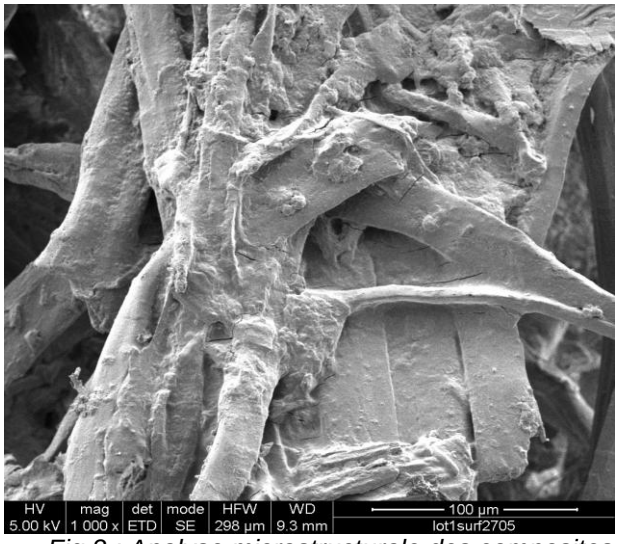

Fig.2 : Analyse microstructurale des composites autoliés par microscopie électronique à balayage (grossissement : 1000)

2.2.2 Composites agroliés

Un agromatériau est un matériau composé majoritairement de matières premières d'origine agricole dont les produits générés au cours de la dégradation, combustion ou recyclage ne provoquent pas de dommage à l'environnement. S'il contient un liant, celui-ci pourra être d'origine agricole ou synthétique dès lors qu'il ne pose pas de problème d'écotoxicité. Il doit être également compostable ou incinérable.

D'un point de vue économique, les anas constituent la fraction végétale la moins valorisée du lin. Les travaux en cours ont montré la possibilité d'une très bonne compatibilité entre les anas et certains agroliants formulés au laboratoire. Ce qui nous a conduit à fabriquer deux types d'agro composites A et B constitués par des agroliants renforcés par des anas de lin.

Le procédé (Fig.3) consiste à préparer l'agroliant puis le mélanger avec les coproduits végétaux. Le mélange obtenu subit ensuite un traitement thermique par rayonnement microondes.

Les composites agroliées testés ont été préparé avec un pourcentage de 40% d'anas et de 60% d'agroliant pour la formilation A.

Fig. 3 : Procédé d'élaboration des composites agroliés

L'analyse microstructurale de ce type d'agrocomposite révèle la présence de l'agroliant qui assure la liaison entre les anas de lin et la présence d'une couche fine de ce liant sur les anas (Fig. 4). Cet agroliant n'est pas présent dans la structure alvéolée des anas (Fig. 5) ce qui permet d'envisager un caractère isolant pour ces agrocomposites même si parfois le liant forme un opercule sur ces alvéoles.

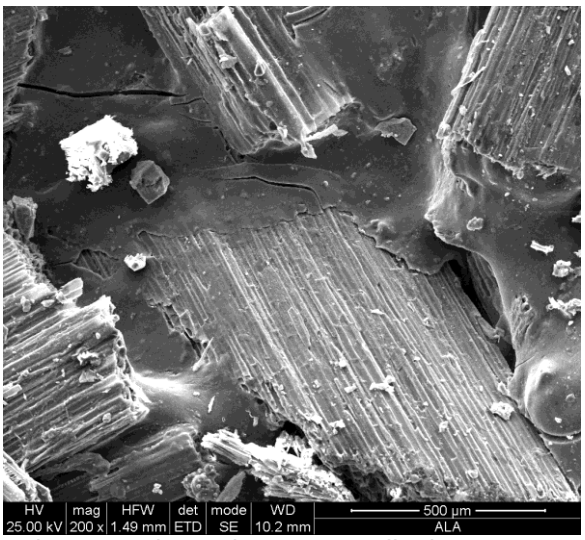

Fig. 4 : Analyse micro structurelle des Composites agroliés à base d'anas de lin (grossissement : 200).

