

# VERS DES MATERIAUX COMPOSITES EVOLUTIFS ET DURABLES : BIOCHARGEMENT DE RESSOURCES RENOUVELABLES ET DURABLES

## TOWARDS EVOLUTIVE AND SUSTAINABLE COMPOSITE MATERIALS: BIOCHARGING RENEWABLE AND SUSTAINABLE RESOURCES

M.JAMMOUKH<sup>1\*</sup>, K.MANSOURI<sup>1</sup>, B.SALHI<sup>2</sup>

1 Laboratoire des Signaux, Systèmes Distribués et Intelligence Artificielle (SSDIA), Université Hassan II de Casablanca, Ecole Normale Supérieure de l'Enseignement Technique de Mohammedia BP 28 Mohammedia, Morocco.

2 Laboratoire LRM, Université Mohammed V de Rabat, Maroc.

\*E.mail:JAMOUKHYahoo.fr

### Résumé

En tenant compte des nouvelles contraintes environnementales, cette étude tente à optimiser la mise en œuvre des nouveaux matériaux composites, leurs propriétés d'usage et leur durabilité. Les enjeux sont une exploitation durable des ressources naturelles, une réduction des nuisances liées aux transformations industrielles ainsi qu'une meilleure résistance thermomécanique, un vieillissement contrôlé et un recyclage des éco-matériaux [1].

Obtenu à partir de déchets, dotée d'un potentiel de recyclage important et issue de ressources renouvelables, la bio-charge caractérisée mécaniquement sera injectée dans des matériaux composites en perspective de favoriser l'évolution de leurs propriétés thermomécaniques, qu'elles soient statiques ou dynamiques, la tenue à la corrosion, à la chaleur, à l'usure... Elles se traduisent en évolution fonctionnelle comme la sécurité, l'allègement, les revêtements, la stabilité... [2-3].

**Mots clefs:** *Ressources naturelles, Ressources renouvelable, Eco-matériaux, Bio-charge.*

### Abstract

In light of the new environmental constraints, this study attempts to optimize the implementation of new composite materials, their functional characteristics and their durability. The stakes are manifested in preserving natural resources, reducing pollution related to industrial transformations, improving thermomechanical resistance, as well as controlling ageing and recycling of eco-materials.

Obtained from waste, endowed with an important potential of recycling and stemming from renewable resources, virgin biomaterial characterized mechanically will be injected into composite materials as a filler in perspective of promoting the evolution of their thermomechanical properties, whether static or dynamics, resistance to corrosion, heat, wear ... They

result in functional changes such as security, relief, coatings, stability .... [2].

**Key words:** *Natural resources, Renewable resources, Eco-materials, Bio-filler.*

### 1. Introduction

Face à la responsabilité et pratiques soucieuses de l'environnement et à la favorisation du développement des technologies propres et sobres, les éco-concepteurs se penchent de plus en plus sur l'innovation technologique qui respecte l'écologie [3,4]. S'inspirant de cette hypothèse, nous souhaitons, à travers notre travail de recherche, optimiser les qualités mécaniques et thermiques d'un matériau composite bio-charge telles que la dureté, la ténacité, la résilience, la résistance à la chaleur... et caractériser, par la suite, ce nouveau matériau ainsi confectionné [5].

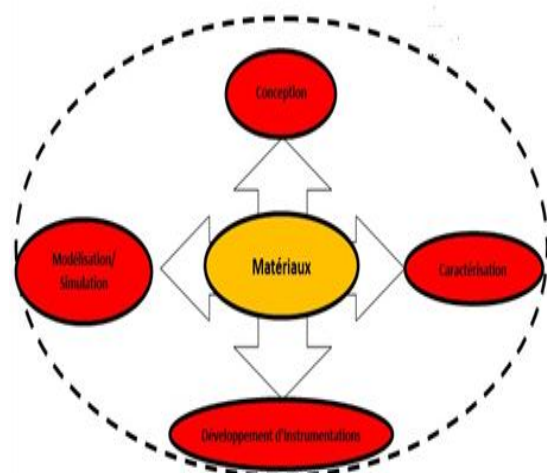


Figure 2. Méthodologie d'études des matériaux

## 2. Processus d'expérimentation

### 2.1 Matériau utilisé

La charge d'origine animale se présente sous forme de gaine d'épaisseur régulière et de surface généralement lisse. Elle est plus fine à sa base qu'à son extrémité. La partie inférieure est rugueuse en surface et présente des stries à intervalles assez réguliers [6].

Dans la mythologie, cette substance d'abondance symbolise prodigalité perpétuelle, elle produit beaucoup à partir de peu.

C'est une formation de la peau. Bien que « mort », ce tissu est produit par le vivant. Elle est composée de différentes kératines : Protéines riches en soufre, formant des fibres. La kératine est présente à la surface de la peau sous forme d'écaillés [6].

