ACADÉMIE d'AGRICULTURE de FRANCE

Encyclopédie : *Question sur*

Les erreurs passent, il n'y a que le vrai qui reste (Diderot)

Le lin, une fibre du futur

Fiche *QUESTIONS SUR…* n° 06.03.Q02 **2022 révisée en juin 2025**

Christian SABER, membre de l'Académie d'Agriculture de France

Mots clés : lin, fibre, textile, matériau composite, recyclage, cycle de vie, économie circulaire

Le lin est très connu pour ses usages textiles largement majoritaires. Cependant, la fibre de lin a des qualités techniques très intéressantes (légèreté, flexibilité, résistance…) qui ont conduit à son utilisation dans différents domaines : transports aériens, transports ferroviaires, automobiles, véhicules utilitaires, équitation, loisirs nautiques, ski, cyclisme…

La fibre de lin est alors incorporée dans des matériaux composites, qui associent une trame de fibres de lin et une résine. De nombreux travaux portent sur l'assemblage des fibres de lin et sur la composition des résines.

Au-delà des caractéristiques spécifiques recherchées, les matériaux composites (ou biocomposites avec le lin) doivent présenter un impact réduit sur l'environnement (consommation d'énergie, émissions de gaz à effet de serre). Si les fibres de lin sont issues d'une culture locale, patrimoniale et durable, elles sont également réutilisables, recyclables et biodégradables ; toutefois, c'est la composition de la résine qui détermine le cycle de vie des matériaux biocomposites.

Dans ce domaine, les recherches sont essentielles pour le développement et l'avenir des biocomposites lin dans les utilisations industrielles.

Qualités techniques des fibres de lin et nouveaux domaines d'utilisation

Une fibre légère

Pour les appareils aériens

Le gain de poids peut être fondamental ; il permet de réduire la consommation de carburant des avions et de limiter les rejets de CO_2. Une coque de siège en panneaux de fibre de lin est plus légère que son équivalent en fibre de verre : gain de poids d'environ trois passagers par avion. Mais les projets vont plus loin : des matériaux composites-lin peuvent également intégrer les panneaux de séparation des cabines ; un usage plus généralisé de fibre de lin dans des appareils aériens pourrait les alléger de plusieurs quintaux.

Pour les transports ferroviaires

Dans le matériel ferroviaire, des fibres naturelles dans des matériaux composites thermodurcissables peuvent être à la base de pièces pour les aménagements intérieurs : parois, plafonds, sièges, planchers, escaliers, pupitres de conduite, chemins de câble, carénages extérieurs (jupes, trappes, bouts avant, étraves, toitures…).

La fibre de lin est perméable aux ondes. C'est un atout important pour l'élaboration des "nez" des TGV et des avions qui sont équipés de nombreux capteurs.

Pour les automobiles

Une diminution de masse de 100 kg pour un véhicule réduit sa consommation de carburant de 0,4 litre/ 100 km. Aussi, afin de réduire le poids des véhicules, certaines pièces métalliques sont déjà remplacées progressivement par des matières plastiques : selon les véhicules, les pièces en composite représentent entre 10 % et 20 % de la masse, essentiellement pour l'habitacle, et les équipements intérieurs et extérieurs. L'utilisation des fibres végétales ou naturelles comme renfort dans les composites est en pleine croissance, le principal avantage étant leur faible densité : 1,4 g /cm^3 pour le lin, contre 2,5 g /cm^3 pour la fibre de verre ; de plus, la fibre de lin présente de bonnes propriétés mécaniques, et elle est disponible en quantité et qualité. De nombreux constructeurs utilisent les biocomposites pour diminuer le poids de leurs véhicules.

L'usure d'un véhicule avec des composites lin est plus faible, ce qui fait baisser le coût de l'entretien, et sa durée de vie est prolongée.

Une fibre flexible *pour les transports utilitaires*

Reproduction autorisée sous réserve d'en citer la provenance

Pour les véhicules utilitaires soumis à des pressions de poids et à des torsions, un matériau composite à base de fibres de lin peut remplacer la fibre de verre. Ce matériau – qui peut être recyclé en fin de vie – entre dans la composition de produits de protection : pare-chocs, cornières... Mais c'est d'abord pour ses capacités de flexion que le composite-lin trouve sa place dans les planchers, les coupe-vent, les rehausses et les habillages de véhicules utilitaires, en particulier dans ceux destinés aux artisans, aux entreprises de TP, aux commerçants, aux secours, aux pompiers, à la gendarmerie, à l'armée, et aux transports de personnes.

Une fibre qui absorbe les chocs

Pour l'équitation

Dans l'équipement d'un cavalier, la selle est l'élément le plus cher, après le cheval ; c'est aussi un élément essentiel pour l'équilibre et pour éviter d'être désarçonné. L'arçon est la partie cintrée de la selle en contact avec le cheval ; un arçon large et plat risque de blesser le cheval en haut de sa colonne vertébrale, tandis qu'un arçon droit et haut va exercer des pressions indésirables sur le cheval. Un arçon fabriqué avec des fibres composites non seulement allège la selle (d'au moins un kilo), mais aussi sa flexibilité permet de s'adapter à la morphologie du cheval, d'absorber ses mouvements et de mieux répartir le poids du cavalier.

