
Etude comparative des applications non énergétiques du chanvre et du miscanthus

Note de synthèse
8 avril 2011

Jean-Luc WERTZ et Caroline VANDERGHEM¹⁾

1) Unité de Chimie biologique industrielle, Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège



Document ValBiom – Gembloux Agro-Bio Tech, Université de Liège

Document FARR-Wal – Avec le soutien de la Région Wallonne – DGO3/4

Réf.2011_XX_XX



Table des matières

1. Introduction

1.1 Le chanvre, une plante multifonctions

1.2 Le miscanthus, une plante à potentiel d'abord énergétique

2. Plasturgie et composites

3. Bâtiment

4. Papier

5. Litières

6. Textiles : tissés et non-tissés

7. Paillage

8. Divers

9. Perspectives : les projets wallons et transfrontaliers

9.1 Le projet Interreg Polychanvre

9.2 Le projet Technose

1. Introduction

1.1 Le chanvre

Le chanvre, ou plus précisément *Cannabinus sativa*, est une plante **annuelle** originaire apparemment de Chine dont la tige peut atteindre selon les espèces 2 à 4 mètres de hauteur avec un diamètre moyen de 1 à 3 cm (Figure 1).¹



Figure 1 Le chanvre

La culture du chanvre est considérée comme l'une des productions les plus anciennes dédiées à la production de fibres. De nos jours, cette Angiosperme dicotylédone de

¹ Collectif Coordination P. BOULOC, *Le chanvre industriel, production et utilisations*, Ed France Agricole, Paris, 2006

l'ordre des Rosales et de la famille des Cannabaceae² se développe sous divers climats, principalement rencontrés en Asie et en Europe. Le chanvre peut être cultivé pour sa paille et pour sa graine sur la même plante. Le rendement en paille est de ~8-10 tonnes par hectare et par an. Le rendement en graines atteint ~1 tonne par hectare et par an. Le chanvre a un métabolisme photosynthétique en C3 qui se rencontre aussi dans les herbes, le colza, le tournesol et la betterave.³ La fibre de chanvre est une **fibre libérienne**, comme celle de lin, de kenaf, de jute et de ramie. Les plantes de cette famille présentent toutes des fibres externes longues et étroites et un cœur ligneux.⁴ Le chanvre est une plante semée au printemps et récoltée en fin d'été, début d'automne. Il trouve sa place dans une rotation. Il peut même être considéré comme une excellente tête de rotation, au même titre que la pomme de terre ou la betterave, car il élimine les mauvaises herbes, ameublisse la terre grâce à son système radicalaire et mobilise les éléments fertilisants. Il pousse dans toutes les conditions et s'adapte bien aux conditions difficiles. C'est une plante très rustique qui a conservé des caractéristiques de plantes sauvages.¹ Le chanvre est une culture intéressante car il ne requiert ni pesticides, ni herbicides.

Le chanvre est une plante technologique dans le sens où tous ses composants peuvent faire l'objet d'applications. Les fibres de la tige (~30 % de la paille) sont employées en papeterie (papiers spéciaux), en textile, en isolation (laines de chanvre), dans des composites (composites polymère-chanvre). Le cœur ligneux de la tige (~55 % de la paille), appelé **chènevotte**, est utilisé dans le bâtiment (matériaux chaux-chanvre), dans les litières animales et pour le paillage. La graine (**chènevis**), enfin, est employée en oisellerie, comme appât pour la pêche, dans l'alimentation humaine et animale (présence d'oméga 3 et 6), et les cosmétiques.

1.2 Le miscanthus

Le miscanthus, ou plus précisément, le *Miscanthus giganteus*, (**Figure 2**) est une graminée vivace originaire d'Asie.⁵ Cette plante monocotylédone de l'ordre des Poales et de la famille des Poaceae⁶ cumule deux avantages intéressants pour la production de bioénergie : elle produit beaucoup de biomasse (15-20 tonnes de biomasse par an à partir de la troisième année⁷) et elle est économe en intrants.

