

Les polymères et les composites, quels renforts biosourcés ?

Congrès des 15 et 16 octobre 2014 - ISPA d'Alençon

Organisé conjointement par la **SFIP** et l'**ISPA** d'**Alençon**, ce congrès a rassemblé environ 100 personnes représentant environ 50 raisons sociales dont 30 sociétés industrielles et 20 organismes universitaires : laboratoires universitaires, écoles d'ingénieurs et centres techniques. A noter, la présence d'environ 25 élèves de 3^{ème} année de l'ISPA.

Ces deux journées étaient consacrées à l'étude des renforts biosourcés pour les matériaux polymères et composites en vue de remplacer les renforts actuels issus de matières fossiles et minérales.

À travers 24 conférences animées par des chercheurs et des professionnels du secteur, ce congrès se proposait d'examiner les avancées significatives qui ont eu lieu cette dernière décennie lors du remplacement des renforts traditionnels par des renforts biosourcés.

Les thématiques suivantes ont été abordées :

- 1- Le contexte général du marché des fibres et renforts biosourcés,
- 2- Les études concernant la caractérisation, les propriétés et les performances de composites renforcés par des fibres biosourcées,
- 3-La présentation de nouveaux matériaux renforcés par des fibres biosourcées et de réalisations industrielles ou en développement,
- 4- Les verrous scientifiques et techniques à lever pour une utilisation massive et pérenne des renforts biosourcés.

Le congrès a été ouvert par une présentation de l'ISPA – Robert MOREAU, Directeur de l'ISPA et de la SFIP – Gérard LIRAUT, Président de la SFIP.

1 – Le contexte général du marché des fibres et renforts biosourcés :

Pierre BONO – F-R-D : Contexte général du marché des fibres et renforts biosourcés.

Après une rapide présentation de Fibre Recherche Développement, cette conférence d'ouverture a permis de présenter « l'état de l'art » relatif au développement de l'utilisation des fibres naturelles : définitions, ressources disponibles (volumes et caractéristiques) et principaux domaines d'utilisations. L'historique des applications depuis les années 50 à aujourd'hui est décrit. L'utilisation de ces fibres dans les composites thermoplastiques et thermodurs est largement illustrée.

Enfin, l'organisation de la filière, structurée autour de projets tels que **SINFONI**, est présentée : il s'agit de construire une nouvelle économie grâce à la création de valeurs basées sur la performance, le prix et la disponibilité.

Maeva COUREUX – AgroComposites Entreprises :

Les agromatériaux : applications industrielles et avantages techniques.

Il est rappelé qu'ACE est une association - 18 sociétés - qui s'implique dans le développement de matériaux biosourcés plastiques et composites afin d'offrir de l'expertise et des services, de la conception à l'industrialisation. Après avoir rappelé l'intérêt d'utiliser des matériaux biosourcés, de nombreux exemples de développements de produits dans des marchés tels que l'ameublement, l'emballage, les sport & loisirs et les transports sont présentés en soulignant les avantages et les freins.

Marta ZACCONE – PROPLAST:

Biopolymer compounds based on agricultural waste residues: rice husk, hemp wood, corn cob.

Proplast est un “cluster” privé piémontais organisé en centre de R&D qui représente les acteurs de la plasturgie (matériaux et procédés) en vue de réaliser des compounds entièrement issus à partir de ressources renouvelables (matrices PLA et PHB et charges constituées de résidus agricoles produits dans le Piémont, tels que vannures de riz, tiges de chanvre et épis de maïs). Les matériaux proposés sont décrits : compositions, morphologies, procédés de mise en œuvre (compoundage et injection) et caractérisations mécaniques. Les performances de ces matériaux (en particulier la tenue aux chocs) devront être optimisées lors d’applications automobiles.

Marc AUDENAERT- Arkema:

Performances of short cut flax fibre reinforced plastics.