Photo 1: selle d'équitation. Pour les selles, les matériaux composites en fibres de lin réduisent de 30 % les vibrations dues aux chocs. C'est un élément de confort et de santé pour le cheval et le cavalier, en particulier pour les sauts d'obstacles, la voltige, les grandes randonnée ou les cavaleries historiques, sources de chocs importants et répétés (Source : Thomas Plieger)

Pour les loisirs nautiques

- Le surf : les produits utilisés pour la fabrication des planches étaient souvent polluants et sources de déchets toxiques non recyclables. Aussi se tourne-t-on dans la fabrication de planches *écologiques* à base de fibre de lin qui, flexible, absorbe mieux les vibrations et améliore la tenue de vague (*Photo 2*).
- La navigation : le *Gwalaz* est un trimaran de 8 mètres de long pesant 500 kg, lancé en 2013. Il est constitué de 110 kg de fibres de lin, de 33 kg de balsa et de liège, et de 285 kg de résines dont 30 % biosourcées. Le catamaran *We Explore*, multicoque de plus de 18 mètres, va bénéficier de cette innovation ; conçu pour la vitesse et la performance, il sera utilisé pour la recherche océanographique. Les fibres de lin sont aussi utilisées pour les canoës, les kayaks et les petits bateaux électriques.

Photo 2 : Fabrication planche de surf (Source : Notox).

Pour le cyclisme

L'emploi de fibres de lin dans la structure des vélos peut diminuer les vibrations de 20 % (*Photo 3*). La marque *Petit Breton* l'utilise pour la réduction des vibrations de la selle. Le vélo *Cyclik* a un cadre en bambou dont les éléments sont reliés entre eux par des raccords métalliques et de la fibre de lin ; cette technique offre une structure légère, flexible et durable. *Ernest Cycle* a composé un vélo à plus de 90 % de matériaux naturels : bambou, fibre de lin et résine biosourcée. D'autres fabricants utilisent aussi le lin : *Egide*, *In'Bô*, *Cyclelab*.

Photo 3 : vélo avec fibre de lin (source : In'Bô)

Pour le ski

Les concepteurs et constructeurs de skis recherchent des matériaux alliant légèreté, rigidité et absorption des vibrations. Les skis *Salomon* utilisent des tissus composites avec fibres de lin sur 11. Le constructeur *Ferreol* a également choisi le lin pour remplacer le verre et le carbone, et réduire l'empreinte de ses skis alpins. *BComp*, société suisse, utilise le lin comme matière première pour des fils et des tissus ensuite collés avec une résine biosourcée, puis moulés, donnant un matériau efficace en poids, rigidité, amortissement et absorption des chocs ; ce matériau est plus léger que le carbone, plus résistant que l'aluminium, et plus rigide que les

Reproduction autorisée sous réserve d'en citer la provenance

composites en verre. Les fibres de lin confèrent un plus grand confort en particulier sur neige dure : amortis meilleurs et efforts moins pénibles.

Pour la sécurité

Dans les villes, l'augmentation du cyclisme entraîne celle des chutes et des accidents. En 2014, *Egide*[1] a lancé des casques urbains haut de gamme, avec des fibres de lin ; légers et résistants, ils protègent toute la tête et offrent une excellente ventilation grâce à la capacité des fibres d'absorber l'humidité (*Photo 4*).

Des casques en lin ont aussi une déclinaison sportive, pour le VTT et l'enduro, par exemple chez *Urge*, avec l'objectif d'allier résistance et déformation, pour encaisser les coups lors de chocs ou chutes. Des casques en lin ont également été conçus pour le ski et l'équitation.

Photo 4 : Casques d'équitation (source : Egide)

Le cycle de vie des biocomposites avec fibres de lin

Les fibres végétales et les agromatériaux

Les produits issus des fibres végétales doivent répondre à trois grandes fonctions :

- renfort : dans des matériaux composites, les fibres apportent la résistance mécanique ;
- charge : les fibres, granulas et farines issus des parties ligneuses modifient les propriétés mécaniques, électriques ou thermiques d'un polymère de base ;
- isolation : les fibres retardent les échanges thermiques, acoustiques ou électriques.

Les fibres végétales, tel le lin, présentent des caractéristiques spécifiques : légèreté, souplesse, isolation, absorption des vibrations et des chocs, bilan environnemental favorable. Les professionnels de la construction, de l'isolation, de la plasturgie, des transports, des sports, des loisirs ou de l'ameublement souhaitent mieux valoriser leurs performances. Pour cela, il faut connaître et sélectionner les fibres les mieux adaptées, tester des formulations, répondre à des cahiers des charges, réaliser les études et les pré-tests, calculer le bilan environnemental.

