

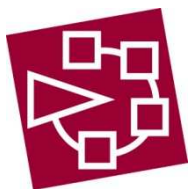
Étude prospective de la valorisation du lin par l'industrie automobile

MOV'EO - MIRIADE

Rapport de synthèse

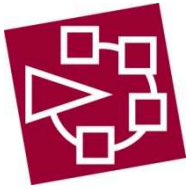


Groupe Erdyn

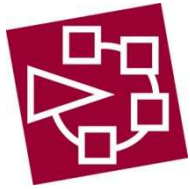


Plan du rapport

1- Introduction	p.3
2- Données de base sur le lin	p.7
3- Analyse des débouchés existants et émergents	p.15
3-1- Vision synthétique	p.17
3-2- Analyse détaillée	p.22
4- La filière lin normande	p.34
5- Recommandations et axes de développement	p.45
6- Annexes	p.51

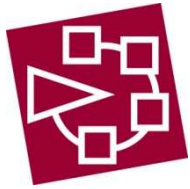


1- Introduction



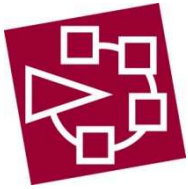
Introduction

- Le lin normand, surtout cultivé en Seine-Maritime, dans l'Eure et en plaine de Caen, pèse plus de la moitié de la production nationale. Au-delà de son utilisation dans l'habillement et le linge de maison, le lin commence à trouver des applications techniques, grâce à ses bonnes caractéristiques mécaniques notamment.
- C'est pour favoriser l'émergence d'une filière forte en Basse-Normandie et qui participe à la logique et au développement du pôle de compétitivité MOV'EO (DAS « Energie et environnement ») que la MIRIADE et le comité régional Basse-Normandie de MOV'EO lancent une étude sur la valorisation industrielle du lin dans des applications techniques.
- Cette étude a permis :
 - D'apprécier les perspectives de développement de l'utilisation du lin,
 - D'identifier précisément les applications intégrant ou pouvant intégrer le lin,
 - Détecter les principaux acteurs (plasturgistes, équipementiers, laboratoires, ...), bas-normands principalement, susceptibles de pouvoir participer et renforcer le développement de la filière,
 - Caractériser la « **brique technologique lin** » que chacun d'eux apporte à la filière,
 - Reconstituer la chaîne de la valeur de la filière lin technique.



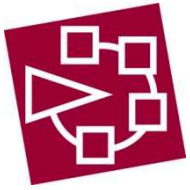
Introduction

- Cette étude s'est décomposée en 3 grandes phases :
 - La première phase était essentiellement bibliographique. Les recherches effectuées ont permis de mieux connaître la culture et la filière lin. En accord avec le comité de pilotage, il a été décidé de balayer tous les secteurs d'activités susceptibles de développer des applications techniques intégrant du lin. Par la suite, l'étude s'est focalisée sur les développements dans les composites.
 - La seconde phase était essentiellement composée d'entretiens téléphoniques à l'échelle européenne. Pour une grande majorité auprès d'acteurs de la demande, mais aussi quelques transformateurs. Cette phase a permis de mieux cibler les attentes des industriels quant à leurs souhaits de développements.
 - La troisième et dernière phase a été réalisée auprès d'acteurs de l'offre normands. Elle a permis d'aboutir sur une vue d'ensemble de la filière et une représentation de la chaîne de la valeur du lin utilisé dans les composites.

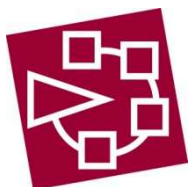


Parlons le même langage

- La fibre de lin utilisée dans les applications techniques se situe à la frontière de deux mondes assez peu souvent en contact : les domaines agricole et industriel. Au cours de cette étude, nous emploierons, sauf indication contraire, le vocabulaire suivant :
 - Fibre longue : au sens agricole de la filière, la fibre mesure au moins 80cm de longueur.
 - Fibre courte ou étoupe : toute fibre de longueur inférieure à celle des fibres longues
- Nous ne retiendrons donc pas la définition usitée dans l'industrie, notamment la plasturgie, qui utilise la dénomination « fibre longue » pour toute fibre dont la longueur est supérieure à 10 fois son diamètre.
- Nous emploierons également la définition suivante du matériau composite :
 - Le matériau composite est un assemblage d'au moins deux matériaux non miscibles (mais ayant une forte capacité d'adhésion). Le nouveau matériau ainsi constitué possède des propriétés que les éléments seuls ne possèdent pas.
 - Un matériau composite est constitué :
 - d'une **ossature** qui assure la tenue mécanique. Appelée renfort, il peut se présenter sous différentes formes : fibre coupée, roving continu (fil ou mèche), mat ou tissu,...
 - d'une **protection** appelée matrice qui est généralement une matière plastique (résine thermoplastique ou thermodurcissable) et qui assure la cohésion de la structure et la retransmission des efforts vers le renfort.



2- Données de base sur le lin



La production de lin

- En Europe, ce sont environ 200 000 tonnes de fibres longues qui sont produites, dont plus de 110 000 tonnes en France, ce qui en fait le premier producteur mondial de fibres de lin avec des rendements moyens à l'hectare de 1,2 à 1,5 tonnes de fibres longues et d'environ 0,8 tonne de fibres courtes.
- En France, la première région de culture du lin est la Normandie, devant le Nord Pas-de-Calais, la Picardie et l'Île-de-France :

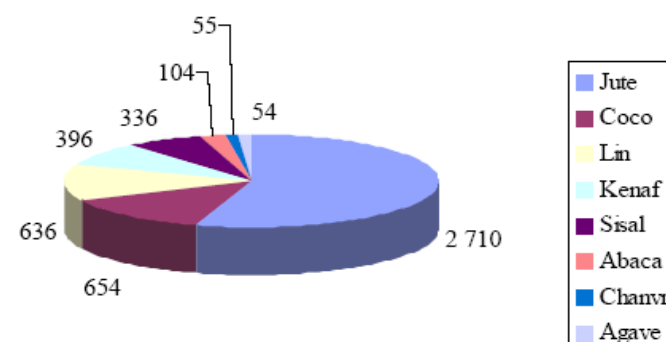
Région	Superficie	Fibres longues	Fibres courtes
Normandie	48 000 ha	67 000 t	44 000 t
Nord-Pas de Calais	15 000 ha	21 000 t	14 000 t
Picardie	11 000 ha	15 000 t	12 000 t
Île-de-France	2 000 ha	3 000 t	2 000 t

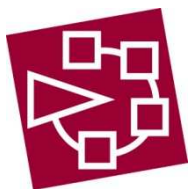
source : Cipalin, 2004

- La production mondiale de fibres végétales (hors coton et bois) s'élevait en 2003 à plus de 5 millions de tonnes, les productions les plus importantes étant celles de jute, de lin et de coco.

Production mondiale en 2003 de fibres végétales, (milliers de tonnes)

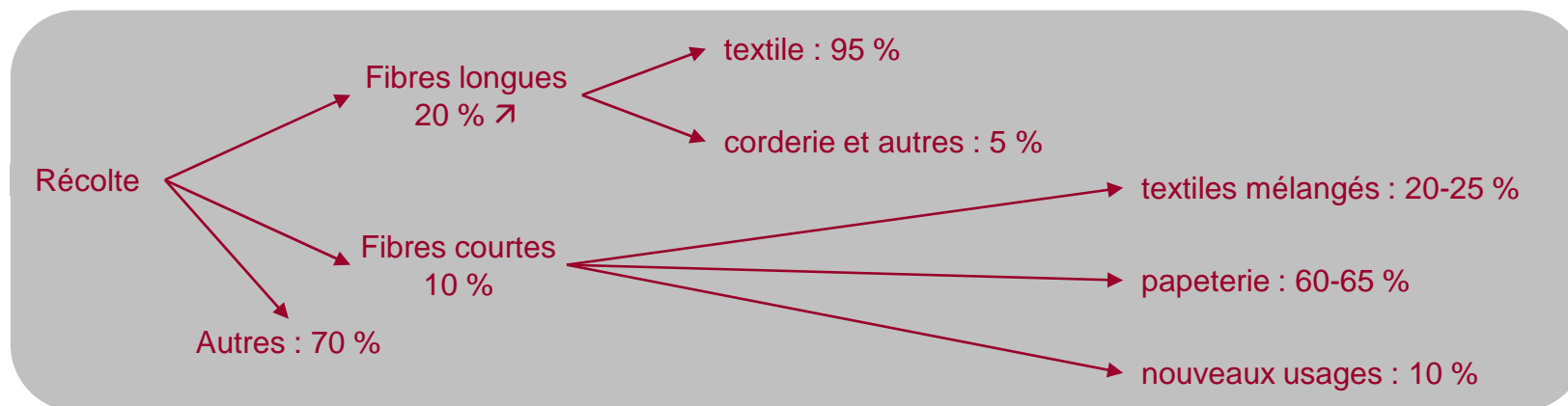
Source : FAO, 2003

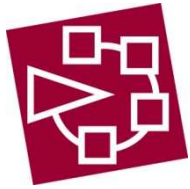




La filière lin (1)

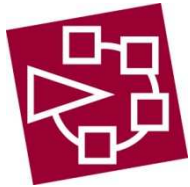
- Le lin est une plante essentiellement cultivée en Chine et en Europe (en Égypte également). Il appartient à la famille des linacées. C'est une plante annuelle dont la tige atteint entre 0,6 et 1,2 m de hauteur. La durée entre le semis et la récolte de la plante étant très court (100 jours), le lin est une plante très sensible aux conditions environnementales. C'est une plante nécessitant très peu d'intrants : sa culture est ainsi respectueuse de l'environnement.
- La plante est valorisée comme suit :
 - les fibres de lin décomposées en fibres teillées ou longues, et en étoupes ou fibres courtes. Cette différenciation s'effectue au moment du teillage, une opération qui consiste à séparer les anas des fibres : les fibres les moins solides se cassent et donnent les fibres courtes. Les plus solides donnent les fibres longues (à partir de 80 cm)
 - les anas (bois de lin) : utilisés pour les litières, les panneaux agglomérés, les plaquettes pour chauffage, le paillage et les bétons légers
 - les graines : huiles ou utilisées telles quelles
 - la poudre : valorisée en énergie, granulés, litière...





La filière lin (2)

- La qualité de la fibre de lin est étroitement liée aux opérations de rouissage (les tiges sont décomposées en présence d'humidité en vue d'améliorer la séparation des fibres) et de teillage (peignage des fibres destiné à produire les fibres longues et courtes). Elle dépend également du déroulement de son cycle végétatif et des conditions dans lesquelles il s'est déroulé. Néanmoins, il est possible d'obtenir un produit relativement standard en diversifiant les approvisionnements et en mélangeant plusieurs productions, comme cela se fait aujourd'hui dans la filière textile.
- A ce jour, **il n'existe pas de culture de lin dédiée aux applications techniques.**
- La filière lin technique peut se décomposer en quatre grandes catégories d'acteurs :
 - les **producteurs** ou **liniers** fournissent la matière première aux teilleurs.
 - les **teilleurs**, au nombre de 21 en France, extraient la fibre de la plante entière.
 - les **transformateurs secondaires** fournissent des produits semi-finis aux industriels qui vont les utiliser pour des applications technique. Par exemple : TECHNILIN, AFT PLASTURGIE...
 - les **industriels** fournissent à l'utilisateur produits intégrant le lin. Ils appartiennent aujourd'hui aux secteurs de l'automobile essentiellement, de la construction, de l'agriculture. Mais d'autres secteurs sont pressentis pour des applications à venir : aéronautique, sports et loisirs, nautisme.

