

**Zeitschrift:** Technique agricole Suisse  
**Herausgeber:** Technique agricole Suisse  
**Band:** 60 (1998)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Matériaux composites biodégradables : utilisation de fibres végétales  
**Autor:** Keller, Andreas / Wintermantel, Erich / Riffieux, Lirt  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1084686>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 05.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Matériaux composites biodégradables

### Utilisation de fibres végétales

Andreas Keller, Station fédérale de recherches en économie et technologie agricoles (FAT), CH-8356 Tänikon  
Erich Wintermantel et Lirt Riffieux, Chaire des matériaux et des structures biocompatibles, EPFZ, CH-8952 Schlieren

La prise de conscience croissante des problèmes liés à l'environnement et la diminution des espaces pouvant être convertis en décharges nous incitent à trouver de nouvelles solutions pour recycler et évacuer les matières plastiques. Les polymères biodégradables et compostables représentent une alternative intéressante aux matières plastiques conventionnelles. Lorsqu'ils sont composés de matières premières renouvelables, ils ouvrent un nouveau créneau pour l'utilisation des

sols agricoles et permettent donc de lutter contre la surproduction de denrées alimentaires sans pour autant réduire la surface agricole utile.

Toutefois, les polymères biodégradables présentent souvent des propriétés mécaniques réduites. Il est possible de les améliorer en les renforçant à l'aide de fibres libériennes comme le lin et le chanvre. Les fibres libériennes dégommees, finement séparées sont les plus prometteuses: elles atteignent les ré-

sistances spécifiques des fibres de verre techniques. Le développement technique de matériaux biodégradables renforcés par des fibres végétales se fait sur trois plans: 1. Amélioration des propriétés des fibres par sélection, optimisation des cultures et des méthodes d'extraction. 2. Extension de la palette de polymères biodégradables à l'aide de matériaux adaptés. 3. Optimisation des procédés de transformation.

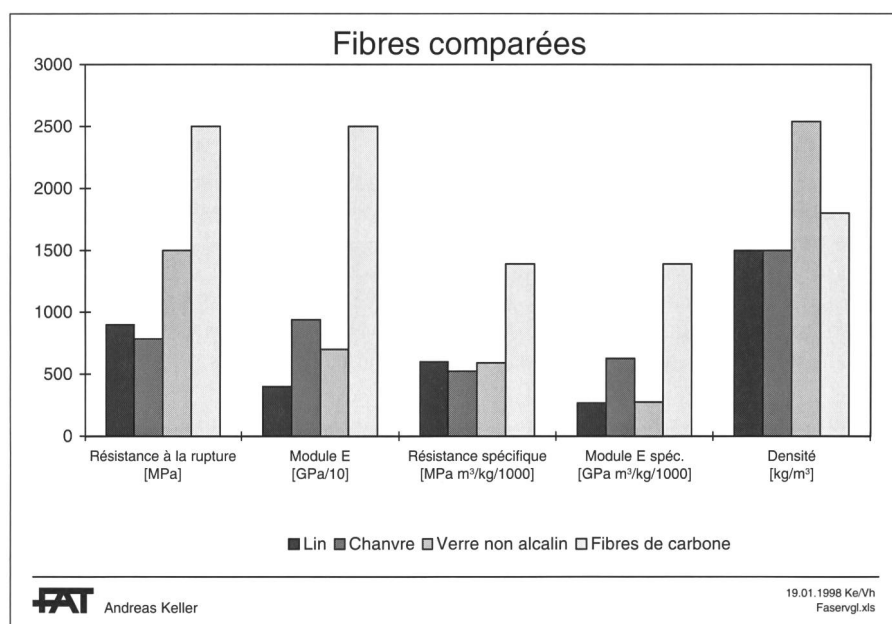


Fig. 1. Grâce à leur densité relativement faible, les fibres végétales possèdent des propriétés mécaniques (rapportées à leur densité) qui se situent au niveau des fibres de verre. Elles sont donc prédestinées à être utilisées dans le secteur de la construction légère.

Sommaire	Page
Problématique	18
Matières plastiques biodégradables	18
Fibres végétales	20
Matériaux composites	23
Perspectives	23
Bibliographie	24

## Problématique

### Environnement

Il reste de moins en moins d'espace où créer des décharges pour les déchets non recyclables. Dans le monde, on produit 25 millions de tonnes de déchets plastiques par an. Leur valorisation énergétique libère d'importantes quantités de CO<sub>2</sub> [19]. Pour la protection climatique, il est impératif de préserver les matières premières fossiles et donc de réduire les dégagements de CO<sub>2</sub>. Le compostage de matériaux biodégradables offre une alternative écologique intéressante aux problèmes de gestion des déchets. Lorsque ces matériaux sont eux-mêmes composés de matières premières renouvelables, l'équilibre du bilan du CO<sub>2</sub> est garanti dans une large mesure.

### Agriculture

En Suisse, on exploite env. un million d'hectares de surface agricole utile. Il existe une surproduction de denrées alimentaires et fourragères. C'est pourquoi, dans les prochaines années, il serait nécessaire de trou-

ver des utilisations alternatives pour plus de 100 000 ha. C'est dans cette optique que se placent l'extensification, la compensation écologique, la cessation d'exploitation et la production de matières premières renouvelables [21].

