

Journée Scientifique AMAC & MECAMAT

THEME : ECO-MATERIAUX

www.amac-composites.asso.frwww.mecamat.asso.fr

Lieu : Amiens, Université de Picardie Jules Verne
 le lundi 13 octobre 2008 (9h-17h30)

Objectifs

Le développement durable est en pleine expansion en France et en Europe ; les exemples sont légion. Dans ce contexte, les éco-matériaux constituent une thématique pluridisciplinaire, porteuse et en pleine évolution.

Cette journée offre aux industriels et chercheurs l'occasion de se rencontrer et de partager leurs connaissances sur les éco-matériaux sous forme de **communications orales et d'affiches**.

L'objectif est d'initier des synergies afin de créer un groupe de travail, actif et pertinent, sur les éco-matériaux au niveau national (AMAC & MECAMAT).

Thèmes majeurs abordés :

- **Eco-conception**
- **Construction durable**
- **Utilisation de fibres végétales**
- **Bio polymères**
- **Durabilité, fiabilité**
- **Recyclage et valorisation**

Contacts :

E. Bretagne (MECAMAT), estelle.molines@u-picardie.fr

J.Bréard (AMAC), breardjo@univ-lehavre.fr

Orientation et déroulement de la journée

Les symboles « ♠ » et « ♣ » utilisés ci-après désignent, respectivement, une présentation orale (durée approximative 15 minutes) et une présentation par affiche. Cette journée a réuni 60 participants du monde académique et industriel.

L'objectif de la journée était de créer un groupe de travail sur les éco-matériaux (AMAC & MECAMAT), cadre dans lequel les auteurs auront la possibilité de présenter leur travail de manière plus complète.

Ce projet de groupe de travail s'inscrit dans la continuité, la complémentarité et la collaboration avec des groupes et des initiatives déjà existants (AMAC, MECAMAT etc.).

Les résumés présentés ci-après sont donnés à titre purement informatif. Leur contenu n'engage que la responsabilité des auteurs (et en aucun cas celle des organisateurs de la journée et/ou celle des associations AMAC et MECAMAT, qui ne sauraient être tenus pour responsable de l'inexactitude des informations contenues).

Des applications très diverses ... voire inattendues.....	2
Valorisation et recyclage	7
Utilisation de fibres végétales	12

Des applications très diverses ... voire inattendues

♠ *Eco-conception de traitements de surface : comment concilier performances environnementales et performances techniques. (9h30-9h50)*

N. SERRES¹, F. HLAWKA¹, S. COSTIL², C. LANGLADE², F. MACHI³, A. CORNET¹.

¹ Laboratoire de génie de la conception (LGEÇO) – Laboratoire d'Ingénierie des Surfaces de Strasbourg (LISS), INSA de Strasbourg, 24 Boulevard de la Victoire, 67000 Strasbourg, France.

² Laboratoire d'Etudes et de Recherches sur les Matériaux, les Procédés et les Surfaces (LERMPS) – Université de Technologie de Belfort Montbéliard (UTBM), site de Sévenans, 90010 Belfort cedex, France.

³ IREPA LASER - Pôle API - Parc d'Innovation - F-67400 Illkirch, France (centre de transfert de technologie spécialisé dans la mise en œuvre du laser appliquée aux traitements et à l'usinage des matériaux).3

♠ *Désensablement de la baie du Mont Saint Michel : Traitements des sables et utilisations possibles. (9h50-10h10)*

R. JAUBERTHIE, D. RANGEARD, L. MOLLEZ et Y. MELINGE. Laboratoire de Génie Civil et Génie Mécanique (équipe Matériaux), INSA (Rennes), CS 14315, 35043 Rennes, France.4

♠ *Conception d'un bras de robot PAR4 en matériau à faible impact environnemental. (10h10-10h30)*

T. LAURENT¹, J.-L. KERGUEME², D. DUREISSEIX³, O. ARNOULD¹.

Université Montpellier II - CC 048 – Place Eugène Bataillon-34095 Montpellier Cedex 5.

¹ Laboratoire de Mécanique et Génie Civil - Equipe Mécanique de l'Arbre et du Bois.

² Département de Mécanique.

³ Laboratoire de Mécanique et Génie Civil - Equipe Systèmes Multi Contacts.5

♣ *Optimisation environnementale des tabliers de pont par la technique des algorithmes génétiques. (12h00-14h30)*

W. BELLACK, R. LE ROY, A. FERAILLE. UR Navier, ENPC-LCPC, Champs sur Marne.6

Titre : Eco-conception de traitements de surface : comment concilier performances environnementales et performances techniques

Auteurs : Nicolas SERRES ¹, Françoise HLAWKA ¹, Sophie COSTIL ², Cécile LANGLADE ², Frédérique MACHI ³, Alain CORNET ¹

¹*LGECO – LISS, INSA de Strasbourg, 24 Boulevard de la Victoire, 67000 Strasbourg, France*
{nicolas.serres@insa-strasbourg.fr}

{francoise.hlawka@insa-strasbourg.fr}
{alain.cornet@insa-strasbourg.fr}

²*LERMPS – UTBM, site de Sévenans, 90010 Belfort cedex, France*
{sophie.costil@utbm.fr}

{cecile.langlade@utbm.fr}

³*IREPA LASER - Pôle API - Parc d'Innovation - F-67400 Illkirch, France*
{fma@irepa.u-strasbg.fr}

Le chrome VI a récemment été interdit dans les véhicules automobiles et dans les équipements électriques et électroniques par deux directives européennes (VHU et RoHS). Il est encore autorisé dans les bains électrolytiques de chromage décoratif et de chromage dur, mais la réglementation s'appliquant aux entreprises du traitement de surface s'est renforcée, reclassant notamment l'anhydride chromique parmi les substances très toxiques. Notre approche vise à améliorer les meilleures techniques disponibles en traitements de surface, relatives à la directive IPPC et par conséquent, à rechercher des innovations dans le domaine des traitements par voie sèche. La prise en compte de l'environnement de ces traitements au niveau des matériaux et au niveau des procédés repose sur des analyses de cycle de vie des procédés de traitements de surface, ce qui constitue une première originalité de l'étude.

Par ailleurs des industriels développent déjà des traitements de surfaces par projection thermique. Mais les résultats ne sont pas toujours satisfaisants pour des raisons de porosité et de microstructure. L'apport du laser est également étudié. Il permet la construction de dépôts plus denses. Les deux procédés apparaissent en fait comme très complémentaires et il est donc intéressant de comparer les résultats, techniques et environnementaux obtenus avec ces deux technologies.

Le but de cette étude, est donc de proposer des revêtements, au comportement environnemental justifié, réalisés par rechargement laser et par projection thermique (plasma et HVOF) qui pourraient remplacer des dépôts de chrome dur dans des applications anti-usure et/ou anti-corrosion. L'originalité de cette démarche réside ainsi dans l'optimisation des propriétés techniques des dépôts, de manière à offrir des alternatives, transférables en production industrielle.

Mots clés : éco-conception, analyses du cycle de vie, MTD, traitements de surface, usure.

Désensablement de la baie du Mont Saint Michel : Traitements des sables et utilisations possibles.

R. JAUBERTHIE, D. RANGEARD, L. MOLLEZ et Y. MELINGE,
Lab. GCGM (Matériaux), INSA, CS 14315, 35043 Rennes, France.

Les travaux de désensablement du Mont-Saint-Michel et la remise dans sa nature îlienne posent un premier problème de stockage et d'utilisation de la tange représentée par environ 1 250 000 m³ de sédiments. La première option est une utilisation en milieu agricole : les terrains avoisinants sont essentiellement acides et ce matériau peut servir d'amendement calcaire. Une partie pourra aussi servir à renforcer les digues des polders. Mais cette tange n'a pas de caractéristiques géotechniques correctes et cela nécessite des traitements en vue de son utilisation.

Cette étude est basée sur une caractérisation physique et chimique de ce matériau par analyse MEB, micro analyse EDS et par diffraction X. Son caractère 'sable mouvant' est lié à sa composition minérale mais aussi à une partie importante biogène.

Sont testés des traitements à la chaux, la quantité d'argile étant importante, le traitement à la chaux vive peut être envisagé. Une étude comparative est menée avec le liant hydraulique routier qui est favorablement utilisé avec des sols sableux.

Une deuxième série de tests est menée sur de la tange activée thermiquement. Un chauffage léger permet d'éliminer la matière organique néfaste à tout traitement. Un traitement à température plus élevée conduit à la transformation de kaolin en méta kaolin qui réagit avec la chaux ou avec le liant hydraulique par effet pouzzolanique.

Les essais mécaniques menés sur ces matériaux traités thermiquement sont prometteurs et permettent d'envisager des utilisations qui peuvent aller jusqu'à la fabrication de briques.

CONCEPTION D'UN BRAS DE ROBOT PAR4 EN MATERIAU A FAIBLE IMPACT ENVIRONNEMENTALThierry LAURENT¹, Jean-Louis KERGUEME², David DUREISSEIX³, Olivier ARNOULD¹Université Montpellier II - CC 048 – Place Eugène Bataillon
34095 Montpellier Cedex 5¹ Laboratoire de Mécanique et Génie Civil - Equipe Mécanique de l'Arbre et du Bois² Département de Mécanique³ Laboratoire de Mécanique et Génie Civil - Equipe Systèmes Multi Contacts

Dans le passé, le matériau bois utilisé dans les produits industriels a souvent été remplacé par des matériaux offrant une meilleure stabilité dimensionnelle et permettant d'atteindre une plus grande durée de vie. Aujourd'hui, les traitements d'amélioration de sa durabilité et de sa stabilité dimensionnelle en font l'un des matériaux les plus adaptés pour répondre au critère d'impact environnemental grâce à ses propriétés spécifiques élevées.

