



ÉTAT DE L'ART DU TRI ET DE LA VALORISATION DES TEXTILES D'HABILLEMENT, DU LINGE DE MAISON ET DES CHAUSSURES (TLC) CONSOMMÉS PAR LES MÉNAGES

State of art of sorting out and recycling of end of life clothing textiles,
household linen and pairs of shoes

Juin 2009

Etude réalisée pour le compte de l'ADEME par RDC-Environnement

Coordination technique : Jean-Paul Dupuy - Département Organisation des Filières et Recyclage –
Direction Déchets et Sites et Sols – ADEME Angers

L'ADEME en bref

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer et du ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Elle participe à la mise en oeuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable.

Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'œuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier les membres du Comité de pilotage :

Jean-Paul DUPUY (ADEME)

Pierre DUPONCHEL (Le Relais)

Jean-Luc BARTHARES (Eco TLC)

Serge SZTARKMAN (FEDEREC)

Dominique RAYNAUD (FEDEREC)

Table des matières

I.	INTRODUCTION	18
I.1	Contexte	18
I.2	Objectifs	18
I.3	Méthodologie suivie.....	19
II.	PRÉSENTATION DE LA FILIÈRE ACTUELLE	20
II.1	Contexte général	20
II.1.1.	Gisements	20
II.2	Acteurs	20
II.2.1.	Une filière fragilisée par une crise	21
II.3	Situation actuelle du recyclage des TLC	21
II.4	Objectifs de recyclage et de valorisation des TLC	22
II.5	Problématique de l'étude.....	23
III.	LE RECYCLAGE MÉCANIQUE	25
III.1	L'effilochage	25
III.1.1.	Principes généraux de l'effilochage.....	25
III.1.1.1	L'effilochage	25
III.1.1.2	Techniques développées à l'issue de l'effilochage.....	27
III.1.2.	Analyse des débouchés par secteur	30
III.1.2.1	Automobile : un secteur traditionnel mais à faible potentiel	30
III.1.2.2	Isolation des bâtiments : un secteur de niche, en croissance, à fort potentiel	33
III.1.2.3	Les géotextiles : un secteur pour lequel certaines applications ont un fort potentiel (toits végétalisés).....	37
III.1.2.4	Fibres de renforcement dans les ciments et bétons : un secteur à étudier	40
III.1.2.5	Enrobés : un secteur à étudier	42
III.1.2.6	Autres applications en recherche.....	44
III.2	Le compoundage	49
III.2.1.	Principes généraux du compoundage.....	49
III.2.2.	Analyse des procédés de compoundage existants.....	49
III.2.2.1	Compound de polyester	49
III.2.2.2	Compound de textiles enduits de PVC.....	50
IV.	LE RECYCLAGE CHIMIQUE	52

IV.1 Principes généraux du recyclage chimique	52
IV.2 Présentation des différents procédés de recyclage chimique	52
IV.2.1. Régénération chimique de fibres polyester	52
IV.2.2. Régénération chimique de textiles enduits de PVC.....	55
V. SYNTHÈSE SUR LES DÉBOUCHÉS «INNOVANTS»	57
VI. CONCLUSIONS	62
VI.1 La collecte	62
VI.2 Le recyclage des chaussures.....	62
VI.3 Le recyclage mécanique des TLC.....	62
VI.3.1. Techniques	62
VI.3.2. Débouchés	62
VI.4 Le recyclage chimique des TLC	64
VI.5 Synthèse	64
VII. RECOMMANDATIONS	65
VII.1 Recommandations générales.....	65
VII.2 Recommandations spécifiques à certains débouchés.....	66
VIII. ANNEXES	68
VIII.1 Fiches descriptives	68
VIII.1.1. Par procédé	68
VIII.1.1.1 Compoundage de polyester.....	68
VIII.1.1.2 Compound de textiles enduits de PVC.....	70
VIII.1.1.3 Recyclage chimique de fibres de polyester	72
VIII.1.1.4 Recyclage chimique de textiles enduits de PVC.....	74
VIII.1.2. Par type de débouché	76
VIII.1.2.1 Automobile	76
VIII.1.2.2 Isolation dans le bâtiment	78
VIII.1.2.3 Géotextiles	80
VIII.1.2.4 Ciments et bétons	82
VIII.1.2.5 Enrobés	84
VIII.2 Liste de contacts pris	86
VIII.3 Bibliographie	90

Liste des tableaux

Tableau III-1 : Prix d'achat des matières premières neuves acceptées par les effilocheurs.....	26
Tableau III-2 : Types de feutres en fonction des applications dans l'automobile	31
Tableau III-3 : Synthèse des débouchés dans l'automobile	33
Tableau III-4 : Description des produits d'isolation fabriqués à partir de fibres recyclées et comparaison à la laine de verre (isolant traditionnel).....	33
Tableau III-5 : Caractéristiques techniques des produits d'isolation et comparaison à la laine de verre (isolant traditionnel)	35
Tableau III-6 : Synthèse des débouchés dans l'isolation bâtiment	37
Tableau III-7 : Synthèse des débouchés dans les géotextiles	40
Tableau III-8 : Caractéristiques des fibres utilisées dans les bétons	41
Tableau III-9 : Synthèse des débouchés dans les bétons	42
Tableau III-10 : Caractéristiques des fibres utilisées dans les enrobés.....	43
Tableau III-11 : Synthèse des débouchés dans les enrobés	44
Tableau III-12 : Synthèse des débouchés dans les composites	45
Tableau III-13 : Synthèse des débouchés dans les pièces électriques	46
Tableau III-14 : Synthèse des débouchés dans les produits de calage.....	47
Tableau III-15 : Synthèse des débouchés dans la filtration.....	47
Tableau III-16 : Synthèse – compounds de fibres synthétiques	50
Tableau III-17 : Synthèse – compounds de fibres enduites de PVC	51
Tableau IV-1 : Synthèse – recyclage chimique de polyester	54
Tableau IV-2 : Synthèse – recyclage chimique de textiles enduits de PVC.....	56
Tableau V-1 : Nature des fibres requises par type de débouché et analyse de la maturité du marché.....	59
Tableau V-2 : Forces et faiblesses des filières étudiées	60
Tableau V-3 : Adaptations nécessaires et besoins en R&D	61
Tableau VII-1 : Synthèse des contraintes et perspectives pour chaque débouché	67

Liste des figures

Figure II-1 : Répartition de la fin de vie des textiles en France en 2007	21
Figure II-2 : La filière des TLC et ses objectifs.....	23
Figure III-1 : Exemple de ligne d'effilochage pour vieux vêtements	25
Figure III-2 : Principe de fonctionnement d'une effilocheuse	26
Figure III-3 : Principe de fonctionnement d'une cardeuse	28
Figure III-4 : Principe de fonctionnement de la technique « air-laid »	28
Figure III-5 : Principe de fonctionnement de la technique d'aiguilletage	29
Figure III-6 : Principe de fonctionnement de la technique d'hydro-entanglement	30
Figure III-7 : Présentation schématique du procédé de compoundage	49
Figure IV-1 : Présentation du procédé Eco-Circle de Teijin	53
Figure IV-2 : Présentation du procédé Texyloop	55
Figure V-1 : Synthèse sur les débouchés innovants.....	58

Résumé

Contexte

En France, la mise en place d'une filière avec responsabilité élargie du producteur (REP) pour les textiles est en œuvre. Un éco-organisme dédié aux textiles d'habillement, linge de maison et chaussures (Eco-TLC) a été créé¹. Son rôle est vie en particulier à développer la recherche-développement afin de trouver de nouveaux débouchés pour les fractions aujourd'hui peu valorisées.

La mise en marché des textiles représente 700 000 t/an soit 11 kg/hab/an (source Eco TLC). 106 000 tonnes sont collectées et 75 000 tonnes triées.

Les objectifs fixés dans l'agrément d'Eco TLC sont, à l'horizon 2012 :

- la collecte et le tri de 50% des tonnages mis sur le marché français par ses contributeurs ;
- la valorisation matière par recyclage ou réemploi effectifs d'au minimum 70% des quantités de TLC en fin de vie triés.

Ces objectifs représentent, au vu des quantités mises sur le marché, environ 245 000 t de TLC en fin de vie à valoriser par réemploi ou recyclage.

Les installations et filières actuelles de valorisation permettront elles de répondre à ces augmentations de volume, tant en quantité que d'un point de vue économique ? Quelles sont les filières de recyclage existantes (hors réemploi) et celles à développer ?

Périmètre et objectifs de l'étude

Les débouchés actuels du recyclage sont saturés ou trop peu rentables pour les trieurs. Si les volumes collectés et triés augmentent conformément aux objectifs d'Eco TLC, les flux envoyés dans les filières d'élimination risquent d'augmenter considérablement.

L'objectif de cette étude vise donc à trouver des solutions de recyclage innovantes et économiquement viables qui permettront de limiter cette élimination massive (hors réemploi).

Cible

Cette étude vise l'ensemble des acteurs ayant un rôle dans le développement du recyclage des textiles, du linge de maison et des chaussures : trieurs, recycleurs, utilisateurs de matière recyclée, financeurs potentiels (Eco TLC, ADEME, fonds pour l'innovation...).

Résultats attendus

Les résultats attendus portent sur un état de l'art du recyclage en France mais aussi dans le monde ; il cible tant les procédés que les débouchés (secteurs d'application des fibres recyclées) existants.

Une dizaine de fiches présente de façon synthétique les procédés et débouchés jugés intéressants pour une utilisation et application dans le contexte français.

Des recommandations sur les besoins éventuels en connaissance, tests et mise en pratique opérationnelle ou financement sont également proposées.

Mots clés : Recyclage, textiles, valorisation matière, effilochage, fibres, vêtements usagés, tri, recherche-développement

¹ Agrément validé le 19 Mars 2009.

Summary

Background

In France, a scheme for extended producer responsibility for textiles has been developed. The Environment Code allows the establishment of organisation now named Eco TLC dedicated to end of life clothing textiles products, household linen and pairs of shoes, coming from households. The organisation's role is more especially to develop research and development in order to find out new outlets for parts of clothing textiles or shoes that are not recycled yet.

In 2009 700 000 tons per year of new clothing textile products, household linen and pairs of shoes were put on the French market. 106 000 tons are collected and 75 000 tons are sorted out. The quantities that are sorted out are very weak.

The target objectives of Eco TLC for 2012 are :

- Selective collection and sorting out of 50 % of tonnage put on the French market ;
- Minimum 70 % recycling by material recycling or reuse for the sorted out textiles and shoes (about 35 % of the quantities put on the market).

According to the figures of the quantities put on the market, this amounts to about 245 000 t of end of life textiles to recycle or reuse.

Will the today recycling facilities be able to answer to the increase of quantities from a technical and an economical point of view? What are the existing fields of recycling? What are the one to develop?

Goal and scope

The today outlets for recycling and reuse are more or less saturated or not enough profitable for the sorting out facilities.

The goal of this study is to find out some innovative and economically viable solutions of recycling that could limit the massive elimination (reuse is out of scope).

Targets of the study

The study can interest for any operator likely to be involved in the development of textiles recycling: sorting out facilities, recycling facilities, users of recycled textiles materials, potential financiers (Eco TLC, ADEME, innovation funds ...).

Results and report

The results will consist in a state of art of end of life household textiles and shoes in France and in the world. They concern both existing process of recycling and outlets (sectors of application) for recycled fibres.

About 10 synthetic presentations ("fiche") focus on processes and outlets that have been considered as interesting for a transfer or a development in France.

Some recommendations are proposed about the needs in knowledge, tests and operational process or subsidies and aids.

Key words : Recycling, textiles, material recycling, garneting, fibres, end of life clothing products, sorting out, resaerc and development.

Synthèse

Contexte

En France, la mise en place d'une filière avec responsabilité élargie du producteur (REP) pour les textiles est en œuvre. Un éco-organisme dédié aux textiles d'habillement, linge de maison et chaussures (Eco-TLC) a été créé². Les metteurs sur le marché de produits textiles contribueront financièrement à cet éco-organisme. Son rôle est de reverser des aides financières aux opérateurs de tri des TLC en fin de vie, des soutiens aux collectivités pour la communication et de développer la recherche-développement afin de trouver de nouveaux débouchés pour les fractions aujourd'hui peu valorisées.

La mise en marché des textiles représente 700 000 t/an soit 11 kg/hab/an (source Eco TLC). Le taux de collecte actuel est de 15 % (106 000 t/an soit 1,7 kg/hab/an). Presque 70% des TLC en fin de vie collectés sont triés soit 75 000 tonnes (ce qui représente 11% des quantités mises sur le marché). Le gisement trié est donc très faible.

Les objectifs fixés dans l'agrément d'Eco TLC sont, à l'horizon 2012 :

- la collecte et le tri de 50% des tonnages mis sur le marché français par ses contributeurs ;
- la valorisation matière par recyclage ou réemploi effectifs d'au minimum 70% des quantités de TLC en fin de vie triés, soit 35 % des TLC mis en marché.