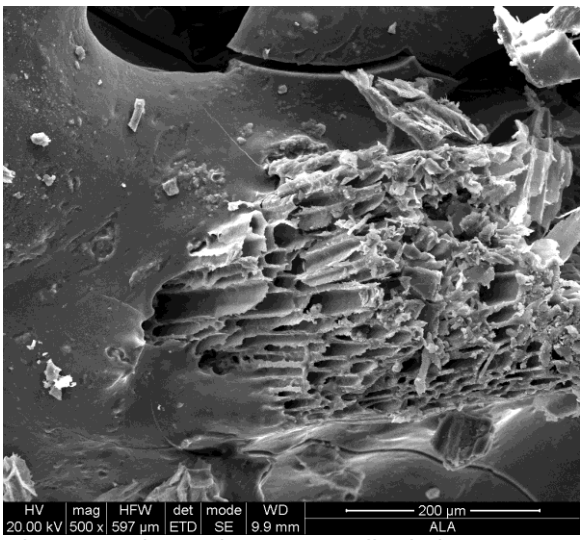

Fig. 5 : Analyse microstructurelle de la structure des anas présents dans un composite agrolié (grossissement : 500).

2.2.3 Plaques thermocompressés

Le processus de thermocompression a pour but la mise en forme d'un matériau plan, sous l'action combinée de la chaleur et de la pression.

A titre d'exemple, l'industrie du bois utilise déjà la thermocompression sur des composites à base de bois [11].

Pour des raisons écologiques et économiques, l'entreprise STRAMIT [12] a réussi à fabriquer des panneaux de pailles par thermocompression sans utilisation de colle. Ces panneaux pour cloisons et planchers permettent de valoriser des coproduits agricoles renouvelables annuellement et sont totalement recyclables.

Dans le même esprit et afin d'avoir des plaques 100% végétales fines et plus rigides que les feutres traditionnels, un procédé de fabrication (Fig. 6) par thermocompression des plaques à base des étoupes de lin a été mis en œuvre dans ce travail.

L'analyse microstructurale de ces matériaux révèle la présence d'une couche gélifiée à la surface des substances thermo pressés qui semble permettre la jonction entre les différents constituants végétaux du matériau (Fig. 7).

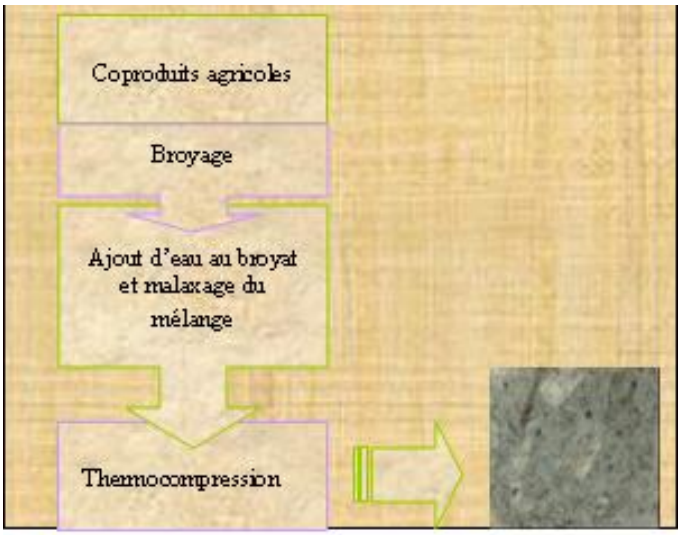

Fig.6 : Procédé de thermocompression des plaques à base d'étoupes.

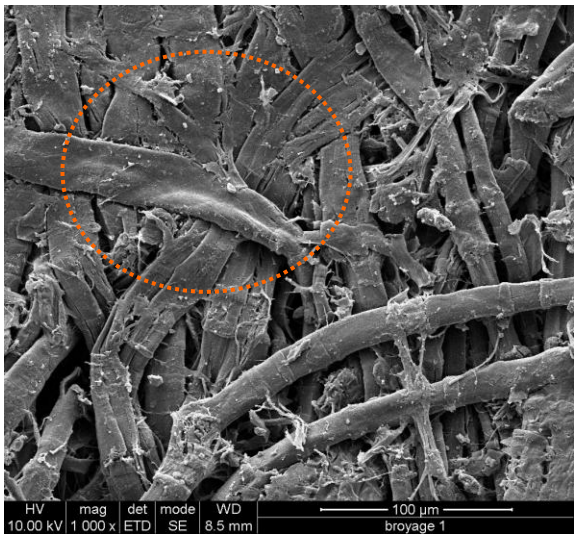

Fig. 7 : Observation d'un gel à la surface des *plaques thermocompressées.*

3. Caractérisation des agrocomposites

La caractérisation de ces agrocomposites a concerné l'aspect mécanique, thermique et acoustique.

