

Étude de l'extraction des fibres de chanvre longs brins et impact sur leur potentiel de renfort

M. GREGOIRE^a, E. DE LUYCKER^a et P. OUAGNE^a

a. Laboratoire Génie de Production, LGP, Université de Toulouse, INP-ENIT, Tarbes, France
marie.gregoire@enit.fr

Résumé :

Actuellement cultivé principalement pour ses graines, le chanvre est une plante bien adaptée à la plupart des conditions de culture européennes. Ainsi, il pourrait être utilisé en tant que substitut au lin textile pour la fabrication de matériaux composites fibres longues. Cependant, les techniques classiques d'extraction des fibres utilisée à ce jour ne permettent pas d'obtenir des fibres conservant des propriétés morphologiques et mécaniques adaptées aux pièces structurales et semi-structurales. Par conséquent, un dispositif d'extraction par teillage peignage a été utilisé pour effectuer la séparation des différents constituant (chènevotte, fibres et poussières végétales) des tiges de chanvre. Ces fractions ont été quantifiées après chaque module du dispositif d'extraction (broyage, battage, peignage). Les propriétés mécaniques des fibres ont ensuite été évaluées. Tout d'abord, les résultats obtenus montrent que la quantité de fibres extraites par teillage peignage est comparable à celle obtenue par un dispositif de broyeurs à marteaux (environ 30%). L'extraction par teillage peignage permet de plus de conserver des propriétés mécaniques comparables à celles de la matière avant extraction.

Abstract :

Currently grown mainly for its seeds, hemp is a plant well adapted to most European growing conditions., It could also be used as a substitute for textile flax in the manufacture of long fibres composite materials. However, the traditional fibre extraction techniques used this day do not produce fibres that retain morphological and mechanical properties suitable for structural and semi-structural parts. Therefore, a scutching-hackling extraction device was used to separate the different components (shives, fibres and vegetable dust) from the hemp stems. These fractions were quantified after each module of the extraction device (breaking, scutching, hackling). The mechanical properties of the fibres were then evaluated., The results obtained show that the quantity of fibres extracted by hackling scutching is comparable to that obtained by a hammer mill system (about 30%). Results show that it is possible to maintain mechanical properties comparable to those of the material before extraction when using scutching-hackling extraction. .

Mots clefs : chanvre, fibres, teillage, peignage, propriétés mécaniques

1 Introduction

De nombreux produits textiles constitués à partir de fibres de lin qu'ils soient pour le domaine vestimentaire, textile de maison ou pour des applications techniques de renfort pour composite sont déjà sur le marché. Une demande de plus en plus forte pour ces produits existe, mais il est à l'heure actuelle difficile de pouvoir augmenter les surfaces de production du lin textile dans les zones historiques de production en Europe. Il serait donc intéressant de trouver une alternative au lin textile. Les fibres de chanvre en seraient une. En effet, il s'agit d'une plante bien adaptée à la plupart des conditions européennes de culture et dont les composants (graines, chènevotte, inflorescences et fibres) sont valorisables dans de nombreux domaines tels que les huiles essentielles, l'isolation, la pharmacie, la construction ou les litières animales (**Karus, Karst, Hobson, & Bertucelli, 2013**).

À l'heure actuelle, le principal revenu des cultivateurs chanvriers se trouve au niveau de la graine et les surfaces de chanvre cultivées dans ce but sont en constante augmentation. Mais les ressources historiques que constituent les fibres et dans une moindre mesure les chènevottes (partie ligneuse de la plante) ne sont probablement pas à négliger dans le cadre d'une valorisation pérenne de cette culture. Actuellement, les fibres de chanvre sont principalement utilisées pour la fabrication de papier ou en tant que renforts fibres courtes pour des composites, mais il n'existe pas à notre connaissance de textile de renfort pour composites structuraux fabriqués à partir de fibres de chanvre qui réponde à l'attente des industries de ce secteur. Les applications actuelles (papier, polymères renforcés de fibres courtes) ne nécessitant pas de fibres possédant un fort potentiel mécanique, ces dernières sont extraites de manière agressive en utilisant des dispositifs traditionnels tels que les broyeurs à marteaux. Les qualités de fibres attendues pour des applications composites pour pièces structurales sont significativement différentes de celles demandées pour la fabrication de papiers. Il est donc nécessaire d'utiliser un dispositif d'extraction de fibres minimisant l'impact de cette étape d'extraction sur les propriétés mécaniques et morphologiques des fibres.