² <http://fr.wikipedia.org/wiki/Chanvre>

³ D. DEUBLEIN and A. STEINHAUSER, Biogaz from Waste and Renewable Resources: An Introduction, Wiley-VCH, 2008 dans <http://www.amazon.fr/Biogaz-Waste-Renewable-Resources-Introduction/dp/3527327983>

⁴ <http://www.cleanshaper.com/3.0/xoops/uploads/58082e9c-6655-0a1c.pdf>

⁵ INRA, 2007 dans http://www.inra.fr/presse/le_miscanthus_une_plante_qui_carbure

⁶ <http://fr.wikipedia.org/wiki/Miscanthus>

⁷ JG BAUDOIN, ValBiom, 2004 dans http://www.valbiom.be/files/gallery/fibres_rw21197539563.pdf

Document FARR-Wal – Avec le soutien de la Région Wallonne – DGO3/4

Réf.2010_XX_XX



Figure 2 Le miscanthus (courtoisie de Jean-Michel DEPLANQUE, Tournai)

La grande productivité du miscanthus s'explique par son métabolisme photosynthétique en C4, que partagent aussi d'autres graminées d'origine tropicale telles que le maïs, la canne à sucre et le sorgho.⁵ Grâce à ce métabolisme, la plante est plus efficace dans la capture du CO₂ et dans la conversion de ce gaz en matière organique. En outre, le miscanthus est une plante **pérenne** qui repousse chaque année à partir des **rhizomes** qu'elle développe dans le sol. Elle nécessite une seule phase d'implantation pour plus d'une quinzaine d'années de culture. La première année est délicate car la plante installe ses racines. La croissance végétative est faible et la concurrence des mauvaises herbes élevée. L'apport d'herbicide permet alors de garantir une installation satisfaisante. En fin de première année, la restitution au sol après broyage de la culture crée une litière de surface qui limite le développement des mauvaises herbes. Les années suivantes, la croissance de la culture est rapide et permet d'éviter l'usage des herbicides. Le miscanthus ne nécessite pas non plus de fongicides ni d'insecticides. Il se récolte à la fin de l'hiver.

Le miscanthus peut être utilisé pour la production de chaleur, d'électricité et de biocarburant.⁸ Le pouvoir calorifique du miscanthus est plus élevé que celui de la plaquette de bois humide vu son taux d'humidité plus faible ; Son pouvoir calorifique inférieur est d'environ 4700 kWh/t contre 3300 pour la plaquette de bois. Son utilisation à la place du bois dans les installations de chauffage individuelles est possible ; il peut aussi remplacer jusqu'à 50 % du charbon dans une chaudière industrielle ou dans une centrale électrique. Comme le bois, le miscanthus peut être déchiqueté puis pressé en briquettes ou en granulés. Les agrocombustibles, comme le miscanthus, présentent cependant des inconvénients par rapport au bois : taux de cendres plus élevé, problèmes de corrosion et d'émissions acides liés à des teneurs en azote et en chlore plus importantes, et formation plus aisée de mâchefers suite à des teneurs plus élevées en silicium, magnésium et potassium. Pour produire de l'électricité à partir de miscanthus comme combustible, il faut produire de la vapeur d'eau qui actionne des turbines couplées à un alternateur. Le miscanthus pourra aussi servir de matière première à la

⁸ D. ROBINET, Les utilisations du miscanthus, 2009 dans www.valbiom.be

Document FARR-Wal – Avec le soutien de la Région Wallonne – DGO3/4

Réf.2010_XX_XX

fabrication de biocarburant de deuxième génération, soit par la voie biochimique, qui implique généralement une hydrolyse enzymatique et conduit à l'éthanol, soit par la voie thermochimique, qui implique généralement une gazéification et conduit aux carburants de synthèse (BtL, Biomass to Liquid).

En dehors de ses applications énergétiques qui sont prédominantes, le miscanthus est utilisé dans les litières animales, le bâtiment, l'automobile, les composites polymère-miscanthus, les pots de fleurs biodégradables, les matériaux d'emballage, papiers et cartons ainsi que pour le paillage.

2. Plasturgie et composites

L'incorporation de fibres végétales à base de cellulose (coton, lin, chanvre, jute, ramie, sisal, kenaf, coco, abaca, bois...) dans des matériaux thermoplastiques ou thermodurcissables en remplacement des fibres de verre est un concept déjà industrialisé et commercialisé. On trouve ces composites dans des objets aussi variés que des pièces d'habillage intérieures d'automobiles (panneaux de porte, doublures de coffre...), des coques de bateau, des boîtiers pour l'électronique, des meubles de jardin, des tableaux de bord, des pièces de capotage, des bardages, des plinthes et huisseries.⁹ Ces applications répondent au souci de la préservation de l'environnement. En Europe, le bois, le lin et le chanvre sont aisément cultivés et sont ainsi les plus utilisés comme fibres de renfort.

Une des difficultés majeures de la fabrication de composites biobasés est de créer une bonne adhésion de la fibre végétale à la matrice. La cellulose, principal composant de la fibre végétale, est peu compatible avec les matrices polymères. Les chercheurs utilisent leurs connaissances de la composition, de la structure de la paroi végétale et de la réactivité de ses constituants macromoléculaires pour tenter de reproduire des interfaces matrice-fibres sur le modèle de la plante. Les fibres végétales sont, en effet, des composites formés de microfibrilles de cellulose enchâssées dans une matrice de différents polysaccharides et de lignine. Une première approche consiste à partir de l'étude de la fibre de cellulose elle-même. L'autre approche consiste à utiliser des agents de couplage afin de modifier les propriétés de surface des fibres.