### Développement de matériaux biodégradables

L'industrie des matières plastiques fabrique, actuellement déjà en production de masse, un grand nombre de polymères biodégradables, dont certains sont composés de matières premières renouvelables. Leurs propriétés encore perfectibles suffisent déjà pour de nombreuses applications [8]. La poursuite du développement de produits biodégradables peut leur ouvrir des perspectives dans le domaine des matériaux de construction. Si on renforce ces polymères par des fibres végétales, on peut fabriquer des matériaux composites dont les propriétés peuvent être exploitées dans des domaines techniques très pointus (par exemple pour les véhicules automobiles, les appareils sportifs).

serre que les polymères pétrochimiques.

### Amidon thermoplastique (TPS)

L'amidon en aiguilles (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>) tel qu'on peut l'obtenir à partir du blé, du maïs et des pommes de terre, forme deux macromolécules de structure différente, l'amylose (poids moléculaire = 10<sup>5</sup>–10<sup>6</sup> g/mol) et l'amylopectine (poids moléculaire = 10<sup>7</sup>–10<sup>9</sup> g/mol).

L'amidon en aiguilles est une structure semi-cristalline. Pour permettre la transformation thermoplastique, les grains cristallins d'amidon doivent être transformés en une phase homogène amorphe. L'amidon est déstructuré par énergie thermique et mécanique à l'aide de plastifiants tels que l'eau, le glycérol, la glycérine, l'alcool polyvinylique. Le produit ainsi obtenu est qualifié d'amidon thermoplastique et peut être fabriqué à partir de systèmes d'extrusion, de soufflage de feuilles et de moulage par injection [9], [1].

L'amidon thermoplastique possédant un faible allongement à la rupture et des propriétés extrêmement dépendantes de l'humidité, il est souvent mélangé avec du polycaprolactone. Les mélanges de polymères qui présentent un fort pourcentage d'amidon ne résistent pas à l'eau en raison de leur fissibilité hydrolytique.

## Matières plastiques biodégradables

Les matières plastiques biodégradables développées ces dernières années peuvent être transformées au moyen des procédés thermoplastiques traditionnels tels que l'extrusion, le moulage par injection, le soufflage de feuilles etc. De cette manière, les entreprises de transformation ne doivent pas nécessairement faire l'acquisition de machines spéciales pour fabriquer des produits biodégradables, ce qui accroît les chances de ces matériaux sur le marché. Les procédés mentionnés permettent de fabriquer des pièces en série à bon marché, ce qui garantit également leur écoulement. Le marché potentiel des matières plastiques biodégradables est de l'ordre de 1,4 millions de tonnes par an jusqu'en l'an 2000 [19].

## Polymères biodégradables composés de matières premières renouvelables

Les polymères biodégradables composés de matières premières renouvelables offrent à l'agriculture des alternatives en matière de production, préservent les ressources fossiles et contribuent nettement moins à l'effet de

### Poly(hydroxybutyrate/-valérate) (PHB/V)

Différentes bactéries emmagasinent dans leurs cellules jusqu'à 90% de leur biomasse sèche sous forme d'acides gras polyhydroxydes qui leur servent de réserves énergétiques. Ces polyester thermoplastiques peuvent être extraits et utilisés à des fins techniques. Parmi les différents acides gras polyhydroxydes, les copolyesters po-

### Glossaire

Amorphe	qui n'est pas organisé en structure cristalline
Copolymère	polymère composé de différents monomères
Fibrille	plus petite structure de la fibre
Amidon en aiguilles	amidon à l'état naturel, semi-cristallin
Phase	zone dans laquelle les propriétés physiques et chimiques sont les mêmes
Mélange de polymères	mélange pluriphasé de différents polymères
Thermoplaste	matière malléable à la chaleur

**Tableau 1. Thermoplastes biodégradables composés de matières premières renouvelables, disponibles actuellement. Le polypropylène, thermoplaste non dégradé et fréquemment utilisé, est présenté à titre de comparaison.**

Polymères biodégradables composés de matières premières renouvelables	Origine	Résistance [MPa]	Module E [GPa]	Allongement à la rupture [%]	Point de fusion [°C]	Prix [SFr./kg]
Amidon thermoplastique (20 % de glycérine) [1]	Maïs	6	0,4	10	--	4,90
Poly (hydroxybutyrate/-valérate) Biopol D400G [4]	Sucre	28	0,9	15	153	25,00
Diacétate de cellulose (Bioceta) [9]	Cellulose	31,5	1,35	18,9	180	9,00
Polypropylène (Comparaison) [9]	Pétrole	30	1,3	650	185	2,30

lyhydroxybutyrate/-valérate (PHB/V) actuellement disponibles sur le marché sont ceux qui sont les plus étudiés. Pour la production par fermentation, on utilise du glucose, du saccharose, du méthanol et de l'acide propionique comme substrats. La composition des substrats permet d'adapter la proportion d'hydroxybutyrate et d'hydroxyvalérate. Les modèles avec un pourcentage plus élevé de valérate ont un module E inférieur, une résistance plus faible, un point de fusion plus bas et une résilience plus élevée. Les propriétés de ces matériaux peuvent être influencées par des additifs comme les plastifiants et les facteurs de nucléation. Les matériaux PHB/PHV restent encore très chers actuellement par rapport aux plastiques thermodurcissables traditionnels non dégradables. Des estimations montrent qu'en opti-

misant les souches bactériennes, les conditions et les capacités de production, il serait possible d'obtenir un prix de sFr. 2.70/kg. La production de PHF pourrait encore être meilleur marché en utilisant des plantes transgéniques sans fermentation bactérienne. La faisabilité de cette méthode de production vient d'être démontrée [22].