Ces objectifs représentent, au vu des quantités mises sur le marché, environ 245 000 t de TLC en fin de vie à valoriser par réemploi ou recyclage.

La question qui se pose est la suivante : les installations et filières actuelles de valorisation permettront elles de répondre à ces augmentations de volume, tant en quantité que d'un point de vue économique ? Quelles sont les filières de recyclage existantes (hors réemploi) et celles à développer ?

Périmètre et objectifs de l'étude

Les débouchés actuels du recyclage sont saturés ou trop peu rentables pour les trieurs. Si les volumes collectés et triés augmentent conformément aux objectifs d'Eco TLC, les flux envoyés dans les filières d'élimination risquent d'augmenter considérablement.

L'objectif de cette étude vise donc à trouver des solutions de recyclage innovantes et économiquement viables qui permettront de limiter cette élimination massive (hors réemploi).

Il s'agit donc de trouver des débouchés :

- susceptibles de traiter de gros gisements, notamment pour les fractions mal ou non-valorisées actuellement, telles que les refus de tri ;
- susceptibles d'être rentables économiquement (ou tout du moins de venir diminuer le coût d'élimination, de l'ordre de 100 à 120 EUR / tonne).

Cibles

Cette étude vise l'ensemble des acteurs ayant un rôle dans le développement du recyclage des textiles, du linge de maison et des chaussures : trieurs, recycleurs, utilisateurs de matière recyclée, financeurs potentiels (Eco TLC, ADEME, fonds pour l'innovation...).

² Agrément validé le 19 Mars 2009.

Méthodologie

Le rapport présente les résultats d'un état de l'art du tri et du recyclage des textiles, linge de maison et chaussures en Europe et dans le monde.

Pour obtenir ces résultats, les étapes suivantes ont été mise en œuvre par recherche bibliographique et contact direct :

- Identification des débouchés potentiels pour les TLC
- Contact avec des utilisateurs de matières recyclées ou fabricants des applications finales
- Contact avec des « recycleurs »
- Contact avec quelques centres de tri.

Cela a permis d'identifier les forces et faiblesses des TLC en fin de vie, les freins éventuels à leur valorisation, les potentialités des marchés.

Résultats

Le rapport présente les conclusions sur le recyclage des seuls textiles en fin de vie. En effet, parmi les données disponibles à ce jour et les travaux de recherche menés, aucune information n'a été fournie sur le recyclage des chaussures. Les seuls projets de reprise de chaussures existant actuellement portent toutes sur des démarches de réemploi.

Collecte sélective

La collecte sélective provenant des textiles des ménages est composée de flux hétérogènes ; le tri manuel qui en découle ne permet pas de séparer finement les vêtements en fonction des fibres, des points durs (fermeture à glissière) ou des couleurs. Cette hétérogénéité a pour conséquence plusieurs types de contraintes dans l'affinage du tri :

- Contrainte sur le niveau de séparation des fibres

Certains débouchés (ex : automobile, recyclage chimique, compoundage, géotextiles) nécessitent des fibres purement synthétiques. Or les types de matières triées sont fonction des produits tels qu'ils sont confectionnés. Il est rarement possible d'obtenir des fibres synthétiques de façon isolée à partir des vêtements les plus communément collectés sélectivement dans la mesure où les vêtements sont en général composés d'un mélange de matières. Il est en revanche possible de séparer les fibres naturelles (les vêtements 100 % coton ou laine existent).

- Contrainte sur les points durs (fermetures à glissière, boutons...)

La majeure partie des débouchés innovants passe par une étape d'effilochage des fibres. Or la qualité de l'effilochage dépend de la qualité des produits sortant des centres de tri. Les flux de vêtements usagés contiennent des éléments métalliques, plastiques ou autres qui peuvent poser des difficultés lors du recyclage (notamment lors de l'effilochage).

Le rapport présente ensuite les 2 grandes voies de recyclage des textiles : recyclage mécanique et recyclage chimique.

Recyclage mécanique

Les systèmes de recyclage mécanique actuels nécessitent relativement peu d'innovation. Ils sont basés sur des techniques traditionnelles d'effilochage / nappage utilisés par l'industrie textile pour la fabrication de non-tissés. L'enjeu en termes de qualité réside donc principalement, lors d'une substitution à de la matière textile vierge, dans la qualité du tri et de l'effilochage.

Les secteurs d'application des textiles recyclés en recyclage mécanique sont diversement prêts à accepter des produits issus de TLC :

État de l'art du tri et de la valorisation des textiles d'habillement, du linge de maison et des chaussures consommés par les ménages

- Le secteur de l'isolation des bâtiments est un secteur prometteur en termes d'absorption de volumes (il pourrait absorber jusqu'à 10 000 t) et de coût. Il présente peu de contraintes techniques (feutres pour matériaux d'isolation avec mélanges de fibres possibles). Ce secteur est particulièrement sensible à son image environnementale, et la demande des consommateurs ainsi que différentes démarches volontaires (HQE pour le bâtiment, éco-conception) sont des terrains favorables au développement du marché. Le coût des certifications de produits obtenus peut être lourd.
- Le secteur automobile (feutre pour isolation acoustique) refuse à ce jour les TLC en fin de vie dans ses cahiers des charges pour des raisons de qualité et de coût (surcoûts nécessaires de l'adaptation du tri et de l'effilochage par rapport à des fibres provenant de chutes de production). Des accompagnements financiers pour l'amélioration des tris en amont de l'effilochage ou l'accompagnement de projets pilotes permettant d'évaluer la performance des produits obtenus à partir des fibres recyclées issues de TLC en fin de vie pourraient favoriser le développement de ce débouché.
- Les géotextiles n'acceptent les TLC en fin de vie que dans des applications à faible valeur ajoutée, où les performances mécaniques sont peu importantes. Pour les géotextiles les contraintes sont à deux niveaux : pertes de propriétés mécaniques et hétérogénéité des flux

C'est pourquoi la R&D est nécessaire afin d'étudier les éventuelles possibilités pour les TLC en fin de vie.

- D'autres secteurs sont des secteurs à explorer en termes de R&D : les bétons et ciments, les enrobés, les composites, les produits de calage...

Pour les bétons et ciments, les contraintes portent sur l'approvisionnement (qui doit être en quantité suffisante pour l'ouvrage considéré) et la nature de fibres (elles doivent être synthétiques).

Pour les enrobés, les contraintes portent sur la mise en œuvre qui nécessite une qualité des fibres (en termes de dispersion des fibres dans le produit et de longueur) et une résistance de celles-ci à de hautes températures.

Recyclage chimique

Les systèmes de recyclage chimique sont peu rentables bien qu'ils permettent de sortir des produits de très haute qualité. Les systèmes de recyclage chimique identifiés sont essentiellement présents en Asie. Ils présentent des contraintes importantes :

- Pureté de la matière : les produits à utiliser doivent être mono-matières et synthétiques ; ils peuvent nécessiter des collectes spécifiques, maîtrisées par les fabricants, comme par exemple des collectes en magasins (cas peu transposable à la France actuellement).
- Coût des procédés : ces procédés sont coûteux et pas rentables sans une mobilisation forte de partenaires qui contribuent financièrement au dispositif.

Recommandations

Deux types de recommandations ont été proposés :

- En amont du recyclage :

Des études technico-économiques sur la faisabilité de retirer les points durs ou d'améliorer le tri par matière pourraient permettre de se prononcer sur la possibilité d'adapter les centres de tri.

La réflexion autour d'autres moyens de collectes que la collecte « traditionnelle » en porte à porte (via par exemple un retour de certains vêtements en magasins) pourrait améliorer grandement la qualité de certains flux et permettre de développer de nouveaux débouchés.

L'éco-conception permettra vraisemblablement de développer de nouveaux débouchés ; dès lors que le produit est conçu en tenant compte des difficultés de la fin de vie, le textile deviendra plus facile à valoriser.

- Pour certaines filières de recyclage :

La communication sur certains nouveaux produits pourrait favoriser la croissance de marché déjà identifiés comme porteurs (cas de l'isolation des bâtiments).

Des tests techniques et économiques, financés dans le cadre de projets pilotes pourraient permettre de valider ou d'infirmer la potentialité des TLC en fin de vie vers certains débouchés (comme par exemple l'utilisation dans l'automobile).

Pour certains débouchés dont le potentiel semble intéressant, des besoins de R&D (enrobés, bétons, ciment) ou en grandeur réelle (géotextiles en horticulture) permettront de valider ou d'infirmer la pertinence de ces marchés.

- Plus généralement, la filière a un réel besoin d'incitation à l'innovation. Des appels à projets poussant à l'innovation ou des accompagnements de projets pilotes sont nécessaires.

Executive summary

Background

In France, a scheme for extended producer responsibility for textiles has been developed. The Environment Code allows the establishment of organisation now named Eco TLC dedicated to end of life clothing textiles products, household linen and pairs of shoes, coming from households. The companies that place onto the French market new clothing textile products; household linen or pairs of shoes will give a financial contribution to EcoTLC. The organisation's role is to provide subsidies to the sorting out of end of life textiles and shoes products, to help local authorities to communication actions and to develop research and development in order to find out new outlets for parts of clothing textiles or shoes that are not recycled yet.

In 2009 700 000 tons per year (11 kg per inhabitant per year) of new clothing textile products, household linen and pairs of shoes were put on the French market. The selective collection rate is 15 % (106 000 tons per year or 1.7 kg / inhabitant /year). About 70 % of the end of life textiles and shoes collected are sorted out (11 % of the tonnage put on the market). The quantities that are sorted out are very weak.

The target objectives of Eco TLC for 2012 are :

- Selective collection and sorting out of 50 % of tonnage put on the French market ;
- Minimum 70 % recycling by material recycling or reuse for the sorted out textiles and shoes (about 35 % of the quantities put on the market).

According to the figures of the quantities put on the market, this amounts to about 245 000 t of end of life textiles to recycle or reuse.

The question that is raised is: will the today recycling facilities be able to answer to the increase of quantities from a technical and an economical point of view? What are the existing fields of recycling? What are the one to develop?

Scope and goal of the study

The today outlets for recycling and reuse are more or less saturated or not enough profitable for the sorting out facilities. If the collected quantities increase in conformity with the objectives of Eco TLC, the flows that will be sent to elimination should highly increase.

The goal of this study is to find out some innovative and economically viable solutions of recycling that could limit the massive elimination (reuse is out of scope).

The outlets should:

- Be able to treat high quantities, especially for some parts of textiles that are not well recycled today or that are not yet recycled at all, such as residues of sorting ;
- Be profitable or at least their cost should be lower than the elimination costs (around 100-120 EUR).

Targets of the study

The study can interest for any operator likely to be involved in the development of textiles recycling: sorting out facilities, recycling facilities, users of recycled textiles materials, potential financiers (Eco TLC, ADEME, innovation funds ...).

Methodology

The report presents a state of art of the sorting out and recycling of end of life clothing textile products, household linen or pairs of shoes.

The following steps have been implemented by bibliography and direct contacts:

- Identification of potential outlets for end of life clothing textile products, household linen or pairs of shoes.
- Contacts with users of recycled materials or manufacturers in different applications sectors
- Contact with recycling facilities
- Contact with sorting out facilities

This permitted to point out the weaknesses and strengths of end of life household textiles, the potential brakes to their recycling, the potentiality of some new markets.

Results

The report presents the conclusions for end of life household textiles only. Indeed, among the available data concerning the recycling of end of life clothing textile products, household linen or pairs of shoes, no information has been delivered about shoes recycling. The only existing projects are focused on reuse.

Selective collection

The flows coming from household textiles selective collection are heterogeneous. The manual sorting does not permit a very fine separation of products in function of the kind of fibres, the rough points (such as zippers) or colours. As a consequence, this heterogeneous flow will generate some constraints for recycling :

- To separate the fibres:

Some outlets (e.g. automotive, chemical recycling, compounding, geotextiles) need pure synthetic fibres. However the quality of sorted materials depends on the way the initial textile has been manufactured. It is quite impossible to get isolated synthetic fibres insofar as clothing is in general composed of a mix of natural and synthetic fibres. It can be easier to separate natural fibres (because 100 % wool or 100 % cotton clothes exist).

- To eliminate the rough points

Most of the innovative outlets start recycling by a step of garneting. The quality of garneting depends on the quality of the output of the sorting out facilities. The end of life household textiles contain metallic or plastic parts that can raise some problems in garneting.

The report presents then the 2 main ways of household textiles recycling: mechanical recycling and chemical recycling.

Mechanical recycling

The today mechanical recycling systems need little innovation. They are based on traditional techniques of garneting and bonding used by textile industry for the non woven manufacturing. The quality of the input product will, in case of the substitution of a virgin material, depend on the quality of sorting out and garneting.