2.1 Chanvre

Parmi les différentes sources végétales, le chanvre est particulièrement performant suite aux propriétés mécaniques de ses fibres longues, mais également aux qualités agronomiques de la plante. A titre d'exemple de composites polymère-chanvre, la **Figure 3** montre un intérieur de portière Mercedes à base de fibres de chanvre.

⁹INRA, *Plastiques composites à base de fibres végétales*, 2006 dans http://www.inra.fr/presse/plastiques_composites



Figure 3 Intérieur de portière Mercedes à base de fibres de chanvre (Courtoisie de Vincent HOTTE)

On peut résumer les principales propriétés des polymères renforcés chanvre selon trois thèmes.¹⁰

1. Economiques :
 - Faibles coûts
 - Réduction des temps de cycle de production
 - Gains énergétiques à la transformation
 - Densité faible par rapport à d'autres renforts
2. Techniques :
 - Propriétés mécaniques identiques aux renforts traditionnels
 - Produits certifiés aptes au contact des produits alimentaires
 - Absence d'abrasion
 - Tenue thermique améliorée
 - Absence de déformation et retraits
 - Stabilité géométrique des pièces produites
 - Bonnes propriétés d'isolation phonique et thermique
3. Ecologiques :
 - Entièrement recyclables
 - Absence de toxicité du renfort
 - Abaissement du contenu en matériaux d'origine fossile
 - Utilisation d'une plante à fort caractère écologique
 - Réalisation de pièces en « plastiques actifs »
 - Fabrication de produits avec un aspect naturel
 - Absence de résidus après incinération ultime en fin de vie

2.2 Miscanthus

¹⁰ http://www.carinna.fr/spip.php?page=article&id_article=884

Document FARR-Wal – Avec le soutien de la Région Wallonne – DGO3/4

Réf.2010_XX_XX

Le miscanthus n'est pas une plante à fibres longues comme le chanvre et les autres plantes libériennes. La fibre extraite du miscanthus a une composition comparable à celle de la fibre forestière sans écorce.¹¹

Les composites écologiques constituent une nouvelle application prometteuse du miscanthus (**Figure 4**). Les pots de fleurs biobasés en sont un exemple. Fabriqués à base de canne de miscanthus et de liant naturel, ils sont entièrement biodégradables et réduisent l'usage de plastiques d'origine fossile. Avec eux, il n'est pas nécessaire de dépoter les végétaux pour les planter.¹²

Le miscanthus peut être utilisé aussi pour remplacer le PVC et le polypropylène dans de nombreuses applications.¹³ Dans l'industrie automobile, par exemple, il peut être intégré dans la fabrication de volants, pare-chocs et enjoliveurs.



Figure 4 Exemples de pièces en composite à base de miscanthus⁸

3. Bâtiment

3.1 Chanvre

¹¹ H. GROLEAU, *Le Miscanthus giganteus, une culture d'avenir*, 71^e congrès de l'ordre des agronomes du Québec, 2008 dans www.oaq.qc.ca/pdf/Congres08/CV_Resume_Groleau.pdf

¹² www.promisc.be

¹³ http://veillestrategique.champagne-ardenne.cci.fr/AutoIndex_v1/veilles/fiches-techniques/Agro-Industrie%20Info/2007/19Miscanthus.pdf

Document FARR-Wal – Avec le soutien de la Région Wallonne – DGO3/4

Réf.2010_XX_XX

La fibre de chanvre sert à fabriquer des **laines** isolantes, tandis que la chènevotte est utilisée pour fabriquer des **matériaux chaux-chanvre** (béton, mortier ou enduit) aux propriétés environnementales attractives (**Figure 5**)^{14, 15}.



Figure 5. Utilisation du chanvre dans le bâtiment¹⁶ © A. Evrard / CenC

Les premières productions de laine de chanvre datent de 1998.¹ Depuis lors, la conception du matériau est restée la même. Elle consiste à lier les fibres de chanvre à l'aide de fibres thermofusibles, généralement du polyester. La laine de chanvre possède les mêmes propriétés isolantes que les laines minérales. Le chanvre compressé peut également servir à fabriquer des panneaux semi-rigides. Une isolation réalisée avec deux couches de panneaux de 10 cm d'épaisseur a un coefficient d'isolation thermique U de 0,2 W/m².K (un mur d'une maison passive a un coefficient U voisin de 0,1 W/m².K). C'est aussi un bon isolant phonique.