C'est essentiellement à partir de ce critère « faible impact environnemental » que la société espagnole Fatronik associée au LIRMM¹ a envisagé la conception d'une version écologique du robot PAR4 (robot parallèle de Manipulation à Grande Vitesse, Fig. 1). Le Département de Mécanique de l'Université Montpellier 2, prestataire de service du LIRMM, a assuré la (re)conception du bras du robot réalisé originellement à partir d'un tube en fibres de carbone assemblé sur deux pièces en aluminium moulé réalisant la liaison d'un côté avec un moto-réducteur et de l'autre avec une paire de rotules (Fig. 2).



Figure 1. Robot PAR4



Figure 2. Bras en carbone

L'objectif visé dans cette étude est de concevoir un bras en matériau à faible impact écologique présentant :

- une masse et un moment d'inertie sur l'axe du moto-réducteur inférieurs ou égaux à ceux du bras en carbone ;
- des raideurs en traction, flexion et torsion égales ou supérieures à celles du bras en carbone (Fig. 3).

Cette étude menée, en concurrence, par 6 groupes d'étudiants en Master 1 Création Industrielle en Mécanique a été conduite de façon classique de l'élaboration d'un Cahier des Charges Fonctionnel à la réalisation du prototype réel usiné par les étudiants et testé *in situ* par remplacement, sur le robot original, du bras en carbone par un bras en bois (Fig. 4).



Figure 3. Essai de flexion sur le bras en carbone



Figure 4. Essai de flexion sur un bras en hêtre

L'intérêt de ce travail est de montrer qu'il est possible, par une conception raisonnée et par l'intégration des avancées en terme de caractérisation physico-mécanique du matériau bois, d'utiliser ce matériau naturel dans des domaines aussi technique que la robotique « grande vitesse ».

¹ Laboratoire d'Informatique et de Robotique de Montpellier

Mécamat 2008, Amiens 13 octobre

Proposition de présentation

Titre

Optimisation environnementale des tabliers de pont par la technique des algorithmes génétiques

Auteurs

Wafa Bellack, Robert Le Roy, Adélaïde Feraille

Laboratoire

UR Navier, ENPC-LCPC, Champs sur Marne

Résumé

Le génie civil est aussi concerné par les questions de bilan environnemental et d'analyse de cycle de vie des structures. Dans le domaine des ouvrages d'art, le savoir faire est très important sur le plan technique et économique. Mais les dimensionnements s'effectuent en tenant compte de l'impact de l'environnement sur l'ouvrage, alors que d'un point de vue éco conception, il faut aussi évaluer l'inverse.

Chercher à définir des ponts plus vertueux au plan écologique impose, pour le choix de la conception, d'introduire, d'une part des données supplémentaires qui ont trait à l'impact de l'ouvrage sur l'environnement, et d'établir d'autre part des méthodes d'optimisation structurelle, à bilan environnemental minimum, auquel le concepteur aura recours. Ces méthodes sont difficilement imaginables si on cherche à couvrir toutes les solutions structurelles possibles de ponts en les croisant avec tous les matériaux possibles, si bien que, dans ce premier travail, l'étude est centrée sur une structure simple et facile à modéliser.

Nous présentons une méthode d'optimisation multicritères fondée sur la technique des algorithmes génétiques pour étudier des structures élémentaires composées de 2 matériaux (éléments hybrides). Les lois de calculs des impacts environnementaux (IE) sont limités dans ce premier travail à la quantité de CO₂ produit et la dépense énergétique, calculé pour la phase « matériaux » du cycle de vie de la structure.

La solution étudiée est une structure hybride de tablier de pont composée d'une dalle en béton, travaillant en compression, connectée à des poutres en bois lamellées collées, travaillant en flexion. Les impacts de chaque matériau ont été dans un premier temps modélisés en fonction de leurs propriétés mécaniques. Nous avons ensuite cherché à optimiser l'épaisseur de dalle, l'entraxe des poutres, la hauteur des poutres, qui minimisent l'impact environnemental tout en assurant la fonction structurelle, et cela en faisant varier les propriétés mécaniques des 2 matériaux.

Après une validation de l'algorithme développé, nous présentons les résultats de l'optimisation. Nous mettons en évidence qu'une catégorie de béton de très haute résistance, non encore développée dans l'industrie, permet d'atteindre un bilan optimal de la structure sur les plans des 2 critères pris en compte. Nous concluons que l'intégration de critères environnementaux dans la conception structurelle conduit à des solutions nouvelles non encore développées par les techniques de dimensionnement respectant les seuls critères mécaniques.

Valorisation et recyclage

- ♠ *Relation morphologie-propriétés mécaniques ultimes des mélanges compatibilisés PET recyclé/polyoléfines. (10h30-10h50)*
S. DROPSIT¹, M.-F. LACRAMPE¹, J.P. TANCREZ², P. KRAWCZAK¹.
¹ Ecole des Mines de Douai, Département Technologie des Polymères et Composites & Ingénierie Mécanique, 941 rue Charles Bourseul, B.P. 10838, 59508 Douai Cedex.
² Polytech'Lille, Département Sciences des Matériaux, Avenue Paul Langevin, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex.
- ♠ *Comportement mécanique des composites à base polypropylène pour des boucliers automobiles recyclés. (10h50-11h10)*
N. BAHLOULI¹, C. BERRIET², L. CHOCINSKI³, C. GAUTHIER⁴, J. GUILLET⁵, F. LAGATTU³, J.-M. PELLETIER⁴.
¹ Institut de Mécanique des Fluides et des Solides (IMFS), Université Louis Pasteur, UMR CNRS, 2 rue Boussingault, 67000 STRASBOURG.
² Laboratoire de Mécanique Appliquée Raymond Chaléat (LMARC – Université de Franche-Comté) –UMR n°6604.
³ Laboratoire de Mécanique et Physique des Matériaux (LMPM), UMR 6617, Ecole Nationale Supérieure de Mécanique et d'Aérotechnique (ENSMA), Téléport 2, BP 40 109, 86 961 Futuroscope cedex, France.
⁴ Groupe d'Etude de Métallurgie Physique et de Physique des Matériaux (GEMPPM – MATEIS - INSA Lyon) – UMR n°5510.
⁵ Laboratoire de Rhéologie des Matières Plastiques (LRMP – Université de St-Etienne) – UMR n°5156.8
- ♠ *Valorisation de co-produits industriels dans la fabrication de matériaux consolidés à froid. (11h10-11h30)*
E. PRUD'HOMME, P. MICHAUD et S. ROSSIGNOL.
Groupe d'Etude des Matériaux Hétérogènes (GEMH-ENSCI) Ecole Nationale Supérieure de Céramique Industrielle de Limoges, 47-73 Avenue Albert Thomas, 87065 Limoges.9
- ♣ *Fabrication d'un liant minéral à partir de l'attaque sodique ou potassique de verres recyclés. (12h00-14h30)*
S. S. KOUASSI^{a,b}, Y. Y. JANDJI^b, Sylvie ROSSIGNOL^a
^a Groupe d'Etude des Matériaux Hétérogènes (GEMH-ENSCI) Ecole Nationale Supérieure de Céramiques Industrielles de Limoges., 47-73 Avenue Albert Thomas, 87065 Limoges.
^b Laboratoire de Chimie des Matériaux Inorganiques (Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire), 22 BP 582 Abijan 22 (Côte d'Ivoire).10
- ♣ *Elaboration de matériaux granulaires consolidés à partir de gels de silicate de sodium. (12h00-14h30)*
M. TOGNOVIT, J.SORO, S. ROSSIGNOL et J.P. BONNET.
Groupe d'Etude des Matériaux Hétérogènes (GEMH-ENSCI) Ecole Nationale Supérieure de Céramique Industrielle de Limoges, 47-73 Avenue Albert Thomas, 87065 Limoges.11

COMPORTEMENT MECANIQUE DES COMPOSITES A BASE POLYPROPYLENE POUR DES BOUCLIERIS AUTOMOBILES RECYCLES

BAHLOULI N. ET AL.

*Institut de Mécanique des Fluides et des Solides, Université Louis Pasteur, UMR CNRS
2 rue Boussingault, 67000 STRASBOURG
bahlouli@imfs.u-strasbg.fr*

Les matériaux étudiés sont des composites à base de polypropylène renforcé au choc par des particules d'élastomères. Ils interviennent notamment dans la fabrication de boucliers automobiles. Ces matériaux sont donc amenés à subir des sollicitations à différentes vitesses de chargements, différentes températures etc.... La forte croissance de l'utilisation de ces types de matériaux a été accompagnée par une augmentation des publications (Pessey, 2007, Hizoum, 2006, Richeton, 2005, Fond, 2002) qui ont apportées une connaissance plus précise de leur comportement mécanique. Mais les problèmes liés au recyclage de ces matériaux ont très peu été abordés. Dans ce contexte, une directive européenne impose aux constructeurs automobiles un recyclage iso fonction des pièces à base de polymères. Peu d'études se rapportent aux effets du recyclage sur le comportement mécanique et celles qui existent sont davantage orientées vers des études du comportement rhéologique (Luda, 2002, Luda, 2003, Guerrica-Echevarria, 1996). Or il est nécessaire de tenir compte de ces effets lors du dimensionnement de structures automobiles à base de matériaux recyclés.

L'objet de ce travail est donc la caractérisation et la modélisation du comportement mécanique de matériaux avant et après recyclage en tenant compte entre autre de la sensibilité à la vitesse de déformation de ce polymère, de l'évolution de la microstructure etc.. .

Remerciements

Les auteurs remercient vivement le "Ministère de la Recherche et de l'Innovation" pour le financement de cette étude. Les auteurs remercient chaleureusement Claude Raveyre et Roger Schmitt pour le temps précieux passé à préparer les échantillons.