Des matériaux composites se réutilisent

Les composites se développent rapidement, certains présentant des possibilités de réincorporation. Pour les composites renforcés, deux types de matrices peuvent enrober les fibres :

- Matrices thermodurcissables : le composite n'est mis en forme qu'une seule fois, et sera non fusible et non soluble.
- Matrices thermoplastiques : elles peuvent être utilisées plusieurs fois, et refondues pour de nouvelles utilisations. Dans l'industrie automobile, des composites incluant des fibres de lin peuvent être remoulés, la température de fonte ne devant pas excéder 200° C pour éviter toute dégradation ; il est possible d'incorporer des fibres vierges pour compenser les pertes de capacité mécanique.

La réutilisation limite fortement les déchets, et supprime la collecte, le tri, le transport et le recyclage.

Le cycle de vie d'un biocomposite lin

Des élèves-ingénieurs de Grenoble ont réalisé une étude comparative entre un biocomposite constitué de fibres de lin avec une matrice thermoplastique (PLLA) et un composite constitué de fibres de verre et de résine polyester ; elle montre que la consommation énergétique des biocomposites lin-PLLA est toujours inférieure à celle de composites verre-polyester : grâce à la photosynthèse, la production de fibres de lin demande près de 5 fois moins d'énergie que la résine polyester. En fin de vie des produits, les fibres de lin sont combustibles, contrairement aux fibres de verre, et les biocomposites sont compostables et recyclables.

Le lin à la pointe de la recherche

Des partenariats ont été créés pour assurer l'avenir des composites thermoplastiques biosourcés. Ainsi, *FIABILIN* a développé un programme de recherche (2012-2017) avec 15 partenaires, pour développer une filière de lin thermique à fibres longues, essentielle à des composites thermoplastiques de haute performance, avec garantie d'une production constante en volume, en qualité et en prix. Les domaines d'application sont principalement l'automobile, le nautisme et l'aéronautique.

[1] Ce nom fait référence au bouclier magique, porté par les dieux grecs, Zeus et Athéna

 Fiche consultable sur le site internet www.academie-agriculture.fr onglet "***Publications***" puis "***Table des matières des documents de l'Encyclopédie***".

Reproduction autorisée sous réserve d'en citer la provenance

Quelques freins à l'utilisation des biocomposites à base de lin

- La compatibilité entre le renfort et la matrice est encore complexe. Il faut un traitement de surface des fibres avant la mise en forme des pièces.
- L'origine biosourcée des matrices est encore limitée.
- Selon les régions du monde, les fibres végétales pouvant être utilisées sont de différentes origines : lin et chanvre pour l'Europe ; kénaf au Japon, au Bangladesh et en Inde ; coco au Brésil ; sisal en Afrique du Sud, aux États Unis et au Brésil.

En conclusion

L'intérêt de la fibre de lin, au-delà du textile, a suscité un véritable engouement de la part de concepteurs de produits dont l'image est importante auprès des utilisateurs : en particulier dans le sport et le loisir (nautisme, équitation, cyclisme, ski). Le lin est porteur d'une image positive, car issu d'une culture locale qui respecte l'environnement ; ses qualités techniques sont indéniables : légèreté, absorption des chocs…

Leurs possibilités en réduction de poids, en durabilité et en économie d'usage ont permis aux composites de se développer dans les secteurs de l'automobile et de l'aérien. Les économies d'énergie et les réductions d'émission de CO_2 sont devenues impératives. Dans ces domaines, la réduction des coûts est également essentielle, aussi les programmes de recherche se sont multipliés pour apporter des réponses aux contraintes industrielles. Par ailleurs, une économie circulaire avec réincorporation et recyclage fait l'objet de nombreuses études.

Ce qu'il faut retenir :

La fibre de lin est issue d'une culture locale et durable. Elle est reconnue pour ses qualités techniques (légèreté, flexibilité, résistance…), et intéresse les concepteurs et constructeurs pour sa légèreté (transports routiers, aériens et ferroviaires), sa résistance, et sa flexibilité (utilitaires, matériels de sports et de protection…).

Les fibres de lin intègrent de plus en plus des matériaux composites. Leurs alliances avec des résines font l'objet de nombreuses recherches pour leurs caractéristiques techniques, ainsi que le réemploi, le recyclage et le cycle de vie de ces matériaux composites. Ces recherches sont déterminantes pour l'avenir de ces matériaux biosourcés.

Pour en savoir plus :

- www.terredelin.com
- euramaterials.eu/le-lin
- ANDRIEU Anthony, HEDOU Maxime, MOUREN Agathe et PHAM Philippe : rapport de veille *Les biocomposites thermodurcissables à base de lin dans l'automobile,* Grenoble INP, pagora.grenoble-inp.fr

Reproduction autorisée sous réserve d'en citer la provenance