La chènevotte, mélangée à des liants minéraux (chaux, sable) permet de fabriquer du béton, du mortier ou un enduit (**Figure 6**).

¹⁴ www.ddmagazine.com/20080717484/Guides-pratiques/le-chanvre-pour-une-maison-ecologique.html

¹⁵ <http://www.chanvreco.be>

¹⁶ www.chanvrewallon.be

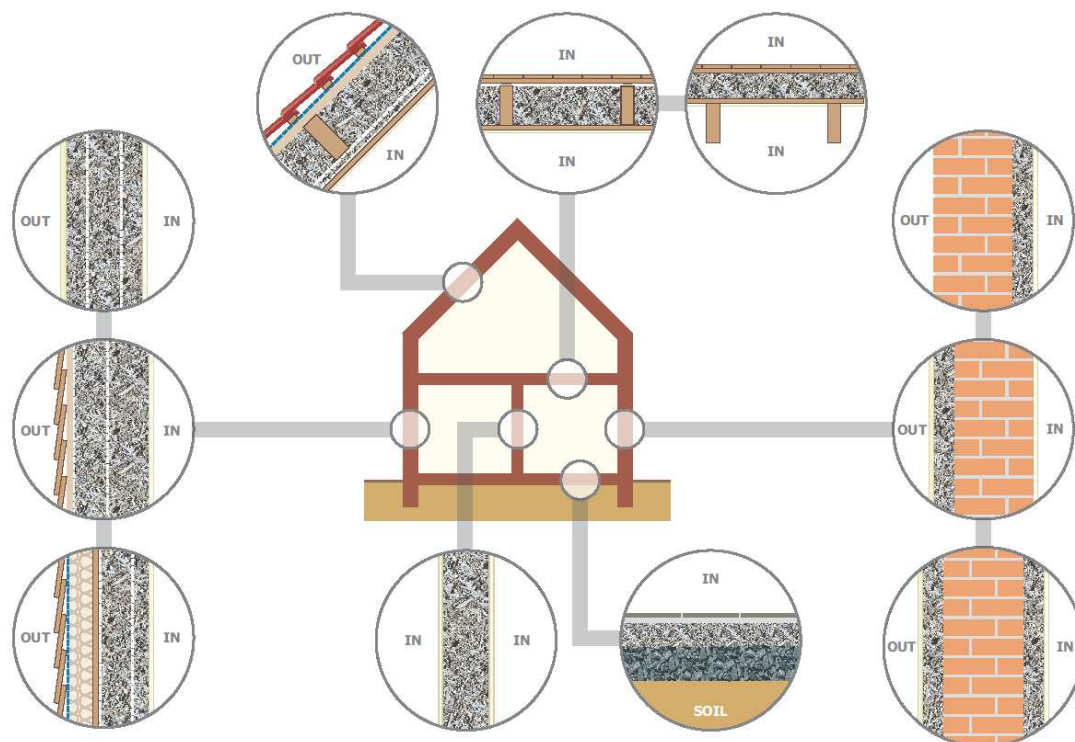


Figure 6 Les matériaux chaux-chanvre dans le bâtiment (Courtoisie Arnaud Evrard)

Comme la laine, le béton de chanvre possède de bonnes propriétés isolantes. En conséquence, il est utilisé dans la construction pour la réalisation de murs, de chapes et dalles, d'enduits isolants extérieur et intérieur et de toitures. Pour construire un mur avec du béton de chanvre, il faut d'abord bâtir une ossature, par exemple en bois, puis remplir la paroi verticale avec le béton. Le béton de chanvre est également perméable à la vapeur d'eau. Cette caractéristique lui donne une bonne capacité à absorber le surplus de vapeur d'eau lorsque l'air est trop humide et à la restituer lorsqu'il s'assèche, permettant ainsi un ajustement de l'humidité dans la maison.

Selon l'association Construire en Chanvre, la quantité de chanvre nécessaire à la production d'un m² de mur en béton de chanvre représente un stockage de 35 kg de CO₂.

Le **Tableau 1** reprend quelques caractéristiques importantes des laines et bétons de chanvre.