3.1 Caractérisation mécanique

3.1.1 Essais de flexion

Une étude comparative a été menée sur les différents agrocomposites afin de pouvoir les classifier. Cinq éprouvettes de dimensions 40*40*160 mm ont été préparées pour chaque type d'agrocomposites. Les éprouvettes ont été séchées dans une étuve à une température de 50°C. La résistance à la flexion a été déterminée en utilisant une machine hydraulique de 25 kN (Norme EN 196-1)

3.1.2 Essais de traction

Une étude comparative préliminaire des plaques thermocompressées a été réalisée sur des plaques à bases d'étoupes à différents grades de broyage. Les éprouvettes ont été dotées de talons et d'un extensomètre. Les tests ont été menés à une vitesse de 1mm/min en utilisant une cellule sensible de 5 kN.

3.1.3 Méthode d'auscultation dynamique

La méthode d'auscultation dynamique repose sur la relation qui existe entre les propriétés élastiques du matériau et la vitesse de propagation d'un train d'ondes soniques ou ultrasoniques longitudinales. Elle permet la détermination du module d'élasticité instantané.

Pour réaliser cet essai on a choisi un produit de la gamme PROVITEQ de type PUNDIT 7. Son utilisation fait l'objet de la norme européenne NF EN 12 504-4 qui convient pour les matériaux de construction.

Pour les matériaux poreux hétérogènes qui amortissent beaucoup le signal, il faudra choisir une amplitude du signal le plus élevé afin de compenser les phénomènes d'amortissement. C'est pourquoi, on a choisi la valeur de 1000 V pour l'amplitude du signal émis.

Les éprouvettes utilisées sont des cubes de dimensions (4*4*4) cm^3.

Cette méthode a été utilisée par Yazoghali [14] pour étudier les propriétés mécaniques des composites cimentaires renforcées par des charges de PET. De même, Mboumba-Mamboundo [15] a étudier l'influence de la masse volumique sur la vitesse de propagation des ondes dans des composites cimentaires renforcés par des pulpes de betterave en utilisant la méthode d'auscultation dynamique.

Cette méthode se base sur les mesures de vitesse de propagation grâce à l'expression :

$$E = \frac{(1+\upsilon)(1-2\upsilon)}{1-\upsilon}\rho c_v{}^2 = f(\upsilon)\rho c_v{}^2 \qquad \text{(eq.1)}$$

Avec υ : coefficient de Poisson ρ : masse volumique apparente (kg/m3) cv : célérité de l'onde

Dans cette étude, $f(\upsilon) = 1$ d'où :

$$E = \rho c_v{}^2 . \qquad \text{(eq.2)}$$

3.2 Caractérisation thermique

Les caractéristiques thermiques des différents agrocomposites ont été déterminées par la méthode TPS (Transient Plane Source) basée sur l'utilisation d'une source plane électrique de forme circulaire et qui traite la variation du flux de chaleur en phase transitoire. Le capteur a été développé par Gustafson [13]. Les éprouvettes cubiques utilisées sont de dimensions 10*10*5 cm.

3.3 Absorption acoustique

Le coefficient d'absorption acoustique a été déterminé en utilisant le tube de Kundt (Fig. 8) en s'inspirant de la norme ISO 15032-4.

On a utilisé pour chaque type d'agrocomposites deux tailles d'éprouvettes : la première est de diamètre 100mm et d'épaisseur de 5cm pour les hautes fréquences et la deuxième de diamètre 29mm et d'épaisseur 5cm pour les basses Fréquences. Les courbes trouvées sont la moyenne des valeurs obtenues pour cinq éprouvettes.

