

Rapport n° 07-020-03-R04

## **RAPPORT DE PROJET**

# **MISE AU POINT D'UN MAT DE FIBRES D'ORIGINE AGRICOLE POUR LE RENFORCEMENT DES PANNEAUX COMPOSITES**

Préparé par :

---

**Zhi-Cheng Yu**  
Ingénieur, Applications des composites - stagiaire  
Composites Innovation Centre Manitoba Inc.

Approuvé par

---

**Sean McKay**  
Directeur général  
Composites Innovation Centre Manitoba Inc.

Parrainé par

**Agriculture et Agro-alimentaire Canada**  
United States Department of Agriculture, station de recherche sur la qualité du coton  
Schweitzer-Mauduit Canada Inc.

Rév. 1.0  
15 septembre 2008

**SOMMAIRE**

Ce rapport contient les résultats de l'évaluation des mats de biofibres du projet 07-020-03, Mise au point d'un mat de fibres d'origine agricole pour le renforcement de panneaux composites. L'objectif du projet était de mettre au point un mat de fibres façonné comme alternative au mat à fils coupés de verre E (CSM) à partir des méthodes d'infusion de résine afin de produire des pièces pour le secteur du transport terrestre.

Dans la troisième phase du projet, le chanvre, le lin et les fibres synthétiques ont été employés pour produire 61 mats différents à l'université de Philadelphie (Philadelphie en Pennsylvanie) et l'université de la Caroline du Nord (Raleigh en Caroline du Nord) à partir de 6 technologies de moulage et de liage distinctes. Parmi ces mats, 45 ont été recommandés pour les essais préliminaires. La perméabilité a été mesurée dans ces essais. Onze mats, représentant trois techniques de moulage et cinq méthodes de liage, ont été choisis en fonction de leur performance dans les essais préliminaires.

**Tableau 1 : Mats de biofibres sélectionnés**

| Numéro du mat | Composition |           |          | Poids du mat par unité de surface, g/cm <sup>2</sup> | Méthode de fabrication                         |
|---------------|-------------|-----------|----------|--|--|
|               | Lin %       | Chanvre % | Copoly % |  |  |
| 2A            | 50,0        | 50,0      | 0,0      | 0,085  | Dispositif Scan Feed, aiguilletage             |
| 2B            | 47,5        | 47,5      | 5,0      | 0,051  | Dispositif Scan Feed, aiguilletage             |
| 2C            | 95,0        | 0,0       | 5,0      | 0,049  | Dispositif Scan Feed, aiguilletage, Calendrier |
| 2D            | 0,0         | 90,0      | 10,0     | 0,0067   | Voie humide, Sec                               |
| 2E            | 47,5        | 47,5      | 5,0      | 0,0092   | Voie humide, Sec                               |
| 2F            | 0,0         | 95,0      | 5,0      | 0,014  | Voie humide, Sec                               |
| 2G            | 100,0       | 0,0       | 0,0      | 0,020  | Voie sèche, liage à latex                      |
| 2H            | 90,0        | 0,0       | 10,0     | 0,024  | Voie sèche, aiguilletage                       |
| 2I            | 0,0         | 90,0      | 10,0     | 0,014  | Voie sèche, liage thermique                    |
| 2J            | 100,0       | 0,0       | 0,0      | 0,025  | Voie sèche, aiguilletage                       |
| 2K            | 0,0         | 100,0     | 0,0      | 0,025  | Voie sèche, aiguilletage                       |

**À noter :** Le Copoly est une fibre de polyester pouvant être fondue à basse température

Les panneaux composites ont été fabriqués à partir des mats choisis par l'infusion de résine vinylester Hydropol R037-YDF-40 catalysée par 2 % de DDM-9 dans la cavité d'un moule rigide spécialement conçu pour moulage sous vide. Nous avons constaté que la durée d'infusion était relativement plus courte pour les mats moulés par compression voie humide, ce qui signale que ces mats sont plus perméables. Les propriétés de ces composites ont été évaluées à l'aide d'essais sur la traction, la flexion, le cisaillement de fils courts (SBS) ainsi que par essais sur le choc Izod selon les normes ASTM.

**Tableau 2 : Cinq meilleurs résultats de tension et de flexion pour les mats de composite**

| Rang                       | Tension         |                      | Flexion         |                     |
|----------------------------|-----------------|----------------------|-----------------|---------------------|
|                            | Résistance, MPa | Module, GPa          | Résistance, MPa | Module, GPa         |
| Exigence <sup>[10]</sup>   | 82,74           | 7,58                 | 142,03          | 5,17                |
| Verre E csm <sup>[3]</sup> | 138,00          | 10,30                | 221,50          | 8,50                |
| 1                          | 48,27 (2K)      | 5,04 (2K)            | 80,04 (2K)      | 6,13 (2K)           |
| 2                          | 39,43 (2I)      | 4,54 (2I)            | 70,10 (2F)      | 5,71 (2J)           |
| 3                          | 37,97 (2D)      | 4,47 (2F)            | 65,90 (2J)      | 5,45 (2D)           |
| 4                          | 37,72 (2F)      | 4,40 (2A- Parallèle) | 65,34 (2D)      | 5,20 (2A-Parallèle) |
| 5                          | 34,02 (2E)      | 4,36 (2D)            | 64,41 (2I)      | 5,15 (2I)           |