Un dispositif d'extraction de fibres par teillage/peignage de Laboratoire a été utilisé et étudié afin de déterminer son impact sur les propriétés des fibres de chanvre, issues de tiges de chanvre rouies au champ. Ce dispositif de teillage/peignage est composé de trois modules : broyage, battage et peignage. L'impact de chacun de ces modules sur les propriétés mécaniques des fibres individuelles ainsi que sur la finesse des fibres techniques est analysé.

2 Matériels et méthodes

2.1 Matériels

Les essais sont menés en utilisant 2 lots de chanvre de variété Futura 75 cultivé en Italie et récolté en fin de floraison. Le premier lot de tiges a été récolté immédiatement en fin de floraison, i.e. à la fin du mois d'Août, ce qui correspond au lot non-roui. Les tiges composants le deuxième lot ont été rouies au champs pendant 3 semaines après une récolte à la fin de la floraison. Les deux lots viennent du même champ. Les tiges sont coupées en tronçons de 1 mètre lors de la récolte au champ. Les essais ont été réalisés sur la partie inférieure des tiges.

Les échantillons ont été stabilisés à 25°C et 65% d'humidité pendant un jour avant les extractions de fibres par teillage/peignage.

2.2 Le dispositif d'extraction de fibres

L'extraction des fibres est réalisée en utilisant un dispositif de teillage peignage développée par Taproot Fibre Lab (Nouvelle-Ecosse, Canada). Comme perceptible sur la figure 1, le dispositif est composé de trois modules.



Figure 1. Dispositif d'extraction de fibres par teillage peignage Taproot

Le premier module est composé de deux paires de rouleaux cannelés permettant de casser la partie ligneuse des tiges de chanvre. Ces dernières sont ensuite transmises au système de battage qui a pour objectif d'extraire la chènevotte et la poussière piégées dans les fibres en sortie de broyage. Pour finir, la matière est passée dans un dispositif de peignage permettant d'aligner et de commencer à séparer les faisceaux de fibres.

Trois fractions végétales sont obtenues en fin d'extraction : les fibres (longues et étoupes), la chènevotte ainsi que la poussière végétale. Un bilan matière est réalisé après chaque module d'extraction. Les rendements en fibres obtenus lors du teillage/peignage sont également étudiés.

Des fibres sont prélevées après chaque module afin de connaître l'impact de ces derniers sur leurs propriétés mécaniques.

2.3 Tests de traction sur fibres élémentaires

Trente fibres élémentaires sont extraites manuellement de chaque lot (broyage, battage, peignage) avec soin afin de ne pas les endommager et d'obtenir des propriétés les plus proches possibles de leur potentiel de renforcement. Chaque extrémité de la fibre individuelle est positionnée dans des tablettes plastiques et maintenue en position avec une colle photo-sensible afin d'éviter son glissement pendant les mesures morphologiques et la traction.

La mesure des sections transversales des fibres élémentaires est réalisée par la méthode de « automated laser scanning » qui utilise une technique d'ombroscopie. Un système d'analyse dimensionnelle des fibres (FDAS) contrôlé par le logiciel UV Win de l'entreprise Diastron Ltd., Hampshire, UK est utilisé pour déterminer les diamètres des fibres individuelles grâce à un photo-détecteur haute précision à rayon laser. La fibre individuelle montée dans les tablettes plastiques est positionnée dans des mors et maintenue en position grâce à un système pneumatique. La fibre est scannée sur sa périphérie à 360° ainsi que sur toute sa longueur à intervalle régulier. Pour cette étude, les fibres de longueur de jauge de 12 mm sont scannées dix fois de manières réparties sur toute leur longueur. Lors de la rotation de la fibre, les diamètres maximum et minimum sont relevés et correspondent à des mesures réelles. Les autres mesures correspondent à des diamètres projetés. L'aire de la fibre est alors calculée à partir des diamètres maximum et minimum en suivant un modèle elliptique. Comme l'a expliqué William GARRAT dans son article, un tel modèle permet de calculer une aire proche de l'aire réelle de la fibre, contrairement au modèle circulaire (**Garat, Corn, Le Moigne, Beaugrand, & Bergeret, 2018**). Ce système de mesure permet de déterminer les diamètres

avec une précision de 0,01 μm . Cependant, il faut remarquer que ce système ne permet pas de mesurer des surfaces concaves.