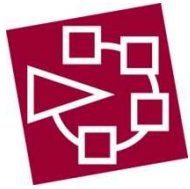


Propriétés comparées des fibres

Propriétés de différentes fibres

Fibres végétales	E (Gpa) Module d'Young en traction	A (%) Allongement à la rupture en traction	σ_u (MPa) Contrainte à la rupture en traction	Densité
Lin	12-85	1-4	600-2000	1,54
Ramie	61,4-128 27 65+-18	1,2-3,8 3,2	400-938 755 800-1000	1,56
Chanvre	35	1,6	389	1,15
Jute	26,5	1,5-1,8	393-773	1,44
Sisal	9-21	3-7	350-700	1,45
Coton	5,5-12,6	7-8	287-597	1,5-1,6
Fibres synthétiques	E (Gpa) Module d'Young en traction	A (%) Allongement à la rupture en traction	σ_u (MPa) Contrainte à la rupture en traction	Densité
Verre E filament vierge	72-73	4,6-4,8	3200-3400	2,54
Carbone Toray T300	230	1,5	3530	1,7-1,9
Aramide	124	2,9	3 620	1,44

Source: *Fibres naturelles de renfort pour matériaux composites*, Christophe Baley, 2004, REF AM 5 130, Techniques de l'Ingénieur.



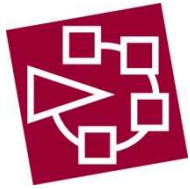
Atouts & faiblesses physico-chimiques

ATOUTS

- Le lin est doté de toutes les caractéristiques propres aux fibres végétales en général : **flexibilité, faible abrasivité, faible densité** (d'où poids réduit)...
- Propriétés de résistance **équivalentes à la fibre de verre standard**. Certaines caractéristiques des fibres longues sont **proches de celles de la fibre de carbone** (élongation). Par ailleurs, les fibres ne sont pas blessantes en cas de cassure.
- **Absorption des vibrations** : cette caractéristique est surtout exploitée dans le secteur des sports et loisirs. Combinée à des fibres de carbone, elle absorbe les vibrations sans dégrader les qualités mécaniques.
- Fournit **les plus longues des fibres naturelles**. Ceci procure au lin un avantage concurrentiel unique vis-à-vis des autres fibres naturelles.
- **Reprise d'humidité** : intéressante dans certaines applications. Par exemple dans le traitement de palettes avec des bactéricides ou des arômes, la solution est absorbée par le matériau et relarguée pendant une certaine durée.
- Meilleure **tenue à la déformation** des pièces composites à l'exposition à la chaleur (en dessous de 200°C).
- La teneur naturelle en humidité permet de produire des **composites conducteurs** et de permettre ainsi l'écoulement des charges électrostatiques.

FAIBLESSES

- **Mauvaise adhésion** des fibres à la matrice dans les composites (« non miscibilité »). Les solutions existent mais sont coûteuses (traitements thermiques pour éliminer la cellulose par exemple, application de décharges électriques, agents de couplage, traitement plasma,...). Dispersion hétérogène dans la matrice liée aux liaisons créées entre les fibres.
- **Mauvaise tenue à la chaleur** : les fibres sont dégradées à partir de 200 ou 230°C, ce qui impose des contraintes au process pour la fabrication de composites plastiques. Par ailleurs, à haute température, la dégradation des fibres provoque des odeurs désagréables lors du process.
- La **reprise d'humidité** limite les applications extérieures. Solutions existantes : le traitement spécifique de la fibre ou son utilisation en composite « sandwich ».
- La **durabilité** du matériau à base de fibres naturelles n'est **pas validée** industriellement sur le long terme.



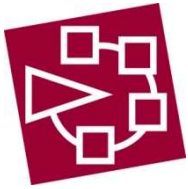
Atouts & faiblesses technico-économiques

ATOUS

- **Coût** de la fibre inférieur à celui des fibres synthétiques.

FAIBLESSES

- Le faible coût de la fibre peut être rapidement compensé par des **frais de transport**, puisque le lin n'est cultivé que dans quelques régions, au contraire du chanvre par exemple. Le traitement des fibres impacte également le prix.
- La **reproductibilité** des caractéristiques physiques des fibres n'est pas maîtrisée : la fibre de lin reste un produit agricole dont les critères de qualité atteignent difficilement des standards industriels. Les caractéristiques de la fibre varient avec l'espèce, les conditions de culture, les conditions météo...
- Le lin est très **difficile à calibrer et à manipuler**, par rapport à la fibre de verre par exemple.



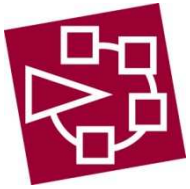
Atouts & faiblesses environnementaux

ATOUTS

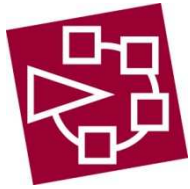
- Produit totalement **recyclable**. Mais les matrices dans lesquelles il est incorporé ne le sont pas et les techniques de recyclage sont encore mal maîtrisées.
- Produit **écologique** car nécessitant peu de produits phytosanitaires : le lin ne nécessite pas d'irrigation, peu de produits phytosanitaires et sa culture n'épuise pas les sols.
- **Plus léger** que les fibres de verre, ce qui lui confère un gain de poids d'environ 20%.
- Fibres moins nocives que les fibres de verre pour les manipulateurs.

FAIBLESSES

- Les **techniques de recyclage** ne sont pas maîtrisées et la filière recyclage n'est pas encore en place. Par ailleurs, la recyclabilité des composites intégrant du lin ne sera pas toujours possible, en fonction de la matrice organique utilisée.

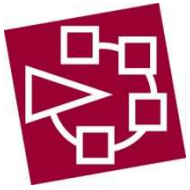


3- Analyse des débouchés existants et émergents



Analyse des débouchés

- Les pages suivantes présentent une analyse approfondie des débouchés du lin dans des applications techniques composites. Les secteurs suivants sont concernés : Automobile, Sports et Loisirs, Aéronautique, Naval et ferroviaire, Bâtiment. Plusieurs tableaux synthétiques permettent d'obtenir une vision d'ensemble des débouchés et application ainsi que leur maturité. Suit une analyse détaillée de la demande pour chaque secteur
- Plusieurs applications techniques ont également été détectées dans des secteurs moins porteurs comme l'agriculture. Les résultats sont présentés en annexe 8.
- Enfin, le domaine des textiles techniques naturels a également été abordé en phase initiale de recherche documentaire. La synthèse des résultats obtenus se trouve détaillée en annexe 9, secteur par secteur



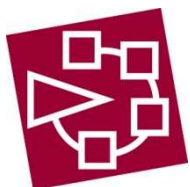
3-1- Vision synthétique



Débouchés, applications et pénétration du lin (1)

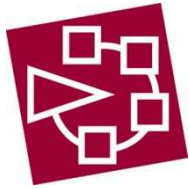
- Le tableau suivant représente pour chaque secteur :
 - Le degré de maturité de l'utilisation du lin
 - Les facteurs déclencheurs ou accélérateurs de son utilisation
 - Les freins à son développement

Ce tableau synthétique sera développé dans les pages suivantes, secteur par secteur.
- Le degré de maturité est représentée sur une courbe en S :
 - Dans la première partie de cette courbe, la technologie est inexistante ou en émergence, il y a peu d'acteurs et d'applications sur le marché
 - Dans le milieu de la courbe, l'utilisation du lin se développe, plusieurs applications sont courantes et on voit l'émergence de différents acteurs utilisateurs
 - Dans la dernière partie, en plateau, l'utilisation du lin est mûre dans de nombreuses applications
- Les facteurs déclencheurs sont coloriés en bleu foncé : ce sont les facteurs qui permettent l'entrée du lin dans un produit ou une application. Les accélérateurs sont en bleu clair : ce ne sont pas des facteurs nécessaires, mais ils permettent un développement plus rapide de la pénétration du lin. Il s'agit de la réglementation, de l'image générée par le lin dans le produit, du prix, de la légèreté, des propriétés mécaniques et de la demande exprimée par le consommateur final.
- Les freins rédhibitoires sont représentés en rouge ; les autres, en orange. Les freins sont la formation d'odeurs, le prix, les propriétés mécaniques, l'aspect, la reprise d'humidité et la tenue au feu.
- Il est à noter que certains facteurs peuvent être considérés, selon le secteur utilisateur, comme un atout ou un frein au développement du lin.



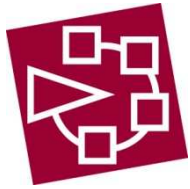
Débouchés, applications et pénétration du lin (2)

Secteur	Application	Courbe en S	Déclencheurs et accélérateurs						Freins						
			Règles	Image	Prix	Légèreté	Méca	Demande	Odeur	Prix	Méca	Aspect	Reprise H2O	Feu	
Automobile	Sous capot		Blue	Light Blue	Light Blue	Blue									
	Pièces d'habitacle visibles		Blue	Light Blue	Light Blue	Blue			Red	Yellow	Yellow	Red			
	Pièces d'habitacle cachées		Blue	Light Blue	Light Blue	Blue			Yellow	Yellow					
Poids lourds	Sous capot										Yellow				
	Habitacle								Yellow						
Sports et loisirs	Nautisme de loisir			Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Blue			Yellow				
	Cycles			Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue				Yellow				
	Autres (raquettes, arcs...)			Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue				Yellow				
Aéronautique	Environnement nacelle				Blue	Light Blue					Yellow				
Bâtiment	Menuiserie, cloisons, ...			Light Blue				Blue			Red		Red		
Ferroviaire	Habitacle														
Chantiers navals	Intérieur du navire														Red



Débouchés, applications et pénétration du lin – commentaires (3)

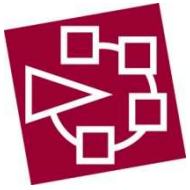
- Ce sont les critères d'image (vendre des produits « verts ») et de réglementation qui sont les déclencheurs les plus importants pour la pénétration du lin dans l'industrie. On constate ainsi que ce sont les secteurs de l'automobile et des sports et loisirs qui sont les plus matures.
- L'entrée du lin dans le secteur automobile est fortement poussé par des préoccupations réglementaires : la législation imposant un taux important de recyclabilité dans les véhicules conduit les constructeurs à se tourner vers des matériaux « verts ». La légèreté apportée par les fibres naturelles va également dans le sens de l'allègement des voitures. Comme accélérateurs, on trouve dans ce secteur l'image donnée par l'utilisation de matériaux naturels. En revanche, la formation d'odeurs désagréables et l'aspect jugé non homogène sont trop importants pour amener une utilisation universelle du lin. Viennent ensuite des problèmes de résistance à l'impact. Le prix est jugé inférieur aux matériaux que le lin remplace, mais il est nécessaire d'en incorporer une plus grande quantité pour parvenir aux mêmes propriétés mécaniques.
- Pour le secteur des poids lourds, des développements intégrant du lin ont été menés et leur analyse a conduit à détecter des problèmes de formation d'odeurs et de mauvaises propriétés mécaniques. N'étant pas tenus à des aspects réglementaires contraignants, le secteur des poids lourds ne se tourne donc pas aujourd'hui vers des solutions intégrant du lin ou d'autres fibres naturelles.
- Sports et loisirs : probablement un des secteurs les plus porteurs pour le lin. Ce secteur possède deux déclencheurs forts dépendant de l'opinion des consommateurs : l'image et une demande de produits plus « nature », notamment pour le nautisme de loisir. La propriété mécanique la plus intéressante est l'absorption des vibrations. Le seul frein sur ce secteur tient aux propriétés mécaniques du lin.
- Pour l'aéronautique, très utilisateur de fibres de carbone au coût élevé, le facteur déclenchant l'utilisation du lin est son prix, bien inférieur. L'avantage de la légèreté s'inscrit également dans la problématique d'allègement des avions et constitue un avantage majeur du lin. En revanche, du fait de propriétés mécaniques moindres, les développements sont cantonnés à des pièces non structurales.
- Dans les autres secteurs, il y a peu de signaux forts favorables au lin. Seul le secteur des chantiers navals s'est penché sur le sujet des fibres naturelles, mais du fait de leur non-résistance au feu, ils sont proscrits d'office.



