

Caractérisation des matériaux composites à structure sandwich

La première partie de la recherche a été consacrée à déterminer les propriétés physiques et mécaniques des matériaux composites développées. D'abord les essais préliminaires réalisés ont permis d'écarter les différentes configurations de matériaux composites et de sélectionner une structure sandwich comme la plus appropriée pour la suite de la recherche. Les propriétés des matériaux composites dépendent principalement de leur configuration et des matériaux utilisés pour leur fabrication. La figure 3.7 représente la configuration du matériau composite, lequel est composé d'un panneau aggloméré à base de bois comme noyau et d'une tôle d'alliage d'aluminium comme peau. Les deux revêtements du matériau composite, d'épaisseur t_p , sont responsables pour supporter les forces en tension et en compression. Le noyau, d'épaisseur h_c est un panneau aggloméré

à base du bois qui peut supporter les tensions en cisaillement, et s'occupe de séparer les revêtements ou les peaux en augmentant les valeurs de moment d'inertie de la section.

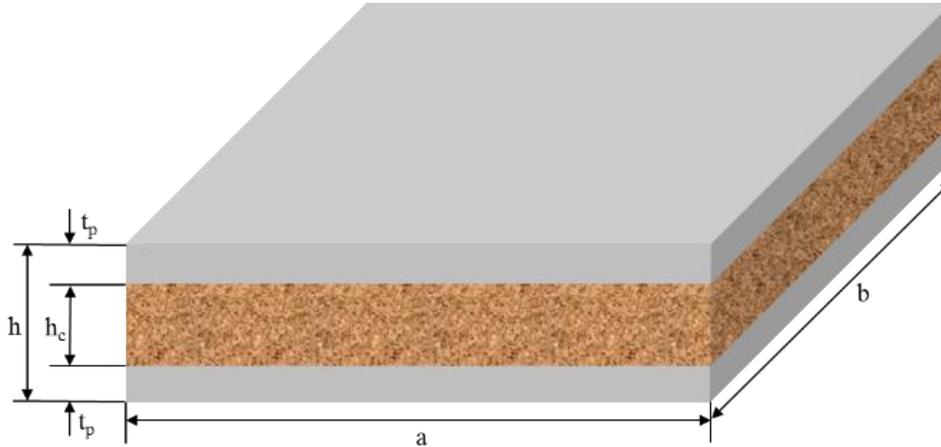


Figure 3.7: Configuration du panneau composite à fabriquer

3.2.1. Matériaux pour la fabrication des matériaux composites à structure sandwich

Quatre types de panneaux agglomérés à base de bois ont été sélectionnés comme noyau pour la fabrication des matériaux composites : panneau de fibres à haute densité, panneau de fibres à moyenne densité, panneau de lamelles orientées, et panneau contreplaqué de peuplier faux-tremble. Les trois premiers panneaux ont été fournis par l'industrie canadienne des panneaux, tandis que le panneau contreplaqué a été fabriqué dans le laboratoire. Comme peaux des matériaux composites, une tôle d'alliage d'aluminium 3003 de 0,6 mm d'épaisseur a été sélectionnée par rapport aux essais préalables réalisés dans le laboratoire. Le polyuréthane (*Macroplast UR-8340 Series*) a aussi été sélectionné comme adhésif pour coller la tôle d'alliage d'aluminium et le panneau aggloméré à base de bois.

3.2.2. Processus de fabrication des matériaux composites à structure sandwich

La figure 3.8 représente le diagramme du matériau composite qui a été fabriqué en laboratoire. Pour la fabrication des matériaux composites à structure sandwich, les panneaux agglomérés à base de bois ont été dimensionnés en 24po x 24po, puis ils ont été conditionnés à 20°C de température et 42% d'humidité relative jusqu'à avoir une masse constante (8% de teneur en humidité). La tôle d'alliage d'aluminium a été sablée avec un papier abrasif N° 150 pour donner plus de surface de contact. La tôle a ensuite été nettoyée et dégraissée avec de l'acétone, tandis que les panneaux agglomérés ont été sablés avec un papier abrasif N° 120 et nettoyés. L'adhésif polyuréthane a été appliqué en utilisant un rouleau sur la surface du panneau aggloméré et aussi sur la surface de la tôle d'alliage d'aluminium.