Les tests en traction sont réalisés sur les éprouvettes préparées précédemment pour le dimensionnement des fibres individuelles. Après le calcul des aires des sections transversales des fibres individuelles en suivant un modèle elliptique, ces dernières sont testées en traction. Le système utilisé est un extensomètre haute précision Lex automatisé (Lex 820, Diastron Ltd., Hampshire, UK) composé de 2 éléments : une cellule de force de capacité de ± 20 N ainsi qu'un moteur pas à pas permettant la mise en traction, présenté sur la figure n°4. Il est utilisé pour des ruptures à faibles déformations. Le déplacement est obtenu avec une précision de 1 μm . Les essais sont réalisés avec une vitesse d'avance de 1mm/min. Les contraintes en traction et les modules de Young vont par la suite être calculés.

3 Résultats

3.1 Analyse des fractions végétales

Les quantités de fractions végétales (fibres, chènevotte et poussières végétales) extraites en sortie du dispositif de teillage peignage sont présentées dans le tableau 1. Les résultats expérimentaux obtenus sont donnés pour 100 grammes de tiges en entrée de dispositif qui ont été stabilisées en humidité.

Matière	Masse tiges (g)	Masse fibres (g)		Masse chènev. (g)	Masse poussières (g)
		Longues	Étoupes		
Futura 75non-roui	100	21,93	8,22	68,97	0,89
Futura 75 roui	100	18,15	11,98	68,95	0,92

Tableau 1. Fractions végétales extraites des tiges par teillage peignage

Les résultats obtenus montrent que le rouissage va avoir un impact sur les rendements en fibres en sortie de dispositif de teillage peignage. Tout d'abord, la matière non-rouie va permettre d'obtenir une quantité plus importante de fibres longues peignées (21,93%) que si l'extraction est réalisée sur de la matière rouie (18,15%). La quantité de fibres totale obtenue en cumulant les fibres longues et les déchets de peignage (étoupes) atteinte pour les deux lots est de 30%. Ces résultats sont proches de ceux présentés dans la littérature. Une précédente étude réalisée sur l'extraction du chanvre par des dispositifs traditionnels tels que les broyeurs à marteaux donne en effet des rendements en fibres compris entre 29 et 32% (Meirhaeghe, 2011).

Le rouissage ne semble pas impacter les rendements en chènevotte et en poussières obtenus en fin de teillage peignage.

Les pertes en matières végétales (fibres, chènevotte et poussières végétales) au niveau des différents modules sont présentées dans le tableau 2.

Matière	Module	Fibres (%)		Chènevotte (%)	Poussières (%)
Futura 75 non-roui	Broyage	0		54,04	42,70
	Battage	4,42		25,74	8,32
	Peignage	Fib. longues	72,73	20,21	48,98
		étoupes	22,85		

Futura roui	Broyage	0		44,94	67
	Battage	4,02		43,09	24,50
	Peignage	Fib. longues	60,24	11,97	8,50
		étoupes	36		

Tableau 2. Répartition des pertes des fractions végétales selon les modules d'extraction

Que ce soit pour la matière rouie ou la matière non-rouie, le broyage permet de fractionner et d'extraire en grande majorité de la chènevotte. Il s'agit du module ayant le plus d'impact sur la partie bois des tiges de chanvre. La chènevotte est également la fraction végétale ôtée de manière majoritaire lors du battage. Cependant, dans le cas de la matière non-rouie la quantité de bois extraite des faisceaux lors du battage est deux fois moins importante que lors du broyage. Une plus importante quantité de chènevotte est alors extraite lors du peignage, ce qui n'est pas l'effet recherché, ce dernier ayant pour principal objectif de séparer et d'aligner les faisceaux. Ce comportement n'est pas observé avec le lot de matière rouie au champs. En effet, la quantité de chènevotte extraite lors du battage est aussi importante que celle obtenue lors du broyage. Peu de chènevottes sont extraites lors du peignage. Les résultats obtenus sont en accord avec ceux attendus suite à un rouissage. En effet, le rouissage va avoir pour effet de dégrader à la fois la lamelle mitoyenne maintenant les fibres entre elles et ainsi d'affiner les faisceaux de fibres mais également de faciliter la séparation entre la chènevotte et les fibres (Musio, Müssig, & Amaducci, 2018). Le rouissage a ainsi permis une extraction plus aisée de la chènevotte lors du battage si l'on compare à la matière non-rouie.