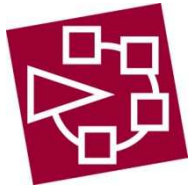
Le lin, sous quelles formes ?

Le tableau ci-dessous récapitule les formes les plus courantes d'applications du lin pour les 3 secteurs les plus porteurs, ainsi que les procédés mis en œuvre et les matrices associées : l'automobile va essentiellement travailler les fibres en les utilisant comme charge. L'aéronautique, à l'inverse, développe des applications où le lin est principalement utilisé comme renfort. Quant au secteur des sports et loisirs, les deux types d'emploi sont utilisés.

Secteur	Emploi		Process				Matrice	
	Mat, tissé ou roving	Fibres coupées	Injection	Thermo-compression	Moulage au contact	Autres (DLFT, infusion...)	Thermo-plastique	Thermo-durcissable
Automobile							PP, PET, ABS, acrylique	PUR
Sports et loisirs								Polyester, époxy
Aéronautique								epoxy



3-2- Analyse détaillée



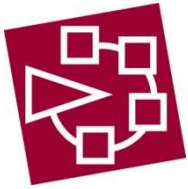
Analyse sectorielle : 1. l'automobile

Le jeu des acteurs

- Renault et PSA, sont moteurs et incitent fortement leurs équipementiers à intégrer des fibres naturelles (PSA oblige ses fournisseurs à proposer au moins une offre intégrant des matériaux verts pour chaque réponse à un Cahier des Charges).
- Dans le reste de la filière automobile, les grands équipementiers de rang 1 sont pour la plupart moteurs sur le sujet. Ensuite, aux rangs inférieurs, beaucoup d'acteurs suivent et subissent les nouvelles exigences du secteur.
- Par exemple, Elco ne travaille sur les fibres végétales qu'en réponse à une demande exprimée par ses donneurs d'ordres. La société ne souhaite pas forcément que ces fibres se développent car les modifications de process seraient assez lourdes.

Degré de pénétration du lin et des fibres naturelles en général

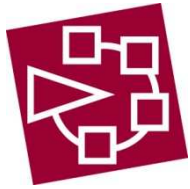
- La part des végétales dans un véhicule représente de 5 à 20 kg, selon la marque et le modèle, mais la part de fibres hors coton et bois (type lin, chanvre, kenaf, sisal...) seulement 1kg au total.
- En Allemagne 3 à 5% des pièces plastiques injectées sont réalisées avec des renforts en fibres naturelles. En France, cela représente moins de 1%. Il existe ainsi une marge de progression intéressante.
- En France, 95% des pièces plastiques contenant des fibres naturelles sont obtenues par thermo-compression (avec renfort en feutre le plus souvent).
- Actuellement, l'effort porte sur l'intégration de fibres naturelles dans les pièces d'habitacle. Cela implique de résoudre les problèmes de tenue aux UV, odeur, résistance à l'impact et homogénéité des fibres (pour les pièces injectées) et problème de reprise d'humidité (cité par certains mais la technologie actuelle permet de résoudre ce problème)



Analyse sectorielle : 1. l'automobile

Analyse approfondie

- **Les fibres de lin sont utilisées comme renfort :**
 - en thermocompression (en majorité) dans des proportions allant de 30 à 50% de fibres
 - en injection (très peu) dans des proportions comprises entre 20 et 40% de fibres
- Ce sont **essentiellement des fibres courtes** qui sont utilisées dans l'industrie automobile (sauf dans la technique DLFT - voir illustration en annexe). Les pièces produites ou en développement sont des pièces intérieures cachées (panneaux de porte, coque arrière de siège, tablette arrière, planche de bord...), des pièces structurelles (plancher), des pièces sous capot (bouchon de boîte de dégazage). En revanche, leur utilisation en textile est inenvisageable du fait des contraintes très fortes exigées pour ce poste (tenue aux UV, à l'abrasion, au vieillissement, qualité visuelle homogène,...)
- **Le lin est particulièrement intéressant dans des procédés de DLFT** : Direct Long Fiber Thermoplastic car dans ce cas de figure, la résistance à la traction ainsi que la longueur de la fibre de lin sont extrêmement appréciées
- A savoir : la consultation des équipementiers s'effectue 3 ans avant le lancement d'un nouveau modèle. C'est donc le délai nécessaire pour voir commercialisées des applications nouvelles.
- Il existe plusieurs « écoles » dans l'industrie automobile, concernant l'utilisation des matrices composites : en France, les résines utilisées sont couramment le polypropylène (PP) et le polyamide. En Allemagne, ce sont les résines styréniques (comme l'ABS), Polyuréthanes (PUR) et acryliques.



Analyse sectorielle : 1. l'automobile

Avantages du lin et freins à son développement

- Les avantages du lin pour le secteur automobile :
 - Allègement (la fibre de lin a une densité de 1 à 1,5 contre 2,54 pour la fibre de verre)
 - Image écologique
 - Capacité d'absorption des vibrations
 - Capacité d'insonorisation
 - prix moins élevé que la fibre de verre (de l'ordre de 10 à 20%)
- Les freins au développement des fibres végétales :
 - Conservatisme des équipementiers (même si certains comme Treves ou Faurecia sont considérés comme plus actifs concernant le sujet)
 - La variabilité des caractéristiques (+/- 25% alors que pour la fibre de verre c'est +/- 5%)
 - La définition physique de la matière
 - Les inconvénients d'aspects (bruissement, UV, homogénéité de la répartition)
 - La tenue à l'impact est **mauvaise pour les pièces intérieures mais satisfaisante pour les pièces sous capot**
 - La reprise d'humidité. La parade contre la reprise d'humidité, c'est la bi-injection (cf illustration en annexe), mais selon plusieurs études, cette technique coûte plus cher que l'injection classique (30% en moyenne) et ne devient rentable qu'à partir de 50 000 à 100 000 pièces produites.

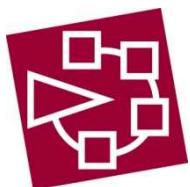
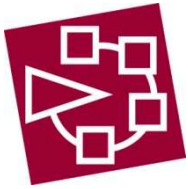


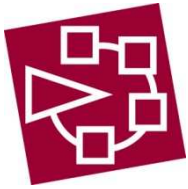
Tableau récapitulatif : utilisation des fibres végétales dans l'automobile (non exhaustif)

Pièces ou équipement	Composite de fibres naturelles	Technologie de fabrication	Exemples
Panneau de porte Médaille support	PP/Farine de bois PP/Lin PP/Kenaf	Thermo-compression Thermo-compression Thermo-compression	C4 607, C5 ford Mondeo
Insert structurel	PET / fibre de bois PP/Farine de bois	Thermo-compression Thermo-compression	806, C8 Fiat Grande Punto, Alfa 147, 159
Tablette arrière (insert structurel)	PP/Farine de bois PP/Chanvre PP/Jute	Thermo-compression Thermo-compression Thermo-compression	C4, nouvelle C5 C3 pluriel Clio (Brésil)
Garnissage de siège	Latex de caoutchouc naturel/Coco	Procédé Faser Tec	VW Passat et Phaeton, Mercedes classe A, E, S, SL et coupés classe E et S
Coque arrière de siège avant	PP/Lin Fibres de bois/liant acrylique	Thermo-compression Thermo-compression	Mercedes classe A, C Mercedes Classe S
Planche de bord (insert structurel)	Fibres de bois/liant acrylique PP/Lin	Thermo-compression Thermo-compression	Opel Astra et Zafira, Smart ForTwo coupé, Smart ForFour, Mitsubishi Colt
Insonorisation de tablier et plancher	Masse lourde + feutre de coton recyclé	Thermoformage	C4
Plancher de charge	Carton enduit de résine thermodurcissable fibre de bois comprimées	Thermo-compression découpe de plaques	Véhicules utilitaires Peugeot
Plancher de coffre	Fibres de bois comprimées	découpe de plaques	C4, 307
Cache roue de secours	PP/Abaca (fibres de bananier)	Thermo-compression	Mercedes



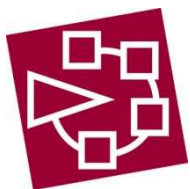
Analyse sectorielle : 2. les sports et loisirs

- C'est le secteur des sports et loisirs qui semble le plus porteur de valeur ajoutée (utilisation de fibres longues essentiellement). Jusqu'à aujourd'hui, les applications étaient peu nombreuses et réservées à la pratique de haut niveau (avec le vélo de course intégrant du lin, réservé à un usage semi-professionnel ou professionnel), mais plusieurs applications sont en cours de développement, voire en production, notamment au travers de la marque Lafuma et d'une grande enseigne de distribution sportive (Décathlon probablement). Une gamme de produits sera commercialisée en 2009.
- Il est utile dans ce secteur de différencier les grands acteurs multi-produits des spécialistes comme la Gazelle des Sables ou encore Plasmor, qui commercialisent respectivement des voiliers et des kayaks de mer dont la coque intègre du lin.
- Le lin est donc présent à la fois sur des marchés de niche, comme ceux du secteur plaisance ou du cyclisme professionnel (vélo en fibre de lin développé par un ancien champion cycliste belge : Johan Museeuw), et sur des marchés de masse, au travers de produits bientôt commercialisés par de grandes enseignes.
- Les sports et loisirs sont le seul secteur d'activité où les fibres de lin sont déjà visibles. L'utilisation de tissés et non-tissés permet de garantir un rendu visuel homogène



Analyse sectorielle : 2. les sports et loisirs

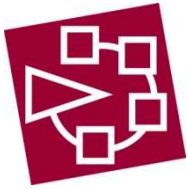
- **L'intérêt** sur le marché de la plaisance, c'est l'argument environnemental ; pour les grandes enseignes, c'est avant tout l'absorption des vibrations et la légèreté qui sont citées comme des atouts. Des réserves ont été émises quant aux réels gains environnementaux (traitement préalable des fibres, intrants utilisés, filière de recyclage...)
- **Les inconvénients** rencontrés concernent essentiellement la difficulté d'imprégnation de la fibre
- Le lin est utilisé en fibre longue comme renfort tissé dans presque toutes les applications citées (kayak, composites pour arcs ou raquettes, snowboard) utilisé au sein d'une résine epoxy ou polyester. Seule la coque de voilier de la Gazelle des Sables incorpore des fibres courtes, sous forme de non-tissé. Les techniques sont diverses : injection, infusion ou moulage au contact.
- La part de fibre de lin est très variable selon les produits :
 - Dans le kayak de mer développé par Plasmor, 30% du renfort sont en fibre de lin (combiné à la fibre de verre) ce qui représente 10% du poids total du kayak (~3kg de lin)
 - Dans les composites développés par Décathlon, avec des renforts mixtes lin/carbone, le lin représente environ 25% du produit fini



Analyse sectorielle : 2. les sports et loisirs

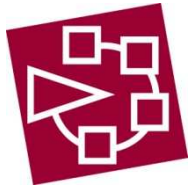
Le kayak en fibre de lin développé par Plasmor. Les fibres sont utilisées en renfort tissé.





