



**IMT Mines Albi-Carmaux**  
École Mines-Télécom



**INSTITUT CLÉMENT ADER**  
IMT Mines Albi-Carmaux INSA Toulouse ISAE Toulouse UNIVERSITÉ TOULOUSE III PAUL SABATIER CITE Université de Toulouse

## Offre de thèse

**Titre de la thèse :**

**Effet du recyclage, du post-traitement et des procédés textiles sur les propriétés de fibres de carbone recyclées et de leurs composites.**

**Contexte :**

La production de matériaux composites renforcés par des fibres de carbone croît rapidement dans de nombreux secteurs industriels tels que l'aéronautique, l'automobile, le nautisme, l'éolien et les sports et loisirs. Par exemple les réglementations environnementales poussent l'industrie automobile à alléger ses véhicules et donc à utiliser davantage de fibre de carbone en remplacement de l'acier, notamment dans les parties structurales ; elles imposent par ailleurs des exigences de recyclage. La récupération et la réutilisation des fibres de carbone issues du recyclage apparaît comme une filière économiquement viable et incite à la mise en place d'une chaîne de valeur complète de recyclage des composites ayant des renforts en fibres de carbone.

L'institut Clément Ader travaille sur cette thématique depuis 2010. Une première thèse (M. Boulanghien, 2014), menée au niveau d'un pilote laboratoire, a permis de démontrer que le procédé de vapo-thermolyse permettait de conserver intactes les performances des fibres de carbone après dissolution de la matrice polymère et, sur un exemple précis, que des composites à fibres recyclées étaient au niveau de composites à fibres discontinues conventionnels en termes de performances mécaniques. Une deuxième thèse (S. Jlassi, 2019) a permis de déterminer l'influence des longueurs et des natures de fibres sur les propriétés de non-tissés cardés. Le projet OPTICARB a ensuite permis d'explorer des voies de densification des non-tissés pour obtenir des composites avec un taux de fibres plus élevé et un coefficient de dilatation thermique des composites minimisé, pour une utilisation en tant que moule.

L'objectif de cette thèse est lié au projet DUCHESS qui s'inscrit dans la continuité de ces études. Ce projet est financé par l'ADEME (France2030) et est porté par la société SULITEC, en collaboration avec Alpha Recyclage Composites, l'ENSAIT (GEMTEX), l'IFTH et l'IMT Mines Albi (ICA). La thèse vise à conforter les résultats antérieurs et à apporter des éléments de validation de la filière complète au niveau pilote industriel : traitement des composites par vapo-thermolyse et récupération des fibres de carbone, élaboration et optimisation du procédé d'élaboration du semi-produit de seconde génération, performance des composites (thermoplastique ou thermodurcissables) avec fibres recyclées.

**Description du sujet :**

Le projet de thèse vise à apporter des connaissances scientifiques sur le comportement des matériaux renforcés par fibres de carbone issues du recyclage. D'autres acteurs du projet chercheront à développer la fabrication de fil à partir de fibre discontinu e. En particulier il est recherché d'éclairer sur les performances envisageables pour les composites recyclés quand la source de fibres de carbone initiale est diverse et mélangée, et en fonction du processus de fabrication des semis produits de deuxième génération.

Cette thèse comportera les grandes étapes suivantes :

- Identifier et comprendre l'influence du traitement de vapo-thermolyse sur les propriétés (thermogravimétriques et mécaniques) des fibres obtenues au niveau du pilote avec

---

des sources d'approvisionnement diverses (qui peuvent voir cohabiter composites thermoplastiques et thermodurcissables).

- Développer et optimiser, en partenariat extérieur, le procédé d'obtention de semi-produits de seconde génération. En continuation des précédents projets, la filière semi-produit textile de type mat à fibres discontinues aléatoires (sous forme cardée) sera étudiée. Une attention sera portée sur la longueur des fibres (initiale, puis dans le process), sur l'ensimage et sur le mélange avec des fibres thermoplastiques, sur la « dégradation » des fibres (mécanique et longueur) lors des phases de cardage, nappage, aiguilletage ou liage thermomécanique des non-tissés.
- Caractériser les propriétés de compressibilité des non-tissés et mesurer l'impact de différentes étapes de densification avant mise en œuvre des non-tissés, sur les propriétés des fibres. Comprendre les mécanismes d'endommagement des fibres lors des phases de préformage et de mise en œuvre.
- Elaborer des nouveaux matériaux composites à base de fibres de carbone recyclées (mats et autre renforts textiles) par des procédés tels que l'infusion de résine, l'injection RTM, la thermocompression, etc.
- Evaluer le niveau de performance, notamment mécanique, des composites de seconde génération. Une attention particulière devra être portée sur l'interface fibre/matrice, sur l'orientation des fibres et sur la variabilité des sources de fibres, afin d'optimiser les propriétés du composite.
- Faire le lien entre les propriétés mécaniques des composites avec les propriétés mécaniques et morphologiques des fibres.

Cette thèse sera principalement expérimentale visant à établir des relations entre les procédés d'élaboration et les performances du produit final, allant de la micromécanique à l'échelle de la fibre unitaire, jusqu'à l'échelle macroscopique du matériau composite. Elle nécessitera le développement de techniques expérimentales originales (notamment au niveau du semi-produit) et comportera la réalisation de plans d'expériences.

**Partenariat :** Alpha Recyclage Composites, ENSAIT, IFTH, SULITEC

**Profil :** titulaire d'un master recherche ou d'un diplôme d'ingénieur avec stage recherche. Candidat(e) ayant un goût prononcé pour l'élaboration et l'expérimentation à l'échelle laboratoire. Profil science des matériaux, matériaux et procédés composites, mécanique des matériaux ; des notions ou compétences sur les procédés textiles seraient un plus. Aptitudes à la synthèse et à la communication en relation avec les réunions d'avancement de projet. Maîtrise de l'anglais.

**Conditions :**

L'étudiant(e) sera salarié(e) de l'IMT Mines Albi.

L'étudiant(e) sera inscrit(e) à l'école doctorale MEGeP de Toulouse et sera basé(e) principalement à Albi. Elle ou il fera partie du groupe « Matériaux et Structure Composites » de l'Institut Clément Ader.

Le poste étant ouvert dans une zone à régime restrictif (ZRR) de l'ICA, le recrutement est soumis à l'avis du haut fonctionnaire de défense et de sécurité du ministère de l'économie et des finances.

**Personnes à contacter :**

Quentin Govignon	<a href="mailto:quentin.govignon@mines-albi.fr">quentin.govignon@mines-albi.fr</a>	0563493340
Florentin Berthet	<a href="mailto:florentin.berthet@mines-albi.fr">florentin.berthet@mines-albi.fr</a>	0563493165
Thierry Cutard	<a href="mailto:thierry.cutard@mines-albi.fr">thierry.cutard@mines-albi.fr</a>	0563493161

**Documents à adresser :** CV et lettre de motivation.

---