Une quantité importante de fibres est perdue lors de l'étape de peignage que ce soit pour le lot rouie ou non rouie. La matière rouie est cependant plus touchée avec 36% d'étoupes à cause du rouissage. Ce dernier a en effet pour impact de dégrader la lamelle mitoyenne et ainsi de faciliter la séparation des fibres, ce qui peut également entraîner leur chute.

3.2 Impact des modules sur les propriétés mécaniques

L'étude de l'impact sur les propriétés mécaniques des fibres en sortie de chacun des modules du dispositif d'extraction Taproot a été étudié dans un premier temps sur du lin textile cultivé en Normandie en attendant les résultats obtenus à partir de fibres de chanvre.

Les propriétés mécaniques des fibres individuelles issues de 4 lots ont été étudiées. Tout d'abord, des fibres ont été extraites directement des tiges de lin après une trempe de 72 heures dans de l'eau chaude à 30°C. Comme montré par Karine Charlet dans son article, ce traitement n'a pas d'impact négatif sur les propriétés des tiges et permet de une extraction plus aisée des fibres des faisceaux (Charlet et al., 2007). Ces essais vont permettre de connaître les propriétés initiales de la matière avant l'extraction mécanique des fibres. Des fibres unitaires ont ensuite été testées en sortie de chacun des modules (broyage, battage et peignage) du dispositif d'extraction. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 3.

	Matière brute	Broyage	Battage	Peignage
Contrainte (MPa)	1240 ± 515	1341 ± 637	1398 ± 502	1292 ± 376
Module d'Young (GPa)	61 ± 19	54 ± 16	56 ± 18	47 ± 21

Tableau 3. Impact des modules du dispositif d'extraction sur les propriétés mécaniques

Des tests de Student ont été réalisés sur les résultats des essais. Ils ont montré qu'il n'y a pas de différences significatives entre la matière brute et les fibres en sortie de peignage. Le dispositif

d'extraction permet donc d'obtenir des fibres n'ayant pas leurs propriétés mécaniques dégradées par l'étape d'extraction mécanique des fibres.

De plus, aucune différence significative a pu être observée entre les fibres extraites de chacun des modules. Ainsi, les résultats obtenus montrent que même si l'étape de peignage pourrait être considérée comme très agressive pour les fibres elle n'a pas de réel impact significatif. Dans le cas du chanvre, l'impact du peignage sur les propriétés mécaniques devrait être plus fort du fait de la plus grande cohésion des fibres au sein des faisceaux.

Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet SSUCHY financé par le partenariat public-privé BBI (Bio Based Industries) dans le cadre du programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union Européenne au titre de la convention de subvention n° 744349.

Références

- Charlet, K., Baley, C., Morvan, C., Jernot, J. P., Gomina, M., & Breard, J. (2007). Characteristics of Hermès flax fibres as a function of their location in the stem and properties of the derived unidirectional composites. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 38(8), 1912–1921. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2007.03.006>
- Garat, W., Corn, S., Le Moigne, N., Beaugrand, J., & Bergeret, A. (2018). Analysis of the morphometric variations in natural fibres by automated laser scanning: Towards an efficient and reliable assessment of the cross-sectional area. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 108(November 2017), 114–123. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2018.02.018>
- Karus, M., Karst, S., Hobson, J., & Bertucelli, S. (2013). The European Hemp Industry: Cultivation, processing and applications for fibres, shivs and seeds. *European Industrial Hemp Association*, 1994(2016-05), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2015.04.081>
- Meirhaeghe, C. (2011). Evaluation de la disponibilité et de l'accessibilité de fibres végétales à usages matériaux en France Assessment of natural fibres availability and accessibility for material uses in France Remerciements. *Recherche*.
- Musio, S., Müssig, J., & Amaducci, S. (2018). Optimizing Hemp Fiber Production for High Performance Composite Applications. *Frontiers in Plant Science*, 9(November), 1–14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01702>