Tableau 1. Caractéristiques de laines et bétons de chanvre¹⁴

	Laine de chanvre	Béton de chanvre
Densité (kg/m ³)	25-30	250-900
Conductivité thermique λ (W/m.K)	~0,04	0,08-0,12
Coefficient d'isolation thermique U pour 20 cm d'épaisseur (W/m ² .K)	0,19-0,21	0,4-0,6

On peut résumer les principales propriétés des matériaux chaux-chanvre selon trois thèmes :

Performances techniques

- Absorption acoustique
- Bétons légers et ultralégers

Document FARR-Wal – Avec le soutien de la Région Wallonne – DGO3/4

Réf.2010_XX_XX

- Elasticité
- Porosité et perméabilité à la vapeur d'eau

Performances énergétiques

- Confort d'été
- Durable
- Résistance thermique élevée et transferts hygrothermiques
- Solutions en rénovation

Performances environnementales

- Production agricole sans phytosanitaire
- Matériaux renouvelables
- Stockage de carbone
- Qualité de l'air intérieur¹⁷

3.2 Miscanthus

Le miscanthus peut être utilisé dans divers matériaux de construction, notamment les panneaux d'isolation et les bio-bétons. On le retrouve ainsi sous la forme de béton léger, enduit, chapes de ciment, constructions en torchis, plaques d'isolation, etc. (**Figures 7 et 8**).¹² Un hectare de miscanthus utilisé dans le bâtiment permet de stocker environ 40 tonnes de CO₂.



Figure 7 Exemples de matériaux de construction à base de miscanthus⁸

¹⁷ www.kenzai.fr



Figure 8 Brique et bloc à base de miscanthus⁸

Des maisons écologiques toute entières peuvent être construites à partir de miscanthus.¹² Un hectare récolté et 30 m³ de bois résineux permettent d'obtenir les matériaux nécessaires à la construction d'une maison. Grâce à leurs bonnes capacités d'isolation, ces maisons écologiques sont aussi des maisons à basse consommation d'énergie (**Figures 9 et 10**).



Figure 9 Maison isolée avec du miscanthus située à Spontin (Courtoisie de Pascal Parache)

Document FARR-Wal – Avec le soutien de la Région Wallonne – DGO3/4

Réf.2010_XX_XX



Figure 10 Maison isolée avec du miscanthus située à Spontin (Courtoisie Pascal Parache)

Le miscanthus peut aussi servir à la réalisation de murs anti-bruit (**Figure 11**).⁸



Figure 11 Mur anti-bruit, vue du dessus⁸

Le miscanthus résiste plus longtemps à la putréfaction que d'autres pailles, ce qui le rend intéressant pour la couverture des toits en chaume. Les couvreurs le préfèrent à d'autres matériaux en outre pour sa facilité et rapidité de mise en œuvre.¹⁸

¹⁸ <http://www.tela-botanica.org/actu/article1536.html>

4. Papier

4.1 Chanvre

Les fibres de chanvre européen sont actuellement principalement destinées à la papeterie pour la fabrication de papiers spéciaux (à cigarettes, papier pelure, papier bible, etc.) généralement mélangées à d'autres fibres naturelles, comme le lin. D'après la European Industrial Hemp Association (EIHA), la papeterie est le principal débouché des fibres de chanvre.¹⁹

L'utilisation de la fibre de chanvre dans la fabrication du papier date de plus de 2000 ans.¹ On pense que les premières feuilles de papier (105 avant JC en Chine) étaient faites de fibres de chanvre.²⁰ Les artisans chinois ont transféré leur savoir-faire en Perse puis dans les pays arabes et en Afrique du Nord, enfin, à partir de là vers l'Europe. Les premiers papiers européens retrouvés datent de la première moitié du 16^{ème} siècle. La première bible de Gutenberg a été imprimée sur du papier de chanvre, papier de chanvre sur lequel a été imprimé le texte original de la déclaration d'indépendance des Etats-Unis. Actuellement, seulement 5% du papier dans le monde est fait à partir de plantes annuelles telles que le chanvre, le lin, le coton, la bagasse, la paille de blé, le sisal etc. Aujourd'hui, la quasi-totalité du papier fabriqué avec de la fibre de chanvre est utilisée dans la production de papier à cigarettes. En effet, l'existence de fibres longues et résistantes permet la fabrication de papier fin.

Les principaux procédés de fabrication des pâtes à papier à base de chanvre (dans lesquelles la lignine a été extraite) sont le procédé Kraft, le procédé à la soude, le procédé au sulfite neutre et le procédé au sulfite acide. Après la fabrication de la pâte, une étape de blanchiment est nécessaire pour obtenir de hauts grades de blanchiment de la pâte. Elle est suivie d'un raffinage qui va contribuer à développer le potentiel de liaison des fibres lors de la formation de la feuille de papier.

4.2 Miscanthus

L'usage du miscanthus comme matière première dans l'industrie du papier a suscité un certain intérêt.²¹ La pâte à papier à partir de matières premières différentes du bois est principalement produite dans les pays en voie de développement. La paille, la bagasse et le bambou sont dans ces pays les matières premières les plus employées.

