



Offre de thèse

Exploration du développement et de la structure des fibres de lin pour un usage en tant que renforts de matériaux composites

Contexte :

Ce sujet de thèse s'inscrit dans le projet Interreg FLOWER, porté par l'IRDLD et dédié au développement de nouvelles préformes en lin pour l'industrie des composites. Ce projet s'étend jusqu'en 2022 et comporte 8 partenaires (Université de Bretagne Sud, INRA, University of Cambridge, University of Portsmouth, Teillage Vandecandelaère, Kairos et Howa-Tramico).

Etablissement et laboratoire :

L'Université de Bretagne Sud est implantée à Lorient, Vannes et Pontivy, elle accueille environ 10000 étudiants sur ces 3 sites.

l'Institut de Recherche Dupuy de Lôme (IRDLD) est la plus grande structure dans le domaine de l'ingénierie des matériaux en Bretagne. Il a comme objectif de fédérer les compétences et mutualiser les moyens dans le domaine des Sciences Pour l'Ingénieur (SPI) en Bretagne, en particulier sur l'ensemble du cycle de vie des matériaux sous des aspects divers mais avec une originalité certaine dans de nombreux domaines.

Il est reconnu par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche comme UMR CNRS (UMR 6027) depuis 2018 et comprend environ 300 membres localisés à Lorient, Brest, Vannes, Pontivy et Guer.

Au sein de ce laboratoire l'équipe biopolymères et biocomposites hautes performances s'intéresse principalement aux thématiques suivantes:

- Compréhension et caractérisation des propriétés des fibres naturelles (traction, DMA, nanoindentation, microscopie optique et électronique, ATG), influence de l'environnement
- Compréhension et caractérisation des surfaces (mouillage, AFM) et interface entre fibre naturelle et (bio)polymère (test de micro-goutte)
- Mécanisme de renforcement des polymères par des fibres naturelles
- Mise en œuvre des biocomposites (extrusion, injection, film stacking, infusion...)
- Durabilité des biocomposites en milieu agressifs



- Fin de vie par recyclage ou par compostage

- Justification environnementale par analyse de Cycle de Vie

Les travaux effectués ont permis de nombreuses collaborations nationales et internationales : IFREMER, ENSTA, Université du Havre, Université de Rouen, I2M Mulhouse, Institut FEMTO (Besançon), Ecole Centrale Paris, Ecole Centrale Nantes, Institut LERFOB (Nancy), INRA, Université de Caen, ENSAM, KIBB Kazan, University of Portsmouth, University of Cambridge, University of Boras.

A ce jour environ 120 articles ont été publiés en revue internationale sur la thématique biocomposites et fibres végétales, 25 thèses soutenues et nous participons ou avons participé à 15 programmes collaboratifs nationaux ou européens.

Description du sujet de thèse :

Le développement des matériaux composites renforcés par des fibres végétales nécessite une connaissance accrue des propriétés intrinsèques des fibres ; il est important de mieux contrôler les paramètres qui permettront de développer des variétés de lin ou encore des pratiques culturales permettant une optimisation des performances fibres et des rendements agricoles. Au cours de travaux précédents, nous avons étudié de très nombreux paramètres influençant les propriétés des fibres (variétés, hauteur des plantes, conditions météorologiques durant la croissance, zones de culture, zone de prélèvement dans la hauteur de la plante, présentation, présence de défauts, comportement mécanique, visco élasticité, influence de l'humidité, de la température, du rouissage, composition biochimique, angle micro fibrillaire) et des biocomposites (type de matrice, adhérence, endommagement, vieillissement, recyclage, fatigue, propriétés mécaniques longitudinales, transverses et hors axe, influence des cycles de transformation) ; par ailleurs des travaux dédiés aux analyses de cycle de vie de ces matériaux ont également été conduits.