**À noter :** Les numéros de mat figurent contre les propriétés numériques.

**Tableau 3 : Cinq meilleurs résultats du cisaillement de fils courts et de choc pour les mats de composite**

| Rang                       | Cisaillement de fils courts (SBS) | Choc Izod                             |
|----------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
|                            | Résistance SBS, MPa               | Résistance au choc, KJ/m <sup>2</sup> |
| Verre E csm <sup>[3]</sup> | -                                 | 66,6 <sup>[3]</sup>                   |
| 1                          | 12,12 (2F)                        | 6,5 (2C- Parallèle)                   |
| 2                          | 11,18 (2K)                        | 5,71 (2K)                             |
| 3                          | 11,12 (2D)                        | 5,5 (2B- Parallèle)                   |
| 4                          | 10,74 (2C)                        | 4,9 (2F)                              |
| 5                          | 10,41(2I)                         | 4,8 (2C-Perpendiculaire) / 4,8 (2E)   |

Les mats fabriqués au dispositif d'alimentation Scan Feed ont manifesté de l'anisotropie et des propriétés mécaniques dominantes. En revanche, ces propriétés n'étaient pas constantes en raison de la discontinuité dans la distribution et la texture des fibres, surtout dans le cas du mat de lin à 100 %. Les caractéristiques anisotropiques des mats Scan Feed ne sont peut-être pas souhaitables dans certaines applications. Ces mats denses et épais ont également d'autres défauts au niveau de la performance et la perméabilité. Le mat épais pourrait réduire le temps de main d'œuvre puisqu'il n'en faut qu'une épaisseur pour le préformage; en revanche, cette épaisseur unique réduit la capacité de distribuer les inconsistances dans la fibre sur plusieurs couches. Les mats denses et épais sont généralement rigides et difficiles à conformer à la surface d'usinage. Dans la présente évaluation, il a fallu plus de temps à ces mats pour l'infiltration de la résine ce qui signale une piètre perméabilité par rapport aux autres mats évalués dans l'étude. Pour profiter des avantages offerts par le dispositif Scan Feed, il faudrait que le mat soit moulé plus mince et plus souple que les mats faisant l'objet de cette étude. Il faudra travailler davantage à améliorer la continuité et l'homogénéité de ce mat.

Dans sa forme actuelle mince et fragile, le mat moulé par voie humide n'est pas suffisamment transformable en tant que mat de composite. Afin d'obtenir une bonne qualité, il a fallu superposer plusieurs épaisseurs de mats pour fabriquer une préforme. Cette mesure augmente le temps et les coûts de main d'œuvre de la fabrication. Malgré ces lacunes, les composites moulés à voie humide ont produit des panneaux de haute qualité présentant de bonnes performances mécaniques dans presque tous les essais. Nous pouvons attribuer leur succès à leur texture de tissu mince, leur grand nombre d'épaisseurs performantes, leur ratio de compaction élevé et leur bonne perméabilité. La réduction des épaisseurs nécessaires et de leur fragilité pourraient transformer ce mat à une forme davantage commerciale.

Les mats moulés par voie sèche sont très prometteurs en tant que mats façonnés modèles. En général, ils sont plus constants et homogènes par rapport aux autres mats. Les mats dont les fibres sont orientées au hasard sont souples et faciles à conformer à la surface d'usinage. Il faut généralement 3 ou 4 épaisseurs pour le préformage, ce qui assure une bonne qualité ainsi que de l'efficacité et de la productivité. Les mats de chanvres moulés par voie sèche ont une résistance et un module à la traction et à la flexion relativement élevés peu importe la méthode de liage employée : aiguilletage ou liage thermique. Le module d'élasticité en flexion dépasse les exigences établies pour les pièces d'autobus (Tableau 2). En revanche, le gonflant des mats moulés par voie sèche fait qu'il est difficile d'obtenir un ratio de compaction élevé avec les procédés actuels VARTM et RTM. Nous avons conclu qu'un rapport de compaction élevé pourrait réduire de façon efficace la quantité de vides et améliorer la résistance au cisaillement et au choc. Un mat moulé par voie sèche à gonflant inférieur, produit sans réduire les autres qualités avantageuses ressorties dans cette étude, pourrait ainsi devenir un bon mat de biofibres utile à la fabrication composite.

Le latex était le procédé le moins compatible à la résine vinylester Hydropel R037-YDF-40. Les mats moulés par voie sèche liés au latex ont produit la plus haute quantité de vides et la pire performance mécanique.

L'agglomération de fibres a semblé être un problème de taille dans les mats contenant des fibres de lin. Cette agglomération a entraîné des irrégularités dans les mats ce qui peut avoir causé des vides et des

endroits où la fibre est déficiente. Des fragments de chènevotte et d'autres contaminants ont souvent été retrouvés dans le noyau des fibres en grappes et ainsi, on soupçonne un lien entre l'agglomération et les contaminants. Les mats de chanvre ont affiché le meilleur résultat en matière de résistance et module à la traction et à la flexion quelque soit leur méthode de fabrication (voie humide ou sèche) et leur méthode de liage (aiguilletage ou liage thermique). Ceci n'a pas été surprenant car les mats de chanvre étaient très homogènes, souples et propres. En comparaison, les mats de lin ont produit des composites avec des propriétés mécaniques relativement inférieures. Nous tirons ainsi la conclusion que les formes des fibres, dont le diamètre, la longueur, l'orientation spatiale et la facilité de fusion sont possiblement d'autres facteurs qui influent sur l'apparence physique et la performance d'un mat. Il sera nécessaire de poursuivre l'enquête dans nos projets futurs.