



**HAL**  
open science

# Amélioration de la compressibilité des non-tissés en fibre de carbone recyclées pour mise en oeuvre par le procédé d'infusion

Quentin Govignon, Aubin Cloos, Florentin Berthet

► **To cite this version:**

Quentin Govignon, Aubin Cloos, Florentin Berthet. Amélioration de la compressibilité des non-tissés en fibre de carbone recyclées pour mise en oeuvre par le procédé d'infusion. Journées Scientifiques et Techniques Fin de Vie et Recyclage des Composites, IMT Mines Albi; AMAC; Institut Clément Ader; I2M, May 2024, Albi, France. hal-04688972

**HAL Id: hal-04688972**

**<https://hal.science/hal-04688972>**

Submitted on 5 Sep 2024

**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.

## **Amélioration de la compressibilité des non-tissés en fibre de carbone recyclées pour mise en œuvre par le procédé d'infusion**

### ***Improving compressibility of recycled carbon fibre non-woven textiles for processing through resin infusion moulding***

**Quentin Govignon<sup>1</sup>, Aubin Cloos<sup>1</sup>, Florentin Berthet<sup>1</sup>**

1 : Institut Clément Ader UMR CNRS 5312  
IMT Mines Albi-Carmaux, Institution, Université de Toulouse  
Allée des sciences, 81013 Albi Cedex 09  
e-mail : quentin.govignon@mines-albi.fr et florentin.berthet@mines-albi.fr

Lors du recyclage des composites [1], les performances des fibres peuvent être préservées [2], mais la continuité des fibres ne l'est pas. Même si la structure textile peut-être préservée selon le mode de recyclage, l'utilisation en volume industriel de fibres longues issues du recyclage nécessite le passage par des procédés textiles afin d'homogénéiser les propriétés des renforts et d'obtenir un produit aisément manipulable. La réalisation de non-tissés [3] est pour l'instant la méthode la plus avancée en termes de TRL, pour la réutilisation des fibres issues du recyclage.

Une utilisation potentielle des non-tissés de fibres de carbone recyclées (rCF), est la réalisation d'outillage ou moule destinés à la fabrication de pièces en préimprégnés notamment dans le nautisme. Pour la construction de voiliers de compétitions, plusieurs tonnes de fibres de carbone sont nécessaires à la réalisation d'un moule qui servira à fabriquer une voir deux coques puis sera mis au rebut. Le choix de réaliser un outillage en composite est guidé par le besoin d'avoir un moule dont le coefficient de dilatation thermique est le plus proche de celui du matériaux mis en œuvre afin de limiter les contraintes résiduelles, de minimiser la distorsion et d'assurer des tolérances géométriques serrées. Les outillages sont réalisés par le procédé d'infusion sous vide, et la compaction appliquée sur les renforts est donc limitée à 1 bar, différence entre la pression atmosphérique et le vide appliqué sous la bache à vide.

La structure des non-tissés, notamment ceux réalisés par voie sèche cardage, nappage et aiguilletage, implique un fort enchevêtrement des fibres et résulte en une structure poreuse très ouverte et peu compressible. Les composites obtenus par infusion de résine sur ces non-tissés non-optimisés présentent donc un taux de fibre très faible (~10%), résultant en une forte consommation de résine, un CTE plus proche de celui de la résine que de celui des fibres de carbone et des propriétés mécaniques réduites. Le projet OPTICARB a donc pour but d'optimiser les non-tissés à base de rCF afin d'améliorer les propriétés de ces composites de 2<sup>ème</sup> génération.

Les outillages en composites réalisés par infusion sur des préformes en fibres vierges tissées ou renfort multi-axiaux NCF (« Non-Crimp Fabric) possèdent des taux de fibres structuraux (de l'ordre de 50% en volume), dont il faut s'approcher le plus possible au niveau du moule pour espérer avoir des CTE avoisinants.

L'amélioration de la compressibilité des non-tissés a été fait selon plusieurs voies. Une première voie a été de réensimer les fibres de carbone issues de vapothermolyse préalablement à leur passage sur les machines de fabrication du non-tissé. L'ensimage, c'est connu, possède deux fonctions, une pour améliorer la compatibilité des fibres avec les résines utilisées lors de la fabrication des composites et une deuxième de facilitation des opérations textiles. Dans notre étude l'ensimage s'avère faciliter les opérations textiles et améliore la compressibilité du mat non-tissé par une forme de lubrification du mouvement des fibres de carbone les unes par rapport aux autres.

Une seconde voie a été le travail sur l'architecture et les paramètres de fabrication des non-tissés. Un travail avec un premier sous-traitant produisant des non-tissés par cardage et aiguilletage ou un certain nombre de paramètres ont été évalués (taux d'aiguilletage, grammage, comèlage, calendrage à chaud). Un autre sous-traitant a permis de réaliser des non-tissés par méthode « airlay », où les paramètres de choix de liants, de grammage et d'activation du liant ont été évaluées.

Une troisième voie d'étude consiste en des traitements de densifications des non-tissés en y appliquant des chargements variés en amont de la mise en œuvre par infusion. Les essais ont montré que plus la contrainte de compaction à laquelle les mats sont soumis est grande, plus le taux de fibre atteignable ensuite avec 1 bar de compression est élevé. En présence d'un liant thermoplastique la densification est plus effective en procédant à une compaction à chaud. Des essais de compressibilité ont été menés pour évaluer quel taux de fibre est envisageable avec ces matériaux. Il a également été constaté que les mats n'étaient pas dégradés après un chargement en compression à 15 MPa et pouvaient donc encore être utilisés pour effectuer une infusion. Outre un meilleur taux de fibre à 1 bar de compression, l'étape de densification des non-tissés permet d'augmenter le taux de fibre à l'état relaxé ce qui permet une diminution de la consommation de résine lors de l'infusion.