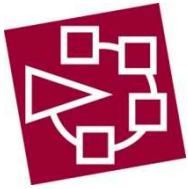
Analyse sectorielle : 3. l'aéronautique

- Dans **l'aéronautique**, il existe également peu de développements et aucun produit en production. Par habitude conservateur, le secteur attend que les matériaux nouveaux soient éprouvés avant de les intégrer à leurs réalisations. Concernant les pièces de structure ou les pièces de cabine, aucun industriel interviewé ne nous a indiqué qu'il travaillait sur les fibres végétales, du fait de leurs performances mécaniques. Le seul acteur qui travaille sur les fibres végétales est **Aircelle qui effectue des recherches sur le remplacement de la fibre de carbone par du lin** dans l'environnement nacelle (habillage de la nacelle). Si les pièces développées répondent aux CdC technique et économique, elles seront intégrées en production mais le processus de qualification prend au minimum 2 ans dans ce secteur.
- **L'intérêt** du lin en aéronautique est purement **économique**, l'allègement des pièces est une externalité positive
- Les inconvénients de cette matière sont ses performances mécaniques moindres que la fibre de carbone. A terme, les développements devraient se tourner vers un mélange lin/carbone.
- Les transformateurs spécialisés dans l'aéronautique comme Porcher Industries ne se placent pas dans une démarche pro-active. Aucun développement intégrant des fibres de lin ne nous a été cité. Ces développements ne seront déclenchés que sur intérêt exprimé du secteur. Les transformateurs estiment que le secteur aéronautique n'intégrera ces fibres que **dans environ 5 à 7 ans**, et que cela ne concernera pas les pièces de structure.



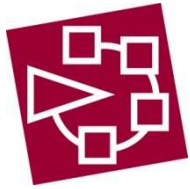
Analyse sectorielle : 4. naval et ferroviaire

- Dans le secteur naval, il est important de différencier 2 sous-secteurs : la plaisance, qui relève plus du domaine privé, et le transport de personnes, où la responsabilité d'entreprises peut être engagée.
- Concernant le secteur du **transport de personnes**, il n'existe pas de contraintes réglementaires comme dans l'automobile astreignant les constructeurs à un taux de recyclabilité de leurs bateaux. D'autres contraintes, comme celle de la résistance au feu, sont nombreuses et accaparent tous les développements du secteur. Celle-ci exclut quasiment la totalité des fibres d'origines végétales. Dans tous les bateaux de la marque Zodiac par exemple (gamme gonflable, gamme semi-rigide, bateaux militaires, structures d'évacuation d'urgence), seule une pièce contient des fibres naturelles : le support moteur en fibres de bois.
- La société Chomarat, un fournisseur de tissés et non-tissés pour des applications composites, effectue en revanche des recherches sur des mats en fibres végétales et notamment en lin pour leurs clients du **secteur plaisance**. Aucun produit n'est encore commercialisé, mais les développements concernent la fabrication de renforts de sièges.
- Concernant **l'équipement intérieur de métros et de trains**, la pression réglementaire est également très faible et n'astreint pas les acteurs à modifier leurs habitudes de production. La composante environnementale est suffisamment développée au travers de comparatifs avec le mode de transport automobile, ou l'utilisation de combustibles non fossiles. Les acteurs interrogés n'ont mentionné aucune demande spécifique concernant cette problématique des fibres végétales. La plupart des matériaux composites sont donc en polyéthylène/fibre de verre.



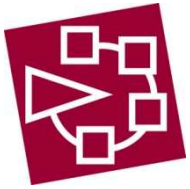
Analyse sectorielle : 5. les poids lourds

- Concernant les autres transport que sont les poids lourds (**camions et bus**), aucune réglementation n'existe pour l'instant concernant la recyclabilité des véhicules. Mais leur contenance déjà élevée en métal ne les contraindrait pas à se tourner vers les fibres végétales. Ce constat ne joue pas en faveur de l'utilisation du lin
- Cependant des tests ont été effectués ou sont encore en cours chez les constructeurs comme Renault Trucks ou IrisBus (pièces de carrosserie en composites)
- Les problèmes rencontrés sont les mêmes que ceux des VL :
 - Reproductibilité des caractéristiques suivant les lots utilisés
 - Surcoût engendré par les changements de process
 - Homogénéité des fibres dans la pièce en injection
 - Formation d'odeurs
 - Reprise d'humidité
- En Poids Lourds, les exigences sur les pièces moteurs sont plus importantes que pour les véhicules légers (tenue en température notamment) et en pièces intérieures, c'est la formation d'odeur qui est un frein à l'utilisation du lin. **Le secteur des poids lourds ne semble donc pas être le segment le plus porteur pour l'utilisation des fibres végétales**

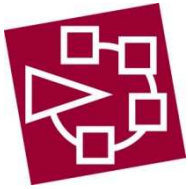


Analyse sectorielle : 6. le bâtiment

- Les fibres végétales sont **assez peu exploitées en composites** dans le secteur de la construction . Pour le moment, le secteur est surtout préoccupé par les questions de performances thermiques (des menuiseries notamment) évoquées lors du Grenelle de l'Environnement. Cependant certains laboratoires comme le CODEM Picardie travaillent à la valorisation de co-produits (dont le lin) dans la fabrication de bétons légers et autres mortiers.
- Les quelques essais menés sur l'incorporation de fibres végétales ne se sont pas traduits par des commercialisations de produits, hormis dans les **profilés pour terrasses en PVC-bois**, (démarche « pull » : la commercialisation répond à une demande forte des consommateurs).
- **Le lin présente de nombreux inconvénients** dont le plus souvent cité est l'hétérogénéité et la faiblesse des propriétés mécaniques. Souvent comparé au bois, très utilisé dans ce secteur, le module d'Young du lin est très critiqué. De manière plus générale, les performances mécaniques du lin ont été jugées insuffisantes.
- La résistance aux chocs peut-être facilement compensée par l'ajout de matière, ce qui peut convenir à des produits comme les **lames de terrasses**, d'autant plus que la reprise d'humidité n'est pas gênante sur ces produits. Leur fabrication par procédé d'extrusion permet d'obtenir des planches d'environ 6m de long, et permettrait de **valoriser les fibres de lin longues**.
- Dans le secteur de la construction modulaire, la préoccupation écologique n'est pas présente et les fibres végétales ne sont pas ou très peu utilisées. Chez Touax, l'ancien gérant avait initié un projet de développement de cloisons incorporant des fibres végétales, mais seule la piste du jonc de mer avait été explorée. De plus, le projet n'a pas été mené à terme suite au changement de direction.

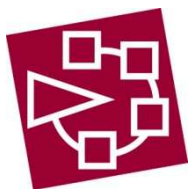


4- La filière lin normande

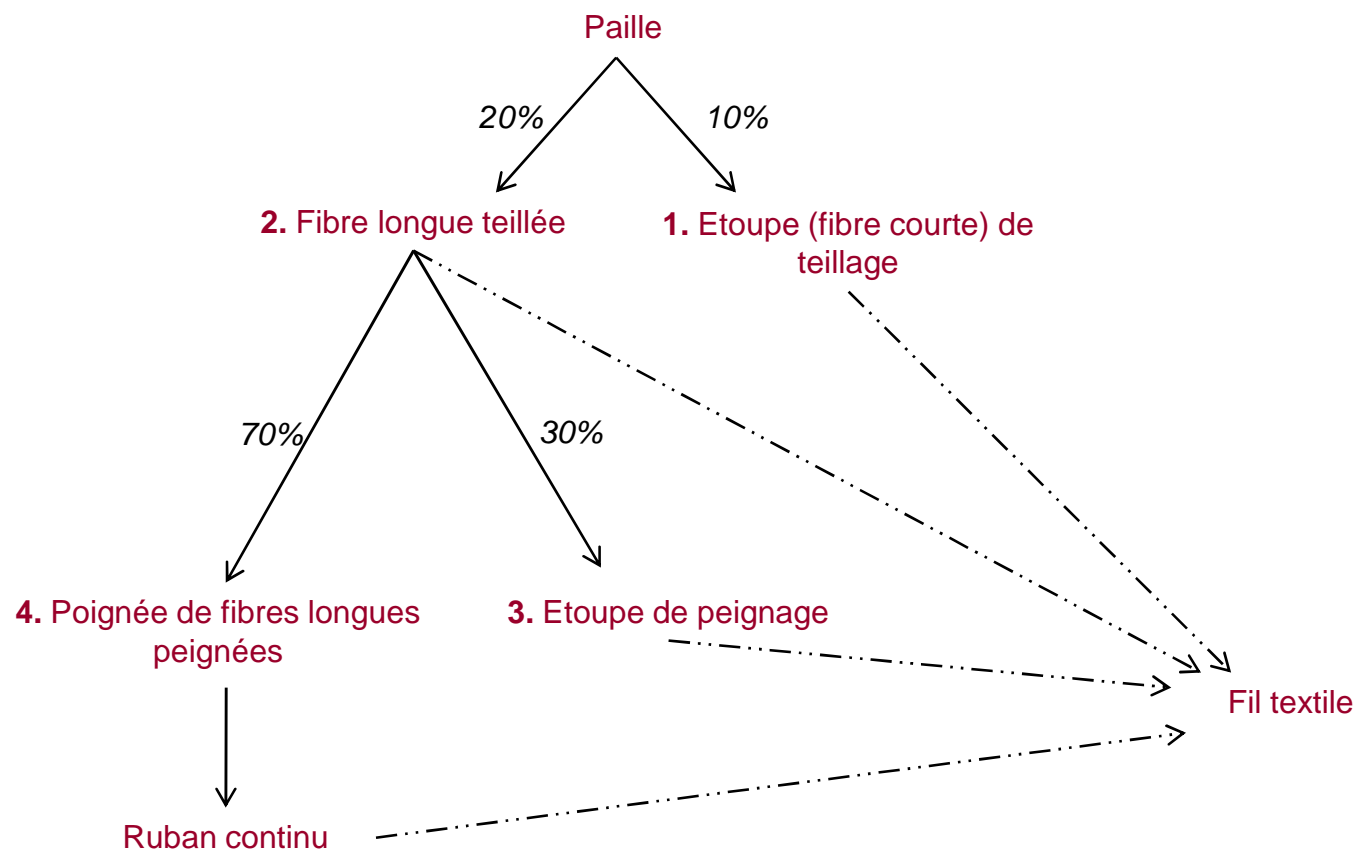


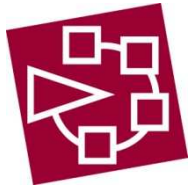
La filière lin normande

- La partie qui suit montre le panorama de l'offre normande en termes de semi-produits ou produits entrants dans la filière « lin technique »
- Dans les pages suivantes seront présentés :
 - Les « grades » de lin existant
 - Une vue d'ensemble des acteurs de la filière
 - Les briques technologiques indispensables au travail du lin technique
 - Les briques maîtrisées par les acteurs normands
 - La chaîne de la valeur du lin
- Le schéma suivant détaille les différentes étapes et produits du teillage et du peignage, maîtrisés en Normandie. Il met clairement en évidence qu'il existe quatre « grades » de lin, pouvant tous être transformés ultérieurement (hors Normandie : en Italie, Europe de l'Est et surtout en Chine) en fil.