#### Diacétate de cellulose (CA)

Le diacétate de cellulose est produit par acétylation et hydrolyse de la cellulose (à partir du bois par exemple). A l'aide des plastifiants tels que le diméthylphthalate, la triacétine, et le triphénylphosphate, le CA peut être transformé selon les procédés thermoplastiques. Le CA présente un taux élevé d'absorption d'eau, une résis-

tance limitée au vieillissement et une faible stabilité chimique. Grâce à des propriétés mécaniques intéressantes et à une transparence élevée, c'est une matière utilisée pour des applications photographiques et comme matériau d'emballage [9].

## Thermoplastes biodégradables d'origine pétrochimique

Les polymères biodégradables d'origine pétrochimique présentent (encore aujourd'hui) certains avantages par rapport aux polymères à base de matières premières renouvelables. Leurs propriétés sont plus faciles à moduler et possèdent une stabilité plus élevée à la transformation [10]. Ils ne peuvent cependant pas être renouvelés puisqu'ils sont produits à partir du pétrole.

#### Poly(ε-caprolactone), (PCL)

Comme son point de fusion est bas, à 60 °C, le polyester PCL ne peut quasiment pas être utilisé seul comme matériau de construction. En revanche, il existe quelques mélanges de PCL et de TPS disponibles sur le marché. La phase PCL permet d'obtenir des allongements à la rupture et des résistances plus élevées, alors que la phase TPS garantit une constance thermique plus importante. La présence d'amidon supprime néanmoins la résistance à l'eau.

#### Copolyester et polyesteramide

Les inconvénients du PCL peuvent être supprimés par la synthèse des copolyesters et des polyesteramides statistiques. Ce groupe de polymères peut être adapté aux besoins des différentes applications [10], [3]. BAK 1095 par exemple (copolymère composé de PA 6 et de PCL, Bayer) dont l'allongement à la rupture est de 400% et la résistance de 25 MPa est prédestiné à la fabrication de lamelles de soufflage, alors que BAK 2195 (copolymère composé de PA 6,6 et de PCL), dont la résistance est supérieure et l'allongement à la rupture de 120%, convient plus particulièrement au moulage par injection.

**Tableau 2. Thermoplastes biodégradables d'origine pétrochimique, disponibles actuellement. Le polypropylène, thermoplaste non dégradé et fréquemment utilisé, est présenté à titre de comparaison.**

Polymères biodégradables d'origine pétrochimique	Résistance [MPa]	Module E [GPa]	Allongement à la rupture [%]	Point de fusion [°C]	Prix [SFr./kg]
Poly (ε-caprolactone) [9]	26 - 42	0,4	600 - 1000	60	9,70
Copolyester 14766 (Eastman) [3]	18	0,08	495	112	--
Polyesteramide (BAK 2195 [10])	--	0,55	120	175	5,80
Polypropylène (Comparaison) [9]	30	1,3	650	185	2,30



### Fibres végétales

La résistance à la rupture et les modules d'élasticité des polymères ne remplissent pas les exigences de nombreux matériaux de construction. C'est pourquoi on emploie souvent des polymères renforcés par des fibres dans la construction automobile, aéronautique ou dans la construction de matériel sportif. Là aussi, il est possible d'utiliser des matériaux biodégradables. Si l'on cherche des fibres biodégradables avec des résistances spécifiques élevées, c'est-à-dire rapportées à leur densité, les fibres végétales sont les mieux placées. Contrairement au bois et aux graminées dont la longueur des fibres ne dépasse par quelques millimètres, les plantes textiles comme le chanvre et le lin forment des fibres dont la longueur peut atteindre 50 mm. De ce fait, elles ont un champ d'application très vaste dans le renforcement des polymères, domaine dans lequel elles s'imposent face aux fibres de verre.

Les fibres végétales présentent certains avantages par rapport aux fibres de verre: l'abrasion des fibres végétales, plus faible que celle des fibres de verre, entraîne une usure moins importante des outils dans les technologies fréquemment appliquées telles que le moulage par injection ou le moulage par pression [11]. D'autres avantages

#### Avantages des fibres végétales par rapport aux fibres de verre

- Abrasion moindre lors de la transformation
- Faible densité
- Renouvelables
- Biodégradables
- Utilisation alternative du sol
- Pas de scorification dans le centre d'incinération d'ordures

#### Inconvénients des fibres végétales

- Important gonflement avec l'humidité
- Mauvaise adhérence à la matrice
- Qualité fluctuante



*Fig. 2. Du point de vue agronomique et de celui du potentiel technique, le chanvre constitue une plante textile très prometteuse. Elle offre une alternative pour l'exploitation des terres agricoles, ne nécessite presque aucun entretien et produit des fibres de haute qualité technique. Seul le manque d'homogénéité des fibres pose problème.*

sont liés à la dimension écologique: les fibres végétales sont biodégradables et dans la mesure où les liants ou les matrices utilisés sont également dégradables, elles peuvent être compostées. Dans les centres d'incinération d'ordures, elles posent également moins de problèmes que le verre qui s'accumule dans les scories et doit donc être traité comme un déchet spécial [11], [13], [17].