Bibliographie

- Alonso, M., Velasco, J.I. & De Saja, J.A. *European Polymer Journal* **33**, 1997, pp. 255-262
 Aurrekoetxea J., Sarrionandia M.A., Urrutibeascoa I., & Maspoch, M.L.. *J. Mat Sci.* **36**, 2001, pp. 2607-2613
 Bahlouli, N., Pessey, D. Ahzi, S., & Rémond, Y. *J. Phys. IV* **134**, 2006, pp. 1319-1323
 Fond, C. & G'Sell, C. *Mécanique et Industries.* **3**, 2002, pp.431-438
 Guerrica-Echevarria, G. Eguiazabal, J.I. & Nazabal, J. *Polymer degradation and stability* **53**, 1996, pp. 1-8
 Hizoum K., Rémond Y., Bahlouli N., Oshmyan V., Patlazhan S., Ahzi S., *Oil & Gas Science and Technology*, **61**, (6), 2006, pp.1691-1702.
 Luda, M. P., Ragosta, G., Musto, P., Acierno, D., Di Maio, L., Camino, G. & Nepote, V. *Macromolecular Materials Engineering* **288**, 2003, pp.613-411
 Luda, M. P., Ragosta, G., Musto, P., Pollicino, A., Camino, G., Recca A., & Nepote V. *Macromolecular Materials Engineering* **287**, 2002, pp. 404-411
 Pessey D., Bahlouli N., Ahzi S. and Khaleel M.A., *Polymer Science A*, 2007, in press.
 Richeton J., Ahzi S., Daridon L. and Remond Y., *Polymer*, **46**, 2005 pp. 6035-6043.
 Wu Z., Ahzi S., Arruda E.M., Makradi A., *J. of Mat. Sci.* **40**, 2005, pp. 4605-4612.
 Zhou Y., Mallick P.K., *Polym. Eng. Sci.* **42** 12, 2002, pp. 2461-2470.

Valorisation de co-produits industriels dans la fabrication de matériaux consolidés à froid

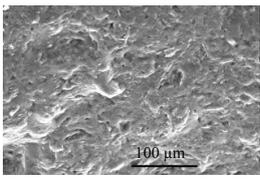
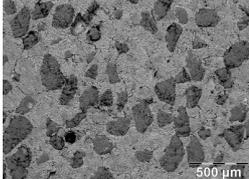
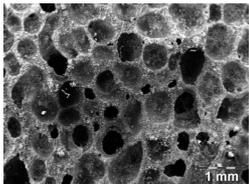
E. Prud'homme, P. Michaud et S. Rossignol

Groupe d'Etude des Matériaux Hétérogènes (GEMH-ENSCI) Ecole Nationale Supérieure de Céramique Industrielle de Limoges, 47-73 Avenue Albert Thomas, 87065 Limoges
sylvie.rossignol@unilim.fr

Avec la prise de conscience de la menace liée aux émissions de CO₂ au début des années 90, des matériaux de types géopolymèresⁱ sont apparus comme une alternative au ciment, à tel point qu'ils sont maintenant étudiés dans une soixantaine de laboratoires dans le monde. Les émissions de CO₂ sont en effet six fois moins importantes lors de leur fabrication que lors de celle d'un ciment traditionnel.ⁱⁱ En effet, la réalisation d'un géopolymère à base de kaolinite par attaque alcaline ne nécessite que la calcination de la kaolinite à 750°C, ce qui correspond à une réduction de 80% des émissions de CO₂.ⁱⁱ Cependant, un problème réside dans l'utilisation de silicates alcalins qu'il faudrait produire en très grandes quantités. Ceci impose la recherche de nouvelles méthodes de fabrication de silicates alcalins à partir de roches naturellement riches en sodium et potassium.ⁱⁱⁱ Par ailleurs, pour augmenter les propriétés des géopolymères, l'intégration de fibres, de sable ou encore de co-produits de l'industrie chimique devrait permettre d'atteindre cet objectif.

L'étude réalisée concerne la synthèse de géomatériaux à base de métakaolin, de silicate de potassium et d'hydroxyde de potassium. Afin de consolider ces derniers, des co-produits industriels sont ajoutés. Les propriétés physico-chimiques, mécaniques et thermiques des matériaux sont déterminées par microscopie électronique à balayage, par spectroscopie infrarouge in situ, par flexion quatre points et par la méthode « Laser Flash ». Les principaux résultats sont regroupés dans le tableau 1.

Tableau 1 : quelques propriétés des matériaux.

Composés	Géopolymère	Géopolymère + sable	Géopolymère + fumée de silice
Photos MEB			
Propriétés	E = 9.3 GPa	E = 18 GPa	$\lambda = 0.17 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Les matériaux composites à base de sable ont révélé des propriétés mécaniques supérieures à celle obtenues pour des géopolymères, montrant ainsi leurs capacités de liants. L'ajout de fumée de silice a entraîné la formation d'une mousse in situ aux propriétés thermiques et mécaniques très intéressantes, lui conférant les caractéristiques d'un matériau isolant consolidé à froid.

ⁱ K. Komnitsas, D. Zaharaki (2007) Geopolymerisation: A review and prospects for the mineral industry, *Mineral Engineering*, in press

ⁱⁱ P. Duxson, J. L. Provis, G. C. Lukey, J. S.J. Van Deventer (2007) The role of inorganic polymer technology in the development of "green concrete", *Cement and Concrete Research*, Article in press

ⁱⁱⁱ Sciences et Vie, n° 1069, Octobre 2006, p. 98 à 101

Fabrication d'un liant minéral à partir de l'attaque sodique ou potassique de verres recyclés

S. S. KOUASSI ^{a,b}, Y. Y. JANDJI ^b, S. ROSSIGNOL ^a

^a Groupe d'Etude des Matériaux Hétérogènes (GEMH-ENSCI) Ecole Nationale Supérieure de Céramiques Industrielles de Limoges, 47-73 Avenue Albert Thomas, 87065 Limoges . sylvie.rossignol@unilim.fr

^b Laboratoire de Chimie des Matériaux Inorganiques (Université de Cocody-Abidjan)
22 BP 582 Abijan 22 (Côte d'Ivoire)

Le recyclage du verre dans le domaine des matériaux de construction connaît un essor important de part sa potentielle utilisation dans la production du ciment.^{1,2} Cependant, le secteur des matériaux de construction dont la production de ciment dépend, représente près de 5% des émissions mondiales et consomme d'importante quantité d'énergie. Par conséquent, des études sur l'élaboration de nouveaux liants cimentaires à partir de verre de récupération présente un double intérêt ; celui d'une part, d'utiliser des produits de récupération et d'autre part, de mettre au point un liant minéral comme alternatif du ciment de type portland. Tout ceci sans avoir recours à la cuisson des clinkers consommatrice de fortes quantités d'énergie et productrice de CO₂.

L'étude réalisée concerne le processus de fabrication du liant minéral par la dissolution en milieu alcalin du verre brute en vue de l'obtention des solutions concentrées de silicates. Des verres de différentes granulométries sont mis en contact de solutions alcalines de diverses concentrations. Les paramètres étudiés sont la température, le temps d'agitation, la concentration et la nature de l'attaque alcaline. La dégradation des verres est suivie par gravimétrie et par le dosage élémentaire des solutions et ou du résidu. La compréhension des mécanismes est basée sur des études de microscopie électronique à balayage et de spectroscopie infrarouge. Les principaux résultats (figure 1) montrent que la dissolution est fortement influencée par la taille des grains, la température et la concentration de la base. De plus, des travaux complémentaires sont en cours pour l'identification des espèces ralentissant la dissolution totale du verre.

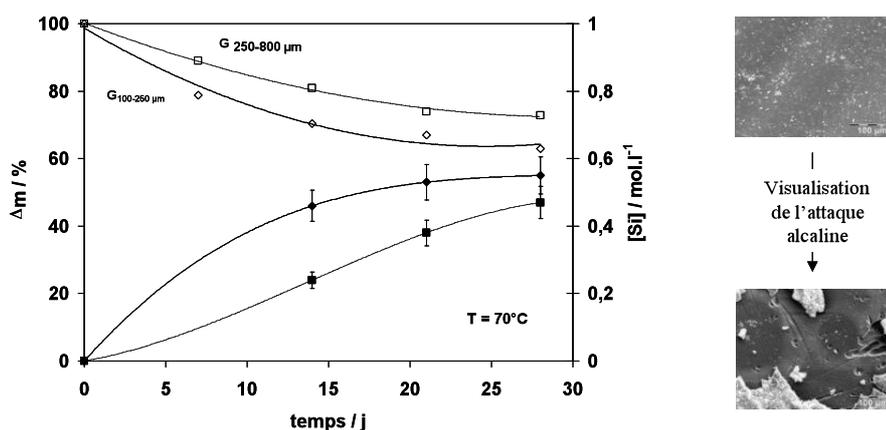


Figure 1 : Variation de la perte de masse et de la [Si] en fonction du temps d'attaque ([NaOH] = 1M) et photos MEB du verre avant et après l'attaque alcaline.

Cette étude révèle qu'il est possible d'obtenir des solutions de silicates de sodium qui pourront être utilisées comme liants.

¹ G. Chen, H. L. K. L. Young and P. L. Yue, Glass recycling in cement production – an innovative approach, Waste Management, 2002, 22, 747-753

² Y. Shao, T. Lefort, S. Moras and D. Rodriguez, Study on concrete containing ground waste glass, Cement and Concrete Research, 2000, 30, 91-100.

Elaboration de matériaux granulaires consolidés à partir de gels de silicate de sodium

M. Tognovit, J.Soro, S.Rossignol et J.P. Bonnet

Groupe d'Etude des Matériaux Hétérogènes (GEMH-ENSCI) Ecole Nationale Supérieure de Céramique Industrielle de Limoges, 47-73 Avenue Albert Thomas, 87065 Limoges
sylvie.rossignol@unilim.fr

La fabrication des liants hydrauliques ordinaires est consommatrice d'une grande quantité de matières premières non renouvelables (minerais et combustibles fossiles) ; en effet pour produire une tonne de clinker il faut environ 3200 à 4200 kJ à cause des températures élevées de la clinkerisation (1450°C). De plus cette fabrication est accompagnée d'importante émission de gaz à effet de serre (CO₂). Depuis quelques décennies déjà, des travaux ont été entrepris dans le but de développer de nouveaux liants moins énergétiques et plus respectueux pour l'environnement. C'est dans ce cadre, qu'une étude de recherche visant à utiliser le silicate de sodium comme précurseur de liant pour l'élaboration de matériaux à partir de sable, zircon, silice ou argile a été initiée. Une première étude a porté sur l'élaboration des gels pouvant être utilisés comme liant ainsi que sur la détermination des paramètres régissant les mécanismes de gélification. Deux types de gels ont été mis en évidence en fonction du pH : les gels dits réversibles solubles dans l'eau et les gels dits irréversibles insolubles dans l'eau. Ce sont ces derniers qui ont été utilisés comme liants pour la consolidation des matériaux (Figure 1). Ils sont obtenus par gélification d'une solution acidifiée de silicate de sodium en milieu basique.