On la trouve également dans les cheveux, la laine, les plumes, soies, dards, sabots, onglons, griffes, cornes, ongles les becs des oiseaux, les fanons des baleines, la carapace des tortues ainsi la soie et les toiles d'araignée contiennent aussi de la kératine [6].

Du fait de sa teneur en azote, entre 12 et 15 %, elle est souvent utilisée comme engrais sous forme de copeaux ou de poudre.

Autrefois, c'était un matériau de valeur, idéal pour fabriquer plusieurs articles [6].

### 2.2 Elaboration des flancs

L'obtention de la bio-charge est obtenue par la séparation de la gaine du cornillon formant la pièce sélectionnée. Ce matériau est très facile à travailler, une fois chauffé et ramolli, il est possible de le fendre, comprimer, scier, percer ou tourner. On peut même souder des pièces pour en faire des plaques

Cette étape permet d'obtenir, ensuite, des éprouvettes pour les essais mécaniques par poinçonnage ou découpage, particulièrement ceux des essais de traction comme elle peut être aussi transformée en poudre ou en copeaux pour être éventuellement utilisés comme charges dans les matières plastiques.

### 2.3 Confection des éprouvettes de traction

Une fois chauffée et ramollie, la gaine est comprimée pendant un quart d'heure dans une presse. Cette étape est suivie par une phase de finition de l'épaisseur et des surfaces de la plaque selon la norme ISO 527-2, type 1BA et de forme « Haltère ».

Par la suite, la plaque est poinçonnée ou découpée pour donner des lots d'éprouvettes conformes à la norme en vigueur (Figure 1).



Figure 1. Eprouvettes de traction.

## 2.4 Mode expérimental

Le but de cette première expérience est de déterminer au préalable, la contrainte maximale à la rupture, la déformation relative et le module de Young pour cinq éprouvettes découpées aléatoirement. A cet effet, un premier lot de cinq éprouvettes a été préparé pour tester l'élasticité du matériau vierge.

L'objectif que doit se proposer notre première expérimentation est de vérifier les hypothèses avancées et d'acquérir des critères de performance et d'exploiter positifs en caractéristiques mécaniques telles que la contrainte maximale à la rupture, la déformation relative et le module de Young du matériau vierge. A cet effet, le flanc est découpé aléatoirement en éprouvettes selon les normes ISO 527-2, type 1BA et de forme « Haltère » et une série de tests de traction est effectuée sur ces éprouvettes pour tester l'élasticité du matériau vierge.

### 2.5 Machine utilisée

Pour l'essai de traction, une machine de traction-compression universelle de type LLOYD Instruments LR50K est mise en œuvre à une vitesse traverse de 1mm/min, une température d'essai de 23°C et une humidité de 50±10%.

Le banc d'essai est équipé de mors auto-serrant et d'une cellule de force ayant une capacité de 5kN. Son pilotage se fait par le logiciel Test expert qui permet à la fois de consigner les paramètres d'essais, d'acquérir et de traiter les données (Figure 8).

## 3. Analyse du comportement élastique

### 3.1 Résultats expérimentaux

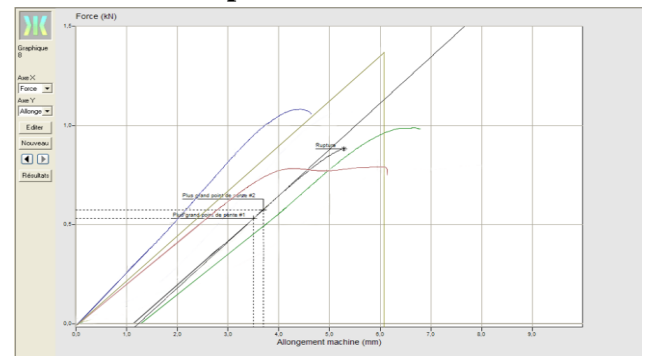


Figure 3. Courbes de traction

### 3.2 Commentaires

Une mise en évidence d'un comportement élastique intrinsèque pour chaque direction de découpage de l'éprouvette.

Une variabilité de réactivités du matériau aux sollicitations à la traction dans des conditions similaires d'expérience lors de l'essai de traction illustrant des comportements élastiques différents du biomatériau. Un comportement élastique, caractérisé par la réversibilité des déformations lors de la suppression des contraintes, ne se manifeste seul que pour des contraintes inférieures à une valeur limite, notée «Re» qui est appelée limite d'élasticité, comme l'indique la figure 3.

Néanmoins, au-delà de cette valeur limite, les déformations permanentes s'ajoutent aux déformations élastiques et/ou bien la rupture se produit. Lors des essais de traction sur les fibres, la contrainte ultime présente une dispersion relativement importante comme cela est illustré dans la figure 3. Cela provient du fait que la rupture est liée à l'orientation de fibres préexistantes.