Après une rapide présentation d’Arkema, de sa gamme de produits biosourcés et issus de la pétrochimie et de son implication dans les projets de R&D français, les avantages et les inconvénients des plastiques renforcés par des fibres végétales sont traités. En conclusion, il est mentionné que : 100% des matériaux fibres de verre courtes peuvent être remplacés par des matériaux biosourcés. Leurs avantages sont : plus faible impact sur l’environnement, mise en œuvre à plus faible température, gain de masse d’environ 4%. Leurs inconvénients sont : tenue au choc à optimiser et nécessité d’avoir des fibres de grande qualité, garantie dans le temps.

2 – Les études concernant la caractérisation, les propriétés et les performances de composites renforcés par des fibres biosourcés :

Alain BOURMAUD – LIMATB, Université de Bretagne Sud :

Key points for efficient plant fiber composites.

Au cours de cette conférence, les points suivants ont été abordés (synthèses de travaux de recherche depuis 10 ans au laboratoire LIMATB) :

- Quelles fibres pour renforcer les polymères ?
- La structure et les performances des fibres, en particulier les fibres de lin,
- L’importance du rouissage sur les propriétés finales,
- Les performances des composites renforcés par des fibres naturelles,
- L’importance du compoundage et de la prise en compte de la fin de vie et du recyclage.

En conclusion, l’accent est mis sur les points suivants : préserver l’intégrité des fibres lors du process, optimiser l’individualisation et la dispersion des fibres et être attentif à l’adhérence et à la compatibilité des fibres avec la matrice.

Loïc LE PLUART – LCMT, Université de Caen Basse Normandie, ENSICAEN, CNRT Matériaux :

Interface durability in short flax fibres LDPE composites.

Cette présentation décrit l’élaboration d’un composite (matrice LDPE) renforcé par des fibres de lin, dont les propriétés mécaniques et le vieillissement sont améliorés grâce à l’optimisation de l’adhérence fibre/ matrice : description des matériaux utilisés, du procédé de compoundage et de réalisation des éprouvettes d’essai et des procédés pour améliorer l’adhérence (traitement alcalin et ajouts d’additifs compatibilisants). Les résultats obtenus sont décrits.

Khaldi MOKHTAR – CIMAP-Alençon, Université de Caen Basse Normandie, CEA, ENSICAEN :

Propagation de rupture dans un composite UD renforcé par des fibres végétales alfa.

Cette présentation a pour objectif d’étudier la propagation de rupture dans un composite (matrice époxy) renforcé par des fibres unidirectionnelles obtenues à partir de fibres végétales alfa. Sont décrites : les fibres végétales alfa (origine Espagne et Afrique du Nord), les ressources disponibles, les méthodes d’extraction des fibres (mécaniques, chimiques et enzymatiques), la comparaison de leurs compositions chimiques et de leurs propriétés mécaniques / aux autres fibres naturelles. Les résultats obtenus sont décrits.

Thuy Quynh TRUONG HOANG – ESTACA, Laval :

Optimisation de la mise en œuvre d’un composite lin/polyamide 11.

L’objectif de la thèse présentée est d’étudier la tenue au choc basse vitesse d’un composite PA11/lin. Cette présentation se limitera à l’optimisation du process de fabrication des éprouvettes par compression à partir d’une poudre PA11/lin : étude de l’influence de la pression et de la température sur les propriétés mécaniques et

examen des ruptures obtenues (SEM, DMA...). La configuration donnant les meilleurs résultats est le couple 210°C / 65 bars.

Pierre-Jacques LIOTIER – Ecole Nationale Supérieure des Mines de St Etienne:

Effets capillaires sur renforts pour composites élaborés par Liquid Composite Moulding : le défi des renforts biosourcés.

La réalisation de pièces composites à partir de renforts biosourcés (fibres de lin) et de résine liquides (époxy contenant 50% d'huile de pin) suivant le procédé VARTM (RTM sous vide) induit la formation de défauts spécifiques (porosités, zones sèches...) qui rendent difficile voire impossible toute conclusion sur les performances mécaniques à la rupture des pièces. Cette présentation étudie donc la modélisation et la compréhension de la perméabilité de la résine au travers de préformes très denses ; à savoir les interactions entre les renforts et la résine liquide durant l'imprégnation des fibres (capillarité, énergie de surface apparente avec et sans traitement thermique des fibres). Les moyens de mesure de la mouillabilité en statique et dynamique sont décrits. L'objectif final est la modélisation de ces phénomènes et la mise au point de simulations numériques fiables permettant de donner des informations sur les paramètres critiques lors de l'élaboration de pièces composites de formes complexes.