Certains inconvénients doivent néanmoins être relevés: les fibres végétales sont très hygroscopiques. Lorsqu'elles absorbent de l'humidité, elles gonflent. Si les fibres se trouvent à la surface du matériau et qu'elles sont ainsi en contact avec l'eau, il peut arriver que le matériau soit détruit de l'intérieur sous l'action des forces engendrées par le gonflement des fibres. La faible adhérence des fibres aux matrices utilisées jusqu'à présent constitue un second inconvénient. En conséquence, les forces exercées sur le matériau en cas de charge sont insuffisamment transférées de la matrice sur les fibres, ce qui fait que les qualités mécaniques des fibres ne sont pas du tout mises à profit. L'hygroscopie et l'adhérence des fibres doivent être optimisées par différents traitements de leur surface [5]. La qualité des fibres végétales fluctue naturellement. D'une récolte à l'autre, mais également dans le cadre d'une même récolte, les fibres végéta-

les présentent un éventail de propriétés nettement plus large que les fibres synthétiques. Ce point a une incidence non seulement sur les matériaux de construction mais aussi sur le processus de production.

### Production de fibres libériennes

#### Culture de plantes textiles

Des faisceaux de fibres libériennes sont disposés autour du noyau ligneux de la tige, dans l'écorce. Chacun de ces faisceaux compte jusqu'à 50 fibres, soudées entre elles par une substance pectique (lignine notamment). Une cellule de fibre, qui peut faire plus de 50 mm de long, est constituée d'une architecture complexe de fibrilles [23].

#### Décorticage

Les faisceaux de fibres libériennes peuvent être séparés du bois par un procédé purement mécanique: toute la tige passe à travers un dispositif de doubles cylindres broyeurs profilés. Le bois y est cassé et finit en bûchettes. Les faisceaux de fibres plus flexibles passent à travers les cylindres sans