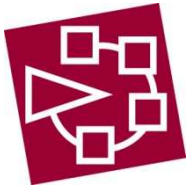
En amont de la chaîne : la fibre de lin (quatre « grades » différents)



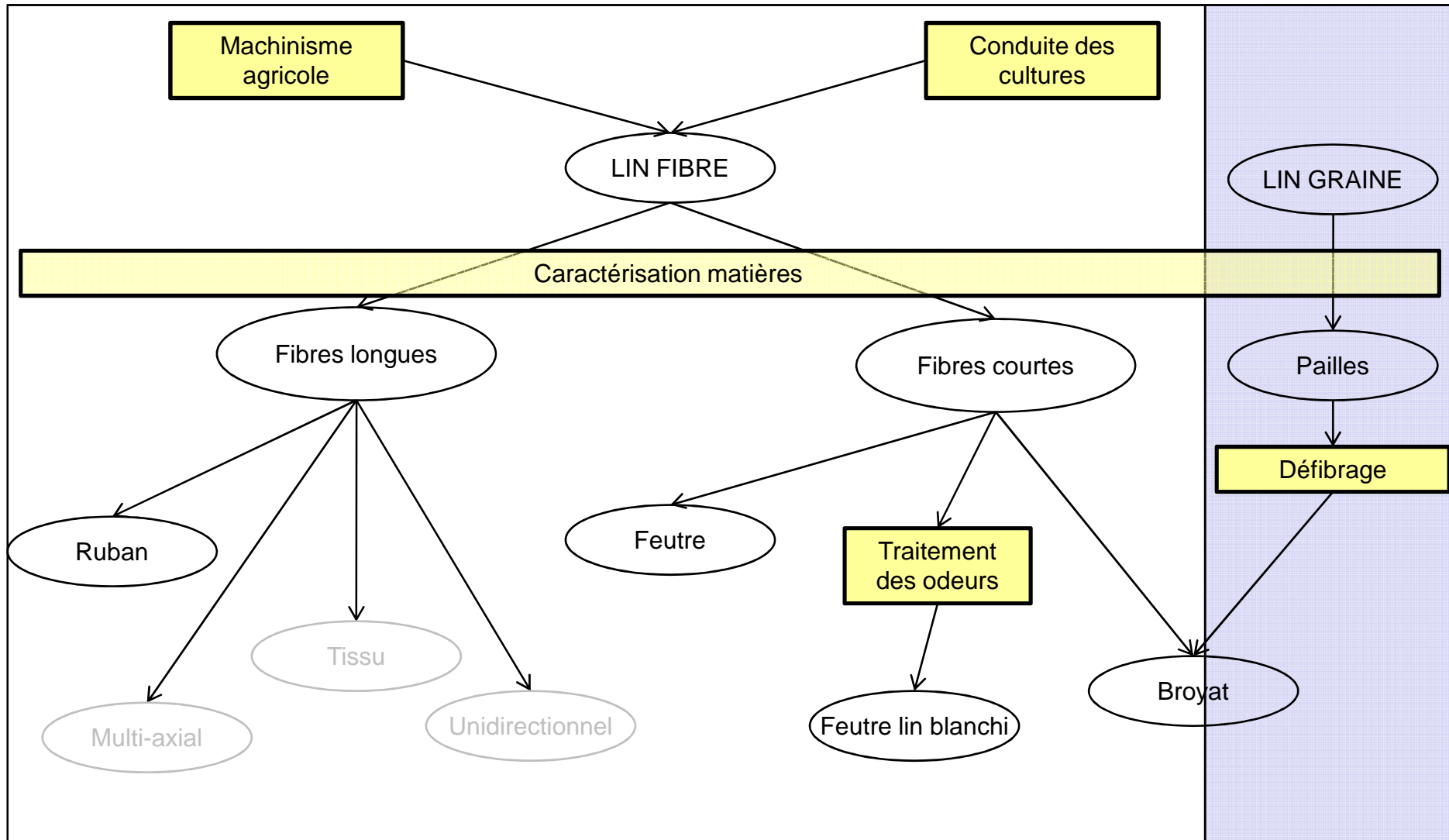


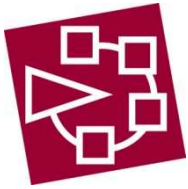
Vue d'ensemble de la filière

- Dans les schémas suivants on peut observer une représentation de la filière complète du lin technique :
 - Les items représentés dans des carrés représentent des briques technologiques
 - Les items représentés dans des ronds représentent des produits
 - Ce qui n'est pas produit ou n'est pas maîtrisé en Normandie est représenté en grisé (parmi l'échantillon des acteurs interviewés + la PFT M.S.C. Le Havre)
- La partie bleutée sur la droite présente une filière parallèle à celle du lin fibre : le lin oléagineux ou lin graine. Un acteur normand utilise ce type de lin comme ressource et cette filière vient donc compléter le panorama normand.



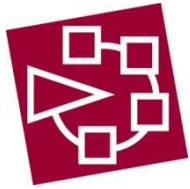
Vue d'ensemble de la filière – l'amont (1)



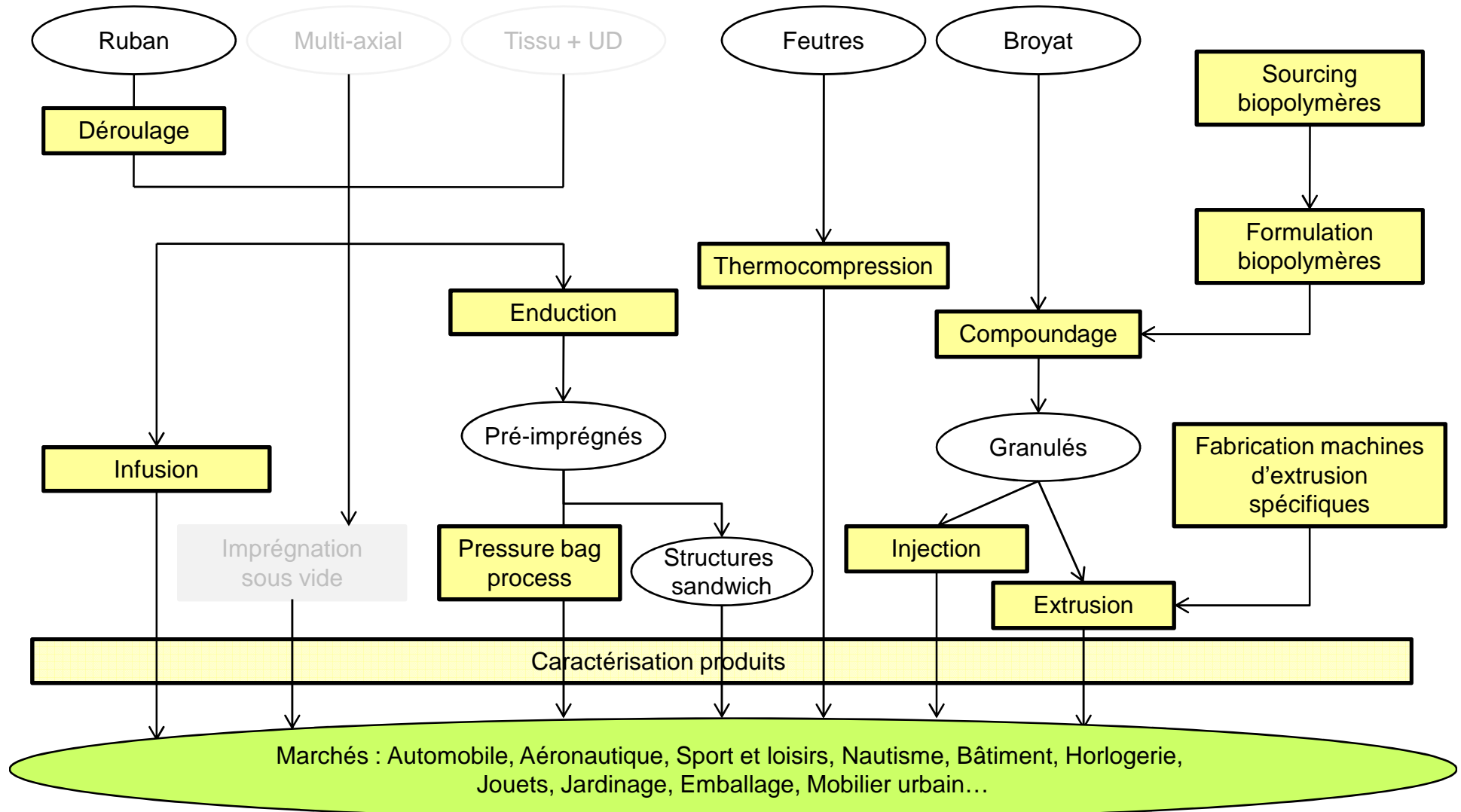


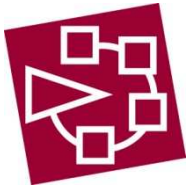
Vue d'ensemble de la filière – l'amont (2)

- On peut observer que la conduite des cultures est bien maîtrisée en Normandie. Ceci semble évident du fait que la région est le plus important producteur mondial de fibre de lin. Parallèlement, de nombreux travaux sont menés sur des cultures de lin à destination technique par la société Dehondt.
- Du lin est extrait des fibres longues et courtes.
 - Les produits issus de fibres longues, hormis le ruban, sont peu représentés en Normandie. Ceci est dû au fait que la plupart des fibres longues partent vers la Chine dans un circuit textile classique, il y a donc peu de peigneurs et plus de tisseurs dans la région.
 - Les produits issus de fibres courtes sont transformés et utilisés en Normandie : notamment au travers de feutres mis en œuvre par la société Technilin. Cette dernière détient d'ailleurs une brique intéressante de traitement des odeurs et de l'aspect des fibres courtes qui lui permet d'obtenir un « lin blanchi » mieux valorisé (cf infra « chaîne de la valeur »).
- Parallèlement au lin fibre, un acteur utilise aujourd'hui du lin oléagineux sous forme de broyat afin de fabriquer ensuite des produits extrudés : la société Barrain
- Enfin, le CNRT, de par sa maîtrise de techniques d'analyse, de caractérisation et de simulation adaptées à l'étude de fibres et de couples fibre-matrice, dispose donc des compétences apparaissant au sein de la brique baptisée caractérisation matières



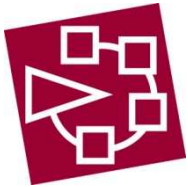
Vue d'ensemble de la filière – l'aval (1)





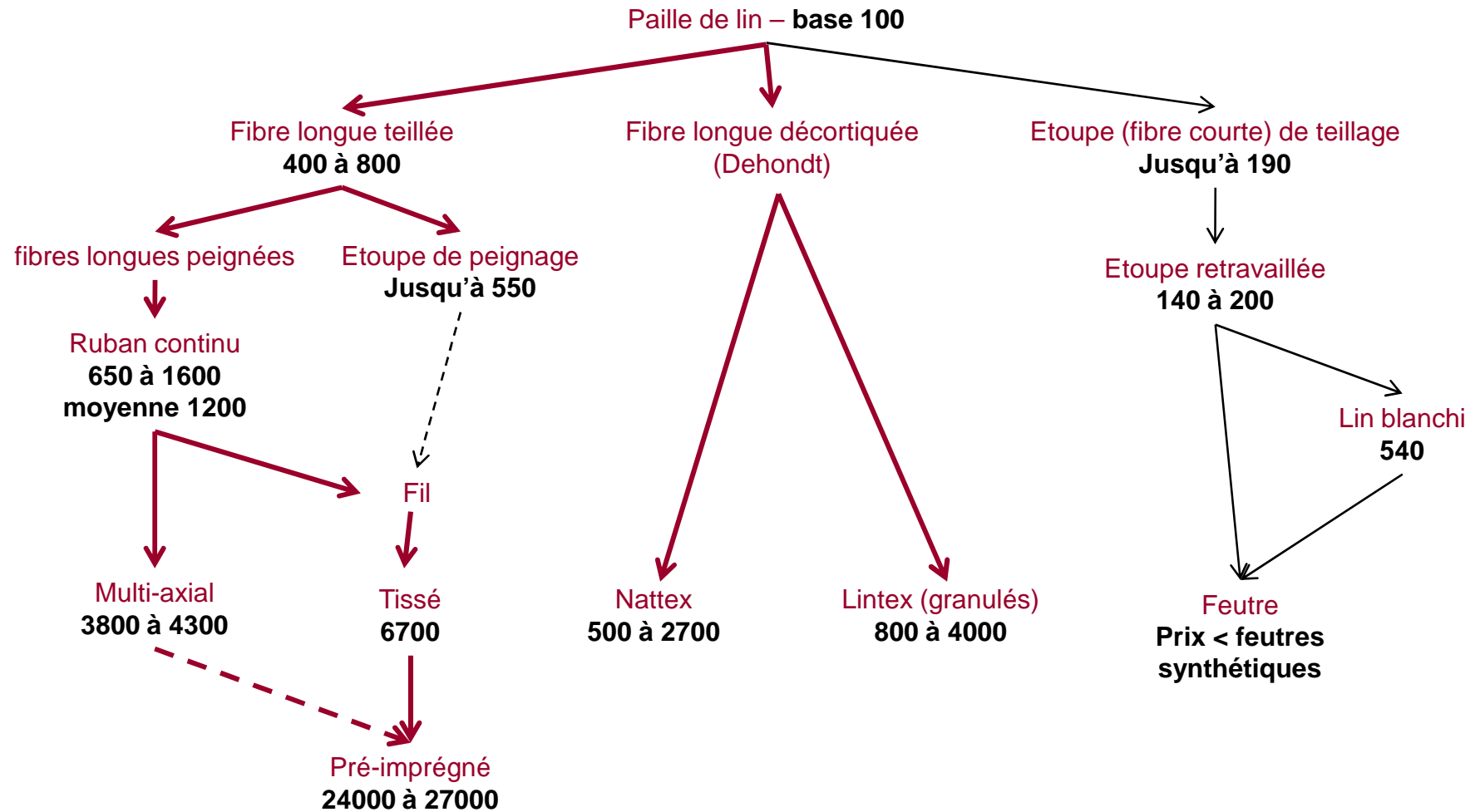
Vue d'ensemble de la filière – l'aval (2)