Emilie CAPELLE – Groupe DEPESTELE:

Introduction au tissage de mèches plates en fibres de lin.

En introduction sont présentés le Groupe Depestele et les laboratoires Prisme et Gemtex. Cette conférence a pour objectif de montrer comment les industriels du textile doivent adapter leurs méthodes de tissages pour permettre une utilisation optimale des fibres de lin dans les matériaux composites. Contrairement aux fibres synthétiques, les fibres de lin sont organisées en faisceaux discontinus, de longueur 60 à 80 cm. Ces faisceaux doivent être « retordus » sous forme de fils afin de pouvoir être tissés, or dans le cas de tissus techniques, le degré de torsion des fils engendre des problèmes d'imprégnation. L'enjeu est donc d'optimiser la tissabilité et l'imprégnation des renforts en utilisant des mèches plates constituées de faisceaux de fibres parallèles renforcées par un agent d'encollage. Les essais réalisés et les résultats obtenus sont décrits.

Christophe POILANE – CIMAP, Université de Caen Basse Normandie :

Aspect non élastique du lin/époxy.

Après un rappel des principales caractéristiques mécaniques des polymères renforcés par des fibres de lin (retour élastique faible, influence de l'eau, de la température et de la vitesse de déformation), une modélisation du caractère viscoélastoplastique est proposée. Il faut prendre en compte les aspects suivants : la structure et la distribution des fibres de lin (torsadées, glissement entre les différentes parois de la fibre, micro-fibrilles comportant des arrangements tantôt cristallins, tantôt amorphes), la qualité de l'interface fibre/matrice, une possible réorientation des fibres en cours d'essai.... Les essais réalisés montrent que huit paramètres peuvent rendre compte correctement du comportement du matériau.

Géraldine SAVARY - Université du Havre :

Polypropylène avec renforts en fibres de lin : COVS émis et odeurs associées.

L'objectif de cette étude est de développer une méthodologie d'analyse des émissions volatiles (COVS) et des odeurs associées, émises par des matériaux PP/fibre de lin (suite à des dégradations possibles lors de la mise en œuvre et dans les conditions d'usage) et de comprendre leurs origines. L'approche expérimentale est décrite : séparation des constituants par chromatographie gazeuse, identification chimique par spectrométrie de masse (COVS) et analyse des odeurs par olfactométrie (champs des odeurs). Les résultats de ces travaux doivent permettre d'analyser la perception des odeurs par les utilisateurs et de contrôler leurs émissions.

Lise-Marie PUEL – SGS Multilab Rouen :

Analyse et détermination du contenu biosourcé d'un produit fini ou de matières premières.

L'objectif de cette étude est de déterminer les pourcentages de carbone biosourcé et de carbone fossile dans un produit fini ou une matière première, grâce à l'analyse de sa concentration en carbone 14, contenu dans le CO₂ émis lors de sa combustion : pour un produit 100% biosourcé, le taux de C14 est égal à celui présent dans l'atmosphère, pour un produit 100% fossile le taux de C14 est nul.

Pour un produit mixte, l'analyse permet de déterminer les pourcentages de carbone biosourcé et fossile.

L'attestation délivrée par SGS donne droit à l'apposition du logo « Label biosourcé ».

3 – La présentation de nouveaux matériaux renforcés par des fibres biosourcées et de réalisations industrielles sur le marché ou en développement :

Christian GONDARD – ISPA :

Le Selun, un matériau 100% biosourcé pour une (r)évolution du design et de l'aménagement intérieur.