Il est maintenant établi que la fabrication de pâte à papier à partir de plantes herbacées riches en cellulose est possible via différents procédés chimiques ou thermomécaniques. Le miscanthus a été exploité pour la production de pâte à papier en Chine. De plus, de nombreuses études ont été réalisées en Europe sur la production de pâte à papier à partir de miscanthus via des procédés à la fois conventionnels et innovants.

5. Litières

¹⁹ Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR), Gülzower Fachgespräche Band 26, *Studie zur Markt- und Konkurrenz-situation bei Naturfasern und Naturfaser-Werkstoffen (Deutschland und EU)*, 2008

²⁰ <http://www.weedwarriorz.com/documentation/industrial/?docpage=4>

²¹ P. A. FOWLER, A.R. McLAUHLIN, and L. M. HALL, *The potential industrial uses of forage grasses including miscanthus*, 2003 in

www.bc.bangor.ac.uk/includes/docs/pdf/industrial%20use%20of%20grass.pdf

Document FARR-Wal – Avec le soutien de la Région Wallonne – DGO3/4

Réf.2010_XX_XX

5.1 Chanvre

Grâce à son caractère très hydrophile, la chènevotte a trouvé une application comme litière pour chevaux.¹ Cette utilisation reste encore aujourd'hui le premier de ses débouchés. Outre sa capacité à absorber l'eau, la chènevotte, une fois posée au sol, n'a pas tendance à glisser. Elle est en outre très confortable car constituée de petites particules. La chènevotte est aussi utilisée comme litière pour petits animaux.

5.2 Miscanthus

Le cœur spongieux de la tige de miscanthus lui confère un fort pouvoir absorbant, et donc une grande hygiène.¹² Le miscanthus est utilisé comme litière notamment pour les volailles, bovins et porcs. Son taux de poussière remarquablement bas en fait aussi une litière idéale pour chevaux allergiques à la poussière ou pour animaux de compagnie.

6. Textiles : tissés et non-tissés

6.1 Chanvre

Le chanvre a été, pendant des siècles, la principale matière première, avec la laine, pour vêtir l'homme. Le premier témoignage d'utilisation du chanvre comme fibre textile remonte à 4000 ans.²² Durant des siècles le chanvre a gardé la prééminence sur les autres fibres textiles. C'est l'avènement de la culture du coton puis l'apparition des fibres synthétiques qui ont causé son déclin comme fibre textile.

Les fibres naturelles (chanvre, lin, sisal, jute, kenaf, abaca) sont utilisées dans l'industrie automobile depuis plus de dix ans pour la réalisation de pièces intérieures sous forme de feutres non-tissés de 500 à 2000 g/m² environ.¹ Ces feutres sont obtenus par mélange de fibres naturelles et de fibres thermoplastiques (généralement du polypropylène), cardage du mélange puis aiguilletage. Les feutres sont chauffés à ~200°C puis disposés dans un moule froid. On obtient ainsi des pièces rigides, légères, non cassantes.

La production de feutres de 400 à 1000 g/m² sans fibres synthétiques permet la production de nappes utilisées pour le paillage ou la culture hors sol.¹

Notons aussi l'utilisation des feutres de fibres naturelles comme renforts de matrices thermoplastiques. L'intérêt porté à ces matériaux par le nautisme, l'automobile et l'aéronautique, provient notamment des gains de poids réalisables par rapport aux renforts en fibres de verre.

Les géotextiles, qui exercent un rôle de stabilisation des sols, sont une application particulière des non-tissés.¹ On rencontre comme géotextiles des non-tissés de 500 à 1000 g/m² à base de fibres de chanvre aiguilletées, soit utilisés seules, soit mélangées à d'autres fibres végétales avec adjonction de polyéthylène.

6.2 Miscanthus

²² www.chanvre-info.ch/info/fr/LE-CHANVRE-UN-EXTRAORDINAIRE.html

Les fibres relativement courtes du miscanthus (~2 mm) ne conviennent pas à priori à la production de textiles tissés ou non-tissés et la recherche actuelle montre qu'il n'existe apparemment pas de marchés viables dans ce domaine.²³

7. Paillage

7.1 Chanvre

Grâce à ses caractéristiques, la chènevotte est un excellent produit de paillage des sols: elle permet de lutter contre la pousse des mauvaises herbes, de protéger les plantes, et de gérer les apports d'eau.²⁴

7.2 Miscanthus

Utilisé pour le paillage des plantes ornementales, le miscanthus permet de lutter efficacement contre la repousse des mauvaises herbes dans les massifs et permet ainsi de protéger les plantes en évitant la concurrence.²⁵ Avec son excellente capacité de rétention en eau, il limite l'évaporation de l'eau du sol et permet de réduire les arrosages. Sa décomposition est lente et source de matière organique et de minéraux.