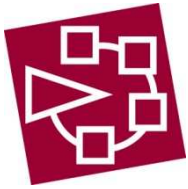
- Si l'on observe ensuite l'aval de la filière, on peut voir ici les diverses utilisations des produits issus de la culture du lin mentionnées par les acteurs interviewés
- La manipulation de rubans, très fragiles, est maîtrisée par la société Acome, ce qui lui permet d'effectuer des développements exploitant la longueur de la fibre
- Le travail des tissés et des multi-axiaux semble bien maîtrisé en Normandie, que ce soit concernant leur imprégnation en vue d'une utilisation différée ou d'une utilisation in-situ. Ces pré-imprégnés de lin peuvent ensuite être mis en œuvre selon différentes techniques dont une parfaitement maîtrisée par Linéo : l'utilisation d'une vessie gonflable ou « pressure bag process » (cf illustration en annexe)
- La mise en œuvre de feutres (100% lin ou mélange lin/fibre synthétique) se fait grâce à la technique de thermocompression, presque exclusivement pour le secteur automobile.
- Enfin, à destination de procédés d'extrusion et d'injection, la fabrication de granulés incorporant du lin est également maîtrisée par une entreprise normande : la société Barrain. L'outillage spécifique nécessaire est développé en interne. Aujourd'hui, ces granulés incorporent des fibres de lin courtes (<2mm) issues d'étoupes. Des développements hors Normandie sont en cours concernant des techniques utilisant des fibres longues continues : « Long Fiber Thermoplastic » (cf annexe)
- En parallèle, se développe actuellement une filière bioplastiques, notamment portée en Normandie par 2 acteurs : Créagif Biopolymères et Naturplast
- De manière transversale, la filière peut faire appel aux compétences de caractérisation des produits composites développées au sein de l'ISPA



La chaîne de la valeur (1)

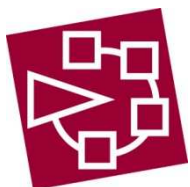
(prix de **vente** à chaque stade)





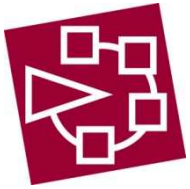
La chaîne de la valeur (2)

- Grâce aux données recueillies lors des interviews et un recoupage des informations collectées tout au long de l'étude, il a été possible de reconstituer la chaîne de la valeur de la filière lin technique.
- Dans le schéma suivant sont représentés synoptiquement les prix de vente pratiqués à chaque stade de la filière, de la production agricole à la mise au point de produits semi-industriels et industriels
- Cette représentation met en exergue les produits grâce auxquels, **à ce jour**, la création de valeur est la plus importante (flèches en gras). Cet état de fait est susceptible d'évoluer en fonction des développements futurs. Il est constitué par les produits issus des fibres longues de la plante (teillage ou peignage)
- Un procédé particulier de culture, ramassage et teillage de la plante, mis au point par la société Dehondt, est appelé décorticage. Il permet de mettre en œuvre des semi-produits à forte valeur ajoutée : le Lintex (granulé) et le Nattex (tissé). Mais encore peu de ces produits ont été vendus, même si plusieurs échantillons sont actuellement testés par de nombreuses sociétés.
- Le lin issu de fibres courtes est quant à lui encore assez peu valorisé (exemple de Technilin). Cela tient au fait que son utilisation est presque exclusivement dédiée au secteur automobile, avec à la clef des niveaux de marge limités.

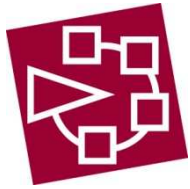


Récapitulatif des acteurs industriels normands

Brique technologique	Société	Matière première	Produit	Secteur client
Teillage - Peignage	Linafil	Lin fibre	Fibres longues teillées	Textile
	Linière de Bosc Nouvel		fibres longues peignées,	
			fibres courtes teillées	
			étoupes de peignages	
		rubans		
Machinisme agricole Conduite de culture Décorticage	Dehondt	Lin fibre	Nattex (tissu technique)	Tous secteurs
			Lintex (granulés injection)	
Imprégnation	Lineo	Tissus de lin	Pré-imprégnés	Sport et Loisirs, Horlogerie, Aéronautique
Fabrication de feutres	Technilin	Etoupes retravaillées / Etoupes blanchies	Feutres bi-matières ou 100% fibres naturelles	Automobile
Fabrication multi-axial	CRST	Ruban de lin longs brins	Multi-axial	Nautisme / Sports et loisirs / Mobilier urbain
Enduction Compoundage	Acome	Ruban de lin longs brins	Gainage de fibres optiques	Télécoms
Fabrication structures sandwich	OCI : Omnium Composites Industriels	Pré-imprégnés	Panneaux sandwich	Aéronautique Travaux Publics Hôpitaux Papetiers
Sourcing Formulation	Creagif biopolymères	PLA, PHA, amidon de maïs	Biopolymère ad hoc	Tous secteurs
	Naturplast			
Défibrage Fabrication d'extrudeuses	Barrain	Pailles de chanvre et de lin oléagineux	Produits extrudés PVC/chanvre et bientôt PVC/lin	Bâtiment (Decking)



5- Recomandations et axes de développement

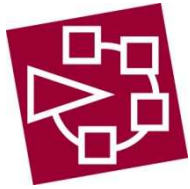


Aspects environnementaux

Les industriels les plus engagés sur l'intégration de fibres naturelles (secteurs automobile et sports et loisirs principalement) raisonnent de plus en plus la question environnementale de manière globale. Ils restent vigilants sur les points suivants :

- Le recyclage : limite actuelle avec le polypropylène par exemple (on ne sait pas récupérer les fibres naturelles, contrairement aux fibres de verre, souvent utilisées dans cette matrice)
- le respect de l'environnement doit être effectif tout au long de la filière : intrants aux cultures, polluants chimiques apportés lors du traitement et de la préparation des fibres...une analyse complète du cycle de vie est souhaitée
- Quid de la compétition avec les cultures alimentaires dans l'usage des terres agricoles ?

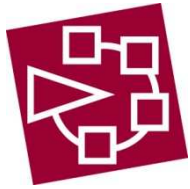
Il devient donc nécessaire de raisonner sur ces questions environnementales et d'être en mesure d'apporter des réponses adéquates aux interrogations des industriels



Recommandations : axes de développement identifiés (1)

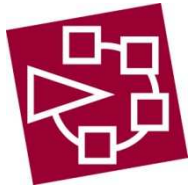
Même si plusieurs projets de développement sont déjà en cours sur le sujet des fibres végétales (NavEcoMat, REFIVERT, Journées Matorna ...), les sujets suivants sont autant de leviers de développement de la filière lin.

- Développements semi-produits :
 - Mettre au point un roving (mèche et/ou fil) de lin pour applications techniques. A notre connaissance, personne en France ne dispose de fibres continues et orientées alors que ce semi-produit est très recherché.
 - Améliorer l'apparence des fibres : résistance aux UV, homogénéité de la dispersion des fibres dans une pièce
 - Mener des essais systématiques pour déterminer la juste fibre de lin (étoupe/long, teillage/peignage/décorticage) pour chaque composite (exemple : fibres coupées pour injection à partir de **textiles recyclés** - ISPA)
- Développements agronomiques :
 - caractérisation puis spécialisation de variétés dédiées aux applications composites, itinéraire technique, intrants, ...même si aujourd'hui un acteur comme Dehondt travaille en ce sens, l'appui de réseaux spécialisés, type INRA, semble incontournable
 - Effectuer des recherches sur la connaissance des parois cellulaires et déterminer ce qui confère au lin ses propriétés (le CNRT travaille déjà sur ce sujet)
 - Mise en place d'une « certification » de lin pour utilisation composite (demande secteur auto)



Recommandations : axes de développement identifiés (2)

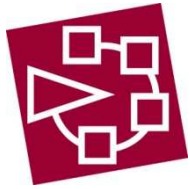
- Développements techniques :
 - Le couplage fibre-matrice : nécessité de travailler en recherche (campagnes d'essais, caractérisation-modélisation-simulation, préparation de la fibre) sur ce thème et éventuellement mise au point un « catalogue » disponible pour tous les industriels (s'appuyer sur des travaux déjà menés au sein du pôle PEP)
 - Améliorer ou mettre au point des traitements maîtrisant le vieillissement des fibres : notamment les aspects de brunissement et de formation d'odeurs
 - Améliorer la manipulation de fibres orientées de type ruban (applications multi-axiaux, UD,...). Les propriétés mécaniques du composite sont meilleures avec ce type de tissé : les fibres n'ont pas à se paralléliser lors de l'application d'un effort de traction, donc la résistance apparaît instantanément.
- Développements outillage :
 - Apporter des améliorations au processus d'extrusion concernant le profil des vis et les systèmes de dosage de la fibre (objectif : augmenter la part de fibres et/ou leur longueur)



Demandes concrètes à traiter en R&D

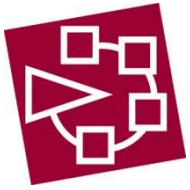
Au cours de la phase de collecte d'informations sur la demande, plusieurs acteurs nous ont précisément énoncé leurs souhaits de R&D. Ceux-ci sont répertoriés ci-dessous :

- Atrya – M. Meyer : souhaite de la documentation sur les fibres de lin et un entretien avec une personne du COPIL pour mieux connaître les possibilités offertes par la fibre de lin
- Zodiac division marine, secteur Plaisance – M. Boisson : programmes de développement bloqués jusqu'en 2010 mais souhaite avoir plus d'informations sur le lin pour éventuellement initier un programme plus tard
- Aker Yards – M. Janvier – aimerait connaître les résultats de tests de résistance au feu des fibres de lin
- Renault – Mme Kernin – avant juin – en demande de compétences nouvelles et de groupements type producteur de lin – labo – transformateur. Elle souhaite que l'on reprenne contact avec elle pour pouvoir lui indiquer des partenaires potentiels (l'objectif étant de proposer des programmes de R&D pour fin juillet)
- Faurecia – M. Dumazet – ouvert à un projet de développement sur le thème du lin avec des acteurs bas-normands