The different fields of application for recycled textiles coming from mechanical recycling are more or less ready to accept recycled material coming from end of life clothing textiles or household linen :

- Thermal insulation : this sector is hopeful as it can absorb big quantities (it could absorb until 10000 tons) and is not too costly. The technique presents little technical brakes (mix of fibres is possible to produce insulation felts). This sector is particularly sensitive to its environmental image, and the consumers demand and several voluntary projects are favourable to the market development. The cost of certifications can however be important.
- Automotive sector (acoustic insulation) : this sector does not accept in its specification textiles coming from end of life household textile and prefer residues of virgin production. The reasons are the quality and the costs (some more costs should be necessary to adapt sorting and recycling facilities). Some financial aid could be useful to better the sorting out before garneting or to subsidise some pilot projects that could evaluate the performance of products coming from end of life household textiles.
- Geotextiles do not accept end of life household textiles or for very low added value applications where the mechanical performances are not important. The main brakes are : a low mechanical resistance ; an heterogeneous flow.

This is why R&D is necessary to study the possibilities of outlets for end of life household textiles.

- Other sectors have to be explored at a R&D level : concrete and cement, asphalts, composites, rigging products...

For concrete and cement the brakes are supply (they have to be in sufficient quantities for the considered work) and nature of fibres (they have to be synthetic).

For asphalts, the brakes concern the nature of the fibres during processing : the dispersion of fibres, their length and their resistance to high temperature are the main criteria.

Chemical recycling

Chemical recycling are not profitable. However they permit to produce high quality products. Chemical recycling facilities are present in Asia. It is difficult to transfer to France this kind of technologies as selective collection is quite different than those from household textiles. Their specifications require:

- Pure material: only one kind of synthetic material is possible ; some specific collection for instance in shops are usually developed because the manufacturer can control the quality.
- Cost of the process: the process is generally not profitable and requires some partners that have to finance the project.

Recommendations

Two kinds of recommendations have been proposed :

- Upstream recycling :

Some technical and economical studies to check if the extraction/elimination of rough points or the better sorting out of textiles by nature of material (synthetic, polyester...) could help to get an opinion of the opportunities of adaptation for sorting out facilities.

Analyse other ways of selective collection than traditional one (which is usually door to door), e.g. selective collection in shops could help to get a better quality of flows that is required by some outlets.

Eco-design will certainly help to develop some new markets : if the product is designed by taking into account the problems raised in recycling process, the nit will be easier to recycle it.

- For some more specific recycling process :

Communication on new product using end of life household textiles could favour the growth of some markets already identified as hopeful (e.g. thermal insulation in buildings).

Some technical and economical tests that would be subsidized could help to valid or invalid the potentiality of using end of life household textiles in some outlets (as for instance automotive).

When the potential is identified as interesting but not proven, some R&D or real tests could valid the pertinence to these new markets (e.g. horticulture, asphalts, cement and concrete)

- More generally, textile recycling needs incentive to innovation. Some calls to projects or some aids in pilot projects are necessary.

Abréviations

CSDU :	Centre de stockage de déchets ultimes
TLC :	Textiles issus de l'habillement, du linge de maison et chaussures
R&D :	Recherche et développement

Glossaire

Classement :	Opération de tri des textiles en fin de vie
Crème :	Vieux vêtements de très bonne qualité pouvant être écoulee en friperie en France ; le reste des vêtements ré-employables sont plutôt destinés à l'export
Réemploi :	Réutilisation, identique ou différente, avec ou sans modification importante de vocation, d'un bien, d'un produit ou d'une matière récupérée. Il permet, en prolongeant la durée de vie d'un produit, de retarder son arrivée dans le dispositif de collecte et de traitement des déchets.
Réutilisation :	Réutilisation d'un bien ou d'un produit pour un même usage que celui pour lequel il a été conçu.
TLC en fin de vie :	Textiles issus de l'habillement, du linge de maison ou des chaussures en fin de vie
TLC « neufs » :	TLC issus des chutes de production des usines
TLC pré-consommateurs :	
TLC « vieux » :	TLC en fin de vie ayant fait l'objet d'une utilisation par un consommateur, puis ayant été déposé en fin de vie, vers une filière de valorisation matière ou d'élimination
TLC post-consommateurs :	
Valorisation matière :	Recyclage de la matière permettant la réutilisation de la matière dans des applications différentes de celle d'origine (en l'occurrence ici des applications différentes des TLC), en remplacement total ou partiel d'une matière première vierge

I. Introduction

I.1 Contexte

La collecte et la valorisation des textiles usagés existent depuis toujours, puisque dès le Moyen-âge, certains textiles étaient récupérés pour fabriquer du papier.

Cependant depuis le début des années 2000, le contexte économique mondial (concurrence entre vêtements de seconde main et vêtements neufs à bas prix d'origine asiatique, baisse de la qualité des textiles, euro fort par rapport au dollar, augmentation des coûts d'élimination des TLC en fin de vie...) a généré de grosses difficultés pour les opérateurs de collecte et de tri.

La mise en place d'une filière avec responsabilité élargie du producteur (REP) est en cours. Le décret n°2008-602 institue cette REP, en prévoyant la création d'un éco-organisme dédié aux textiles d'habillement, linge de maison et chaussures (TLC). Les metteurs sur le marché de produits textiles contribueront financièrement à cet éco-organisme. L'éco-organisme reversera des aides financières aux opérateurs de tri des TLC en fin de vie, des soutiens aux collectivités pour la communication et développera la recherche-développement afin de trouver de nouveaux débouchés pour les fractions aujourd'hui peu valorisées. Eco-TLC vient de voir son agrément validé en tant qu'éco-organisme par les Ministères de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'aménagement du territoire et de l'Economie, de l'Industrie et de l'emploi le 17 Mars 2009³.

I.2 Objectifs

Dans ce contexte, l'objectif de l'étude est de fournir à l'ADEME un **état de l'art technico-économique sur la valorisation matière de 5 matériaux** présents dans les textiles d'habillement, les chaussures et le linge de maison destinés aux ménages (TLC) **en France et dans le monde** :

2. Matières textiles
3. Cuir
4. Matières plastiques
5. Caoutchoucs
6. Textiles enduits

Les pays sur lesquels a porté l'étude sont:

- la France,
- les autres états membres de l'Union Européenne,
- les Etats-Unis d'Amérique,
- le Canada,
- l'Asie (en particulier le Japon, la Chine et l'Inde),
- la Suisse.

Il ne s'agit pas nécessairement d'un état de l'art classique complet et exhaustif, mais davantage de **l'identification de débouchés innovants. Quatre types** d'innovations sont a priori identifiés :

- Amélioration de l'existant (ex : méthodes de tri plus économiques)
- Identification de nouveaux débouchés
- Procédés existants pour d'autres produits et qui pourraient voir une application dans le cas des textiles.

Il s'agira également pour ces débouchés, d'analyser les conditions de développement d'un marché pour les TLC issus des ménages.

³ Publication au Journal officiel le 25 Mars 2009.

Note : pour rappel, le réemploi est hors champ de l'étude car il n'y a pas de nécessité d'amélioration de ce volet de la valorisation.

I.3 Méthodologie suivie

RDC a travaillé selon la méthode suivante, afin de collecter un maximum d'informations.

- Identification des **débouchés potentiels** pour les TLC

Cette approche a consisté à interroger les grands acteurs du secteur, et à réaliser des recherches bibliographiques. La liste des acteurs et des études consultés est reprise en VIII.2 et VIII.3.

- Contact avec les **utilisateurs** ou fabricants des applications finales :

Sur la base des débouchés identifiés, nous avons pris contact avec les utilisateurs de matières recyclées et identifié les forces et faiblesses des TLC en fin de vie, les freins éventuels à leur valorisation, les potentialités des marchés...

- Contact avec les « **recycleurs** » (clients des classeurs) :

Ces contacts plus spécifiques nous ont permis de comprendre les grands principes de fonctionnement des installations de recyclage et d'identifier les contraintes techniques et économiques des installations.

- Contact avec **quelques classeurs** : ceux-ci nous ont permis d'identifier le contexte actuel, les possibilités éventuelles d'améliorations du tri afin de mieux valoriser les flux triés.

L'analyse de la littérature et ces différents contacts, nous ont permis d'identifier au sein des 2 grandes voies de recyclage que sont le recyclage mécanique et le recyclage chimique, trois types de débouchés « innovants » :

1. Développement de l'existant (débouchés « traditionnels »)
2. Nouveaux débouchés au stade de projet qui méritent d'être développés (R&D à creuser)
3. Identification de débouchés plus rémunérateurs qu'actuellement

Ces points sont présentés au chapitre III après la présentation synthétique de la filière actuelle.

II. Présentation de la filière actuelle

II.1 Contexte général

II.1.1. Gisements

Les principales caractéristiques de la filière des TLC sont⁴ :

Les principales caractéristiques de la filière des TLC sont⁵ :

- La mise en marché des textiles représente **700 000 t/an soit 11 kg/hab/an** (source Eco TLC)
- Le taux de collecte actuel est de **15 %** (106 000 t/an soit 1,7 kg/hab/an).
- Presque 70% des TLC en fin de vie collectés sont triés soit 75 000 tonnes (ce qui représente 11% des quantités mises sur le marché).
- On estime que 80 % des TLC en fin de vie sont valorisables.

Le gisement trié est donc très faible dans la mesure où il ne représente que 11 % du gisement alors que 70% est potentiellement valorisable. Il est à noter que dans certains pays européens, comme l'Allemagne, le taux de collecte peut avoisiner 66%⁶.

II.2 Acteurs

Les acteurs de la filière des TLC sont :

- Les **metteurs en marché** : ils contribuent financièrement à la filière.
- Les **ménages** : ils produisent les TLC en fin de vie.
- Les collecteurs qui sont de 2 types :
- Les entreprises de collecte
- Les associations caritatives et les structures de l'économie solidaire (entreprises à but socio-économique, entreprises d'insertion, ateliers et chantiers d'insertion).

Les collectes peuvent également être effectuées par apport volontaire auprès d'associations caritatives (vestiaires).

- Les **classeurs** : les classeurs ont pour rôle de trier les TLC en fin de vie collectés sélectivement. Il existe actuellement en France une trentaine de centres de tri. Ce tri peut être plus ou moins élaboré selon l'origine des TLC en fin de vie, leur qualité et leur destination.

Ainsi les associations caritatives effectuent un tri sommaire des quantités collectées et prélèvent les vêtements de bonne qualité (la crème) pour leurs vestiaires ou boutiques. A l'inverse certains opérateurs tentent de diversifier leurs débouchés et ciblent pour cela des qualités spécifiques de textiles (exemple : différentes sortes de coton pour l'essuyage industriel, tri par couleur...).

Note : Il est fréquent que le rôle de collecteur et classeur soit géré par une même entité : c'est notamment le cas d'un certain nombre d'entreprises d'insertion dont le métier consiste tant en la collecte qu'en le tri des textiles.

- Les **recycleurs** : ce sont eux qui transforment les TLC en fin de vie collectés et triés en matière secondaires.
- On distingue généralement deux étapes au niveau du recyclage :
- Les recycleurs qui récupèrent la matière (ici la fibre) et la transforment en matière première secondaire.

⁴ Source : EcoTLC, ADEME, Fédération Nationale de l'Habillement (FNH)

⁵ Source : EcoTLC, ADEME, Fédération Nationale de l'Habillement (FNH)

⁶ Source : Recyclage du Textile en Allemagne, Fachverband textiel Recycling (Association professionnelle d'environ 80 entreprises de recyclage de dimension internationale) – chiffres 2007.

- Les utilisateurs de matière recyclée qui l'incorporent dans une application spécifique.
- Les **éliminateurs** : ce sont ceux qui vont traiter les TLC en fin de vie ne trouvant pas d'exutoire de valorisation, soit par incinération soit par mise en centre de stockage de déchets ultimes (CSDU). Les installations sont généralement des installations gérées par les collectivités ou leurs prestataires.

II.2.1. Une filière fragilisée par une crise

Le gisement collecté a fortement diminué ces dernières années sous l'effet de plusieurs facteurs. De fait, les quantités collectées en 2007 sont à peu près équivalentes à celles collectées en 2001.

Parallèlement :

- la qualité des TLC en fin de vie collectés a fortement diminué ;
- les coûts d'élimination ont augmenté, du fait de la nécessité de certaines installations de se mettre en conformité avec les obligations réglementaires (incinération notamment) ou du fait de la saturation des exutoires.

De plus, les charges salariales de classeurs ont augmenté, générant un coût de tri plus élevé pour les classeurs.

Enfin, les acteurs de la filière redoutent que le réemploi d'une partie des déchets, sur le marché de l'export ou de la deuxième main, ne soit un débouché qui sature en raison de la concurrence de textiles neufs à bas prix.

Tous ces éléments ont contribué à fragiliser une partie de la filière et ont généré la disparition de certains opérateurs de la chaîne de collecte, de tri ou de recyclage des textiles (ex : les cartonneries qui utilisaient des fibres recyclées).