Nous pouvons observer les performances comportementales suivantes du matériau face aux sollicitations d'extension :

- Comportement élastique linéaire et déformation plastique irréversible. Durant la dernière phase de la déformation plastique, il se produit une striction localement, la section de l'éprouvette diminue et l'allongement continue bien que la charge soit décroissante, jusqu'à la rupture. Le biomatériau subit une déformation plastique avant de se rompre. C'est un matériau dur et tenace (figure 3).
- Comportement élastique, linéaire et réversible. Zone rectiligne, pour laquelle les allongements sont proportionnels aux efforts appliqués. C'est la zone élastique qui est réversible. Car, si l'on supprime l'effort de traction, le retour à l'équilibre s'établit et l'éprouvette conserve un allongement rémanent. La rupture du biomatériau se produit alors qu'il est en régime de déformation purement élastique. C'est un matériau rigide et fragile (figure 3).
- Comportement élastique linéaire et déformation plastique irréversible réduite. La charge croît à nouveau avec les allongements. Il y a apparition de l'étranglement. Le biomatériau subit un écrouissage avant de se rompre. Le matériau atteint un domaine plastique, une déformation subsiste en partie lorsque l'effort cesse. La courbe de décharge est alors parallèle à la droite de déformation élastique. C'est un matériau semi dur et tenace (figure 3).
- Comportement élastique linéaire et déformation plastique irréversible prolongée. Le biomatériau subit une déformation plastique avant de se rompre. Dans cette dernière phase, la déformation plastique est localisée dans une faible portion de l'éprouvette et n'est plus homogène. Il y a striction. C'est un matériau moins résistant et semi ductile (figure 3).
- Comportement élastique linéaire suivie d'une déformation plastique irréversible. Le biomatériau subit une déformation plastique permanente (allongement et striction importants) avant de se rompre. C'est un matériau moins résistant et ductile (Figure 3).  
Nous pouvons aussi remarquer, à travers les résultats moyennés des différents comportements mécaniques enregistrés, que le biomatériau possède un module de Young intéressant pouvant jouer un rôle important dans l'amélioration des performances élastiques après le biochargement des matériaux composites.

## Conclusion

Le développement de matériaux plus respectueux de l'environnement est devenu une préoccupation majeure pour le monde industriel et cela répond à une demande sociétale croissante. Actuellement, les axes de recherches sur ces matériaux concernent les matériaux biosourcés,

les matériaux biodégradables et les matériaux recyclés [1].

Dans cette intention, nous avons pu contribuer à la caractérisation élastique d'un matériau vierge d'origine animale en découpant aléatoirement des éprouvettes, puis en testant sa résistance à la traction sur un banc de traction dans des conditions similaires d'expérience. On note que dans ces essais, le matériau a subi plusieurs tests d'extension et on a retenu les valeurs expérimentales les plus significatives.

La réactivité du biomatériau aux sollicitations de traction a généré une variabilité de comportements élastiques intrinsèques, sachant que cinq comportements enregistrés sont susceptibles de s'être imposés à force de leurs caractéristiques évaluées à savoir, la résistance maximale à la rupture, le déplacement relatif et le module de Young. L'objectif recherché était l'analyse diagnostique des performances élastiques du biomatériau vierge à travers sa caractérisation mécanique.

Cette étude a montré que la variation des qualités mécaniques du biomatériau dépend du sens des fibres du matériau : Comportement différent dans toutes les directions. C'est un matériau à comportement anisotrope. Ce comportement est jugé favorable à une mise en valeur de la bio-charge d'origine animale pour l'innovation de certains matériaux composites [5]. En termes de développement durable, deux approches principales seront développées dans cet axe de recherche : Le développement du recyclage des organes animaux en fin de vie grâce à l'amélioration d'identification des performances et le développement de matériaux biochargés de ressources renouvelables à partir de biomasses organiques.

## Obstacles Scientifiques

Le développement de matériaux biosourcés et biodégradables nécessite l'évolution d'essais spécifiques d'évaluation de la biodégradation des matériaux formulés. Ce développement de matériaux à partir de ressources premières secondaires nécessite l'obtention de pureté de plus en plus importante afin de viser des applications à fortes valeurs ajoutées.

## Références

- [1] E. Bretagne, J. Bréard, V. Massardier et V. Verney, *Eco-matériaux: Les matériaux passent au vert*. 367-368 (2012) 100.
- [2] A. Kouadri, S. Cretin, *Des évolutions indissociables*. 1 (2007) 9.
- [3] K. Halada, *Bull. Jpn. Inst. Metals* 31 (1992) 505-512.
- [4] K. Halada, *Progress of ecomaterials toward a sustainable society, Current Opinion in Solid State and Materials Science* 7 (2003) 209-216 368
- [5] L. AUGIER, *Etude de l'élaboration de matériaux composites PVC/bois à partir de déchets de menuiserie : formulation, caractérisation, durabilité et recyclabilité*. 11-12 (2007) 2507.
- [6] A.S. Neff (FiBL), B.Humi et R. Streiff, *L'importance des cornes chez la vache*. 6 (2015) 1691.