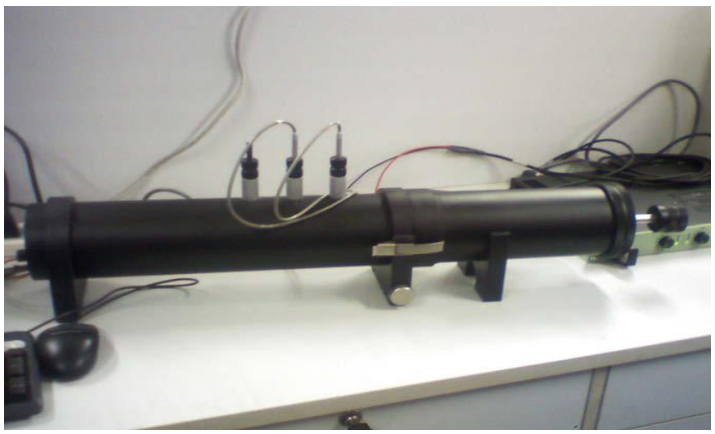

Fig. 8 : Tube de Kundt

3.4 Analyse structurale

Un microscope électronique à balayage de type PHILIPS FEG XL 30 a permis l'étude morphologique des différents composites.

La formation d'images électroniques correspond à la visualisation de la réémission d'électrons secondaires suite à une irradiation de l'échantillon par un faisceau focalisé d'électrons. Cette réémission nécessite de satisfaire à des conditions opératoires précises, notamment celle d'une conductibilité électrique superficielle suffisante. Par conséquent, les surfaces des différents échantillons, préalablement séchés, ont été recouvertes d'une fine pellicule d'or par pulvérisation cathodique, afin de les rendre conductrices.

4. Résultats expérimentaux et analyse

4.1 Influence de la taille des étoupes sur les caractéristiques mécaniques des plaques thermocompressées.

Les plaques thermocompressées ont été caractérisées mécaniquement en traction. Une étude préliminaire a abordé l'effet de la granulométrie sur les comportements mécaniques des plaques composites. Pour ce faire, nous avons évalué les grades de broyage 1, 2 et 10 mm sur des étoupes brutes.

Il a été constaté que les performances mécaniques en traction sont inversement proportionnelles à la taille de la fraction végétale. En effet, le passage d'étoupes de 1mm à des étoupes de 10 mm fait chuter la rigidité des plaques de 200 MPa, la contrainte à la rupture en traction de 0.4 MPa. Une première explication peut être liée au fait que plus le broyage est fin plus il y a extraction des substances organiques durant le procédé de fabrication améliorant ainsi la liaison entre fibres.

Grade de broyage (mm)	**E (MPa)**	σ_r **(MPa)**	ρ **(kg/m3)**
1	300 ± 80	0.7 ± 0.15	810±5
2	200 ± 53	0.65 ± 0.06	760±20
4	140 ± 36	0.6 ± 0.02	720±15
10	100 ± 40	0.3 ± 0.1	695±7

Tab.1. Caractéristiques mécaniques des plaques thermocompressés.

4.2 performances mécaniques et thermiques des composites autoliés

4.2.1 Influence de la taille des étoupes sur les caractéristiques mécaniques des composites autoliés

Les contraintes à la rupture en flexion des composites autoliées à partir d'étoupes broyées à 1, 2 et 10 mm avec un taux de compaction égale 0.6 ont été mesurées.

Le tableau-2 récapitule la résistance maximale à la flexion des feutres à différents grades de broyage. Le passage d'étoupes de 1mm à des étoupes de 10 mm fait chuter la résistance de moitié et la densité de

l'ordre 45 kg/m^3 ce qui est du au fait que plus le broyage est fin plus il y a d'extraction des polysaccharides durant le traitement thermique microonde qui vont former un gel organique assurant ainsi la rigidité de ces composites.

Grade de broyage (mm)	ρ **(kg/m^3)**	**Résistance à la flexion σ_r (MPa)**
1	225±3	0.3±0.02
2	215±5	0.25±0.05
10	180±10	0.15±0.04

Tab .2. Caractéristiques mécaniques des composites autoliés en fonction de la taille de broyat utilisé.

4.2.2 Détermination de la rigidité des composites autoliées par la méthode d'asculation dynamique

Afin de déterminer le module d'élasticité dynamique E des composites autoliés à base d'étoupe broyés à 2mm, on a utilisé la méthode d'auscultation dynamique. La vitesse de propagation des ondes dans les deux directions du plan x et y est sensiblement la même-:

$V_x \cong V_y \cong 1443 \pm 31{,}5$ m/s (eq.3)

Cela nous permet de considérer les composites autoliés comme des matériaux isotropes dans le plan.