II.3 Situation actuelle du recyclage des TLC⁷

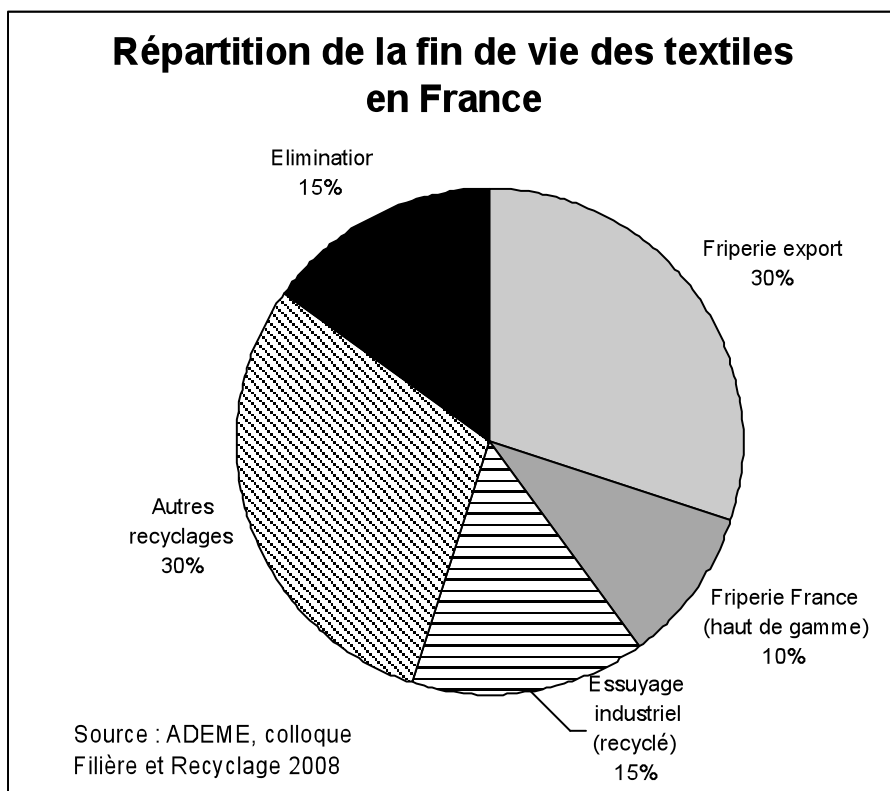
Actuellement, sur les 75 000 tonnes de textiles usagés triés en France :

- le réemploi représente environ 35-40 % des textiles collectés sélectivement, avec deux filières majoritaires :
 - l'export de friperie, triée ou non (environ 30 %)
 - la friperie pour le marché local (France) -la crème ou le haut de gamme : < 10 %
- le recyclage représente 50 % des tonnages collectés dont :
 - 15 % des articles sont utilisés dans le secteur de l'essuyage industriel.
 - 30% des vêtements sont destinés à d'autres recyclages tels que l'effilochage ; les fibres effilochées sont utilisées dans de nombreuses applications (isolation, matelasserie...).
 - 10 à 15% des articles ne sont ni ré-employables (du fait de leur état) ni recyclables : ils sont éliminés en décharge ou à l'incinération.

Note : C'est principalement sur les volumes des deux dernières catégories que porte notre étude.

Figure II-1 : Répartition de la fin de vie des textiles en France en 2007

⁷ Source : « La contribution environnementale textile, origine, objectifs et attente des opérateurs » (Colloque Filières et Recyclage, ADEME, Oct 2007)



Légende :

En hachuré :

En gris :

En noir :

Filière de recyclage

Filière de réemploi

Filière d'élimination

II.4 Objectifs de recyclage et de valorisation des TLC

Les objectifs fixés dans l'agrément d'Eco TLC sont les suivants à l'horizon 2012 :

- la collecte et le tri de 50% du tonnage des produits mis sur le marché français par ses contributeurs ;
- La valorisation matière par recyclage ou réemploi effectifs : au minimum 70% des quantités de TLC en fin de vie triés, soit 35 % des TLC mis en marché.

Ces objectifs représentent, au vu du gisement actuel, environ 245 000 t de TLC en fin de vie à valoriser par réemploi ou recyclage.

Actuellement, l'objectif de 70% de valorisation matière des quantités de TLC en fin de vie triés est respecté (cf. II.3, seuls 15 % des déchets textiles sont éliminés). A l'inverse, l'objectif de tri n'atteint aujourd'hui que 11% (cf. II.1.1). Les questions qui se posent par rapport à ces objectifs sont :

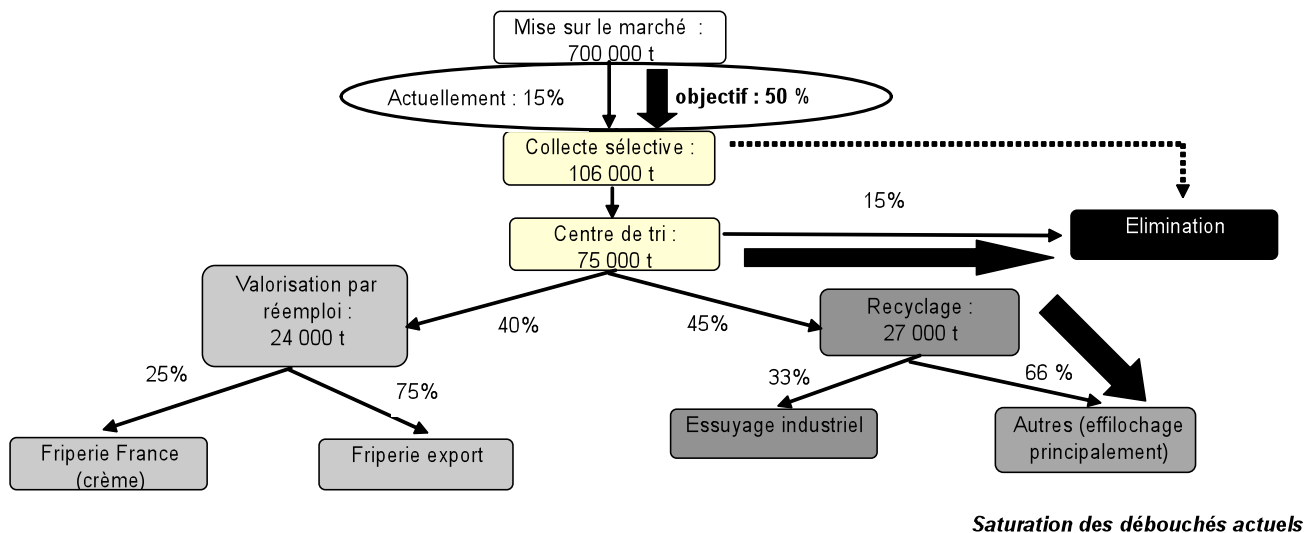
- Comment augmenter le taux de collecte et de tri ?
- Les installations et filières actuelles de valorisation permettront elles de répondre à ces augmentations de volume tant en quantité que d'un point de vue économique ?

C'est principalement sur cette deuxième question que porte notre étude.

II.5 Problématique de l'étude

A l'heure actuelle l'analyse des débouchés montre qu'environ 85 % des TLC en fin de vie triés connaissent un recyclage ou un réemploi. Cependant, les débouchés en termes de recyclage sont plutôt saturés.

Figure II-2 : La filière des TLC et ses objectifs



Si les volumes collectés et triés augmentent conformément aux objectifs d'Eco TLC, comme les débouchés actuels du recyclage sont saturés ou trop peu rentables pour les trieurs, les flux envoyés dans les filières d'élimination risquent d'augmenter considérablement.

L'objectif de cette étude vise donc à trouver des solutions de recyclage innovantes et économiquement viables qui permettront de limiter cette élimination massive.

Il s'agit donc de trouver des débouchés :

- susceptibles de traiter de gros gisements, notamment pour les fractions mal ou non-valorisées actuellement, telles que les refus de tri ;
- susceptibles d'être rentables économiquement (ou tout du moins de venir diminuer le coût d'élimination).

Note : On peut cependant imaginer que les autres débouchés, tels que l'export, ou l'essuyage industriel vont également absorber une partie de ces tonnages supplémentaires. Néanmoins, les filières de réemploi peuvent être cycliquement concurrencées par des textiles à bas prix, ce qui limite alors le réemploi. De même, si la filière de l'essuyage industriel se porte bien, les débouchés ne peuvent s'étendre de façon infinie. Il convient donc de trouver d'autres débouchés.

Du point de vue économique, les coûts se décomposent actuellement comme suit

- Collecte et tri : 300 à 500 €/t ;
- Elimination (en décharge ou incinération) : entre 100 à 120 €/t selon les installations et zones géographiques⁸.

Pour assurer leur viabilité économique, l'objectif économique à atteindre pour les nouveaux débouchés peut se résumer en l'alternative suivante :

- Au minimum : éviter un coût d'élimination qui avoisine en France 100 à 120 € / t. Ainsi tout traitement qui coûterait moins cher que l'élimination pourra, dans une vision court-terme, permettre de diminuer cette élimination. Cependant, cette option n'est pas viable à long terme et nécessite un soutien des autorités publiques pour couvrir la différence entre le coût de revente des textiles valorisés et les coûts de collecte et de tri
- Au mieux : couvrir les coûts de collecte et de tri en développant des filières et débouchés qui permettent de tirer des revenus permettant d'assurer la rentabilité de la filière.

Note : Actuellement, certaines catégories de textiles sont vendues par les classeurs à moins de 100 €/t, ce qui ne représente pas une activité rentable (le coût de la collecte et du tri restent supérieurs au prix de reprise, et donc les classeurs ne sont pas en situation d'équilibre financier).

Les débouchés « innovants » ont donc été évalués au regard de trois critères principaux :

1. le gisement potentiel pouvant être valorisés dans ce nouveau débouché
2. le coût de revente qui doit être supérieur au coût de collecte, de tri et de traitement
3. les freins techniques à lever.

Il existe deux principaux types de recyclage pour les textiles :

- le recyclage mécanique qui consiste à récupérer les fibres textiles via différentes séparations et manipulations ;
- le recyclage chimique qui consiste à récupérer des polymères suite à un certain nombre de réactions chimiques. Ce type de recyclage ne s'applique qu'aux fibres synthétiques fabriquées chimiquement.

⁸ **Ces coûts s'entendent hors TGAP** (TGAP pour le stockage : 15 €/t max. et pour l'incinération 7 €/t max). Données réactualisées par des acteurs de terrain sur base de leur expérience.

Coût de mise en CSDU : 54 €/t en moyenne (entre 30 et 80 €/t dans 80 % des cas) Source : Le prix de la mise en décharge des déchets non dangereux gérés par les collectivités, 2005

Coût d'incinération : 75 €/t – Source : Traitement thermique des déchets ménagers, bilan de 42 opérations aidées, Septembre 2002

III. Le recyclage mécanique

Le recyclage mécanique qui consiste à récupérer les fibres textiles via différentes séparations et manipulations.

L'incorporation de matières textiles recyclées dans de nouvelles applications peut s'effectuer via deux méthodes :

- Soit un retour à la fibre : procédé qui débute par l'effilochage ;
- Soit l'incorporation de fibres en mélange avec d'autres matières plastiques : procédé par compoundage.

Note : Le recyclage mécanique traditionnel fait également appel à des techniques plus simples que nous n'avons pas développées ici telles que la transformation du vêtement en un autre produit textile (ex : sac, ...). Il est à noter que cette filière existe, qu'elle mobilise assez peu de gisement et fait plutôt appel à des créateurs.

III.1 L'effilochage

III.1.1. Principes généraux de l'effilochage

III.1.1.1 L'effilochage

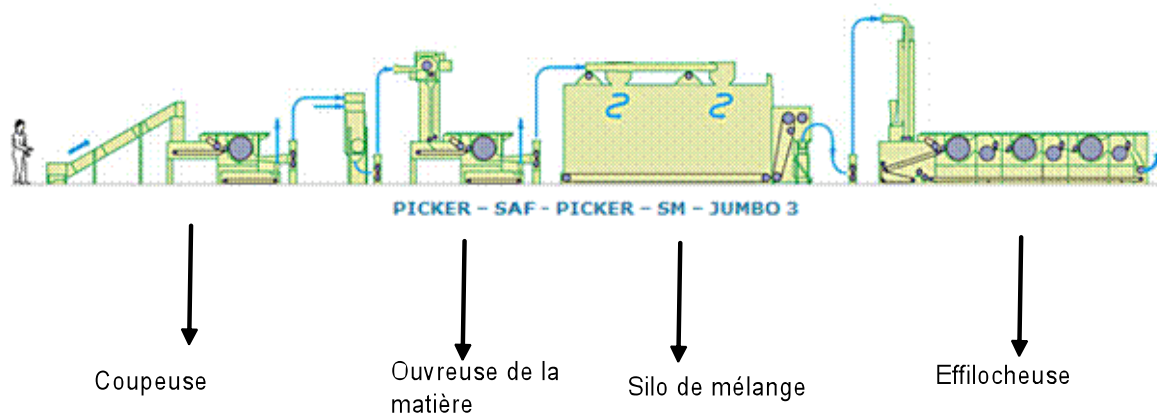
A. La technique de l'effilochage

La technique de l'effilochage permet, grâce à des cylindres munis de pointes ou de dents, de transformer des surfaces textiles en fibres.