8. Divers

8.1 Chanvre

La graine brute est utilisée comme aliment pour oiseaux et comme appât pour la pêche. Décortiquée, la graine peut être utilisée dans des salades, des sauces, des barres énergétiques, des desserts etc. L'huile extraite de cette graine est riche en acides gras oméga 3 et 6 bénéfiques pour la santé. Elle est utilisée comme huile de salade, mais aussi dans les cosmétiques (crème, huiles de massage...). Le tourteau obtenu après trituration est riche en protéines. Cette farine "protéinée" est utilisée en agro-alimentaire.¹⁶

La poussière de chanvre elle-même, issue du défibrage, est caractérisée par un haut pouvoir calorifique et peut être valorisée en briquettes combustibles.

8.2 Miscanthus

La poudre de miscanthus peut être utilisée comme émulsifiant pour les huiles: un kilo de poudre peut traiter jusqu'à quatre kilos d'huile. Cette caractéristique peut trouver son utilité pour les huiles usagées mais aussi pour le pétrole et les produits chimiques gras déversés lors de catastrophes.¹²

²³ *Miscanthus for Energy and Fibre*, edited by M. B. Jones and M. Walsh, Earthscan, 2001

²⁴ www.chanvre.oxatis.com/PBCPPlayer.asp?ID=151455

²⁵ www.tecnivert.com/produits/produits.html

9. Perspectives : les projets wallons et transfrontaliers

9.1 Le projet Interreg Polychanvre

Le projet transfrontalier POLYCHANVRE vise à développer des matériaux composites polymère-chanvre dans un souci de développement durable. Démarré en avril 2010, il réunit comme partenaires Gembloux Agro-Bio Tech/ValBiom (chef de file), le CERTECH, l'INRA de Reims et le CRITT-MDTS. Les échantillons de chanvre utilisés dans l'élaboration des composites sont des granulats de différentes granulométries provenant de l'usine de Tinlot de ChanvrEco dont le procédé original consiste à hacher les tiges de chanvre plutôt qu'à les défibrer.²⁶ Ces granulats trouvent aujourd'hui leurs applications principales dans les matériaux chaux-chanvre destinés à l'isolation dans la construction.

9.2 Le projet Technose

Le programme d'excellence TECHNOSE vise le développement d'un centre d'excellence axé sur le bioraffinage, en particulier via la valorisation des produits lignocellulosiques.

En effet, le concept de raffinerie du végétal se présente de plus en plus comme une alternative prometteuse aux filières pétrochimiques puisqu'il envisage à la fois le remplacement d'une partie du pétrole comme source d'énergie et le développement de produits chimiques issus de la biomasse (végétale principalement).

En ce qui concerne les produits issus de la lignocellulose, outre la fermentation des sucres, les hydrolysats peuvent être valorisés en produits à plus haute valeur ajoutée via le développement de réactions performantes. De nombreux produits tels que tensioactifs, polymères biodégradables, produits phytopharmaceutiques, dissolvants, etc. peuvent ainsi être développés après modification des structures osidiques.

Outre les activités de recherche, ce projet comprend également des activités de développement et de transfert vers des utilisations industrielles, des actions de formation et la mise en place de projets mobilisateurs.

Parmi les matériaux lignocellulosiques étudiés nous pouvons citer les pulpes de betteraves, pailles de maïs et tiges de chanvre, et les nouvelles cultures pérennes (miscanthus et panic).

Le travail mené actuellement dans le premier axe du projet a pour finalité (1) la mise au point de prétraitements des substrats lignocellulosiques et (2) l'optimisation des procédés d'hydrolyse pour l'obtention de différents types d'hydrolysats variant en degré de polymérisation (monosaccharides ou oligosaccharides). Pour atteindre ce double objectif, les compositions chimiques des échantillons avant et après prétraitement ont été déterminées. La lignocellulose est un composite complexe principalement composé de polysaccharides (cellulose et hémicelluloses) et de macromolécules phénoliques (lignine), de cendres et de composés extractibles. Le **Tableau 2** décrit la composition chimique du miscanthus et du chanvre. Ceux-ci contiennent des teneurs non

²⁶ <http://www.chanvreco.be/>

négligeables en extractibles à l'eau et à l'éthanol de l'ordre de 3,7-8% et de 2,1-2,7% respectivement.