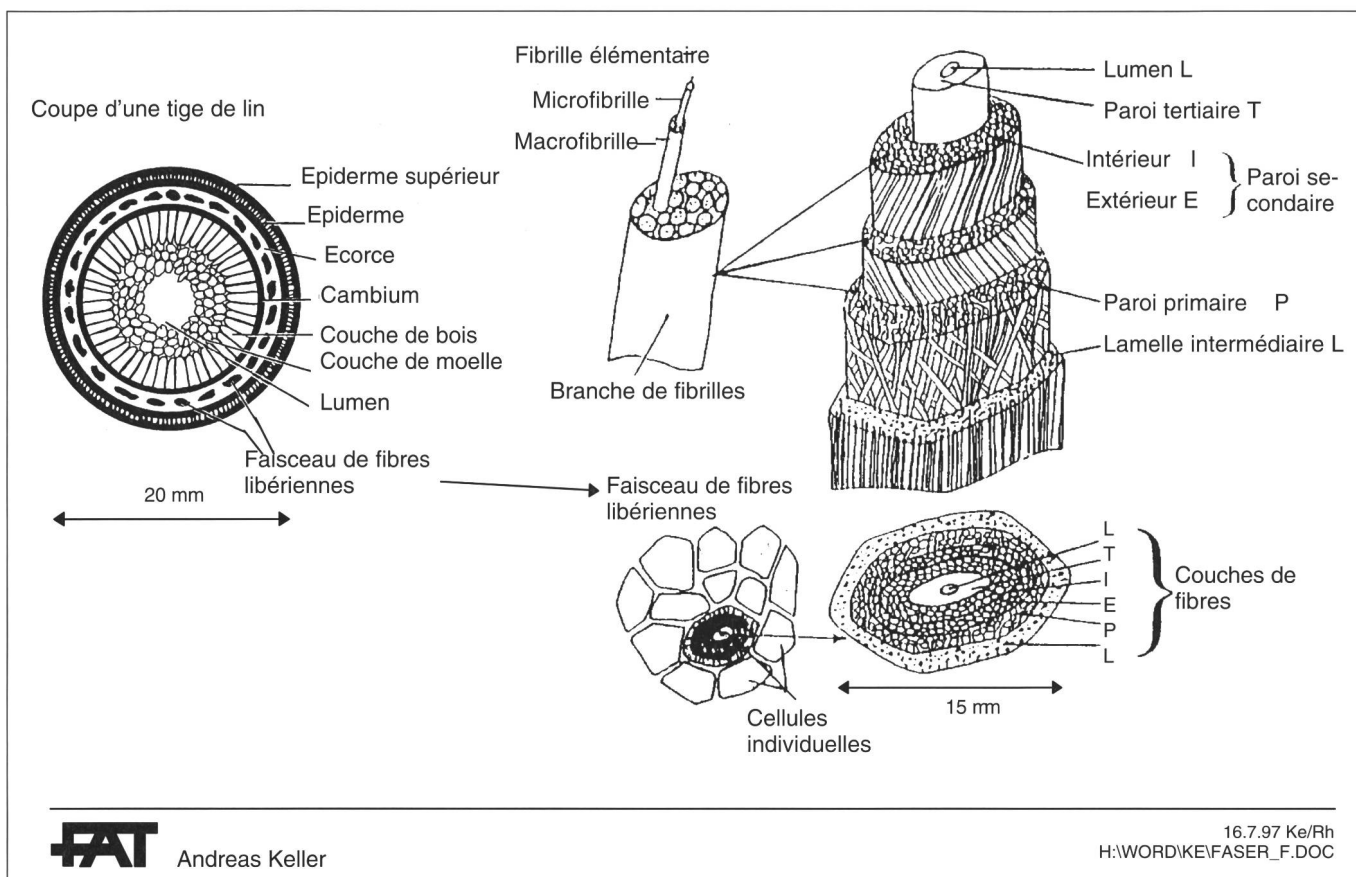


Fig. 3. Structure des fibres libériennes illustrée par le lin [12].

dommage et peuvent être utilisés comme fibre végétale. Pour la construction de matériaux composites, on tend à privilégier les

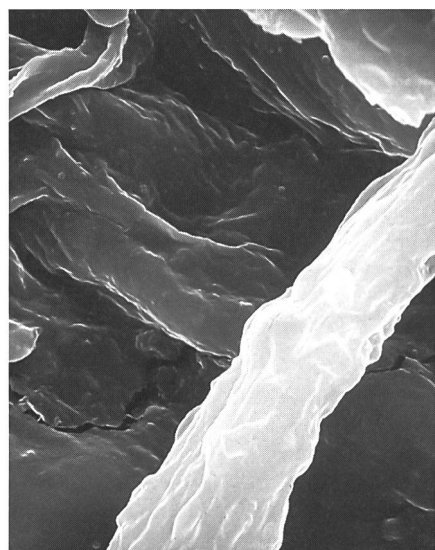


Fig. 4. Fibres de chanvre séparées mécaniquement (x4000) avec topographie de surface tourmentée, due aux substances pectiques qui y adhèrent encore: lignine, pectine et hémicellulose.

fibres fines, afin de disposer, par unité de surface transversale sur laquelle s'exerce la traction, d'un maximum de surface externe par fibre, surface externe par laquelle les forces peuvent être transférées de la matrice aux fibres. C'est pourquoi il est souhaitable de séparer les fibres collées entre elles. Or, il est impossible d'y parvenir par des procédés purement mécaniques. A l'issue de la décortication, il est donc nécessaire d'avoir recours à des procédés d'extraction plus fins (dégommage).

#### Dégommage

##### Extraction à la vapeur

Ce procédé également utilisé dans l'industrie du papier, a été appliqué par l'Institut de recherche appliquée de l'Université de Reutlingen (D) aux fibres de lin, puis, ultérieurement, aux fibres de chanvre [15]. Les fibres végétales sont ensuite placées dans l'autoclave à vapeur à 8–12 bar. Suivant le matériau de départ (degré de rouissage), on travaille en milieu plus ou moins basique. Sous l'effet d'une

brusque détente, la vapeur condensée entre les fibres élémentaires explose et les fibres se séparent [24]. Un rinçage ultérieur permet d'éliminer les substances pectiques dissoutes.

#### Ultrasons

Le traitement aux ultrasons produit des pressions et des températures très fortes localement, qui agissent pendant une courte période. Le choix judicieux des paramètres permet de séparer les cellules des fibres de la même façon qu'avec la technique d'extraction à la vapeur [26].

#### Extraction chimique

Les fibres peuvent également être séparées par un procédé purement chimique. Pour ce faire, il faut utiliser des bains additionnés d'acide sulfurique, de chlorure de chaux, de soude caustique, de savon de potasse ou de soda. Les substances pectiques se dissolvent, les fibres peuvent donc ensuite être séparées à l'aide de peignes. La difficulté consiste à choisir la composition du bain, la température et la durée du procédé pour dissoudre complètement les substances pectiques

sans causer de dommages aux fibres de cellulose [23].

## Extraction biologique

Dans le cas de la séparation biologique, les substances pectiques sont détruites par les enzymes de micro-organismes. C'est également ce qui se passe lorsque les plantes rouissent dans les champs. Le seul inconvénient, c'est que là, le processus est difficilement contrôlable en raison des conditions météorologiques changeantes. En outre, les plantes risquent également de subir un rouissage trop intensif, ce qui peut endommager la cellulose. La séparation des fibres peut aussi avoir lieu dans des réacteurs. De cette façon, il est possible de régler la température, l'inoculation, de contrôler la qualité online, et donc de maîtriser le processus.

## Comment influencer la qualité des fibres

La méthode utilisée pour l'extraction n'est pas la seule à influencer la qualité des fibres. Les pratiques culturales l'influencent elles aussi considérablement. C'est ce qu'indiquent des essais réalisés sur le chanvre, sachant que la date de récolte, la densité du semis, la durée du rouissage ont été variées pour les variétés Futura 77 et Fedora 19.

La résistance à la rupture des fibres végétales atteint un maximum très net avec les plantes récoltées durant la semaine 32. La variété Futura affiche généralement une résistance supérieure de 25% à celle de Fedora. Les fibres de la variété Futura ont atteint une résistance de  $922 \pm 133$  MPa. Il existe donc une date de récolte idéale. Il s'agit de l'associer à des caractéristiques aisément détectables du stade de développement de la plante. Cela permettrait de prévoir la date de récolte idéale pour chaque année.