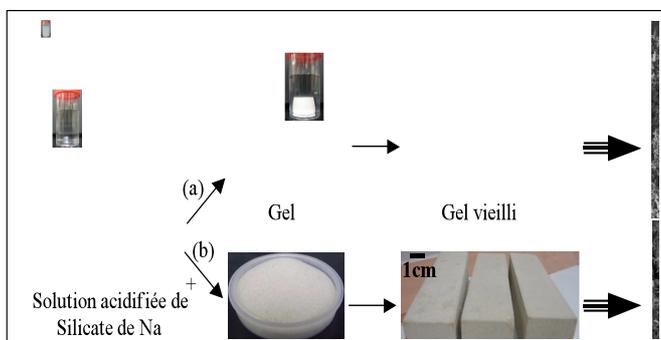


Figure 1: Formation de gel irréversible (a) et élaboration de matériaux consolidés (b)

Les matériaux granulaires mélangés à ces gels présentent au bout de quelques minutes à quelques heures, un durcissement semblable à la prise hydraulique des ciments. Les essais mécaniques réalisés sur ces matériaux donnent des résultats prometteurs.

Utilisation de fibres végétales

- ♠ ♣ *Agro-ressources et composites dans le bâtiment.* (11h30-11h50) M. T'KINT, R.-M. Dheilly et A.Goulieux. Laboratoire des Technologies Innovantes (EA 3899), équipe Ingénierie des Matériaux et des Procédés (IMaP), Université de Picardie Jules Verne, 41 avenue Paul Claudel 80480 Dury.
- ♠ *1. Sciences du bois et des biopolymères en Aquitaine: contextes universitaire et industriel.*
2. Méthodes intégratives en éco-conception de matériaux composites (projet ANR ECO-Composite). (14h30-14h50) P. CASTERA. INRA, UMR 5103 Unité Sciences du Bois et des Biopolymères (US2B), 33405 Talence cedex.
- ♠ *De la plante aux composites tissés à fibres de chanvre (Cannabis sativa).* (14h50-15h10)
 C. BONNAFOUS¹, F. LAGATTU¹, L. CHOCINSKI¹, A. ABOT², F. DEDALDECHAMP², R. LEMOINE².
¹ Laboratoire de Mécanique et Physique des Matériaux, UMR 6617, Ecole Nationale Supérieure de Mécanique et d'Aérotechnique (ENSMA), Téléport 2, BP 40 109, 86 961 Futuroscope cedex, France.
² Physiologie Moléculaire du Transport des Sucres chez les Végétaux, FRE 3091, Université de Poitiers, Bâtiment Botanique, 40 avenue du Recteur Pineau, 86022 Poitiers CEDEX.14
- ♠ *Activation et dégradation thermiques des propriétés mécaniques des fibres de chanvre.* (15h10-15h30).
 V. PLACET. Institut FEMTO-ST, UMR CNRS 6174, Département de Mécanique Appliquée (Besançon), 24 Chemin de l'Épitaphe. F-25000 Besançon.15
- ♠ *Traction de fibre unitaire et mesure des déformations en champ complet. Application à la fibre de lin.* (15h30-15h50)
 C. POILANE, A. VIVET, B. BEN DOUDOU, M. AYACHI, J. CHEN. Laboratoire de recherche sur les propriétés des matériaux nouveaux (L.R.P.M.N), EA4257, Université de Caen Basse-Normandie, IUT d'Alençon.16
- ♠ *Stabilité dimensionnelle de mats de fibres végétales pour renforcement de matériaux composites.* (15h50-16h10) M.-L. MARTEAU¹, P.J.J. DUMONT¹, B. VERMEULEN², P. VROMAN², J.-F. BLOCH¹, L. ORGEAS³
¹ CNRS / Institut National Polytechnique de Grenoble (INPG), Laboratoire de Génie des Procédés Papetiers (LGP2), BP 65, 461 rue de la Papeterie, 38402 Saint-Martin-d'Hères cedex.
² École Nationale Supérieure des Arts et Industries Textiles (ENSAIT), 2 allée Louise et Victor Champier, BP 30329, 59056 Roubaix cedex 1
³ CNRS / Universités de Grenoble (INPG-UJF), Laboratoire Sols-Solides-Structures-Risques (3SR), BP 53, 38041 Grenoble cedex 9, France.17

- ♣ *Caractérisation d'un stratifié tissé à base de fibres de Jute. (12h00-14h30)*
 A. MIR^{1,2}, R. ZITOUNE¹, F. COLLOMBET¹, B. BEZZAZI².
¹ Université de Toulouse ; INSA, UPS ; LGMT (Laboratoire de Génie Mécanique de Toulouse) ; 133c, avenue de Rangueil, F-31077 Toulouse, France.
² Université M'hamed Bougara ; LMMC (Laboratoire des Matériaux Minéraux et Composites), Avenue de l'Indépendance, 35000 Boumerdes, Algérie.18
- ♣ *L'effet des fibres végétales sur les caractéristiques des matériaux cimentaires. (12h00-14h30).*
 M.A. S. MOHAMED, G. WARDEH, E. GHORBEL. Laboratoire de Mécanique et Matériaux du Génie Civil (LM2GC)-Université de Cergy Pontoise, 5 Mail Gay-Lussac, Neuville Sur Oise 95031 Cergy Pontoise Cedex.19
- ♣ *Propriétés mécaniques de préimprégnés industriels lin/époxy. (12h00-14h30)*
 C.POILANE, A. VIVET, B. BEN DOUDOU, M. AYACHI, J. CHEN. Laboratoire de recherche sur les propriétés des matériaux nouveaux (L.R.P.M.N), EA4257, Université de Caen Basse-Normandie, IUT d'Alençon.20
- ♣ *Les matériaux de construction traditionnels revisités : Modifications physico-chimiques des interfaces argiles/fibres végétales et impacts sur les propriétés mécaniques et thermiques des mortiers. (12h00-14h30)*
 C.S. PEYRATOUT, M. LE TROEDEC, A. RACHINI, A. SMITH. Ecole Nationale Supérieure de Céramique Industrielle-Groupe d'Etude des Matériaux Hétérogènes, 47-73 avenue Albert Thomas, F-87065 Limoges Cedex, France.21
- ♣ *Renforcement de murs maçonnés par collage de composites à matrice cimentaire et fibres végétales. (12h00-14h30).*
 B.JURKIEWIEZ¹, A. SI LARBI¹, P. HAMELIN¹, D. COUVRET².
¹ Laboratoire de Génie Civil et d'Ingénierie Environnementale (LGCIE) - Site Bohr - Université Claude Bernard Lyon 1 - 82 bd Niels Bohr - 69622 Villeurbanne.
² Institut Français du Textile et de l'Habillement, Avenue Guy de Collongue, 69134 Ecully.22
- ♣ *Etude de la faisabilité de panneaux OSB écologiques naturellement durables. (12h00-14h30).* O. ARNOULD¹, S. BARDET¹, N. AMUSANT², A. DEPRES³, R. H. MANSOURIS³, T. PIZZI³, C. BAUDASS².
¹ Laboratoire de Mécanique et Génie Civil (LMGC) - CNRS UMR 5508/Université Montpellier 2- cc 048, Place Eugène Bataillon 34095 Montpellier cedex 5.
² CIRAD-Forêt - 73, rue J.F. Breton - TA 10/16 34398 Montpellier cedex 5.
³ Laboratoire d'Etudes et de Recherche sur le Matériau Bois (LERMAB) - Faculté des Sciences et Techniques - BP 239-54506 Vandœuvre-lès-Nancy cedex.23

De la plante aux composites tissés à fibres de chanvre (*Cannabis sativa*).

C. Bonnafous*, F. Lagattu*, L. Chocinski*, A. Abot**, F. Dédaldéchamp **, R. Lemoine**.

*Laboratoire de Mécanique et Physique des Matériaux, UMR 6617

Ecole Nationale Supérieure de Mécanique et d'Aérotechnique (ENSMA)

Téléport 2, BP 40 109, 86 961 Futuroscope cedex, France.

claire.bonnafous@lmpm.ensma.fr

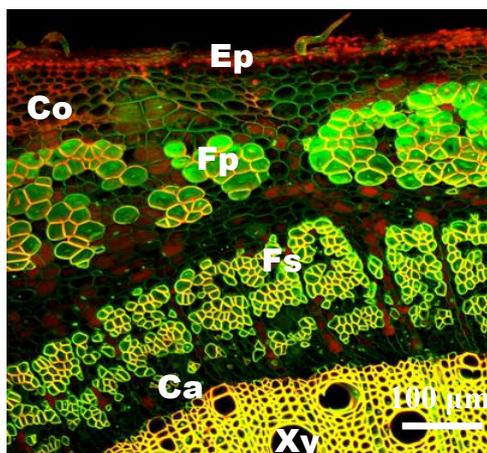
**Physiologie Moléculaire du Transport des Sucres chez les Végétaux, FRE 3091

Université de Poitiers, Bâtiment Botanique

40 avenue du Recteur Pineau, 86022 Poitiers CEDEX, France.

L'usage des matériaux composites concerne de plus en plus les industries du Transport dont la principale motivation d'utilisation de ces matériaux est le gain de masse allié à d'excellentes caractéristiques mécaniques. Un contexte particulièrement soucieux de l'impact environnemental justifie alors l'utilisation de fibres naturelles pour remplacer les fibres synthétiques dans les matériaux composites. Elles sont en effet biodégradables, renouvelables par culture et présentent des caractéristiques mécaniques spécifiques très intéressantes.