Lors de ce travail de thèse, nous souhaitons, à travers une approche multi-échelle et multi-modale explorer les performances des parois végétales et des fibres de lin en utilisant des outils de caractérisation innovants. En lien constant avec le centre de teillage et de fabrication de préformes textiles impliqué dans le projet (Teillage Vandecandelaere, Bourguebus, 14) nous étudierons les performances de différentes variétés de lin avec un objectif de définir des variétés dédiées aux matériaux composites ; dans le même esprit, l'adaptation des plantes aux terroirs sera étudiée. Nous nous intéresserons également aux étapes de rouissage et de teillage en travaillant sur l'impact de ces séquences sur la qualité des fibres. Le rouissage peut en particulier avoir un rôle primordial sur la qualité des fibres en facilitant la division des faisceaux lors des étapes de transformation mécanique ; il peut aussi impacter de manière significative les performances mécaniques des parois, à la baisse comme à la hausse. Ainsi, ce procédé biologique conditionne grandement les performances mais aussi la morphologie des futurs renforts. Il peut avoir un impact majeur sur les futures propriétés des renforts tissés et non tissés et des composites



associés. Les phénomènes structuraux et biochimiques entraînant une évolution des parois lors du rouissage sont encore mal connus et nécessitent des travaux exploratoires complémentaires. Enfin, notre travail pourra être complété par un volet scientifique axé sur l'initiation et la présence de défauts dans les fibres de lin (parfois appelés 'kink bands') ; ces derniers ont une origine mal établie mais ils peuvent constituer des zones préférentielles d'endommagement et de rupture.

Les investigations scientifiques conduites lors de cette thèse pour explorer ces différents points seront principalement mises en œuvre à l'échelle de la paroi végétale, de la fibre et du composite. Les performances mécaniques et structurales des fibres seront caractérisées par des essais de traction sur fibres élémentaires ; ils pourront être couplés à des essais de diffraction des rayons X et de SHG (Génération de Seconde Harmonique) qui nous permettront d'accéder aux modifications de l'ultrastructure des fibres pendant un essai de traction, et en particulier à des évolutions des angles micro-fibrillaires. Ces essais seront réalisés au Synchrotron SOLEIL.

A l'échelle de la paroi végétale des fibres, des explorations seront conduites en utilisant différentes technologies de microscopie à force atomique (AFM). Le mode Peak Force QNM, permettant de réaliser des cartographies fines de rigidités sera utilisé ainsi que le couplage AFM-spectroscopie RAMAN pour une compréhension optimale des relations structure-propriétés. Enfin, si nécessaire des investigations biochimiques sur les lignes DISCO ou LUCIA du Synchrotron SOLEIL pourront venir compléter ces travaux.

Enfin, de manière plus exploratoire l'usage d'une ligne pilote de microscopie à feuillet de lumière (Light Sheet Fluorescent Microscopy, LSFM) pourra nous permettre de visualiser le développement des fibres au sein d'une plante vivante.

Ces différents travaux à l'échelle de la plante, de la paroi et de la fibre seront complétés par des travaux sur composites afin de faire le lien entre ces connaissances et les matériaux développés dans le projet FLOWER. Des pièces développées chez nos partenaires industrielles ou des éprouvettes représentatives seront caractérisées mécaniquement et l'endommagement des structures pourra être étudié par tomographie in situ ou non.

Profil des candidats :

Le candidat recherché affichera une solide formation scientifique ; il aura idéalement effectué un bac S puis une école d'ingénieur généraliste ou textile ou un master lui permettant d'avoir des compétences en matériaux mais aussi en mécanique. Compte tenu du sujet axé sur la structure du lin, il devra manifester un intérêt pour la biologie végétale. Un goût pour le traitement des données scientifiques sera également apprécié.

Par ailleurs, de bonnes aptitudes rédactionnelles et une maîtrise confirmée de l'anglais sont très fortement souhaitées. Une expérience en recherche sera un plus ; des recommandations de chercheurs encadrants seront demandées.



Divers :

Le doctorant sera basé à Lorient (56) avec des déplacements ponctuels chez les partenaires académiques du consortium (Nantes, Cambridge, Portsmouth) ainsi qu'au Synchrotron Soleil (Gif-Sur-Yvette).

Financement : Interreg TransManche

Date limite de réception des dossiers de candidature : 21 juin 2018

Encadrants : Directeur de thèse : Alain Bourmaud, Ingénieur de Recherche, HDR, IRDL Lorient
Co-directeur de thèse : Johnny Beaugrand, Directeur de Recherche, INRA Nantes
Co-directeur de thèse : Frédéric Jamme, Ingénieur de Recherche, Synchrotron SOLEIL, Gif-Sur-Yvette

Contact :

Alain BOURMAUD, Laboratoire IRDL

alain.bourmaud@univ-ubs.fr

Tél. +33 (0)2 97 87 45 18

Mob. +33 (0)6 89 09 92 35