Une étude a porté sur l'influence du rouissage en plein champ sur les propriétés mécaniques des fibres de chanvre. La variété Futura présentait une baisse continue de résistance ainsi que du module d'élasticité. Les pertes de résistance s'élevaient à 24% en l'espace de 20 jours. La perte de module E, quant à elle, dépassait 70%; à ce propos, il convient de tenir compte de la dispersion importante des résul-

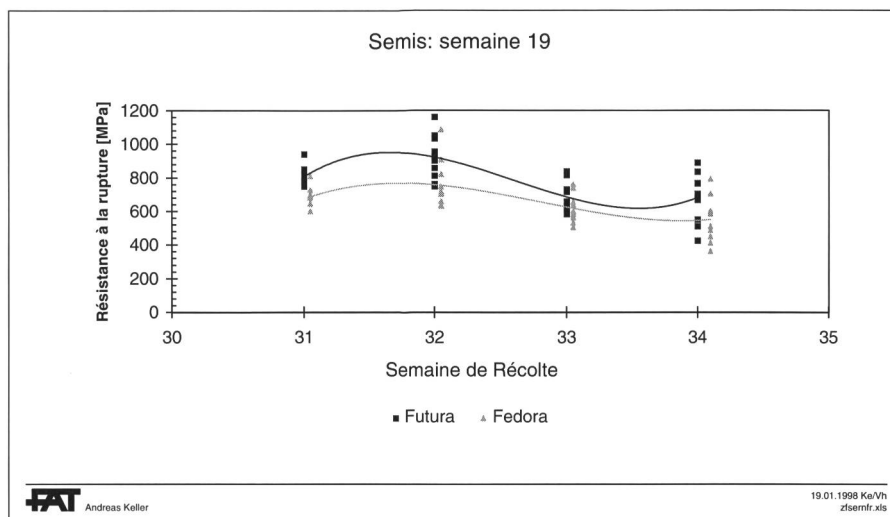


Fig. 5. La date de la récolte influence considérablement les propriétés des fibres végétales.

tats des mesures, dispersion typique du chanvre. Avec la variété Fedora, on n'a relevé aucune tendance semblable. Les méthodes modernes d'extraction des fibres ne dépendent plus du rouissage en plein champ. Il serait cependant souhaitable de laisser les plantes sécher sur la parcelle avant le passage de la presse à balles pour qu'elles puissent être stockées. Suivant les conditions météorologiques, le séchage peut tout à fait durer jusqu'à trois semaines, temps qui équivaut à un rouissage inopportun. Le décorticage des tiges fraîches, tel qu'il se pratique dans les cultures de ramie, pourrait apporter une solution au problème. Les fibres

sèchent nettement plus rapidement une fois séparées.

Le manque d'homogénéité des fibres s'explique, d'une part, par les différences de développement des fibres à l'intérieur de la tige et, d'autre part, par les différences d'une plante à l'autre. Il faut encore ajouter les différences entre les années de récolte. Ce large éventail de propriétés a des conséquences sur les matériaux de construction, mais aussi sur le processus de production. Lors de la filature par exemple, les fibres cassent souvent lorsque la qualité de la matière première est irrégulière [fig. 2].

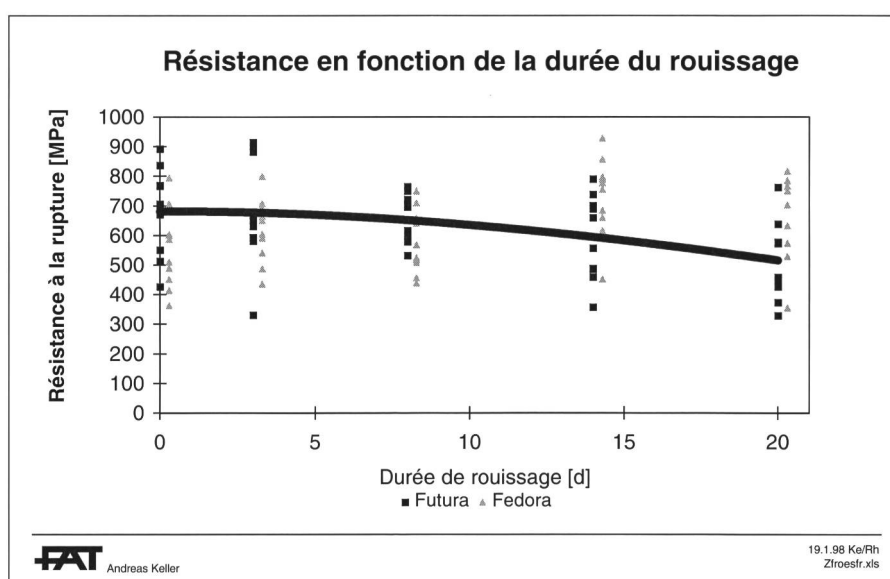


Fig. 6. Les techniques d'extraction modernes ne dépendent pas du rouissage, qui, lui, porte préjudice à la résistance des fibres végétales.