Cet article propose une étude multi-échelle de matériaux composites Chanvre/Epoxy, constitués de tissus de chanvre imprégnés par une résine époxy (Epolam 2022). L'observation microstructurale de la plante *Cannabis sativa* a permis d'identifier les cellules végétales correspondant aux fibres utilisées (Figure 1). Les propriétés en traction des fibres, fils, tissus et des composites ont été comparées pour trois types de tissus de provenances différentes (Figure 2). Des développements basés sur la détermination des propriétés de la résine seule ont permis l'optimisation du procédé de fabrication. L'étude de la température d'étuvage des tissus a montré l'influence de ce paramètre sur la qualité de l'interface fibres/matrice. Les caractérisations ont été réalisées au moyen d'analyses microstructurales et d'essais mécaniques instrumentés par émission acoustique afin de suivre l'évolution des endommagements au sein de ces matériaux. Les observations des faciès de rupture, témoins du degré d'imprégnation des fibres, ont été réalisées par microscopie électronique à balayage après métallisation des échantillons de composites. Enfin, les propriétés de ces composites ont été comparées à celles de composites tissés Verre/Epoxy.



Ep : Epiderme, Co : Collenchyme, Fp : Fibres Primaires, Fs : Fibres Secondaires, Ca : Cambium, Xy : Xylème

Figure 1 : Coupe transversale de tige de chanvre (*Cannabis sativa*) colorée à l'acridine orange. Image acquise au Microscope Confocal à Balayage Laser.

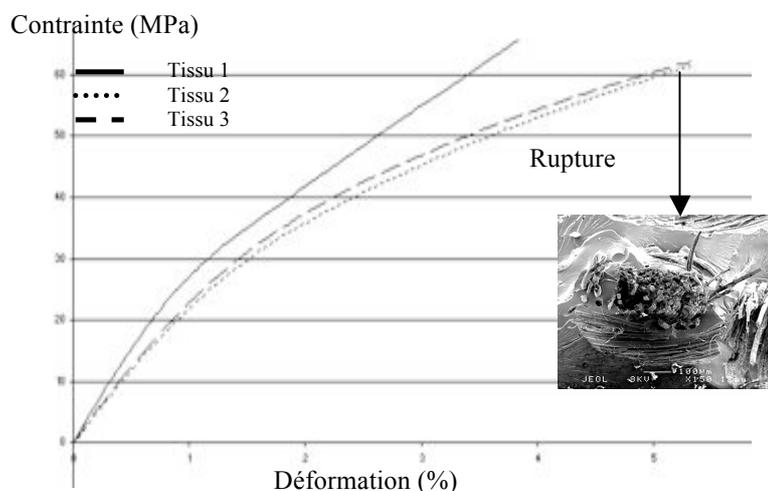


Figure 2 : Courbe contrainte déformation de composites Chanvre/Epoxy sollicités en traction.

Activation et dégradation thermiques des propriétés mécaniques des fibres de chanvre

V. Placet

Institut FEMTO-ST, UMR CNRS 6174, Département de Mécanique Appliquée, 24 Chemin de l'Épitaphe. F-25000 Besançon.

Face aux problèmes environnementaux et à la crise énergétique actuelle, les matériaux d'origine biologique sont l'objet d'un intérêt grandissant et de nombreuses investigations. Les fibres végétales présentent en particulier de nombreux atouts : ressources renouvelables, abondantes, bon marché, aux propriétés mécaniques spécifiques élevées..., justifiant leur utilisation dans la fabrication de composites [1-4].

Les composites à fibres naturelles sont déjà utilisés dans l'industrie automobile et dans le secteur de la construction, marché en pleine expansion. D'autres applications nécessitant des performances mécaniques élevées sont envisagées afin de valoriser pleinement cette ressource végétale. Bien sûr, les performances mécaniques des composites dépendent des propriétés des constituants (fibres et matrice), de leur microstructure et de la résistance de l'interface d'adhésion. Contrairement aux fibres synthétiques classiques (carbone, verre...), le comportement des fibres végétales dépend étroitement de la température et de l'humidité. Lors de la fabrication des composites, la température est choisie en fonction de la viscosité du polymère constituant la matrice. Pour les composites à fibres naturelles, ce niveau de température ne doit pas conduire à une perte d'intégrité des fibres. Les mécanismes et températures de dégradation sont bien connus pour les fibres de bois (à partir de 190°C à 220°C en fonction de l'essence considérée). Seulement, il existe des différences notables entre les fibres de bois et les fibres végétales issues de plantes annuelles, tant sur la structure que la composition biochimique et l'arrangement macromoléculaire. Les données bibliographiques sur la dégradation thermique des fibres végétales se font plus rares. D'après Gassan & Bledzki [5], les propriétés des fibres de jute et de lin sont sensiblement altérées à partir de températures de l'ordre de 170°C.

Ainsi, l'objectif de ce travail est d'étudier le comportement mécanique de fibres végétales en fonction de la température. L'étude porte sur des fibres de chanvre (*Cannabis sativa L.*) fournies par la chanvrière de l'Aube.

Dans un premier temps, une caractérisation des propriétés mécaniques de fibres unitaires, à savoir le module d'Young, les contraintes et déformations à rupture a été réalisée au cours d'essais de traction. Une analyse mécanique dynamique (DMA) a ensuite permis de mesurer l'évolution des propriétés viscoélastiques des faisceaux de fibres en fonction de la température, sur une plage s'étendant de 20 à 250°C.

Les fibres soumises à ces essais harmoniques présentent un comportement superposant plusieurs mécanismes, parfois antagonistes :

- une augmentation de la rigidité des fibres, attribuées à la réorientation axiale des microfibrilles lors des sollicitations périodiques [6].
- l'activation thermique des propriétés viscoélastiques,
- la dégradation thermique de la paroi cellulaire qui se traduit au-delà de 180°C par une diminution de la rigidité et de l'endurance des fibres.

1. K. Goda and Y. Cao. Research and Development of Fully Green Composites Reinforced with Natural Fibers. Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering, 1(9), 2007, 1073-1082.
2. L. Yu; K. Dean and L. Li. Polymer blends and composite from renewable resources. Prog. Polym. Sci. 31, 2006, 576-602.
3. M.J. John and S. Thomas. Biofibres and Biocomposites. Carbohydrates Polymers, 71, 2008, 343-364.
4. C. Baley; Y. Grohens and I. Pillin. Etat de l'art sur les matériaux composites biodégradables. Revue des composites et matériaux avancés, 14, 2004, 135-166.
5. J. Gassan and A.K. Bledzki. Thermal degradation of flax and jute fibers. Journal of Applied Polymer Science, 82(6), 1417-1422.
6. C. Baley. Analysis of the flax fibres tensile behaviour and analysis of the tensile stiffness increase. Composites: Part A, 33, 2002, 939-948.

TRACTION DE FIBRE UNITAIRE ET MESURE DES DÉFORMATIONS EN CHAMP COMPLET. APPLICATION À LA FIBRE DE LIN.

Christophe POILÂNE, Alexandre VIVET, Bessem BEN DOUDOU, M'Hamed AYACHI, Jun CHEN
L.R.P.M.N, EA4257, UCBN, IUT d'Alençon, christophe.poilane@unicaen.fr

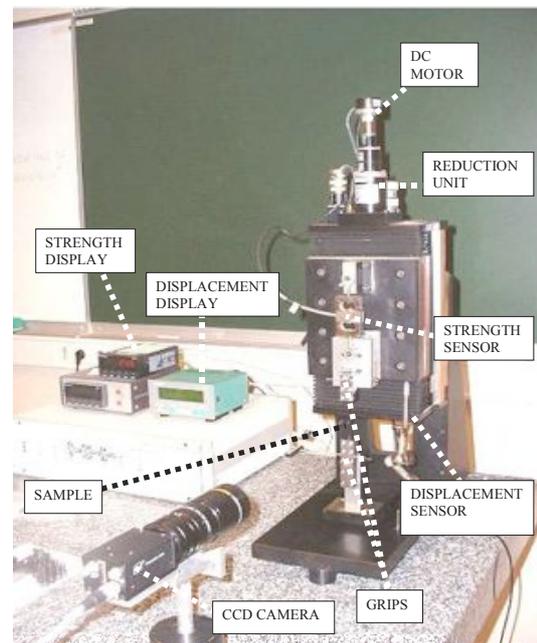
Les principales fibres jusqu'alors utilisées dans les matériaux composites sont les fibres de verre, de carbone et de polymère. Leur caractérisation mécanique est effectuée à l'aide de bancs de traction spécifiques. La fibre est classiquement collée dans un cadre avant montage sur le banc. La longueur libre de la fibre, ou longueur utile, est considérée comme la longueur de jauge. Son allongement est mesuré via un capteur monté en parallèle. La force de traction est mesurée via un capteur monté en série. On tire de ces deux mesures la courbe contrainte/déformation moyennant la connaissance du diamètre moyen de la fibre et de la longueur de jauge. Cette mesure globale des déformations n'est pas conseillée dans le cas des fibres végétales.

Il est connu que la mesure des propriétés mécaniques des fibres végétales présente de fortes dispersions [1]. Les causes sont de deux types :

- causes intrinsèques : elles tiennent aux conditions de croissance des fibres, à la variété, aux variations de diamètre, à leur inhomogénéité (dans le cas du lin, présence de lumens, de genoux, de fibrilles...), à situation de la fibre unitaire dans la plante ;
- les causes extrinsèques qui sont liées aux conditions des essais : on observe que le collage d'une fibre dans un cadre n'assure pas une connaissance précise de la longueur de jauge, la colle peut par exemple enrober par capillarité tout ou partie de la fibre... par ailleurs la souplesse de la chaîne de mesure intervient dans la mesure de l'allongement et l'humidité ambiante modifie les propriétés de la fibre.