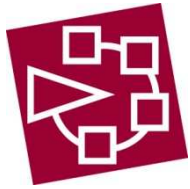


Des partenaires potentiels pour la Normandie

- **Les pôles et les sociétés**
 - PEP et Compositec, au travers du projet « Polymères Naturels », ont déjà élaboré une base de données sur les couples fibres/matrice. La suite de ce projet va être de développer des applications industrielles des résultats. (Contact PEP : Charlyse Pouteau)
 - Pôle IAR avec l'INRA
 - Chomarat : tisseur de tissus secs – s'intéresse actuellement au lin et participe à des projets initiés dans des pôles de compétitivité (« Agrepro » : composites thermodurcissables à base de ressources renouvelables)
 - Hexcel / Seal : fabricants de résines et imprégnateurs
 - Futuramat : travaux en cours sur le liage chimique entre la fibre et la matrice
 - AFT Plasturgie pour leur compétences sur un large panel de fibres naturelles
- **Les outilleurs** comme Clextral, cité comme un acteur incontournable par plusieurs industriels interviewés en phase 2
- **Les laboratoires :**
 - UBS – Université de Bretagne Sud – Christophe Baley
 - CODEM – Mme Tkint : pour le volet concernant la valorisation des co-produits dans le domaine du bâtiment (bétons légers d'anas de lin par exemple)
 - CERMAV : Centre de Recherche sur les Macromolécules Végétales : travaille sur l'adhésion de la fibre à la matrice
- **Les compounders :**
 - Jackdaw pour le compoundage (partenaire Naturplast)
 - AD Majoris partenaire dans de nombreux projets ayant trait au lin (« APILIN » par exemple avec le PEP)

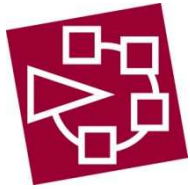


6- Annexes



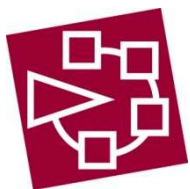
Annexes

- Annexe 1 : experts interrogés et sources documentaires exploitées
- Annexe 2 : entretiens réalisés en phase 2
- Annexe 3 : entretiens réalisés en phase 3
- Annexe 4 : autres acteurs majeurs internationaux
- Annexes 5-6-7 : illustrations de procédés
- Annexe 8 : autres applications techniques du lin
- Annexe 9 : applications du lin dans les textiles techniques naturels



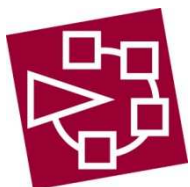
Annexe 1 : experts interrogés et sources documentaires exploitées

- Sources propres Groupe Erdyn
- Interrogation d'experts
 - Régis de Murat, FESTAL
 - Benoît Savourat, Institut technique du Chanvre
 - François Bert, Institut technique du Lin
 - Bernard Kurek, INRA Reims.
- Bases de données :
 - PROMPT : produits, entreprises, marchés
 - RAPRA : plasturgie
 - EVENTLINE : conférence
 - WORLD TEXTILE : textile
- Études spécifiques et données spécialisées :
 - JEC Composites : magazines, études de marchés
 - ACMA
 - etc.
- Sites institutionnels :
 - syndicats, associations
 - entreprises
 - collectivités



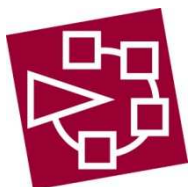
Annexe 2 : entretiens réalisés en phase 2

	Société	Nom	Fonction / service	Téléphone
transformateurs	Linéo	//	adjoint au responsable R&D	
	Porcher Industries	//	commerciale	
	Chomarat	//	service R&D	
	AFT Plasturgie	Hervé Faucheron	développement produits	03 80 53 34 01
	AD Majoris	Marc Jouret	développeur produit	+ 32 2 371 01 34
	Elco	Didier Beaudoux	co-directeur	04 74 89 59 00
automobile	PSA	Franck Jaffiol	green materials development	01 56 47 33 12
	Renault	Mme Kernin	direction des matériaux	01 76 85 04 35
	Renault Trucks	Sébastien Buisson	service qualité	04 72 96 81 11
	IrisBus	Alexandre Desneux	section bus économiques et propres	04 72 96 01 98
	Faurecia	Philippe Dumazet	manager de projets R&D pour l'intérieur des véhicules	+ 49 727 380 1731
	Faurecia	M. Vasilescu	directeur de la recherche	03 44 52 50 00
	Treves	//	service R&D et innovation	03 26 85 71 00
	Rieter	Jean Casulli	service R&D	01 30 95 09 60
	Sigmattec (Plastic Omnium)	Sébastien Guyon	responsable du service innovation industrielle	04 74 40 60 40



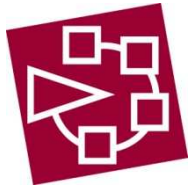
Annexe 2 : entretiens réalisés en phase 2

	Société	Nom	Fonction / service	Téléphone
autres transports	Aircelle	Pascal Marchant	service R&D	02 35 55 47 00
	Intertechnique	//	bureau d'études	01 30 54 82 00
	Aerazur (groupe Zodiac)	//	responsable R&D	01 41 23 23 31
	Safra	M. Touleron	directeur des achats	05 63 48 42 43
	Zodiac nautisme	M. Petit	responsable de production	05 46 87 29 39
	Zodiac international - division marine - secteur plaisance	M. Boisson	responsable du bureau d'études	05 56 21 88 08
	Aker Yards site de St Nazaire	François Janvier	service R&D	02 51 10 91 00
Sport et Loisirs	Décathlon - BU Tribord	Arnaud Grandjean		05 59 48 02 02
	Décathlon - BU Natureo	Thomas Garin		03 20 33 73 95
	Décathlon - BU plastiques et composites	Mlle Goubet / M. Le Merrer	développement produits	03 59 69 85 63 / 03 59 69 86 20
	La Gazelle des Sables	Marie Besnié	direction	02 51 73 98 77
	Plasmor	Dominique Bourçois	directeur	02 97 47 36 37 / 06 22 34 01 22
Construction	Lapeyre	M. Gay	directeur R&D	06 07 73 89 33
	Atrya	M. Meyer	directeur R&D	03 88 80 29 29
	Touax	M. Godino		03 88 85 05 40
	Bodard constructions modulaires	//		02 51 06 22 22



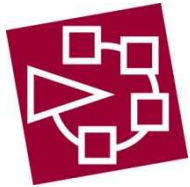
Annexe 3 : entretiens réalisés en phase 3

Organisme	Face/téléphonique	Activité	Localisation	Contact
CNRT	Face à face	laboratoire	Caen (14)	M. Breard
CNRT	Face à face	laboratoire	Caen (14)	M.Gomina
Linafil	Face à face	récolte et préparation du lin	Bourguebus (14)	M. Vandecandelaere
Creagif biopolymeres	Face à face	bioplastiques	Caen (14)	Florent Girard
OCI : Omnium Composites Industriels	Face à face	panneaux sandwich	Caumont l'éventé (14)	Daniel Colin
Naturplast	Face à face	bioplastiques	Caen (14)	Thomas Lefèvre
Dehondt	Face à face	machinisme agricole	Notre dame de Gravenchon (76)	Philippe Edouard
Technilin	Face à face	fabrication de feutres	Yvetot (76)	M. Falala
Acome	Face à face	cablerie	Mortain (50)	Christian Lagrève
Barrain	Face à face	concepteur d'outillage et extrudeur	Romagny (50)	M. Barrain
ISPA	Face à face	école d'ingénieurs	Alençon (61)	M. Gondard,
Lineo	Face à face	imprégnateur	Bernay (27)	M. Vanfleteren
IMV	Téléphonique	matériel d'insémination	L'Aigle (61)	M. Huet
Linière de Bosc Nouvel S.A	Téléphonique	récolte et préparation du lin	Le Bocasse (76)	Marc de Pestele
CRST	Téléphonique	tissus techniques	Bourgogne	M. Mathieu
Codem	Téléphonique	laboratoire	Picardie	Mme Tkint
L2PIC	Téléphonique	laboratoire	Bretagne	Christophe Baley
Institut Technique du Lin	Téléphonique		Ecardenville la campagne	François Bert
Journée agro-ressources	Face à face		Picardie	



Annexe 4 : autres acteurs majeurs internationaux

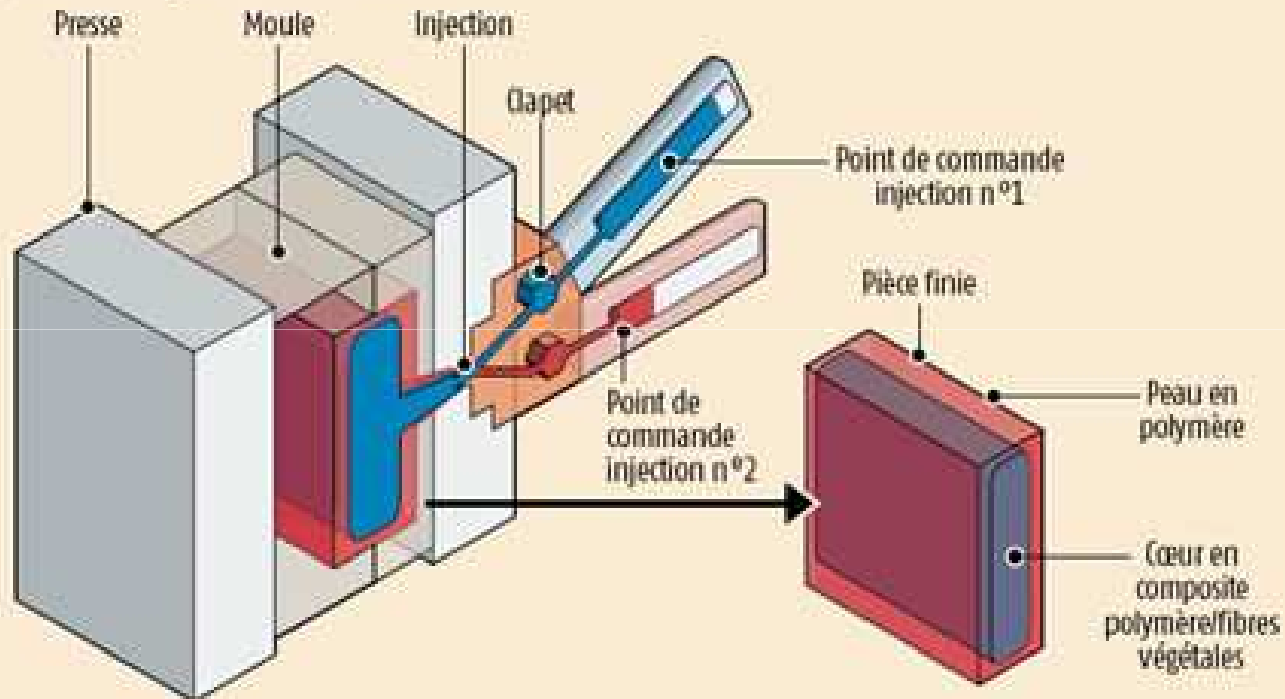
- **Lin 2000** et **HN2D** : sociétés ayant développé la laine de lin (Picardie)
- **Unilin** (Belgique) : développe des composites à base de fibres de lin et de bois
- Casques **Schubert** (Allemagne)
- **Mitten Inc** (Canada) développe des mousses et autres composites PVC/lin
- **E2e materials** (USA) utilise le lin et le bambou ainsi que la résine de soja dans ses applications
- **Net Composites** au Royaume-Uni travaille sur le développement de composites bio-dérivés (essentiellement du lin) pour des applications dans l'automobile, le médical et la marine
- Parmi les grands acteurs, on peut également citer les fédérations comme **FESTAL**, l'**USRTL**, l'**AGPL** ou encore au niveau européen la **CELC** dont la section « usages techniques » a été créée en 2007.
- **ERRMA** (European Renewable Raw Materials Association) est également une association très active sur le sujet des fibres végétales. Elle est soutenue par plusieurs antennes nationales avec en France le programme **AGRICE** (Agriculture pour la chimie et l'énergie).