## Modification de la surface des fibres

En modifiant la surface des fibres, il est possible d'augmenter l'adhérence souvent insuffisante entre les fibres et la matrice dans les matériaux composites biopolymères-fibres végétales ainsi que la mouillabilité. Il existe différentes méthodes pour y parvenir :

- copolymérisation de la cellulose avec des polymères compatibles avec la matrice.
- pose d'enduits de précollage (substances médiatrices) qui adhèrent aussi bien aux fibres qu'à la matrice.
- traitement en effet de couronne: la polarité de la surface des fibres est modifiée par le biais de décharges électriques.

## Matériaux composites

### Sheet-Moulding-Compounds (SMC)

L'industrie automobile souhaite de plus en plus développer des véhicules susceptibles d'être recyclés. Les plastiques renforcés par fibres de verre ne peuvent être réutilisés qu'à un coût relativement élevé [14]. Les plastiques renforcés par fibres végétales peuvent, eux, être transformés en causant moins d'usure aux outils. Ils présentent également un comportement sûr à la collision. Aujourd'hui déjà, certaines pièces automobiles telles que les revêtements intérieurs des portes ou les plages arrière sont fabriquées avec des fibres végétales pressées (SMC). Ce procédé convient pour la fabrication de pièces plates. Comme matrices, on utilise des polypropylènes ou de la résine Epoxy. Ces matériaux ne sont toutefois pas biodégradables.

### Matériaux moulés par injection et renforcés

Le moulage par injection convient également pour la production massive de pièces complexes. Dans le domaine des matériaux biodégradables moulés par injection, on s'efforce de

«compounder» les résines naturelles, issues par exemple de la production de cellulose, avec des fibres végétales pour fabriquer un granulé pour le moulage par injection [25], [7]. Ces matériaux sont utilisés pour fabriquer des pièces peu sollicitées d'un point de vue mécanique, dans des domaines où leur caractère biodégradable représente un atout essentiel (par exemple, tees dans les terrains de golf, articles funéraires, pots à fleurs, articles jetables, matériaux d'emballage). Les mélanges TPS/PCL de fibres de lin utilisés pour le moulage par injection, qui contiennent 20% de fibres de lin et présentent une longueur moyenne de fibres de 0,59 mm, atteignent une résistance de 22 MPa pour un allongement à la rupture de 200% [1]. Ce procédé a permis d'accroître de 35% la résistance de TPS/PCL. Les propriétés mécaniques de ce mélange n'en restent pas moins toujours nettement inférieures à celles d'un polypropylène non renforcé.

L'objectif de tout développement ultérieur doit résider dans l'obtention de matériaux dont les propriétés permettent la fabrication de pièces très sollicitées sur le plan mécanique. On peut y parvenir :

- en améliorant l'adhérence matrice-fibres [6],
- en augmentant la proportion de fibres,
- en augmentant la longueur des fibres et en optimisant leur répartition,
- en optimisant le système de matrice.

## Perspectives

### Fibres

La technologie mécanique du décortilage des plantes textiles est maîtrisée à l'échelle industrielle. Les fibres correspondantes pour la production de pièces moulées simples et de matériaux isolants sont déjà disponibles sur le marché. Il en va autrement du procédé de dégommage employé pour l'extraction des fibres les plus fines. Il n'existe pour l'instant que des installations dans les laboratoires ou au technicum. En ce qui concerne les fibres

végétales techniques, voici les aspects qui font actuellement l'objet de recherches et de développements :

- Quelle est l'influence des conditions de culture sur la qualité des fibres?
- Développement de méthodes permettant d'évaluer la qualité des fibres.
- Quels sont les avantages et les inconvénients techniques, écologiques et économiques des différents procédés d'extraction?
- Optimisation des procédés d'extraction.

### Polymères

La normalisation et la certification de polymères biodégradables ont considérablement progressé. Pour introduire ces produits sur le marché le plus large possible, il faut suivre les étapes suivantes [8]:

- Les concepts prévoyant l'élimination des déchets à aussi large échelle que possible, notamment des matériaux d'emballage, doivent être mis en pratique.
- La palette des polymères biodégradables existants doit être élargie et comprendre des matériaux adaptés présentant des propriétés améliorées (par exemple une moindre perméabilité aux gaz pour les matériaux d'emballage).
- L'augmentation de la demande permet de rationaliser la production. Grâce au développement des procédés de fabrication, il est possible de baisser les prix, de sorte que les polymères biodégradables sont en mesure de concurrencer les thermoplastes conventionnels.

### Matériaux composites

Les matériaux composites biodégradables destinés à des techniques plus pointues ne sont pas encore prêts à être mis sur le marché. Il reste encore quelques étapes à franchir, qui dépendent des développements liés à la matrice biodégradable et aux fibres:

- amélioration de l'adhérence fibres-matrice,
- adaptation des techniques de fabrication existantes aux fibres végétales,
- développement de nouvelles techniques de fabrication.

Seule une collaboration étroite entre



l'agriculture, l'industrie et les stations de recherche permettra d'apporter une réponse aux nombreuses questions encore ouvertes.