Avant de passer dans l'effilocheuse, les TLC en fin de vie doivent être broyés ou coupés en petites pièces, puis mélangés.

Pour les vieux vêtements, une étape de « pré-ouverture » de la matière est nécessaire de même qu'un silo mélangeur qui permet d'homogénéiser la matière avant la passer dans l'effilocheuse.

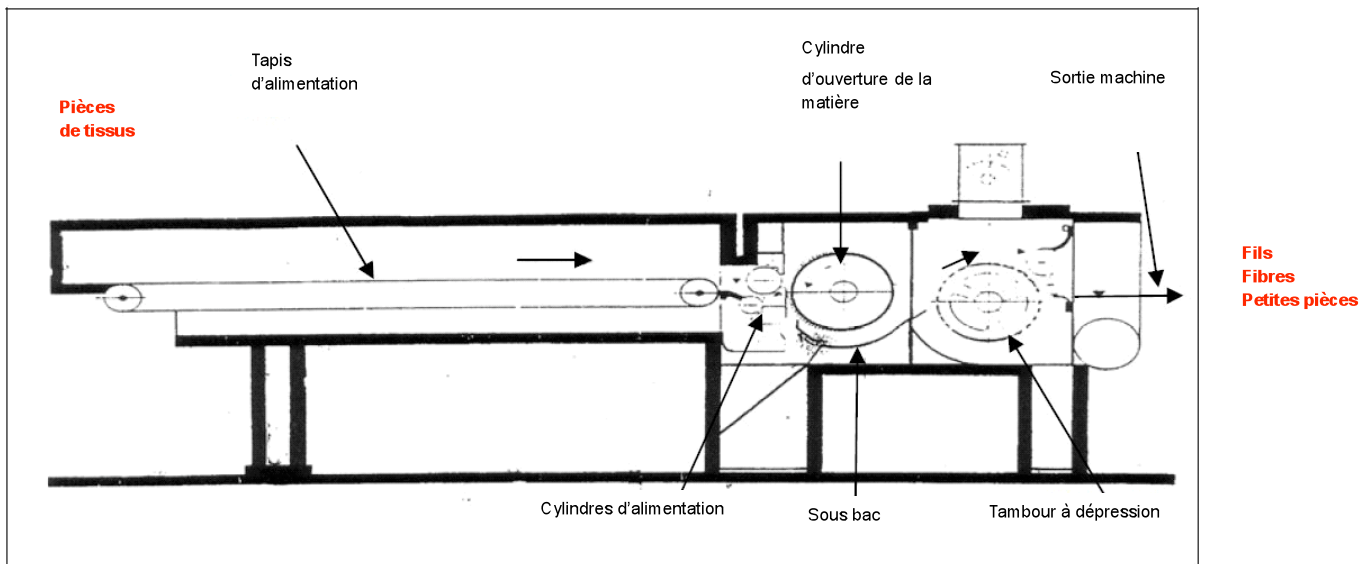
Figure III-1 : Exemple de ligne d'effilochage pour vieux vêtements



Source : Laroche, www.laroche.fr

Le schéma ci-dessous présente le principe d'une effilocheuse.

Figure III-2 : Principe de fonctionnement d'une effilocheuse



Source : The Hydro-Entanglement of Jute Fibre Webs, Leeds University Dissertation , 1999 (in Recycling Low Grade Clothing Waste, DEFRA, September 2006)

Le degré d'ouverture des fibres est fonction du nombre de pointes par gramme de matière. Ce paramètre est contrôlé au travers de :

- La vitesse d'alimentation de l'effilocheuse (g/minute) ;
- La vitesse des cylindres (m/minute) ;
- La densité des pointes sur les cylindres (pointes/cm²).

Selon le nombre de cylindres, le type de garniture des cylindres, les vitesses mises en jeu, les fibres obtenues seront plus ou moins finement individualisées.

B. Données économiques

- Prix de reprise des matières entrant à l'effilochage

Le prix d'achat des matières premières neuves peut fortement varier, d'une valeur négative parfois (le transport est à la charge du fournisseur de matières en fin de vie) à de très fortes valeurs positives (environ 1000 €/t) pour les matières synthétiques (ex : polyester).

Les coûts pour les matières premières neuves sont présentés ci-dessous :

Tableau III-1 : Prix d'achat des matières premières neuves acceptées par les effilocheurs

Type de matière	Coût en €/t
Cotons de mélange	70
Coton denim multi couleurs	150
Acryliques	150-200
Couleurs écrués - blanches	250-400
Matières synthétiques (polyesters, nylon, polypropylène)	1000

Le prix d'achat des matières premières issues des centres de tri varie entre 0 (cas des jeans en mélange) et 150 €/tonne (cas des tricots).

Note : **Pour rappel, l'élimination varie entre 100 et 120 € / t selon les installations** et zones géographiques (cf. II.4).

- Coût de l'effilochage

Le coût de l'effilochage est fonction de différents paramètres tels que l'inclusion dans le prix de revient des amortissements, des coûts de renouvellement... Par ailleurs, l'effilochage consomme une forte quantité d'électricité : chaque moteur d'une effilocheuse a une puissance comprise entre 80 et 180 kW, à raison d'un moteur par tambour et de 5 à 6 tambours par machine ; de plus, les coupeuses, les mélangeuses et la presse consomment également de l'électricité. De ce fait, le coût peut varier entre les pays d'Europe selon le prix du kWh.

Pour un effilochage constitué de deux équipes, le coût de revient de l'effilochage varie entre **190 et 250 euros la tonne**.

III.1.1.2 Techniques développées à l'issue de l'effilochage

Selon le niveau d'équipement des effilocheurs, les étapes qui suivent peuvent être intégrées directement par l'effilocheur ou bien séparées et réalisées par un autre opérateur.

Les grandes voies de traitement des fibres sortant de l'effilocheuse sont :

- La **filature** : elle consiste en la récupération de fils après une étape de cardage ;
- La **pulvérisation** : elle consiste en une fabrication de « flocons » de fibres qui servent essentiellement à des industries de flochage ;
- Le **nappage** : il consiste en la fabrication de surfaces textiles en non-tissé qui reposent sur une nappe. La fabrication de non-tissés s'effectue en deux grandes étapes :
 - une étape de nappage : établissement d'un voile ou réseau ;
 - une étape de consolidation.

Note :

(1) Les fils produits à partir de matière recyclée présentent des caractéristiques différentes des fils vierges. Ils sont de différentes couleurs et la longueur des fibres est différente, ce qui leur confère des propriétés mécaniques et physiques plus faibles. De ce fait, il est nécessaire d'adjoindre 10 à 15 % de fibres vierges de façon systématique. Aujourd'hui la production de fils est principalement localisée en Inde et au Maroc. Ils ne sont pas utilisés pour la fabrication de nouveaux vêtements mais sont utilisés dans la production de textiles techniques. Les applications concernées sont les systèmes de filtration tissés, certains géotextiles tissés.

(2) La pulvérisation est une technique principalement utilisée dans les industries de flochage dont la part de marché tend à stagner.

Les principaux débouchés à potentiel identifiés pour le recyclage des TLC concernent la fabrication de non-tissés issus d'effilochage-nappage. Aussi nous ne détaillerons que cette technique.

Entre 2004 et 2009 le marché mondial des non-tissés a cru de 4,4 millions de tonnes à 6,3 millions de tonnes. Le marché européen représente environ 1,76 millions de tonnes.⁹

La fabrication de non-tissés s'effectue en deux grandes étapes :

- une étape de **nappage** : établissement d'un voile ou réseau ;
- une étape de **consolidation**.

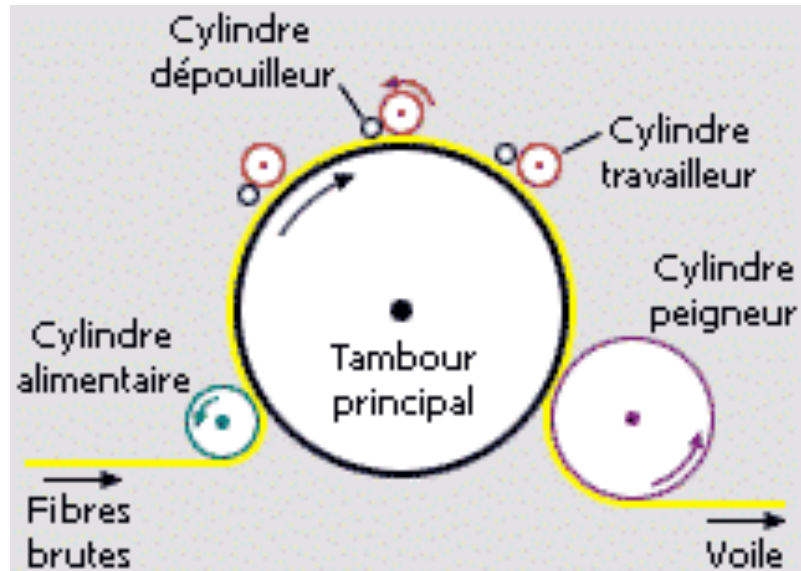
⁹ Source : Maximising Reuse and Recycling of UK Clothing and Textiles, DEFRA, Draft, Mai 2009.

A. Le nappage

L'étape de nappage peut se faire par le biais de différentes techniques

- Le **cardage** : la carte sépare progressivement les fibres les unes des autres via l'utilisation d'une série de cylindres à pointes. En modifiant la direction relative des pointes sur chaque cylindre, leur espacement et la vitesse de rotation, on obtient une matrice aux propriétés spécifiques. La carte permet d'éliminer les impuretés du voile constitué. Selon sa conception, elle fournit un voile dont les fibres sont parallèles ou distribuées au hasard.

Figure III-3 : Principe de fonctionnement d'une cardeuse

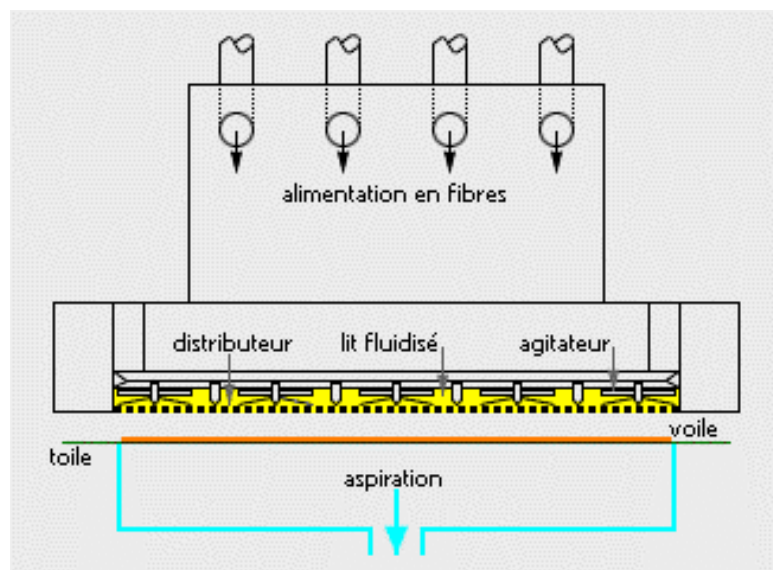


Source : CERIG, INPG Grenoble, EFGP, Tutoriel sur les non-tissés (Gérard COSTE, 2004)

- La **technique pneumatique** (air laid)

Ce procédé consiste à faire passer les fibres au travers de cylindres perforés rotatifs. La turbulence provoquée sépare les fibres et les particules et les distribue de façon aléatoire dans l'air. Les impuretés sont éliminées. Les fibres retombent alors par gravité sur une toile transporteuse sous laquelle un système de dépression est mis en place. Ce système permet de développer une matrice où les fibres sont réparties de façon anisotrope.

Figure III-4 : Principe de fonctionnement de la technique « air-laid »



Source : CERIG, INPG Grenoble, EFGP, Tutoriel sur les non-tissés (Gérard COSTE, 2004)

- **La technique par voie humide**

Les fibres sont dispersées puis diluées dans une grande quantité d'eau. Cette pâte est envoyée à l'égouttage et permet de créer un matelas fibreux (c'est le cas de la technique papetière).