Cette conférence décrit l'utilisation d'un bois hybride, le **Selun** (60% farine de bois + 40% acétate de cellulose), pour la fabrication de meubles et d'agencements intérieurs. Ce matériau, obtenu à partir de déchets d'autres industries, est extrudé en plaques qui sont ensuite façonnées en 3D par thermoformage. La réalisation de formes complexes et harmonieuses est ainsi possible, offrant une plus grande liberté de création que le bois classique. Les propriétés de ce matériau sont décrites et des exemples de réalisations illustrent les possibilités offertes.

Raymond LOCH – SONAE INDUSTRIA :

Woodforce, "natural strength for plastics ": wood fibre dice for thermoplastics reinforcement.

Après une rapide présentation des sociétés SONAE (Portugal) et SCION (Nouvelle Zélande), le matériau **Woodforce** est décrit : il s'agit de dés de fibres longues de bois, obtenus à partir d'une poudre de bois traitée à la vapeur sous 10 bars, prêts à être compoundés avec des polymères thermoplastiques. Sonae fabrique uniquement le Woodforce. Celui-ci est vendu à des compoundeurs (réalisation de granulés de polymère renforcé) et sera ensuite transformé par injection.

Les propriétés mécaniques, physiques et environnementales d'un matériau PP+30%Woodforce, comparativement à un PP+20% fibres de verre et un PP, sont présentées. Sont également mis en avant : la stabilité du coût du bois, les capacités de production en Europe, la facilité d'utilisation du Woodforce et enfin l'accompagnement des compoundeurs pour la réalisation des granulés TP.

Claudine BLOYAERT – SOLVIN SA :

New PVC / long flax fibres composites.

En introduction sont présentées les attentes liées à l'utilisation des composites et les raisons qui incitent à utiliser des fibres de lin et du PVC. Ensuite, trois technologies pour fabriquer des matériaux PVC renforcés par des fibres longues de lin sont décrites : tissus de lin calandrés entre des feuilles de PVC rigides, imprégnation à chaud de tissus de lin avec de la poudre de PVC (procédé **Fibroline**) et enfin imprégnation de tissus de lin par un latex de PVC (procédé **NanoVin**). Les caractéristiques mécaniques, thermiques et acoustiques des matériaux obtenus par ces trois technologies sont comparées. En conclusion, des applications illustrent les utilisations possibles dans le bâtiment, les transports et l'ameublement.

Claude JANIN – LRCCP /CFCP :

Le renforcement du caoutchouc par des produits d'origine végétale.

Après une rapide présentation du LRCCP, la formulation du caoutchouc est décrite. L'accent est mis sur les différents types de renforts utilisés : renforcements d'origine végétale par des charges nanométriques (noir de carbone, amidon, cellulose, lignine) et renforcements par des charges micrométriques (coton, rayonne, fibres cellulosiques, PA66, PET biosourcé). Les études en cours et les applications sont présentées.

François CORDENIER – Certech:

POLYCHANVRE: Development of polymer-hemp composites via a cross border project.

Polychanvre est un projet franco-belge visant à promouvoir le chanvre comme matière première sous forme de paille hachée (pas de séparation entre la fibre et la chènevotte), longueur des fibres 1 à 5 mm. L'élaboration du composite thermoplastique est décrite : choix de la matrice (PVC) et procédés de mise en œuvre. Le chanvre est compacté avec la matrice sous forme de granulés, eux-mêmes transformés par extrusion ou injection. L'influence du chanvre sur les propriétés mécaniques de ces composites est évaluée. L'interface fibre/matrice est particulièrement étudiée afin de définir le meilleur traitement. Les travaux futurs concerneront le traitement plasma des fibres et l'évaluation des odeurs lors de la mise en œuvre et sur pièces finales.

Marie LOZACHMEUR – F-R-D :

Renforts fibres naturelles pour les marchés de la plasturgie et des composites : une gamme de solutions innovantes.