Une dernière voie d'amélioration employée a été le travail sur le procédé de fabrication par infusion (Cycle de compactage, utilisation de vide partiel) en s'inspirant du procédé CAPRI (Controlled Atmospheric Pressure Resin Infusion). Cela a pris la forme d'opérations de compactage de l'empilement de mat, par réalisation de cycles successifs de compactage alternés avec le relâchement, afin d'aider à la réorganisation des fibres. L'utilisation d'un vide partiel au niveau du point d'injection permet aussi de limiter le regonflement du renfort lors de l'imprégnation et de limiter la surconsommation de résine.

---

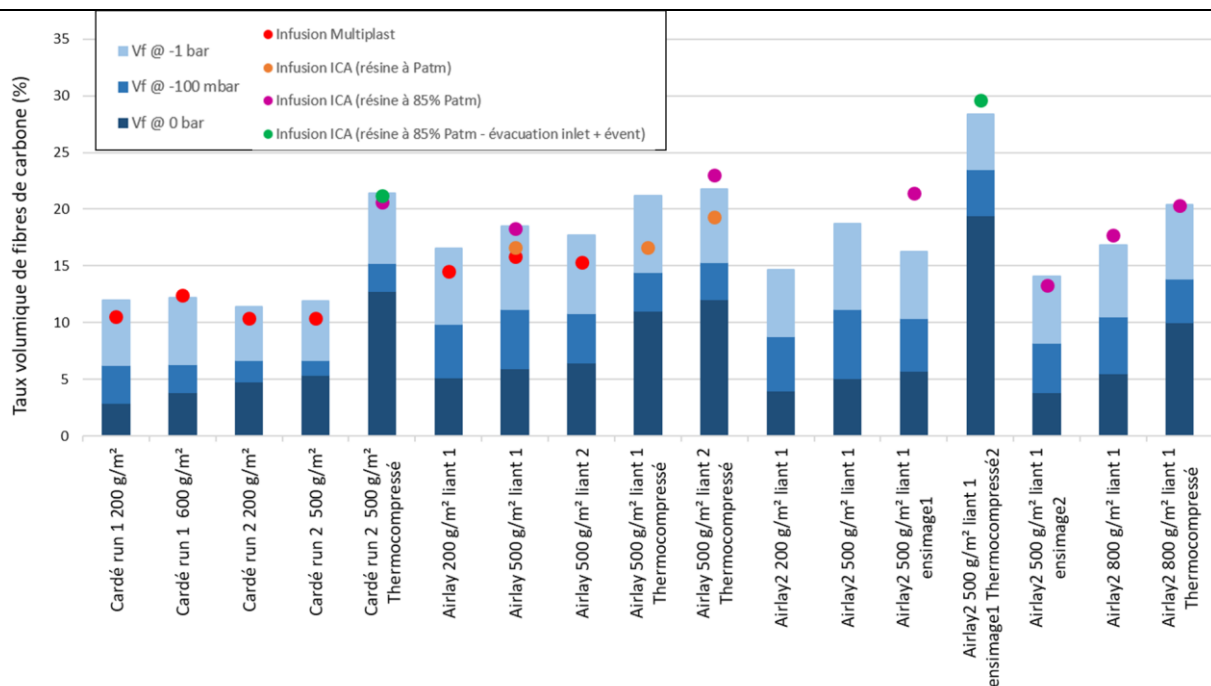


Fig. 2. Taux de fibre à différents niveaux de compression et méthodes d'infusion

Les travaux effectués ont permis d'améliorer le taux de fibre de plaques infusées en passant de 10% à 30% de taux volumique de fibre. Cela a permis une réduction de 74% de la consommation de résine ainsi qu'une amélioration de 50% du coefficient de dilatation thermique et de plus de 50% des propriétés mécaniques des matériaux obtenus.

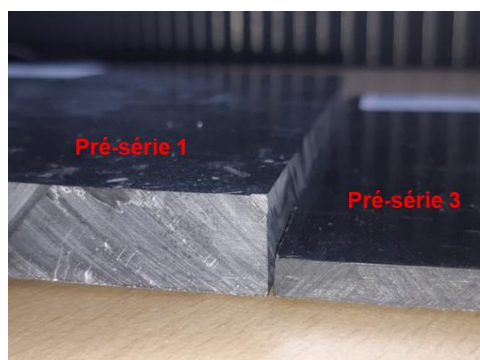


Fig. 1. Deux plaques composites à base de non-tissés rCF avec le même grammage de fibres ; l'une à un Vf=9%, la deuxième à Vf=24%

### Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier les sociétés Alpha Recyclage Composites et Multiplast ainsi que la BPI et la Région Occitanie pour leur participation et leur support au projet OPTICARB.

### Références

- [1] Govignon, Q., Berthet, F., Moulin, L., Mantoux, O., Faure, A., & Gillet, A. (2022). « Le recyclage des composites ». bulletin de l'AMAC, (38), 1-28.
- [2] Bernhart, G., Govignon, Q., Berthet, F., Soudais, Y., Boulanghien, M., Jassi, S., & da Silva, S. (2019, October). « 2.0 rCF based composite materials: manufacturing processes and mechanical properties ». In Workshop CUSTOMISIZE LEITAT 2019.
- [3] Jassi, S. « Composites à fibres de carbone recyclées : variabilité des sources et optimisation des performances mécaniques », Thèse de doctorat, Ecole des Mines d'Albi-Carmaux, 2019.