Les causes intrinsèques peuvent être réduites en réalisant une traçabilité totale des fibres et en caractérisant géométriquement chaque fibre unitaire testée [2]. Les causes extrinsèques peuvent l'être en caractérisant la chaîne de mesure et en utilisant une méthode de mesure locale des déformations.

L'objectif de notre travail, à terme, est la réduction de la dispersion dans la mesure des propriétés mécaniques des fibres végétales. Nous présentons un banc d'essais maison adapté à la traction des fibres unitaires. Chaque fibre est caractérisée géométriquement avant essai. La zone utile de la fibre est filmée via une caméra CCD. La mesure du champ de déplacements locaux dans la zone utile de la fibre est effectuée opto-numériquement par une technique apparentée à la corrélation d'images [3]. Le champ de déformations locales peut alors être calculé.



Dès lors, deux niveaux d'étude peuvent être envisagés :

- tracé de la courbe contrainte déformation ;
- étude statistique selon le diamètre local des fibres.

Notre dispositif expérimental a été validé pour le premier niveau d'étude. Les paramètres choisis pour optimiser les essais sont les suivants : deux longueurs utiles de fibre (6mm, 8mm), deux types de cadre/colle (papier, plastique), deux types d'éclairage (lumière blanche, LASER), deux taux d'humidité (avec et sans étuvage).

Le processus d'élaboration d'un essai suit les étapes suivantes : choix de la longueur de jauge, calcul du diamètre moyen de la fibre, calcul de l'évolution de la contrainte moyenne et de la déformation moyenne, tracé de la courbe contrainte/déformation. La déformation par mesure globale est effectuée en parallèle. On compare ainsi les résultats en mesure locale et en mesure globale.

Les premiers résultats montrent que, avec notre banc d'essai, la mesure globale sous-estime la rigidité de la fibre en surestimant son allongement. Un éclairage en lumière blanche est préférable à un éclairage en lumière LASER. La longueur utile doit être la plus grande possible. Et le taux d'humidité est un facteur primordial qui doit être absolument contrôlé.

- [1] ANDERSONS J. et all. " Strength distribution of elementary flax fibres Composites science and technology ", Composites science and technology, vol. 65, pp. 693-702 (2005).
- [2] CHARLET K. et all, " Characteristics of Hermès flax fibres as a function of their location in the stem and properties of the derived unidirectional composites ", Composites: Part A, vol. 38, pp. 1912-1921 (2007).
- [3] POILÂNE C. et all., " Measurement of in-plane displacement fields by a spectral phase algorithm applied to numerical speckle photography for microtensile test ", European Physical Journal: Applied Physics, vol. 11, pp. 131-145 (2000).

STABILITE DIMENSIONNELLE DE MATS DE FIBRES VEGETALES POUR RENFORCEMENT DE MATERIAUX COMPOSITES

M.-L. Marteau¹, P.J.J. Dumont¹, B. Vermeulen², P. Vroman², J.-F. Bloch¹, L. Orgéas³

¹ CNRS / Institut National Polytechnique de Grenoble (INPG), Laboratoire de Génie des Procédés Papetiers (LGP2), BP 65, 461 rue de la Papeterie, 38402 Saint-Martin-d'Hères cedex

² École Nationale Supérieure des Arts et Industries Textiles (ENSAIT), 2 allée Louise et Victor Champier, BP 30329, 59056 Roubaix cedex 1

³ CNRS / Universités de Grenoble (INPG-UJF), Laboratoire Sols-Solides-Structures-Risques (3SR), BP 53, 38041 Grenoble cedex 9, France

Mots-clés : composites, fibres végétales, stabilité dimensionnelle, hystérésis, anisotropie, microtomographie

Les matériaux composites dont le renfort est constitué de fibres végétales font actuellement l'objet de nombreuses recherches en raison de leurs atouts environnementaux et de leur capacité à se substituer aux composites renforcés par des fibres de verre. Néanmoins, leur utilisation donne lieu à divers problèmes dont notamment ceux de stabilité dimensionnelle liés aux variations de température et d'humidité relative ambiantes.

Cette étude expérimentale porte sur des mats de fibres végétales utilisés comme renforcement de matériaux composites. Elle vise une meilleure compréhension des phénomènes de déformation que subissent ces mats lorsqu'ils sont soumis à des variations d'humidité relative de l'air ambiant.

Les mats testés sont formés de fibres de lin étoupe, de lin affiné ou de chanvre. Ils ont été fabriqués par un procédé de type voie sèche au moyen d'une carte, d'un étaleur-appeur, d'une aiguilleuse et consolidés par un procédé d'hydroliage. Leurs propriétés d'absorption et de désorption ont été étudiées en parallèle avec leur variation dimensionnelle dans le plan au cours d'essais cycliques en humidité relative (amplitude des différents cycles en humidité relative pouvant varier de 10 à 90 %, à une température constante de 24°C). Par ailleurs, des expériences de microtomographie aux rayons X utilisant des cycles en humidité relative identiques ont été réalisées.

Pour chaque type testé de fibres et de mats, les résultats obtenus mettent en évidence des phénomènes d'hystérésis sur les propriétés d'absorption et de désorption, ainsi que sur l'hygroexpansion des échantillons. Dans ce dernier cas, l'influence de l'anisotropie des échantillons se révèle également importante. Les mécanismes microstructuraux sous-jacents aux phénomènes de déformation observés sont appréhendés au moyen des images tridimensionnelles issues de la microtomographie.

Caractérisation d'un stratifié tissé à base de fibres de Jute

A. Mir^{1,2}, R. Zitoune¹, F. Collombet¹, B. Bezzazi²

¹ Université de Toulouse ; INSA, UPS ; LGMT (Laboratoire de Génie Mécanique de Toulouse) ;
133c, avenue de Rangueil, F-31077 Toulouse, France.

² Université M'hamed Bougara ; LMMC (Laboratoire des Matériaux Minéraux et Composites) ;
Avenue de l'Indépendance, 35000 Boumerdes, Algérie.

L'utilisation des matériaux naturels disponibles en Algérie pour le développement de l'industrie des composites est un élément clef, notamment pour répondre aux besoins de l'habitat. La recherche du meilleur ratio « performance-coût » est nécessaire, notamment pour intéresser des investisseurs potentiels. Les fibres de jute (tissées dans la région de Bejaia) et le liège (produit dans la région de Collo) sont des matériaux naturels exploitables dans le contexte économique algérien pour la confection de panneaux sandwich composites de grandes dimensions. Le choix d'une résine polymère structurale ne pose de problème d'approvisionnement mais constitue un frein à la recyclabilité de l'ensemble. Cependant, les résines labellisées écologiques ou naturelles ne répondent pas au cahier des charges du produit final. Elles sont rigides et cassantes (comme la polylactone, PLA), se dissolvent dans l'eau (comme le polysaccharose naturel, TPS). Dans l'attente d'une résine « biopol » plus performante, notre choix s'est porté sur une résine thermodurcissable de type LY 5052. Elle présente l'intérêt de se polymériser à basse température (80 °C, étant une température compatible avec la pérennité des fibres de jute) et d'être un matériau candidat au procédé par infusion (économiquement avantageux et permettant de manufacturer des plaques de grandes dimensions). Le jute est, parmi toutes les fibres naturelles, une des meilleures en termes de résistance à la traction, avec des propriétés intéressantes en flexion [1]. La présente étude porte sur un premier examen de l'utilisation du jute comme renfort naturel dans la réalisation d'un stratifié pour la fabrication par infusion des peaux de panneaux sandwichs.

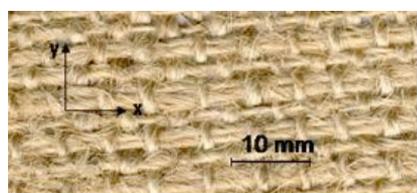


Fig. 1 : Echantillon de tissu de jute.

Le tissu de jute, du fait de sa fabrication (initialement pour des sacs de blé), présente une certaine variabilité qui impacte son comportement en traction (cf. figure 1). Sous sollicitation de traction, on assiste à une orientation des fils et une modification de la géométrie initiale dans les directions longitudinale (x) et transverse (y). Cette perturbation biaxiale est amplifiée par l'écrasement des fils [2]. Le sens de découpe des échantillons et la température de polymérisation sont des facteurs qui influent sur la contrainte de rupture du tissu sec ainsi que sur sa stabilité thermique.

Des essais de traction sur renforts secs, à partir de plusieurs lots de jute et pour différentes températures, mettent en évidence une diminution de 60 % de la valeur de la contrainte à la rupture (pour des éprouvettes chauffées sur une plage de température comprise entre 150 °C et 180 °C) par rapport à celles chauffées à une température inférieure à 150 °C (cf. figure 2). L'identification des caractéristiques thermomécaniques est réalisée grâce à une campagne d'essais sur des plaques composites infusées de type jute/époxy (avec un % de fibre en volume de l'ordre de 40 %). Les éprouvettes sont instrumentées en surface par jauges électriques et disposent d'un mouchetis aléatoire pour réaliser des mesures de champ par stéréo-corrélation d'images numériques. L'analyse des résultats à l'échelle macroscopique, permet de définir des modules élastiques, des contraintes à la rupture et des coefficients de Poisson dans les directions principales x et y du renfort. Les résultats obtenus par mesures de champ et jauges électriques présentent un bon accord (cf. figure 3). A l'échelle mésoscopique, la cartographie des déformations longitudinales (cf. figure 4) révèle la présence d'un fort gradient lié essentiellement à la variabilité géométrique du tissu et à celle du taux volumique du renfort. Par analyse thermique (TMA), on obtient une différence importante entre les coefficients de dilation thermique dans les directions longitudinale et transverse, due essentiellement à la présence plus importante de fils dans le sens trame (y) que dans le sens long (x).

Une étude est en cours pour utiliser ces stratifiés dans la fabrication de plaques sandwichs avec âme en liège à l'aide du procédé par infusion. Ces plaques font l'objet d'une campagne de caractérisation mécanique, thermique, acoustique propre à leur destination dans le domaine de l'habitat.