De même, on a déterminé le module d'élasticité des composites autoliés à base d'étoupes de lin broyé à 2mm :

$E_x \cong E_y \cong 496{,}8 \pm 80$ MPa. (eq.4)

4.2.3 Influence de la taille des étoupes sur les caractéristiques thermiques des composites autoliés

Les performances thermiques (conductivité thermique) des composites autoliés en fonction du broyat (1, 2 et 10mm) utilisé ont été mesurées (tableau-3).

On remarque une légère influence du grade de broyage sur la conductivité thermique qui diminue avec l'augmentation de celui-ci. Il apparaît donc que plus le broyage est grossier meilleures sont les performances thermiques du feutre dues au fait que le matériau est plus poreux.

Grade de broyage (mm)	ρ **(kg/m^3)**	λ **(W.m^{-1}.K^{-1})**
1	225±3	0.1
2	215±5	0.094
10	180±10	0.08

Tab.3. Conductivités thermiques des composites autoliés en fonction de la taille de broyat utilisé.

4.2.4 Influence du taux de compaction sur les caractéristiques mécaniques et thermiques des composites autoliés

Pour mettre en évidence l'effet du taux de compaction sur les performances thermiques des feutres, on a déterminé les conductivités thermiques des composites autoliés à base d'étoupe 2mm correspondant aux deux taux de compaction 0.6 et 0.9. La conductivité thermique diminue d'une valeur de 0.024 W.m^{-1}.K^{-1}, la densité de 45kg/m^3 et la résistance à la rupture en flexion de 0.07 MPa en diminuant le taux de compaction de 0.9 à 0.6, autrement dit, en diminuant la compacité.

Taux de compaction	ρ **(kg/m^3)**	**Résistance à la flexion σ_r (MPa)**	λ **(W.m^{-1}.K^{-1})**
0.6	215±5	0.25±0.05	0.094
0.9	170±10	0.18	0.07

Tab.4. Effet du taux de compaction sur les performances des composites autoliés

4.3 Caractérisation des composites agroliés

4.4.1 Influence de la taille des anas sur les caractéristiques mécaniques et thermiques des agrocomposites

Les caractéristiques mécaniques et thermiques des composites agroliés ont été évalués en mettant en évidence l'influence de broyage sur la résistance à la rupture en flexion et la conductivité thermique de ces matériaux.

Les essais expérimentaux menés sur des éprouvettes d'agrocomposites A à base des anas de lin broyés à 2 et 10mm ont montré que les résistances mécaniques à la flexion et à la compression de ces agrocomposites augmentent lorsque la taille des granulats diminue. En effet, le passage de 10mm à 2mm d'anas permet d'augmenter la résistance à la compression de l'ordre de 2.2 MPa et la résistance en flexion de l'ordre de 0.4 MPa. Cette augmentation est liée à un accroissement de la compacité des matériaux élaborés se traduisant par une augmentation de la masse volumique apparente. En effet, une masse des anas de lin fin occupe un plus faible volume dans l'agroliant que la même masse des anas plus grossiers.

De même, Les résultats des essais thermiques obtenus montrent que la conductivité thermique de l'agrocomposite A augmente lorsque la taille des anas de lin diminue. Cette augmentation est liée à une augmentation de la compacité des matériaux élaborés et aux surfaces des alvéoles des anas qui augmentent en diminuant les grades de broyage.

	Agrocomposite A Anas (2mm)	**Agrocomposite A (Anas 10mm)**
Resistance à la flexion MPa	3.9	3.5
Resistance à la Compression MPa	5.8	3.6
Densité Kg/m^3	570	530
Conductivité thermique λ (W.m^{-1}.K^{-1})	0,152	0,12

Tab.5. Influence du broyage des anas de lin sur les performances mécaniques et thermiques des composites autoliées (formulation A).

4.4.2 Influence de la nature de l'agroliant sur les performances mécaniques et thermiques des composites agroliés

Nous avons déterminé l'influence de la formulation de l'agrocomposite sur ces performances thermiques et mécaniques. On a réalisé les essais sur deux différentes formulations d'agrocomposite A et B.

L'agrocomposite B permet d'obtenir les plus faibles valeurs de conductivités (Tableau-6) assurant ainsi une bonne fonction d'isolation thermique. Par contre il présente des propriétés mécaniques moindre que l'agrocomposite A. La notion de compromis apparait comme indispensable.