B. La consolidation de la nappe

Une fois le nappage réalisé, trois techniques de consolidation peuvent être mises en œuvre :

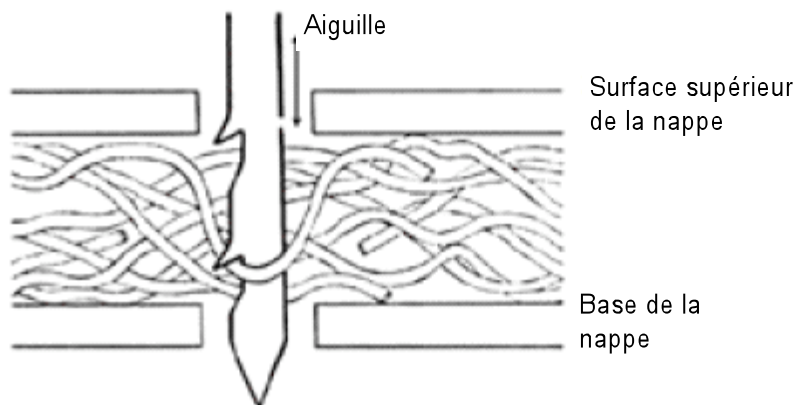
- **La consolidation thermique**

On utilise dans ce cas les propriétés de certaines fibres synthétiques et thermoplastiques pour créer une adhésion. Les fibres « fondent » et permettent ainsi une cohésion.

- **La consolidation mécanique (aiguilletage ou needle punching)**

Dans ce cas, un enchevêtrement physique des fibres est réalisé. L'aiguilleteuse est composée d'une tête sur laquelle sont insérées des barbes. Ces encoches permettent d'accrocher les fibres au passage et de les tirer à travers le voile à l'aller, puis les laissent en place au retour.

Figure III-5 : Principe de fonctionnement de la technique d'aiguilletage

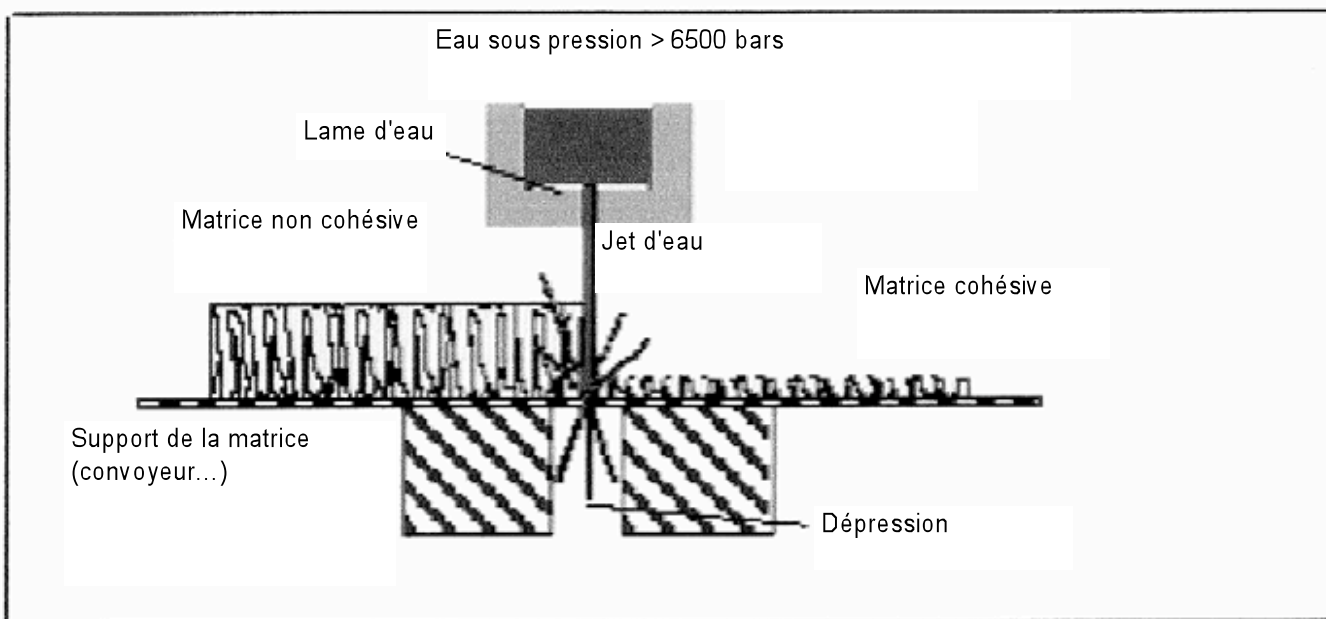


Source : Recycling Low Grade Clothing Waste, DEFRA, September 2006

- **La consolidation hydraulique (hydro-entanglement)**

Ce procédé utilise des jets d'eau sous haute pression pour enchevêtrer les fibres. Serré entre une grille et une bande de compression, le voile est compacté et humidifié pour éviter les poches d'air. Des jets d'eau de forte pression sont envoyés sur une face puis sur l'autre. Les injecteurs sont disposés de façon très rapprochée (1 à 3 trous par mm). L'intérieur des cylindres est en dépression.

Figure III-6 : Principe de fonctionnement de la technique d'hydro-entanglement



Source : Recycling Low Grade Clothing Waste, DEFRA, September 2006

III.1.2. Analyse des débouchés par secteur

Ce chapitre décrit différents types de débouchés existant pour les fibres recyclées après effilochage.

Les principaux secteurs identifiés sont :

- Le secteur automobile ;
- Le secteur de l'isolation des bâtiments ;
- Le secteur des géotextiles ;
- Les secteurs des bétons et des enrobés.

Pour chaque secteur, nous étudions :

- L'intérêt de l'utilisation de fibres ;
- La nature des fibres utilisées aujourd'hui (recyclées ou non, naturelles ou synthétiques) ;
- Le procédé de transformation depuis les fibres effilochées (s'il est différent du nappage décrit ci-dessus) ;
- Les caractéristiques du marché actuel et les potentialités de développement du marché ;
- Les paramètres économiques.

III.1.2.1 Automobile : un secteur traditionnel mais à faible potentiel

Une voiture compte environ 15 kg de feutres qui servent principalement à l'isolation acoustique. Depuis les années 1970, une partie des feutres incorporés dans les voitures est d'origine recyclée (environ en moyenne 50%). Ce débouché est donc plutôt traditionnel.

A. L'intérêt des feutres dans les véhicules

Les feutres ont essentiellement une fonction d'insonorisation dans un véhicule. Deux types de feutres sont recherchés :

- Sans tenue mécanique : entre la tôle et les roues, au niveau des tablettes, de la plage arrière, dans le pavillon (intérieur du plafond) ;

- Avec tenue mécanique : tablier du véhicule (frontière entre le moteur et l'habitacle), habillage du coffre (sous la moquette), sous le capot.

B. L'origine des fibres et le procédé de traitement

Actuellement les fibres recyclées proviennent principalement de **chutes de production textile**, plus rarement de TLC en fin de vie (les effilochés contiennent toujours des fibres provenant de TLC en fin de vie, entre 5 et 10%). Les principales matières recherchées sont le coton et les fibres synthétiques (PP, polyester).

Ces fibres « recyclées » sont issues d'effilochés (coton, PP, polyester). Les exigences des équipementiers tiennent compte d'une éventuelle hétérogénéité des produits en indiquant des fourchettes de tolérance pour l'acceptation des fibres issues de TLC en fin de vie.

L'utilisation de fibres naturelles comme le coton nécessite parfois l'emploi de retardateurs de flammes (exemple : tapis de sols). A l'inverse dans certaines applications le coton n'est pas accepté car il s'enflamme trop facilement. L'ajout d'un traitement ignifuge rendrait le produit trop coûteux.

Le procédé après l'effilochage est fonction des exigences en matière de tenue mécanique en cas d'utilisation pour le tablier du véhicule (frontière entre le moteur et l'habitacle), l'habillage du coffre (sous la moquette) ou sous le capot.

Le tableau ci-dessous récapitule les deux grandes catégories de produits rencontrés :

Tableau III-2 : Types de feutres en fonction des applications dans l'automobile

Besoin en termes de tenue mécanique	Elevé	Faible
Type d'application	<ul style="list-style-type: none"> • tablier du véhicule (frontière entre le moteur et l'habitacle), • habillage du coffre (sous la moquette), • sous le capot 	<ul style="list-style-type: none"> • entre la tôle et les roues, • au niveau des tablettes, de la plage arrière, • dans le pavillon (intérieur du plafond)
Procédé après effilochage	Cardage-aiguilletage	Traitement air-laid
Densité du produit obtenu	100-200 kg /m3	50 kg / m3
Matières composant le feutre	Fibres synthétiques	Coton
% fibres recyclées	20 à 30 %	70-80 %

Les obstacles majeurs invoqués à l'utilisation de TLC en fin de vie comme source de fibres recyclées concernent :

- les **points durs** (boutons et fermetures éclair) qui viennent perturber les machines lors de l'effilochage et peuvent générer des incendies (parties métalliques) ;
- la **densité** de certains produits tissés, qui ne permet pas une bonne libération des fibres à l'effilochage ;
- l'**humidité** des produits (et donc le risque de moisissures) ;
- dans certains cas les **odeurs** ;
- la présence importante de **poussières** dans l'effiloché du fait de fibres plus fragiles qui cassent.

Cependant, un certain nombre de ces freins peuvent être en partie contournés :

- par l'amélioration du tri en amont des effilocheuses ;
- par l'amélioration de la performance des effilocheuses (meilleure libération des fibres) ;
- par des traitements antifongiques.

C. Le développement actuel

Cette application utilise de manière traditionnelle des chutes neuves. Il n'existe pas aujourd'hui de façon répandue de produits issus de TLC en fin de vie.

Les exigences des constructeurs sont fortes et conduisent les fabricants de feutres à appliquer des cahiers des charges très sévères et contenant des interdictions d'utiliser des fibres issues de TLC en fin de vie vis-à-vis des effilocheurs.

D. L'enjeu en termes de marché

L'enjeu en termes de volumes est important et équivalent à l'actuel (il est difficile a priori aujourd'hui d'incorporer davantage de fibres recyclées dans ces applications) : 15 kg de feutres par véhicule en moyenne, dont environ 50 % peut venir de recyclé soit 7,5 kg de recyclé par véhicule.

Le marché de la voiture neuve en France était, en 2008, de 2 millions de véhicules neufs¹⁰ mis sur le marché par an, soit une utilisation de 15 000 tonnes de feutres recyclés. Cela représente environ 6 % des tonnages à recycler selon les objectifs d'Eco TLC.

Ce marché atteint 13 millions de véhicules pour l'Europe des 15 et 14 millions pour l'Europe des 27.¹¹

Note : Avec la crise, ce marché tend à décroître.

E. Eléments économiques

Quelques données économiques moyennes nous ont été fournies par les utilisateurs de matière recyclée. En moyenne, les matières textiles issues de chutes de production sont collectées à environ 100 €/t par les effilocheurs. La matière effilochée est achetée par les utilisateurs (les équipementiers automobiles ou leurs fournisseurs) à 300 € / t. A titre de comparaison, ce coût pour la matière vierge (coton) est 3 à 5 fois plus cher (ce qui fait que cette matière vierge n'est en réalité jamais utilisée par les équipementiers).

La matière recyclée à partir de TLC en fin de vie devrait coûter au global plus cher qu'à partir de chutes de production compte-tenu d'un coût de collecte et tri plus élevé et des améliorations à apporter au niveau au tri ou à l'effilochage (problèmes de points durs, de moisissures...).

De ce fait le développement de l'utilisation de vieux vêtements dans l'application automobile est fortement dépendante d'autres paramètres tels que :

- la levée de la non-acceptation par les constructeurs automobiles de fibres issues de vieux vêtements ;
- l'intervention des pouvoirs publics ou d'EcoTLC dans l'accompagnement financier des surcoûts d'effilochage pour aider au développement de cette filière.

Note : *Dans l'hypothèse d'une augmentation des coûts de transports (cas non vérifié aujourd'hui), les constructeurs pourraient se recentrer sur des recherches de gisements en Europe, qui alors proviendrait de TLC en fin de vie. En effet, aujourd'hui, une bonne partie des opérations de confection (et donc l'origine du gisement des feutre recyclés aujourd'hui, qui sont des chutes de production) est réalisée en Asie.*

F. Synthèse

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des débouchés étudiés pour le secteur de l'automobile.

¹⁰ Source : Comité des Constructeurs Français d'automobile (nombre de véhicules immatriculés neufs)

¹¹ Source ACEA (European Automobile Manufacturers' Association)

Tableau III-3 : Synthèse des débouchés dans l'automobile

	Contraintes	Opportunités
Matière	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de fibres issues de TLC en fin de vie aujourd'hui - Fortes exigences en matière d'effilochage (pas d'éléments métalliques, pas de fibres coton pour certaines applications) - Odeur - Humidité - Poussières 	
Marché	<ul style="list-style-type: none"> - Exigences élevées fragilisant les classeurs : si la qualité n'est pas au rendez-vous, les fournisseurs sont abandonnés. - Nécessité d'adapter les chaînes de tri / d'effilochage 	<ul style="list-style-type: none"> - Marché potentiellement important mais bloqué actuellement par les exigences des constructeurs - Débouché traditionnel pour les chutes de production
Economique	<ul style="list-style-type: none"> - Les TLC en fin de vies représentent un surcoût par rapport aux matières neuves recyclées car il serait nécessaire d'adapter la matière avant l'effilochage. 	