Traduction: ABConseil SA, Orbe

## Bibliographie

- [1] Aichholzer W., 5.-6.3.1997. Bioabbaubare Verbundwerkstoffe auf nachwachsender Rohstoffbasis. 15. Stuttgarter Kunststoff-Kolloquium 5.1.
- [2] Azarschab M. und Preininger H., April 1997. Optimierung des Bandherstellungsprozesses zur Erhöhung der Ausspinnngrenze bei Garnen aus Flachswerg. Agrarforschung Baden-Württemberg – Forschungsreport VI, 1997.
- [3] Berting J., 19.-20.2.1997. Biologisch abbaubare Copolyester: Verarbeitung und Abbauverhalten. Fachtagung «Biologisch abbaubare Werkstoffe» 19.-20.2.97, Würzburg.
- [4] Biopol Produkteinformation, Monsanto (D) GmbH, 1997.
- [5] Bledzki A. K., Gassan J. und Reihmane S., 1996. Properties and Modification Methods for Vegetable Fibers for Natural Fiber Composites. Journal of Applied Polymer Science Vol. 59 1329–1336.
- [6] Bourban, C. 1997. Processing and Properties of DegraComp, a New Degradable Anisotropic Composite Made of Regenerated Cellulose Fibers and Poly(Hydroxyalkanoate) Matrices, Diss. ETH Zürich.
- [7] Dornburg S., 10./11.10.1994. Einsatz von Biopolymeren in Verpackung und Gartenbau – Erfahrungen und Zukunftsperspektiven – Kurzfassung. KTBL Arbeitspapier 220, Kunststoffe und nachwachsende Rohstoffe II 49–53.
- [8] Fachtagung Biologisch abbaubare Werkstoffe, 19.-20.2.1997, Würzburg. Süddeutsches Kunststoff-Zentrum.
- [9] Fritz H. G. et. al., Juni 1994. Use and Modification of Biological Substances. Production of Thermo-Bioplastics and Fibres based mainly on Biological Materials EUR 16102 EN, European Commission, D.X., Editor, 9–61.
- [10] Grigat E., 1997. BAK 1095 – das Jahr danach. Fachtagung «Biologisch abbaubare Werkstoffe» 19.-20.2.97, Würzburg.
- [11] Hague Jamie, 1995. Composites from Non-Wood Materials. Agricultural Engineer Nr. 3, 24–28.
- [12] Haudek H. und Viti E. 1980. Textilfasern – Herkunft, Herstellung, Aufbau, Eigenschaften, Verwendung. Verlag Johann I. Bondi & Sohn, Wien.
- [13] Herrmann A. S. und Hanselka, 2.3.–5.3.1995. Verbundwerkstoffe aus biologischen Faser- und Matrixkomponenten. Biorohstoff Hanf, Symposium Frankfurt a.M.
- [14] Herrmann A. und Hanselka H., 1997 Automobil-Leichtbau mit Faser-verbundwerkstoffen auf der Basis nachwachsender Rohstoffe. Werkstoffe im Automobilbau (Sonderausgabe von ATZ und MTZ) 74-77.
- [15] Karus M. und Leson G., 1995. Hemp research and market development in Germany, a status report for 1994. Biorohstoff Hanf, Symposium Frankfurt a.M. 2.3.1995.
- [16] Keller A. und Wintermantel E., 27.2.–2.3.97. Einflussfaktoren auf die mechanischen Eigenschaften von Hanffasern. Biorohstoff Hanf 97 – Technisch-wissenschaftliches Symposium.
- [17] Keller A., 1997. Technische Nutzung von Faserpflanzen. Agrarforschung 4 1, 5–8.
- [18] Kessler R. W., Kohler R. und Tubach M., 1996. Perspektiven der Fasergewinnung und Aufbereitung im Hinblick auf unterschiedliche Nutzungszwecke. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenwissenschaften 9,7–14.
- [19] Lee Sang Yup, 1996. Bacterial Polyhydroxyalkanoates. Biotechnology and Bioengineering Vol. 49 1–14.
- [20] Leupin M., 1996. Bakterielle Degummierung von Ramie (Boehmeria nivea). Diss. ETH Nr. 11 893. Zürich. 150 S. Dissertation an der Eidg. Technischen Hochschule Zürich.
- [21] Masterplan, 1994. Masterplan Pflanzenbau, Bericht der Expertenkommission zur Neuorientierung im Pflanzenbau, EMDZ, Bern.
- [22] Menner M. und Luck T., 1997. Biologische Vielfalt bakterieller Kunststoffe. Bio World 1/97, 8–13.
- [23] Satlow G., Zarembo S. und Wulforth B., 1994. Flachs sowie andere Bast- und Hartfasern. Chemiefasern/Textilindustrie 96 44, 765–785.
- [24] Tubach M. und Kessler, R.W., 1995. Neue Aufschlussverfahren – Ein Schlüssel für innovative Anwendungen für Flachs. 1. Hunsrücker Leintage 2.–3.8.1995, Emmelshausen (D).
- [25] Wohlgenannt M., Oktober 1996. Ein höchst ungewöhnlicher Werkstoff. Schweizer Maschinenmarkt 40, 20–21.
- [26] Zimmer, H. und Kloss, K. D., 1995. Ultraschallaufschluss von Hanf, Ziele – Technologie – Anwendung – Resultate – Qualitätsmanagement. Biorohstoff Hanf, Symposium Frankfurt a.M., 2.3.1995.