	Agrocomposite A	**Agrocomposite B**
Resistance à la flexion MPa	3.9	0.12±0.01
Resistance à la Compression MPa	5.8	-
Densité Kg/m^3	570	263±3
Conductivité thermique λ (W.m^{-1}.K^{-1})	0,152	0,069

Tab.6. Effet de la formulation des composites autoliées sur leurs performances mécaniques et thermiques

4.4 Absorption acoustique des composites autoliés et agroliés

Les propriétés acoustiques des composites autoliées et agroliées ont été abordées du point de vue expérimental. Le but était de déterminer si ces matériaux présentaient un intérêt quelconque en tant qu'isolant acoustique et le cas échéant dans quelle mesure. Compte tenu de la grande porosité et la faible densité de ces matériaux, l'étude du comportement en absorption a été privilégiée.

Afin de classifier les trois types d'agrocomposites (agrocomposite autolié, agrocomposites agroliés A et B) d'un point de vue absorption acoustique, une étude préliminaire a été menée pour calculer le coefficient le coefficient d'absorption α. Le graphe ci-dessous présente les différents valeurs du coefficient d'absorption du composite autolié à base d'étoupe 2mm (vert), agrocomposite A à base d'anas 2mm (jaune) et agrocomposite B.

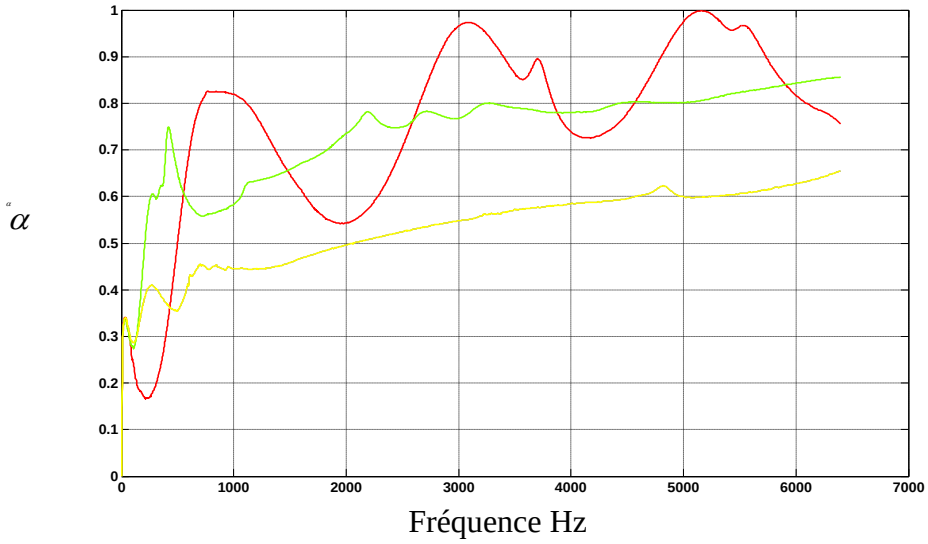

Fig. 9 : Coefficient d'absorption acoustique du composite autolié (vert), agrocomposite A (jaune) et agrocomposite B (rouge).

On remarque que en basse fréquence (jusqu'à 250 Hz), les trois matériaux ont à peu prés le même comportement. Au-delà de 250 Hz, il' apparaît clairement que le feutre est beaucoup plus absorbant que l'agrocomposite A. Ceci s'explique par le fait que l'agrocomposite A est beaucoup plus dense et moins poreux que le feutre qui est beaucoup plus souple. La densité du composite autolié à base d'étoupes 2mm est de 215±5 kg/m^3 alors que l'agrocomposite A à base d'anas de 2mm est de 570 kg/m^3.

L'agrocomposite B a un comportement différent des deux derniers pour des fréquences supérieures à 250hz. Compte tenu de la complexité de la formulation B et du grand nombre de paramètres influant, il est très difficile d'expliquer ce phénomène. On peut noter que pour une fréquence de 5000 Hz, pour la formulation B, on atteint un coefficient d'absorption voisin de 1 c'est-à-dire une absorption totale.

Rappelons que dans le bâtiment on ne retient que 6 groupes de fréquences pour caractériser un bruit, chacun d'eux ayant une fréquence centrale. Ces 6 groupes ou bandes de fréquences sont centrés sur 125 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz et 4000 Hz.