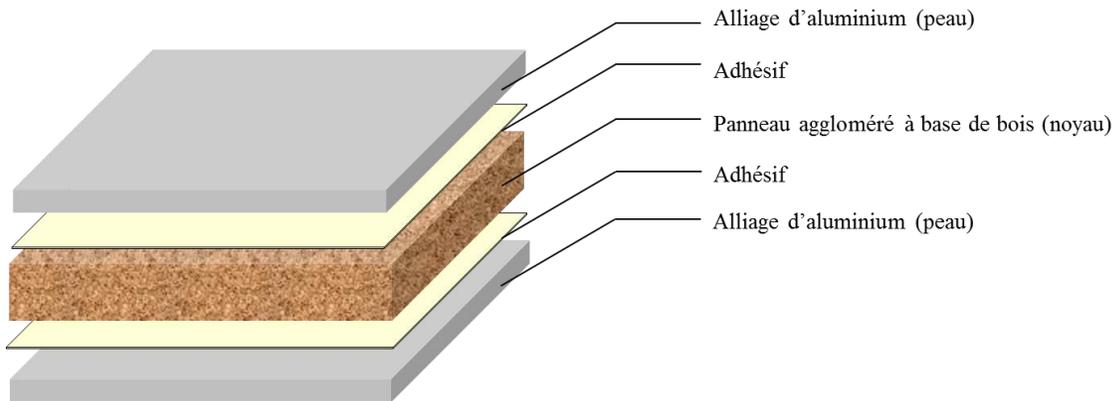


Figure 3.8: Composant du matériau composite à structure sandwich

Les matériaux composites ont été assemblés et pressés dans une presse à plateau chaud (Dieffenbacher). Le tableau 3.3 détaille les paramètres de pressage utilisés au laboratoire.

Tableau 3.3: Paramètres de pressage des matériaux composites

Paramètres de pressage	Valeurs cibles
Température de pressage (°C)	120
Pression de Pressage (kPa)	689
Temps de Pressage (min)	6
Quantité de Polyuréthane (g/m ²)	130

Afin de réaliser les différents essais, les matériaux composites fabriqués ont été placés dans la chambre de conditionnement à 20°C de température et 65% d'humidité relative, jusqu'à avoir une masse constante. Le but a été d'uniformiser la teneur en humidité d'équilibre à 12%.

3.2.3. Essais physico-mécaniques des panneaux agglomérés à base de bois.

Les propriétés physiques et mécaniques des panneaux agglomérés à base de bois ont été déterminées afin de les comparer avec celles des matériaux composites à structure sandwich. La masse volumique des panneaux agglomérés à base de bois a été calculée selon la norme ASTM 2395-07a *Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials* (ASTM 2013). La teneur en humidité a été mesurée en accord avec la norme ASTM D4442 Méthode B. *Standard test methods for direct moisture content measurement of wood and wood-based materials* (ASTM 2013). Le gonflement en épaisseur, l'absorption d'eau et la dilatation linéaire ont été déterminés en accord avec la norme ASTM D1037.06a. Les propriétés mécaniques comme la cohésion interne en tension perpendiculaire à la surface, le module d'élasticité (MOE) et le module de rupture (MOR) en flexion statique à trois points et le cisaillement dans le plan du panneau ont été aussi déterminés selon la norme ASTM D1037.06a. *Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials* (ASTM 2012).