Le miscanthus est constitué de 67,4% de polysaccharides, 23,0% de lignines insolubles, 1,5% de lignines solubles, 1,7% de protéines, et de 2,4% de cendres. En revanche, le chanvre étudié dans le cadre de cette étude est moins riche en lignines et en polysaccharides mais plus riche en protéines et en extractibles à l'éthanol. Les résultats en composition chimique du miscanthus et du chanvre sont proches de ceux reportés dans la littérature.^{27, 28, 29, 30,}

Tableau 2-Composition chimique des tiges de miscanthus et de chanvre (% m/m sèche)

Composant	Tiges de miscanthus		Tiges de chanvre	
	Résultats % (m/m sèche)	Littérature ^{27, 28, 29} % (m/m sèche)	Résultats % (m/m sèche)	Littérature ³⁰ % (m/m sèche)
Extractibles à l'eau	3,7 ± 0,1	1,4 ± 0,2	8,0 ± 0,1	13,5
Extractibles à l'éthanol	2,7 ± 0,1	4,2 ± 0,2	2,1 ± 0,1	2,7
Lignines (Klason)				
▪ Insolubles à l'acide	23,0 ± 0,7	24,1 - 25,1	15,3 ± 1,4	14,5
▪ Solubles à l'acide	1,5 ± 0,2	0,9 - 1,2	1,7 ± 0,3	6,5
Protéines (Kjeldahl, X 6.25)	1,7 ± 0,1	1,3 ± 0,1	5,5 ± 0,1	-
Polysaccharides	67,4	63 - 65	54,4	59
Cendres	2,4 ± 0,1	2,0 - 5,9	6,6 ± 0,2	-

Les résultats de l'analyse des sucres simples des deux matériaux lignocellulosiques sont présentés dans le **Tableau 3**. Les sucres majoritaires retrouvés dans le miscanthus et le chanvre sont le glucose et le xylose. Les teneurs en arabinose, galactose et mannose sont faibles.

²⁷ de Vrije, T. et al. Pretreatment of *Miscanthus* for hydrogen production by *Thermotoga elfi*. *Int J Hydrogen Energy*. **2002**, 27, 1381-1390

²⁸ Sorensen, A. et al. Hydrolysis of *Miscanthus* for bioethanol production using dilute acid presoaking combined with wet explosion pre-treatment and enzymatic treatment. *Bioresour Tech*. **2008**, 99, 6602-6607.

²⁹ Brosse, A. et al. Pretreatment of *Miscanthus x giganteus* using the ethanol organosolv process for ethanol production. *Ind Eng Chem Res*. **2009**, 48, 8328-8334

³⁰ Sipos et al. Steam pretreatment of dry and ensiled industrial hemp for ethanol production. *Biomass and Bioenergy*. **2010**, 34, 1721-1731

Tableau 3-Composition en sucres simples des tiges de miscanthus et de chanvre (%m/m sèche)

Monosaccharides	Tiges de miscanthus		Tiges de chanvre	
	Résultats	Littérature % ^{27, 28,} 29	Résultats	Littérature % ³⁰
Glucose	48,4 ± 4,8	38 – 44	44,4 ± 0,9	44,1
Xylose	15,7 ± 1,1	19 – 34	4,9 ± 0,1	10,1
Galactose	1,2 ± 0,2	0,4 – 0,6	3,2 ± 0,1	2,1
Mannose	0,2 ± 0,2	0,1	1,5 ± 0,1	2,0
Arabinose	1,9 ± 0,1	1,8 – 2,8	0,4 ± 0,1	0,7
Total monosaccharides	67,4	63 – 65	54,4	59

Le miscanthus et le chanvre sont des substrats très lignifiés. Un prétraitement de délignification est bénéfique afin de faciliter l'hydrolyse des polymères glucidiques pour obtenir des monosaccharides et/ou des oligosaccharides.

Plusieurs voies de prétraitements sont évaluées pour le fractionnement des matériaux lignocellulosiques : prétraitements acides et alcalins, vapocraquage, steam explosion, etc. La composition et la structure de chaque matériel est unique et requiert la mise au point des paramètres de prétraitements en vue d'optimiser l'extraction.

Après traitement, généralement, la partie solide est constituée de polymères non hydrolysés et de résidus de lignines. La liqueur noire contient des monosaccharides issus de l'hydrolyse des hémicelluloses et des lignines. Les lignines sont récupérées par précipitation.

Un autre volet du projet consiste en la caractérisation des lignines extraites des liqueurs noires issues des différents prétraitements de délignification afin d'orienter leur application (nouveaux matériaux polymères, production de molécules aromatiques, antioxydants,...). Grâce à l'utilisation de techniques spectroscopiques et chromatographiques telles que l'infra-rouge, la RMN 2 D ou l'HPLC, une bonne visualisation des différences entre les matières premières et les procédés est mise en évidence. Les analyses RMN permettent de compléter l'information tant au niveau de la présence de liaisons covalentes hémicelluloses-lignines qu'au niveau de l'estimation semi-quantitative du degré de dépolymérisation.