III.1.2.2 Isolation des bâtiments : un secteur de niche, en croissance, à fort potentiel

A. Intérêt des fibres dans l'isolation

Les fibres textiles présentent de bonnes qualités acoustiques, thermiques et hygrométriques nécessaires à tout matériau d'isolation.

B. L'origine des fibres

Les fibres traditionnellement utilisées dans l'isolation sont les fibres minérales (laine de verre, laine de roche...). L'utilisation de fibres végétales (ex : le chanvre) ou animales (ex : la laine, les plumes) existe depuis plus longtemps que l'utilisation de fibres recyclées.

Depuis quelques années, certains fabricants traditionnels d'isolants ainsi que d'autres acteurs, comme Le Relais, se sont lancés dans l'utilisation de fibres textiles issues de TLC en fin de vie pour le marché de l'isolation.

Les fibres utilisées proviennent des centres de tri et se composent en majorité de coton et d'un mélange de textiles (laine-acrylique) ou de coton + laine.

C. Le procédé

Après l'effilochage, les fibres sont mélangées à des fibres polyester vierges thermofusibles, qui lors du passage dans un four à 170 °C vont s'agglomérer de façon homogène.

Certains producteurs (ex : ISOA) réalisent des traitements ignifuges et antifongiques et bactériens. Deux types de produits ont été identifiés :

- L'isolant Métisse ;
- L'isolant BatiCoton.

Tableau III-4 : Description des produits d'isolation fabriqués à partir de fibres recyclées et comparaison à la laine de verre (isolant traditionnel)

Produit	Métisse M	Métisse	Bati Coton	Laine de verre
Société commerciale	Le Relais	Le Relais	ISOA	

État de l'art du tri et de la valorisation des textiles d'habillement, du linge de maison et des chaussures consommés par les ménages

Composition	<ul style="list-style-type: none"> • 70 % coton recyclé • 15 % laine-acrylique recyclée • 15 % polyester vierge 	<ul style="list-style-type: none"> • 45 % coton recyclé • 40 % laine-acrylique recyclée • 15 % polyester vierge 	<ul style="list-style-type: none"> • 60 % mélange de coton et fibres synthétiques • 20 % de laine de mouton de mégissier • 20 % de fibres textiles thermo fusibles 	100 % fibres de verre
% fibres recyclées	85 %	85 %	60 -80 % (si l'on compte la laine)	0
Procédé après effilochage	Nappage sur trame thermoliée	Nappage sur trame thermoliée	Nappage sur trame thermoliée	-
Densité du produit obtenu	25 kg / m ³	75 kg / m ³		13 à 60 kg /m ³

D. Etat de développement actuel

Il existe en 2009 des applications industrielles avec des fibres recyclées issues de TLC en fin de vie pour l'isolation de bâtiments. Ce marché est relativement neuf mais est en plein développement. Les performances des produits sont satisfaisantes et parfois même plus intéressantes que les matières « traditionnelles » d'isolation telles que la laine de verre.

Tableau III-5 : Caractéristiques techniques des produits d'isolation et comparaison à la laine de verre (isolant traditionnel)

Produit	Métisse M	Bati Coton	Laine de verre
Performances thermiques : Conductivité thermique ¹²	$\lambda = 0.039 \text{ W / m K}$	$\lambda = 0.037 \text{ W / m K}$	$\lambda = 0.045 \text{ W / m K}$
Performances mécaniques	Récupération en compression en une heure Pas d'affaissement à l'humidité	Bon gonflant (lié à la laine principalement qui évite l'affaissement) Bonne résistance à l'humidité	Récupération après compression jusqu'à une semaine 0.2 kg /cm ³ à 10 % déformation
Performances acoustiques : Coefficient d'absorption ¹³	0.85	NC	0.5
Traitement pratique	Anti bactérien, Anti insectes, Anti fongique.	Anti bactérien Ignifuge	
Classement au feu	Inflammable (S ou M4) Conseil d'utilisation : parement permettant un écran thermique et supprimant l'inflammabilité (M1)	-	Très bonne résistance
Durée de vie annoncée	NC	35 à 40 ans	10 ans

E. L'enjeu en termes de marché

Les volumes produits via ce procédé de recyclage sont encore faibles (780 t/an pour ISOA, 150 t/an pour le Relais en 2008¹⁴) mais le potentiel est important.

En France, le marché de la construction neuve représente 700 000 maisons en 2008. Cependant, compte-tenu de la crise actuelle (- 30 % sur 2008 environ, - 15 % début 2009), il pourrait connaître un repli.

Le marché de la rénovation est également important (31 millions logements dont 25,5 millions en maison individuelle en résidence principale). En termes de surfaces, le marché de l'isolation représente 140 millions de mètres carrés/an.

Les vendeurs de produits recyclés estiment que leur potentiel de part de marché dans les isolants est de 2 % ce qui représente environ 9800 t.¹⁵ Ce marché restera un marché de niche pour le secteur. La laine de verre restera majoritaire du fait essentiellement de son prix compétitif.

L'un des atouts pour le développement de ce marché est la sensibilisation croissante des consommateurs et maîtres d'ouvrage aux matériaux « écologiques » qui regroupe les fibres végétales et les fibres recyclées. Pour les fabricants de produits à base de fibres recyclées, ce marché en croissance des matériaux à base

¹² La conductivité thermique est une grandeur physique caractérisant le comportement des matériaux lors du transfert thermique par conduction. Elle représente la quantité de chaleur transférée par unité de surface et par une unité de temps sous un gradient de température. La conductivité dépend principalement de la nature du matériau, la température. D'autres paramètres comme l'humidité, la pression interviennent également.

¹³ Une absorption acoustique totale est représentée par un coefficient d'absorption de 1.

¹⁴ L'objectif du Relais est, à terme, de développer ce débouché et d'écouler ainsi 4000 à 5000 t / an.

¹⁵ 2% de 140 M m² = 2,8 M m² avec environ 3.5 kg d'isolant par m².

de fibres végétales n'est pas considéré comme un concurrent de celui des produits à base de fibres recyclées, au contraire, il permet également un développement conjoint de ce marché.

Note : Il est important de souligner que les produits de construction sont soumis au marquage CE qui stipule le respect d'une norme harmonisée au niveau européen. Pour les produits considérés comme innovants, il n'existe pas de normes harmonisées. **Cependant afin de valoriser ses produits dans le cadre des relations clients-fournisseurs, il existe des marques volontaires.** La démarche n'est pas obligatoire mais très pratiquée dans la profession. Elle garantit à l'acheteur les performances techniques du produit.

En France, la certification la plus reconnue et la plus aboutie est la certification ACERMI (association pour la certification des matériaux isolants), délivrée par le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB). Les performances certifiées par ACERMI sont :

- la résistance thermique
- la réaction au feu
- les caractéristiques d'aptitude à l'emploi (comportement mécanique, comportement à l'eau, stabilité dimensionnelle, transfert de vapeur d'eau...)
- les performances acoustiques (raideur dynamique, coefficient d'absorption acoustique).

Cependant, il existe d'autres étapes avant d'obtenir l'ACERMI et notamment :

- L'ATEX (appréciation technique d'exopérimentation) : évaluation technique formulée par un groupe d'experts sur tout produit ne faisant pas encore l'objet d'un Avis technique
- L'avis technique : il renseigne sur l'aptitude à l'emploi d'un produit, sur son comportement en œuvre et sur la durabilité prévisible des ouvrages

Ces certifications sont lourdes et relativement coûteuses pour une entreprise.

F. Éléments économiques

L'achat de la matière première recyclée effilochée varie entre 250 €/t et 350 €/t ; il est de 700 €/t si le coton est vierge.

Dès lors, si les fibres recyclées sont comparées à des fibres vierges, on peut conclure que l'utilisation de fibres recyclées permet de réduire le coût total de fabrication de l'isolant car la matière première achetée est moins chère.

Note :

Le coût du traitement (fongique + ignifuge) représente environ 30 % du coût.

Le coût de certification peut représenter des sommes importantes pour les entreprises.

Le prix de vente du produit fini issu de fibres recyclées se situe entre le prix des laines minérales (2 €/m²) et celui des laines de chanvre (10 €/m²).

Le prix de vente de l'isolant en fibre recyclée est 2 à 3 fois plus élevé que celui de ses concurrents à base de laine minérale. Cependant le produit ne se positionne pas tout à fait sur le même créneau : les produits en recyclé sont plutôt « haut de gamme », avec des durées de vie plus élevées.

Enfin, le produit étant plus cher à l'achat, toutes les incitations financières existantes peuvent permettre d'accompagner la commercialisation de ces produits :

- Crédit d'impôt si le travail est effectué par un professionnel pour respecter la réglementation thermique 2005 ;
- Prêt à taux zéro permettant aux particuliers de réaliser des travaux permettant d'améliorer la performance énergétique de leurs logements.

G. Synthèse

Le tableau ci-dessous présente une synthèse du débouché étudié.

Tableau III-6 : Synthèse des débouchés dans l'isolation bâtiment

	Contraintes	Opportunités
Matière		<ul style="list-style-type: none"> - Possibilité de mélange fibres coton / fibres synthétiques voire laine - Effilochage qui ne pose pas de problème spécifique
Marché	<ul style="list-style-type: none"> - Marché qui restera de niche pour le secteur du bâtiment (car le coût d'achat est plus élevé que la laine de verre) 	<ul style="list-style-type: none"> - Marché relativement important en termes de tonnages - Débouché qui a fait ses preuves - Demande en produits écologiques croissante dans le secteur de la construction (l'intérêt pour des matières comme le chanvre est également porteur pour le recyclé)
Economique	<ul style="list-style-type: none"> - Positionnement plus cher que ses concurrents à base de laine minérale 	<ul style="list-style-type: none"> - ... mais ce positionnement plus cher se justifie par une performance différente - Les classeurs parviennent à l'équilibre - Pas de surcoût de tri (pas de nécessité d'adaptation des chaînes)

III.1.2.3 Les géotextiles : un secteur pour lequel certaines applications ont un fort potentiel (toits végétalisés)

Les géotextiles sont des textiles techniques perméables utilisés principalement en génie civil et génie environnemental.

Leurs principales fonctions sont de :

- Séparer en évitant le mélange de deux sols ou matériaux de remblai de nature différente ;
- Filtrer en maintenant le sol et permettant le passage de fluides à travers ou dans son plan ;
- Améliorer le drainage en collectant et transportant les eaux pluviales, souterraines et/ou d'autres fluides dans son plan ;
- Répartir plus efficacement les charges imposées aux sols, en améliorer les propriétés mécaniques du sol ou d'autres matériaux de construction ;
- Lutter contre l'érosion, en limitant ou évitant les mouvements du sol principalement sur une surface inclinée.

En génie civil, il existe trois applications majeures : les applications sont structurantes pour le sol et requièrent des qualités mécaniques

- La création d'une barrière physique entre un terrain naturel et les matériaux sélectionnés pour la réalisation d'ouvrages ou de chaussées. Cette barrière laissera passer l'eau et empêchera les parties les plus fines issues du terrain naturel de venir modifier la structure des matériaux d'apport.
- La protection de drains et ouvrages de drainage, afin d'éviter leurs colmatages et donc de participer à leur pérennité (exemple : cas de l'assainissement).
- Les aménagements paysagers

En agriculture, ils ont trois applications majeures :

- Le paillage : permet de prévenir la pousse des herbes par blocage du rayonnement solaire et réduction de la photosynthèse. Il permet cependant la pénétration de l'eau et maintient le sol humide. Enfin, il permet de lutter contre le gel.
- Les nappes d'irrigation notamment dans les serres horticoles : le géotextile assure le mouillage et l'alimentation des plantes en pots sur tablettes, en culture et sur aire de vente. Il permet de transporter l'eau entre la source d'émission de l'eau et la surface de la plante, par capillarité.
- Les tapis pré-ensemencés utiles en végétalisation (aménagement paysages, terrains de sports, toits verts).

Dans le bâtiment : des textiles de protection des surfaces lors de travaux (exemple : lors de travaux peinture...)

A. Intérêt des fibres dans les géotextiles

Les fibres textiles sont le matériau constitutif des géotextiles. Il existe deux types de géotextiles, les non-tissés et les tissés.

B. L'origine des fibres

Les fibres utilisées dans les géotextiles sont synthétiques. Les géotextiles vierges sont généralement en polypropylène ou en polyéthylène. Les fibres recyclées proviennent généralement de chutes de production.

C. Le procédé

A partir d'effiloché, un produit non-tissé est fabriqué après une étape de cardage puis aiguilletage.

Les caractéristiques techniques à considérer dans le cas de géotextiles sont en général :

- Le grammage (masse/m²) ;
- La résistance à la traction ;
- L'allongement à la rupture ;
- La perméabilité ;
- La porosité.