5. CONCLUSION

Le broyage des coproduits végétaux, le procédé de fabrication, le taux de compaction et la formulation utilisés ont des effets très importants sur les performances mécaniques, thermiques et acoustiques des trois types d'agrocomposites. Plus le grade de broyage est grand, plus la masse volumique des agrocomposites est faible, plus sa résistance à la flexion diminue et plus sa conductivité thermique augmente.

La notion de compromis trouve alors tout son sens. Un matériau ayant une bonne performance acoustique ne présente pas nécessairement les meilleures propriétés mécaniques.

Il en ressort que l'utilisation optimale de ces matériaux passerait par la réalisation d'une structure en multi-matériaux dans un souci de trouver un compromis entre les performances mécaniques, acoustiques et thermiques. C'est dans cet état d'esprit que les travaux actuels sont menés en vue de réaliser une âme de structure sandwich en multi-matériaux.

Références

[1] AK. Bledzki, J. Gassan, «Composites reinforced with cellulose based fibres». Progress in Polymer Science, vol 24, p. 221-274, 1999.

[2] A. Magurno, «Vegetable fibres in automotive interior components». Die Angewandte Makromolekulare Chemie 1999;272:99–107.

[3] R. Ali, S. Iannace, L. Nicolais, «Effect of processing conditions on mechanical and viscoelastic properties of biocomposites». J Appl Polym Sci 2003;88:1637–42.

[4] M. Wollerdorfer, H. Bader «Influence of natural fibres on the mechanical properties of biodegradable polymers. Indus Crops Prod 1998;8:105–12.

[5] N. Leblanc, R. Saiah, E. Beucher, R. Gattin «Structural investigation and thermal stability of new extruded wheat flour based polymeric materials». Carbohydrate Polymers 73(2008) 548-557.

[6] E. Bodros, I. Pillin , N. Montrelay, C. Baley. «Could biopolymers reinforced by randomly scattered flax fibre be used in structural applications? ». Composites Science and Technology 67 (2007) 462–470.

[7] L. Dobircau, J.M. Saiter, N. Leblanc, R. Saiah, R. Gattin, «propriété physique des composites 100% naturels renforcés par des fibres de cotton». AMAC, 2007.

[8] L. Averous, N. Boquillon «Biocomposites based on plasticized starch: thermal and mechanical behaviours». Carbohydrate Polymers 56 (2004) 111–122.

[9] M. Quéneudec, B. Dupré, R.M.Dheilly «Procédé de fabrication de feutres végétaux à partir des étoupes. Demandeurs : université de Picardie Jules verne /institut technique du lin». Brevet N° de référence 0490DBR002FR, N° de dépôt 0404215, 2004. Extension européenne, EP 1 588 815 A1, 2005.

[10] B. Dupré. «Contribution à la valorisation des coproduits du lin : Etude de l'impact du vécu et de la variabilité génétique sur les propriétés des composites élaborés». Thèse de l'Université de Picardie Jules Verne, Amiens, Mai 2005 (Directeur de thèse : Pr. Michèle Quéneudec-t'Kint, UPJV, co-encadrant Dr. Corinne Pau-Roblot*, UPJV).

[11] Pratique du thermoformage. Edité par Lavoisier, Hermès, Paris (2000)

[12] Projet ATex – Panneau de Paille Compressé pour Cloison et Doublage Intérieur Rev 5 – 07/12/06

[13] S.E. Gustafson «Transient plane source technique for thermal conductivity and thermal diffusivity measurements of solid materials». Review Scientific instruments, Vol.62-3, p.797-804, 1991.

[14] O.S. Yazoghli «Contribution à la valorisation des emballages alimentaires de post-consommation en polyéthylène téréphtalate et en polyéthylène haute densité dans des matrices cimentaires. Etude de faisabilité et évaluation des performances physico-mécaniques, hydriques et thermiques». Thèse en génie de procédé à l'université de Picardie Jules Vernes. Soutenu le 14 octobre 2005.

[15] L.B. Maboumba-Maboundo «Analyse des facteurs de risques liés à l'incorporation des pulpes de betterave dans des matrices cimentaires». Thèse en génie de procédé à l'université de Picardie Jules Vernes. Soutenu le 15 décembre 2005.

[16] R. Heijenrath, T. Peijs «Natural fiber mat reinforced thermoplastic composite based on flax fibers and polypropylène». Advanced composites letters, vol. 5, n°3, p. 81-85,1996.

[17] G. Marsh: Next step for automotive materials. Materials today, vol. 6, n°4, p. 36-43,2003.