3.2.4. Essais physico-mécaniques des matériaux composites à structure sandwich

La masse volumique des matériaux composites à structure sandwich a été calculée en utilisant l'équation suivante :

$$p^* = \left(\frac{2h_f}{h}\right) * p_f + \left(\frac{h_c}{h}\right) * p_c \quad (9)$$

Où p^* est la masse volumique à déterminer, p_f est la masse volumique de l'alliage d'aluminium, p_c est la masse volumique du panneau aggloméré à base de bois, h est l'épaisseur total du matériau composite ($h=2h_f+h_c$), h_f est l'épaisseur de l'alliage d'aluminium et h_c est l'épaisseur du panneau aggloméré à base de bois (Carlsson and Kardomateas, 2011).

Le gonflement en épaisseur, l'absorption d'eau et la dilatation linéaire des matériaux composites ont aussi été déterminés en accord avec la norme ASTM D1037.06a (ASTM 2012). Les propriétés mécaniques des matériaux composites comme la cohésion interne en tension perpendiculaire à la surface, le MOE et le MOR en flexion statique à trois points et le cisaillement dans le plan du panneau ont aussi été déterminées selon la norme ASTM D1037.06a. *Standard Test Methods for Evaluating Properties of Wood-Base Fiber and Particle Panel Materials* (ASTM 2012). Enfin, la résistance à la tension perpendiculaire à la surface des matériaux composites a été calculée en accord avec la norme européenne EN 311 :2002. *Wood-based panels-surface soundness-test method,* European Committee for Standardization, *European Standard* (European Standard 2002).

3.2.5. Le dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé pour l'analyse statistique des résultats des essais mécaniques est en fonction du type de panneaux et de l'épaisseur de surface. Ce dispositif factoriel est réalisé afin de pouvoir appliquer une analyse de variance ANOVA, laquelle est analysée à l'aide du logiciel Statistical Analysis System (SAS). Pour les propriétés

physico-mécaniques mesurées, on considère 10 répétitions. Le plan d'expérience factorielle considéré se fait à quatre niveaux de panneau aggloméré (contreplaqué, de fibres de haute densité, de fibres de moyenne densité et de lamelles orientées) et à deux niveaux de surface (alliage d'aluminium de 0,6 mm d'épaisseur et sans alliage d'aluminium).

3.3. Détermination de la performance environnementale des matériaux composites à structure sandwich.

Cette partie vise à détailler la méthodologie utilisée pour déterminer les impacts environnementaux de la fabrication des matériaux composites à structure sandwich. Une fois les matériaux composites ont été caractérisés techniquement. Le travail s'est poursuivi avec la détermination des impacts environnementaux potentiels des matériaux composites à structure sandwich, pour lesquels une étude d'analyse du cycle de vie comparative a été réalisée selon la méthodologie internationalement reconnue et encadrée par les séries de normes ISO 14040 (2006) – Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Principe et cadre et ISO 14044 (2006) – Management environnemental - Analyse du cycle de vie – Exigences et lignes directrices. La modélisation du cycle de vie des matériaux composites développés a été faite du tout début à la porte de l'usine. Les phases d'utilisation et de fin de vie n'ont pas été considérées. Le logiciel SimaPro 8.4 développé par *Pré Consultant* est utilisé pour la modélisation. Ce logiciel est communément utilisé pour ce type d'étude au niveau global. La modélisation des matériaux composites a été réalisée en utilisant les données calculées dans le laboratoire et adaptées au niveau industriel. Les données de l'inventaire d'émission et d'extraction ont été utilisées dans la base de données *Ecoinvent*. Pour l'agrégation des résultats de l'inventaire d'émission et d'extraction, il existe plusieurs méthodes d'analyse d'impact intermédiaire (impact direct) ou de dommage. Dans notre cas, nous avons choisi d'utiliser deux méthodes : IMPACT 2002+ et TRACI (*Tool for reduction and assessment of chemicals and other environmental impacts*). Les résultats obtenus pour chaque alternative des matériaux composites à structure sandwich sont présentés dans le chapitre 5. Les conclusions relatives aux alternatives sur la performance environnementale ont été