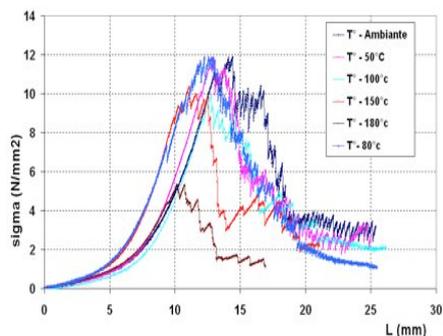


Fig. 2 : Influence de la température sur la contrainte à rupture du tissu sec de jute.

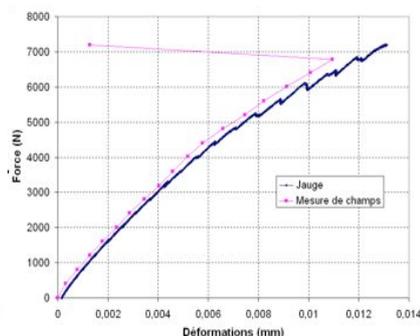


Fig. 3 : Force - déformation long. (x) par jauges et mesures de champs.

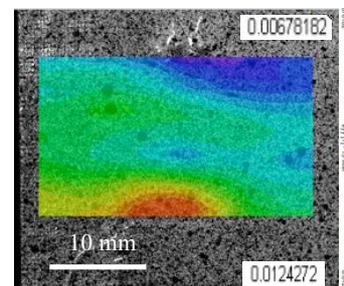


Fig. 4 : Cartographie des champs de déformations long. (x).

Bibliographie

1. T. Munikenche Gowda, A. C. B. Naidu, T.M. Rajput Chhaya. Some mechanical properties of untreated jute fabric-reinforced polyester composites. Composites Part A, Volume 30, Issue 3, (1999), 277-284.
2. P. Boisse, B. Zouari, A. Gasser. A mesoscopic approach for the simulation of woven fibre composite forming. Composites Science and Technology, 65, (2005), 429-436.

L'EFFET DES FIBRES VEGETALES SUR LES CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX CIMENTAIRES

M.A. S. MOHAMED¹, G. WARDEH¹, E. GHORBEL^{1*}

¹- LM2GC-Université de Cergy Pontoise,
5 Mail Gay-Lussac,
Neuville Sur Oise 95031 Cergy Pontoise Cedex

RESUME

Le béton est l'un des matériaux les plus utilisés en constructions mais sa fragilité vis-à-vis des sollicitations mécaniques et physico-chimiques réduit considérablement sa durabilité. De ce fait, des fibres de différentes natures sont utilisées afin d'améliorer ses caractéristiques physico-mécaniques.

Devant l'intérêt croissant des matériaux composites, les matériaux cimentaires ne font pas l'exception. L'utilisation des fibres est devenue une pratique de plus en plus courante et de nombreuses applications ont été développées grâce à leur capacité, prouvée par l'expérience, à limiter et à contrôler la fissuration au jeune âge, et à améliorer la résistance mécanique.

Ce travail s'inscrit dans une contribution à la valorisation des fibres végétales à base de cellulose issue du recyclage du carton. Dans un premier temps, leur dosage par rapport au volume du ciment a été déterminé. On montre que le dosage optimal se trouve entre 10 et 20 % selon le type de fibre.

Dans un second temps, des mortiers du béton équivalent (MBE) ont été préparés afin de confirmer, de trouver le dosage en super plastifiant permettant de fabriquer un béton de classe S4 de consistance.

L'ensemble des résultats montre que les fibres améliorent la résistance mécanique des MBE. Le dosage optimal conduisant à des propriétés maximales dépend du pourcentage de cellulose contenue dans les fibres. L'analyse porométrique, ainsi que les observations microscopiques au MEB du MBE ont été réalisées et les résultats obtenus corrélés aux résultats des essais mécaniques.

* elhem.ghorbel@u-cergy.fr

Tél: 033(1)34256886

Fax: 033(1)34256841

PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES DE PRÉIMPRÉGNÉS INDUSTRIELS LIN/ÉPOXY

Christophe POILÂNE, Alexandre VIVET, Bessem BEN DOUDOU, M'Hamed AYACHI, Jun CHEN
L.R.P.M.N, EA4257, UCBN, IUT d'Alençon, christophe.poilane@unicaen.fr

Les principales fibres jusqu'alors utilisées dans les matériaux composites sont les fibres de verre, de carbone et de polymère. Plusieurs acteurs industriels proposent depuis peu l'utilisation de fibres naturelles dans des composites hautes performances. Parmi eux, la société Linéo NV élabore des préimprégnés lin/époxy de plusieurs épaisseurs, sous forme d'unidirectionnels ou de sergés. Nous présentons divers résultats concernant ces préimprégnés.

Les fibres de lin sont connues pour posséder des propriétés mécaniques comparables à celles des fibres de verre. Leur emploi dans les composites nécessite de répondre à plusieurs exigences industrielles. Parmi celles-ci, figurent la capacité des fibres à adhérer aux résines, l'absence de reprise d'eau, la facilité d'emploi des fibres. Les préimprégnés testés répondent favorablement à ces trois critères.

Les préimprégnés sont constitués de fils de grammage contrôlé et d'une résine époxyde dont la référence est protégée. Les fils comportent une multitude de fibres, d'origine non sélectionnée, torsadées selon les techniques traditionnelles des filatures. Les fils subissent un traitement chimique breveté permettant d'assurer leur adhésion à la résine. Selon le fabricant, ce traitement est moins agressif que les blanchiments utilisés dans le textile.

Trois préimprégnés ont été testés :

- le UD380 : un unidirectionnel de 380g/m²,
- le UD200 : un unidirectionnel de 200g/m²,
- le 'UD'115 : un quasi-unidirectionnel de 115g/m².

Le quasi-unidirectionnel est un tissu présentant 8 fils de chaîne pour un fil de trame. Le fil de trame est nécessaire à la tenue du produit fini.

Les échantillons sont préparés par plaques de 110mm par 200mm. On empile 10 plis de préimprégnés. La polymérisation est effectuée sous pression durant 120min à 130°C. Chaque plaque est découpée à l'aide d'une tronçonneuse à meule diamantée afin d'obtenir les échantillons désirés.

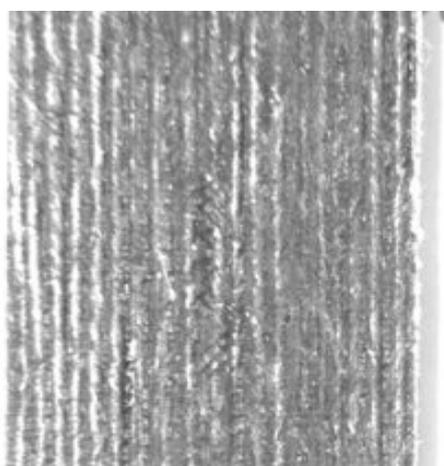
Les pourcentages de fibres mesurés sont de 45% pour le 'UD'115, de 61% pour l'UD200 et de 62% pour l'UD380.

Les tests effectués sont des chargements monotones en traction et en flexion ainsi que des chargement répétés progressifs (CRP) en traction et en flexion. La direction de sollicitation est celle des fils pour les deux UD, ainsi que les orientations à 45° et à 90° pour le 'UD'115. L'influence de la température a été testée jusqu'à 150°C. Il faut noter que, selon des mesures thermogravimétriques, les fibres de lin sont viables jusqu'à environ 250°C.

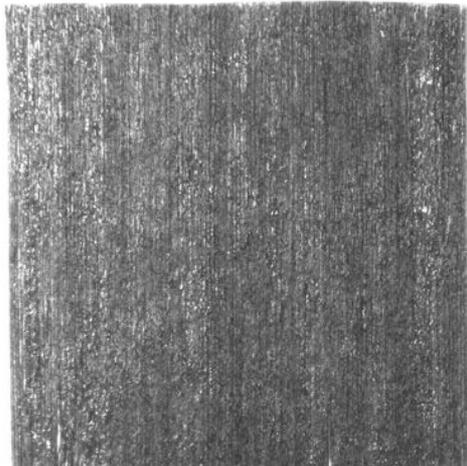
Nous comparons les courbes obtenues avec les trois préimprégnés. On montre que le module dépend essentiellement du pourcentage de fibres. On montre aussi, sans l'expliquer, que les courbes contrainte/déformation présentent deux zones linéaires. On détecte un point comparable à une limite d'élasticité. Ce comportement est valable dans l'axe des fils aussi bien qu'à 45° et à 90°, en traction aussi bien qu'en flexion. Il est confirmé en comparant un essai de fluage au-dessous du point de changement de pente et un essai de fluage au-dessus de ce point.

Pour un pourcentage de fibres 60%, le module de traction est de 27GPa et le module de flexion est de 18GPa. La contrainte maximale à rupture vaut 300MPa et la déformation maximale à rupture vaut 1,7% (UD200). Sans surprise, les propriétés mécaniques s'effondrent pour les essais portés à 45° et à 90° de l'axe longitudinal des fils de lin ('UD'115). Les échantillons supportent une élévation de la température jusqu'à 50°C. Enfin, les courbes de CRP présentent une hystérésis lors de la phase de décharge/charge qui montrent que le composite lin/époxy possède des capacités d'amortissement non négligeables.

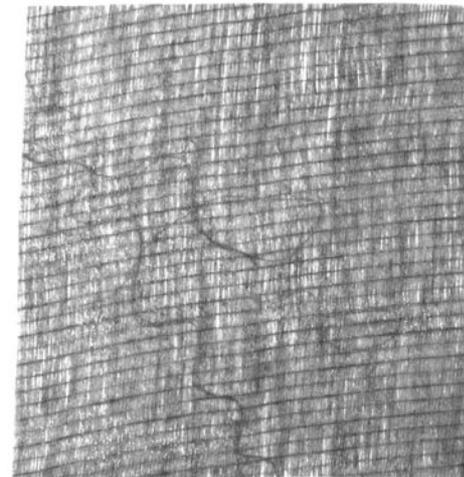
Nous tenons à remercier la société Linéo NV pour la fourniture de ses préimprégnés.