Annexe 5 : méthode bi-injection

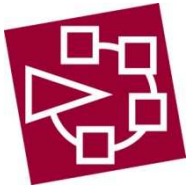
L'INJECTION SANDWICH LÈVE LES OBSTACLES

Un procédé d'injection bimatière



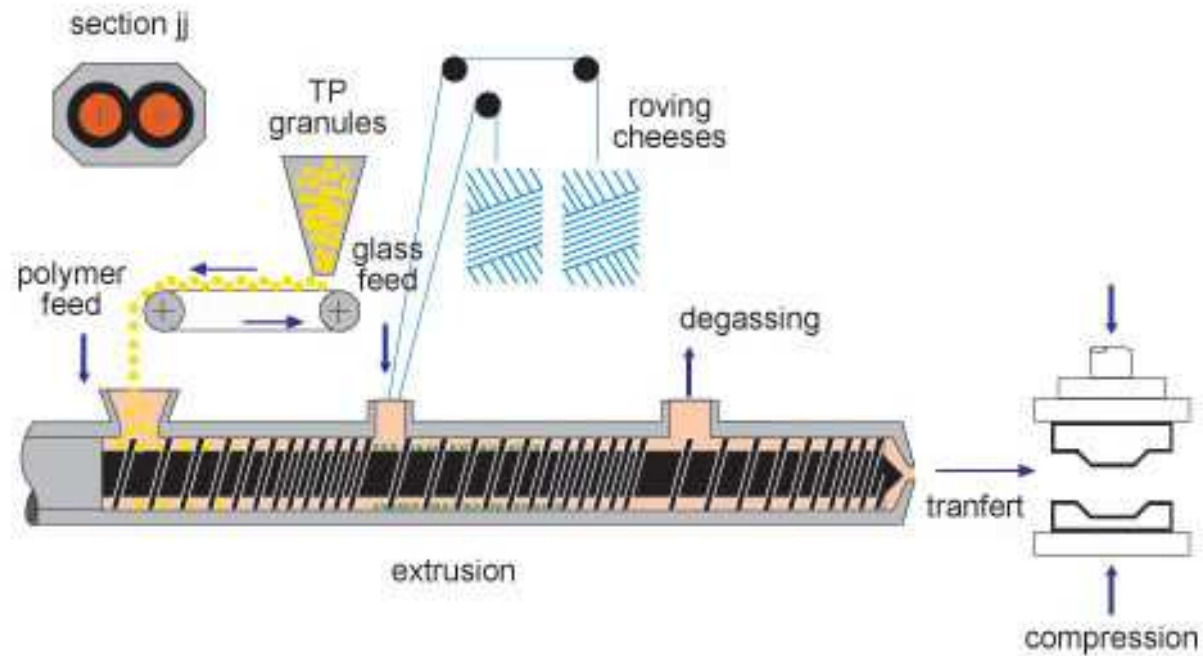
Le cœur de la pièce, en composite renforcé de fibres végétales, est entouré d'une peau en polymère. Cette technique protège le composite des UV et de l'humidité et évite la diffusion de l'odeur caractéristique des fibres végétales.

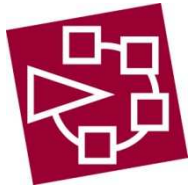
SOURCE : P E P



Annexe 6 : méthode Long-Fiber Thermoplastic

LFT / Extrusion - Compression

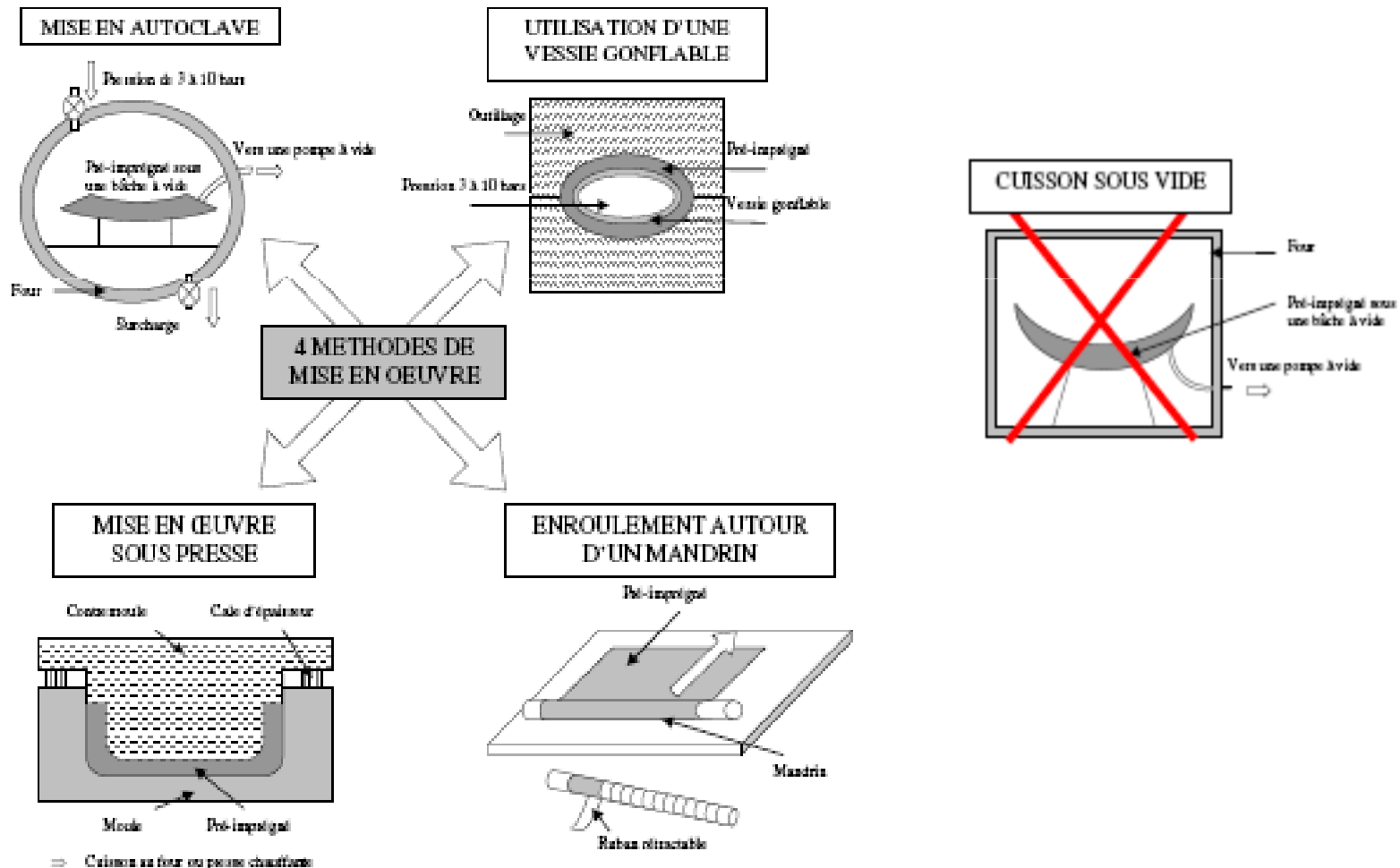


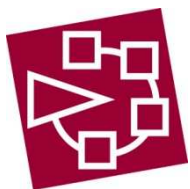


Annexe 7 : mise en œuvre de pré-preg de lin

La mise en œuvre de pré-imprégnés de lin – Source Linéo

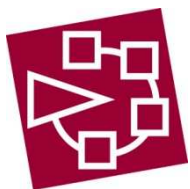
Quels sont les différents procédés permettant de mettre en œuvre les pré-imprégnés de lin ?





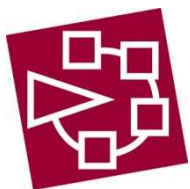
Annexe 8 : autres applications techniques

Secteur applicatif	Application	Composite	Non-tissé	Maturité	Commentaire
Agricole	Paillage biodégradable			++	+ : Maintien de l'humidité au sol, contrôle de l'évaporation, empêcher les adventices de pousser - : Fibre interchangeable
Agricole	Bâches à plat			++	+ : Protection des cultures (mauvaises herbes, stress abiotiques...)
Construction	Isolation en laine de lin (panneaux semi-rigides pour cloisons ou rouleaux pour combles) Isolation en feutres			+	+ : Isolation thermique et phonique + : Recyclable, voire compostable - : Marginal, on trouve surtout du chanvre
Construction	Bétons légers et mortier			+	+ : Utilisation du bois de lin (la partie centrale de la tige sur laquelle s'articulent les fibres) - : Interchangeabilité notamment avec le chanvre
Construction	Profilés pour terrasse, sols, bardage.			-	- : Forte interchangeabilité de la fibre (on trouve surtout des mélanges bois/polymère)
Construction	Profilés pour fenêtres, portes, plinthes, moulures			--	



Annexe 8 : autres applications techniques

Secteur applicatif	Application	Compo- site	Non- tissé	Maturité	Commentaire
Ameublement	Ameublement de boutiques (panneaux), supports de parquets			+	
Emballage / Médical	Contenants bactéricides			--	+ : La reprise d'humidité est exploitée pour charger la palette de solutions bactéricide par exemple, qui est rejetée dans le temps
Filière équine	Litière				+ : Caractères absorbant, naturel et non comestible (ce sont les anas qui sont utilisés) - : Faible spécificité du lin
Tous secteurs	Composites plastiques				+ : légèreté + : résistance mécanique



Annexe 9 : applications du lin dans les textiles techniques naturels

- **EMBALLAGE : 1er en volume**, mais faibles valeurs unitaires des produits associés. Ses taux de croissance sont identiques à la moyenne globale des textiles techniques. Cependant ce segment est relativement mature, et le développement de produits nouveaux reste limité.
- **TRANSPORTS : une croissance modérée** reflétant la maturité certaine du secteur. Il demeure le deuxième en termes de volume. En dépit d'une évolution à la baisse des valeurs unitaires des produits, il reste de loin **le plus grand marché applicatif des textiles techniques en termes de valeur**.
- **INDUSTRIE : troisième domaine d'application en volume et en valeur**. Les taux de croissance y demeurent au-dessus de la moyenne. L'introduction de produits textiles dans des procédés industriels se multiplie, particulièrement dans nouveaux pays industriels.
- **AMÉNAGEMENT INTÉRIEUR : quatrième débouché pour les produits à base de textiles techniques** tant en volume qu'en valeur, mais faibles taux de croissance. Ceci reflète les prévisions généralement basses pour la demande finale des biens d'équipement ménager, les opportunités limitées pour une plus grande pénétration du textile et le passage régulier de produits tissés à des composants non-tissés plus légers et moins coûteux.
- **CONSTRUCTION** : cinquième secteur applicatif en volume, **c'est un des secteurs les plus dynamiques**, en raison de la croissance rapide de l'utilisation de matériaux composites, par exemple les bétons avec renforts textiles, et du remplacement de matériaux de construction traditionnels par des produits textiles sous forme de composants cachés ou de produits finaux en tant que tel. L'isolation par laine de lin croît également de 40 % par an en Europe.
- **SPORTS ET LOISIRS** : petit secteur en volumes. Néanmoins les valeurs unitaires des produits associés sont largement au dessus de la moyenne globale des textiles techniques. L'utilisation de fibres et enduits à forte valeur ajoutée fait de ce secteur **le deuxième plus grand en valeur**. Les taux de croissance, cependant, restent modestes puisque le secteur est dominé par des applications mûres.
- **GÉOTEXTILES : les taux de croissance prévisionnels sont les plus hauts du secteur** (hors l'environnement) ; cependant, les consommations sont inférieures aux prévisions. De plus, les volumes sont très faibles et les valeurs unitaires des produits sont limitées. Ce secteur est de loin le plus petit en valeur. → utilisation locale (coût)
- Sous forme filée, le lin peut également servir de renfort à des matériaux composites sous forme d'une préforme 3D tricotée (la fibre confère alors la forme à la structure).