Les projets développés dans le cadre de F-R-D (SINFONI, FINATHER, BIONICOMP, MATAGRAF, CHAMAILLE, APBTP) sont cités ainsi que les matériaux isolants **ISOL** et les outils MAPROFI et DEFIBREX. Les applications innovantes développables à partir de matériaux renforcés par des fibres biosourcées sont présentées en distinguant les matériaux à base de fibres courtes et les matériaux renforcés par des fibres continues. Les gains potentiels et les points à optimiser sont passés en revue. Les précautions à prendre en compte au niveau des procédés de mise en œuvre (intégrité des fibres, homogénéité des mélanges ...) et des fonctionnalités à travailler au niveau des fibres sont décrites (absorption d'eau, interface, tenue au feu...). Pour une application donnée, il est important de bien sélectionner le type de fibres le mieux adapté par rapport au verre. Enfin, il est mentionné qu'il n'existe pas actuellement de modélisation fiable des fibres biosourcées.

Alexia ROMA – Renault :
Stratégie d'intégration de renforts biosourcés chez Renault.

L'utilisation des matériaux polymères dans les véhicules Renault (applications, matériaux, répartitions...), la stratégie mise en place et les objectifs sont présentés. Les travaux développés par Renault en vue d'utiliser des matériaux renforcés par des fibres biosourcées sont exposés : caractéristiques attendues, matériaux, procédés et applications ciblées. Les points faibles constatés actuellement sont mentionnés : tenue au choc, odeur, VOC, mise en œuvre par injection.

Karim BEHLOULI – EcoTechnilin :
L'utilisation des non-tissés à base de fibres naturelles comme solution d'allègement pour l'industrie automobile.

EcoTechnilin est leader français des non tissés en fibres de verre et fibres naturelles à destination du marché automobile. Ces non tissés sont utilisés dans les habitacles et pour des pièces moteurs. Deux familles de matériaux à base de fibres de lin sont présentés : **Fibriplast NFPP** (matrice PP, thermocompression) et **Fibrimat LCM** (matrice polyester, infusion et RTM). Pour chacun d'eux, les procédés de mise en œuvre, les performances techniques et des applications sont décrites.

Gregory YHUEL – APM:
Lean for interiors: green solutions for structural applications.

La société APM (Automotive Performance Materials) est une JV 50/50 récemment créée entre Interval et Faurecia (2/10/2014). Sont ensuite présentés les matériaux disponibles (matrices thermoplastiques renforcées par des fibres de chanvre) et leurs applications en série ou potentielles dans l'automobile : **REFINE** (PP compo, PP et TPE), **NAFILean** (PP) et **BioMat** (PBS). Ils sont tous mis en œuvre par injection.

Nadine AURIAULT – CTTM Le Mans et Laurence LABOUTIERE, Compost'Elle :
Un composite biosourcé, le Mycomatériau : du mobilier à l'automobile.

Le projet Mycomatériau est développé par Compost'Elle, champignoniste, ELVA menuiserie et accompagné techniquement par CTTM Le Mans. Le **Mycomatériau** est un produit 100% biosourcé, développé à partir de mycélium de champignon cultivé dans un substrat à base de paille. Le procédé de fabrication est décrit. Il permet d'obtenir, par compression, des plaques dont les performances physico-mécaniques sont présentées. Les atouts, les caractéristiques à optimiser et les applications potentielles (bâtiment, design et automobile) sont détaillés.

4 – Les verrous scientifiques et techniques à lever pour une utilisation massive et pérenne des renforts biosourcés :

Vincent PLACET – Université de Franche-Comté, Institut FEMTO-ST :
Développement de composites à fibres végétales pour des applications à hautes performances mécaniques : principaux verrous scientifiques et techniques, et besoins R&D.

Après une présentation du FEMTO-ST (moyens et organisation), les principaux verrous scientifiques et techniques à lever pour accéder à une utilisation massive et pérenne des renforts biosourcés sont passés en revue : sourcing, extraction et transformation des fibres, propriétés et comportement, interface matrice/fibre, architecture des fibres, fabrication du composite et ses propriétés, matrices biosourcées, durabilité et variabilité. Pour chacun de ces verrous, l'état de l'art est décrit et des voies d'optimisation sont proposées.