UD380



UD200



'UD'115

Les matériaux de construction traditionnels revisités :

Modifications physico-chimiques des interfaces argiles/fibres végétales et impacts sur les propriétés mécaniques et thermiques des mortiers

Claire S. Peyratout , Marianne Le Troëdec, Ali Rachini, Agnès Smith

Ecole Nationale Supérieure de Céramique Industrielle-Groupe d'Etude des Matériaux Hétérogènes

47-73 avenue Albert Thomas

F-87065 Limoges Cedex, FRANCE

tel: +(0)5 55 45 22 32; fax: +(0)5 55 79 09 98; email: claire.peyratout@unilim.fr

Le programme gouvernemental "Moderniser le bâtiment et la ville" a donné lieu à des propositions pour réduire la facture énergétique des constructions neuves ainsi que du parc ancien [1]. Dès 2010, la norme "Bâtiment à Très Haute Performance Energétique" (BTHPE) sera exigée pour les logements privés. De nombreux industriels du bâtiment cherchent donc à développer des matériaux moins coûteux en énergie dans leur procédé de fabrication, et plus facilement recyclables en fin de vie. Ces nouveaux matériaux doivent également présenter des propriétés analogues, voire plus performantes que celles des matériaux déjà existants.

Il existe depuis très longtemps dans la construction des matériaux traditionnels associant des liants minéraux et des matières premières d'origine végétale. Toutefois, la physique-chimie des échanges entre les différents constituants de ces composites est peu étudiée et mal connue.

Au cours de cette présentation, dans un premier temps, l'impact de plusieurs traitements chimiques sur la composition et la structure de fibres de chanvre, mesuré par analyse thermique différentielle, microscopie électronique à balayage, spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier et par diffraction des rayons X sera présenté. Les traitements envisagés modifient la surface des fibres, et donc les échanges potentiels avec des matrices minérales. Dans un second temps, l'influence des traitements chimiques des fibres cellulosiques sur les propriétés mécaniques (évaluée par des mesures en flexion 3 points) et la conductivité thermique des matériaux composites sera évaluée.

Mots-clés : fibres cellulosiques, chanvre, argile, chaux, traitements chimiques, conductivité thermique, flexion 3 points

Références :

1. GRENELLE DE L'ENVIRONNEMENT, rapport du 27/09/2007

Groupe 1 : Lutter contre les changements climatiques et maîtriser la demande d'énergie

Moderniser le bâtiment et la ville, pages 17 à 38,

http://www.legrenelle-environnement.gouv.fr/grenelle-environnement/IMG/pdf/G1_Synthese_Rapport.pdf

LE TROEDEC M., SEDAN D., PEYRATOUT C., SMITH A., BONNET J-P, GUINEBRETIERE R., GLOAGUEN V., KRAUSZ P.

Influence of various chemical treatments on the composition and structure of hemp fibres

Composites : Part A, 39 (2008) 514-522.

Journée Scientifique AMAC & MECAMAT du 10 octobre 2008

« ECO-MATERIAUX »

Renforcement de murs maçonnés par collage de composites à matrice cimentaire et fibres végétales

B. Jurkiewicz¹ - A. Si Larbi¹ - P. Hamelin¹ - D. Couvret²¹ LGCIE - Site Bohr - Université Claude Bernard Lyon 1 - 82 bd Niels Bohr - 69622 Villeurbanne² Institut Français du Textile et de l'Habillement - Avenue Guy de Collongue - 69134 Ecully

L'utilisation de fibres de verre ou fibres métalliques dans les matrices cimentaires pour la construction ou le renforcement a fait l'objet de développements importants ces dernières années. Les fibres accroissent le contrôle de la fissuration et confèrent au matériau une ductilité accrue ce qui améliore le comportement ultime des ouvrages.

Outre leur intérêt sur le plan du développement durable, les fibres végétales sont susceptibles d'apporter des avantages supplémentaires en termes de flexibilité et de ductilité dès l'instant où la compatibilité et l'adhérence avec la matrice cimentaire sont garanties.

Dans ce travail, nous avons développé des composites à matrice cimentaire associés à des fibres de lin. La résistance et la ductilité ont été évaluées au moyen d'essais de flexion (figure 1). Les résultats montrent l'influence sur le comportement mécanique des paramètres majeurs comme la mise en œuvre, la densité ou le conditionnement des fibres.

La combinaison la plus adaptée a ensuite été retenue pour le renforcement d'un mur en maçonnerie de terre crue sollicité en compression diagonale (figure 2). Les résultats montrent que le comportement du mur renforcé est considérablement amélioré par rapport au même élément non renforcé. Les résultats de calculs effectués par la MEF sont concordants avec les mesures effectuées durant l'essai et permettent de visualiser les zones de plus fortes sollicitations et de mieux interpréter le mécanisme de ruine.

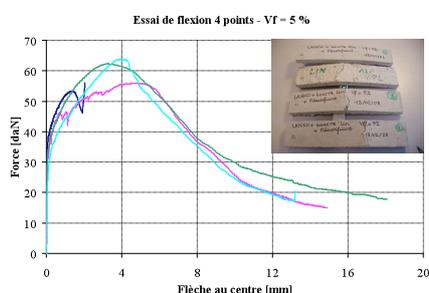


Figure 1 : caractérisation du composite

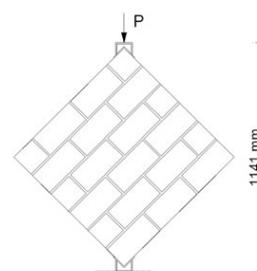


Figure 2 : essai de compression diagonale

Les auteurs tiennent à remercier la région Rhône-Alpes (ACTRA) pour son soutien financier.

Etude de la faisabilité de panneaux OSB écologiques naturellement durables

Olivier Arnould¹, Sandrine Bardet¹, Nadine Amusant², Aurélien Depres³,
Reza Hammid Mansouris³, Tony Pizzi³, Christine Baudassé²

(1) LMGC - CNRS UMR 5508/Université Montpellier 2 - cc 048, Place Eugène Bataillon
34095 Montpellier cedex 5

(2) CIRAD-Forêt - 73, rue J.F. Breton - TA 10/16 34398 Montpellier cedex 5

(3) LERMAB - Faculté des Sciences et Techniques - BP 239
54506 Vandœuvre-lès-Nancy cedex

La production de matériaux composites à base de bois a considérablement augmenté depuis les trois dernières décennies suite, par exemple, aux développements de nouvelles technologies, à l'évolution des ressources en bois, à leur facilité d'utilisation du fait de leur homogénéité et à la prise de conscience par l'opinion publique des problèmes écologiques liés aux activités humaines. Les panneaux reconstitués à base de bois (sous forme de fibres, copeaux ou autres) permettent l'exploitation, voir le recyclage, de bois impropre au sciage et la fabrication de produits de qualité constante répondant, selon le besoin, à des caractéristiques spécifiques (usage structural, décoratif ou ameublement). Parmi ces nombreux produits, nous nous sommes intéressés aux panneaux OSB (*i.e.*, Oriented Strand Board ou panneau à lamelles orientées). Ces produits suscitent un engouement croissant non seulement dans les pays industrialisés (avec, par exemple, une croissance moyenne de 20% par an du marché en France et une demande de 7 millions de m³ au Canada en 2000) mais aussi dans les pays émergents.

Le principal défaut de ce type de panneau est qu'ils sont susceptibles d'être attaqués par les agents de dégradation du bois comme les termites et les champignons car ils sont fabriqués avec des espèces dites non durables (*i.e.*, ne résistants pas aux agents de dégradation du bois) comme le peuplier ou le pin. La solution la plus souvent préconisée consiste à les traiter à l'aide de biocides d'origine synthétique qui peuvent être toxiques pour la santé humaine et l'environnement. De plus, certains d'entre eux peuvent dégrader les propriétés mécaniques. Face aux pressions environnementales, la recherche de nouvelles alternatives plus respectueuses de l'environnement et de la santé humaine s'impose.

L'objectif de cette étude a été de tester la viabilité et la faisabilité de panneaux OSB contenant un mélange de lamelles de bois issues d'essences durables (robinier et cyprès) et de pin (l'essence non durable habituellement utilisée dans la fabrication de panneaux bon marchés). Afin d'augmenter le caractère écologique de ces panneaux, des résines naturelles à base de lignine et de tanin ont été utilisées pour coller les lamelles. Plusieurs panneaux contenant différentes proportions de mélange robinier-pin et cyprès-pin et l'une des deux colles naturelles (ou une colle synthétique industrielle pour référence) ont été fabriqués manuellement afin de trouver la meilleure configuration d'un point de vue mécanique et durabilité. La résistance de ces panneaux vis-à-vis des termites et des champignons a été testée ainsi que certaines propriétés mécaniques (module d'élasticité hors plan et de cisaillement en roulant, contraintes à rupture en traction perpendiculaire et en cisaillement en roulant) avant et après dégradation.

Les panneaux présentant la meilleure résistance à la dégradation sont ceux contenant du cyprès et ce d'autant plus que le pourcentage de cette essence est important. D'un point de vue mécanique, les meilleurs résultats ont été obtenus sur les panneaux contenant également du cyprès en proportion importante (*i.e.*, supérieure à 50%) et ayant été collés à l'aide de la résine à base de lignine. Les résultats mécaniques obtenus avec les panneaux contenant 75% et 100% de cyprès vérifient les critères de la classe 4 (norme NF EN 300), pour les paramètres testés, avant mais aussi après dégradation. Même les panneaux ne contenant que 50% de cyprès présentent des qualités appréciables et ils seraient plus intéressants d'un point de vue économique. Les panneaux contenant du robinier n'ont généralement pas donné de bons résultats en raison d'une densité très hétérogène et d'une mauvaise qualité de collage.