Les contraintes actuelles identifiées pour les géotextiles avec des fibres recyclées sont notamment des pertes de propriétés mécaniques :

- Perte de résistance (textile plus cassant)
- Diminution de la durée de vie.

Ces pertes de propriétés sont handicapantes notamment pour les applications en génie civil.

Afin de contourner ces problèmes, l'augmentation de l'épaisseur des textiles est parfois utile mais cela représente un coût supplémentaire qui rend les fibres recyclées moins compétitives que les fibres vierges.

D. Le développement actuel

L'utilisation de fibres recyclées dans les géotextiles existe, notamment à partir de chutes de production.

Cependant la valorisation de ces produits s'effectue principalement au travers **d'applications relativement bas de gamme** (étanchéité de bassins, de toitures, ou encore feutres de protection pour travaux dans le bâtiment par exemple) et les volumes mobilisés sont extrêmement faibles.

Quelques essais ont été réalisés pour **des nappes d'irrigation** au Royaume-Uni (avec une composition précise : tests réalisés avec des fibres d'acrylique issues de vieux vêtements et de polypropylène vierge dans les proportions 25%, 40 % et 50 % de recyclé avec une densité de 300 g /m²)¹⁶. Cependant les résultats ne se sont pas avérés prometteurs car les propriétés de drainage et la densité des fibres n'étaient pas suffisantes.

Des essais ont également été réalisés sur des **toits végétalisés**. L'intérêt des toits végétalisés est de permettre une meilleure isolation des bâtiments. Le stockage de l'eau permet notamment de moindres pertes thermiques. Un toit végétalisé se compose :

- d'une structure portante ;
- d'une couche d'étanchéité ;
- d'une couche de drainage et de filtration ;
- d'un substrat de croissance ;
- d'une couche végétale ou une couche d'un substrat léger où des graines seront plantées.

Le géotextile se situe dans la couche de drainage et de filtration, généralement en association avec un autre substrat.

Note : Certains géotextiles non-tissés peuvent présenter une résistance insuffisante aux racines qui le pénètrent. Ils sont alors recouverts d'un géotextile traité anti-racine, ce qui vient renchérir leur coût.

¹⁶ Source : Recycling Low Grade Clothing Waste, DEFRA, 2006 (Oakdene Hollins, Institut des non tissés, (NIRI) en partenariat avec Armée du Salut)

Les exigences identifiées pour une telle application sont les suivantes :

- Biodégradabilité ;
- Durée de vie minimum : 1 an à 1.5 an ;
- Densité faible (max : 100 -200 g / m2).

Les essais ont été réalisés à partir de deux techniques par le NIRI (Nonwoven Innovation and Research Institute)¹⁷ :

- Nappage à partir de technique air-laid
- Nappage à partir d'aiguilletage

Les textiles utilisés étaient 100 % coton ou viscose ou encore 100 % coton denim.

Les résultats se sont révélés probants en termes de densité de couverture végétale. La technique par aiguilletage semble être préférable à la technique air-laid car elle permet une meilleure porosité et donc une meilleure propagation de la végétation.

E. L'enjeu en termes de marchés

Le marché des géotextiles représente en Europe environ 120 000 t¹⁸. C'est un marché en pleine croissance, sous-tendu par deux types de développements :

- Des innovations technologiques pour rendre ces textiles « intelligents » ;
- L'incorporation de fibres naturelles, notamment dans les textiles destinés à la lutte contre l'érosion¹⁹

Cette deuxième évolution pourrait, un peu comme dans le secteur du bâtiment, être également favorable à l'incorporation de fibres recyclées dans certaines applications. Néanmoins, il **manque à ce jour de développements industriels soutenus dans des applications à haute valeur ajoutée** pour pouvoir s'assurer de leur pérennité.

De plus, il existe un frein réel à l'incorporation de fibres recyclées dans certains types de géotextiles du fait **d'exigences de normes ou certification**.

Ainsi, la norme EN 13429 :2000 (Géotextiles et produits apparentés - Caractéristiques requises pour l'utilisation dans la construction de routes et autres zones de circulation (à l'exclusion des voies ferrées et des couches de roulement) destinée aux produits autoroutiers impose, afin de répondre aux critères de durabilité, pour les produits ayant une durée de vie de plus de 5 ans, que le géotextile ne contienne aucun matériau recyclé post-consommateur.

De plus, la certification ASQAL, généralement requise pour les géotextiles, impose une stabilité des propriétés mécaniques, qui peut faire hésiter certains utilisateurs de géotextiles à utiliser de la matière recyclée, par crainte d'un manque d'homogénéité des produits mis en œuvre.

F. Éléments économiques

Sur le plan économique, les défauts de qualité aujourd'hui observés (plus faible résistance mécanique notamment) inciteraient à développer des surépaisseurs, ce qui vient renchérir le coût.

Il existe aujourd'hui un marché du neuf et du recyclé, mais le prix est principalement fonction de l'épaisseur.

¹⁷ Source : Recycling Low Grade Clothing Waste, DEFRA, 2006 (Oakdene Hollins, Institut des non tissés, (NIRI) en partenariat avec Armée du Salut)

¹⁸ Source : Club tex, Association pour la Promotion des Entreprises du Textile Technique.

¹⁹ Fibres textiles techniques, CRCI Champagne-Ardenne, Juin 2004

G. Synthèse

Le tableau ci-dessous présente une synthèse du débouché étudié.

Tableau III-7 : Synthèse des débouchés dans les géotextiles

	Contraintes	Opportunités
Matière	<ul style="list-style-type: none"> - Fibres synthétiques principalement - Chutes de production principalement - Pertes de propriétés mécaniques pour les fibres issues de TLC en fin de vie 	
Marché	<ul style="list-style-type: none"> - Marché très technique - Utilisation aujourd'hui cantonnée à des applications à faible valeur ajoutée - Certification ou normes freinant le développement du marché 	<ul style="list-style-type: none"> - Marché relativement important en termes de tonnages - Opportunités sur certains secteurs spécifiques : toitures végétalisées et horticulture
Economique	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessité de surépaisseurs pour les géotextiles de génie civil -> surcoût - Systèmes sans recycler parfois peu coûteux (cas des nappes d'irrigation) 	<ul style="list-style-type: none"> - Exigence de fibres synthétiques : difficile pour les classeurs

III.1.2.4 Fibres de renforcement dans les ciments et bétons : un secteur à étudier

Les fabricants de ciments et bétons cherchent à augmenter la durée de vie de leurs produits en améliorant leurs performances techniques et notamment leurs propriétés mécaniques.

A. Intérêt des fibres

L'intérêt d'incorporer des fibres dans ces matériaux de structure est le renforcement de leurs propriétés mécaniques : résistance à la compression, diminution du craquèlement...

Lorsque les charges appliquées au béton s'approchent de la charge de rupture, les fissures se propagent, parfois rapidement. L'incorporation de fibres longues dans le béton permet d'arrêter le développement de la fissuration et fournit ainsi une propriété d'armature. Les fibres courtes et discontinues ont quant à elles l'avantage de se mélanger et de se disperser dans le béton de façon uniforme.

Si le module d'élasticité de la fibre est élevé par rapport au module d'élasticité du béton ou du mortier, les fibres reprennent une part des charges, augmentant ainsi la résistance à la traction du matériau. L'augmentation du rapport longueur/diamètre des fibres accroît habituellement la résistance à la flexion et la ténacité du béton.

B. Origine des fibres

Le marché est relativement développé avec des fibres minérales (fibres d'acier, de verre). Les fibres textiles sont également présentes mais essentiellement vierges. Le marché du recyclé sur base de produits type moquettes en fin de vie. Les fibres issues de TLC en fin de vie ne sont pas présentes aujourd'hui dans cette application.

C. Le procédé

Actuellement, très peu de fibres issues de textiles recyclés sont utilisées. Les fibres majoritairement utilisées sont :

- les fibres d'acier,
- les fibres de verre,
- les fibres de carbone,
- les fibres de nylon,
- les fibres de polypropylène.

Ces fibres sont généralement incorporées à raison de 0,2 à 2 % en volume. En règle générale, les fibres sont éparpillées au hasard dans le béton ; toutefois, si on traite le béton pour que les fibres soient alignées dans la direction des contraintes, on obtient de meilleures résistances en traction et en flexion.

Avant de mélanger le béton, la longueur des fibres, leur quantité et la composition du mélange sont choisies pour éviter la formation de congglomérats de fibres.

Il convient également de s'assurer que les fibres incorporées ne réagissent pas avec le béton pendant le mélange ou lors de la mise en œuvre. Certaines études ont ainsi montré que le nylon et le polypropylène ne sont pas dégradés par les caractéristiques alcalines du ciment de Portland²⁰ ; en revanche, le polyester montre une dégradation excessive dans le ciment.

Notons que **la société Nycon située aux Etats-Unis**, commercialise un béton qui incorpore des fibres textiles recyclées provenant de moquettes usagées, contenant au moins 50 % de nylon, le G-Nycon. Ce procédé a été développé en 2002 par Paul Bracegirdle et fait l'objet de brevets (US patent N° 6971784, 60/424,279 et 60/408,764). Nos contacts avec l'inventeur ne nous ont pas permis de préciser le procédé. L'installation traite actuellement environ 220 000 t/an de fibres (500 000 US pounds).

Les produits sortants répondent aux mêmes caractéristiques que les bétons renforcés avec des fibres vierges.

Tableau III-8 : Caractéristiques des fibres utilisées dans les bétons

	Acier	Verre	Polypropylène
Diamètre en µm	5-500	9-15	7,5
Densité	7.8	2.6	0.9
Allongement de rupture en %	3-4	2-3,5	20,0
Module d'élasticité, en GPa	200	80	5
Résistance en traction, en GPa	1-3	2-3	0.5

Comparées au polypropylène, les fibres en nylon incorporées dans le Nycon G dans les mêmes proportions présentent une résistance à la compression supérieure dès 7 jours. Elles permettent également de réduire la quantité de ciment à apporter.

D. Etat de développement actuel

Pour rappel les fibres recyclées sont très peu présentes aujourd'hui dans les bétons. Cependant, l'incorporation de fibres textiles recyclées se développe. Aux dires de Nycon, la demande et les ventes croissent progressivement. Il n'existe cependant pas beaucoup d'acteurs sur ce marché aujourd'hui.

Il est à noter que les fibres utilisées sont exclusivement synthétiques et mono-matière ce qui semble difficile à obtenir à partir de TLC en fin de vie.

E. L'enjeu en termes de marché

Le marché des bétons est un marché important.

²⁰ Use of Waste nylon fibres in Portland cement concrete to reduce plastic shrinkage in Proc. Recovery & effective reuse of discarded materials and by products for construction and highways facilities, Denver, CO, Oct. 19-22, p 179-183.

En France, en 2007 les produits en béton²¹ représentent 29 millions de tonnes (chiffre d'affaires : 2,4 milliards d'euros) et le béton prêt à l'emploi 35 millions de m³ (2,8 milliards d'euros).²² Notons que tous les bétons ne nécessiteront pas nécessairement de fibres.

Un potentiel de marché serait l'incorporation de 0,2 % en volume dans environ 5 % des bétons soit 11 300 t de fibres.

F. Eléments économiques

A l'heure actuelle, nous disposons de peu d'éléments économiques.

Les seuls éléments fournis par Nycon indiquent que les moquettes en fin de vie arrivent gratuitement à l'installation de recyclage. Si le coût de traitement n'est pas communiqué, il est important de souligner que malgré ces coûts de procédés les fibres recyclées incorporées dans le Nycon-G semblent compétitives par rapport aux matières vierges (Nylon vierge : 1600 €/t).

Cependant, séparer les fibres synthétiques et naturelles nécessiterait le développement de techniques très spécifiques car la majorité des vêtements sont constitués de mélanges de fibres vierges et synthétiques.

G. Synthèse

Le tableau ci-dessous présente une synthèse du débouché étudié.

Tableau III-9 : Synthèse des débouchés dans les bétons

	Contraintes	Opportunités
Matière	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de fibres issues de TLC en fin de vie - Fibres synthétiques uniquement -> difficulté pour le tri car exigence d'une seule matière (polypropylène et nylon) 	
Marché	<ul style="list-style-type: none"> - D'autres utilisations de fibres plus traditionnelles (acier, verre...) présentent moins de risques - Marché encore en expérimentation : peu de développements industriels 	<ul style="list-style-type: none"> - Marché relativement important en termes de tonnages
Economique	<ul style="list-style-type: none"> - Coût vraisemblablement élevé car nécessité d'adapter les techniques de séparations / tri - La rentabilité du dispositif repose souvent sur l'utilisation d'une matière première reprise à coût nul 	

III.1.2.5 Enrobés : un secteur à étudier

Un enrobé bitumineux est constitué de différents matériaux :

- des granulats : graviers de diamètre supérieur à 80 micromètres ;
- des « fines » : sables et poussières de section inférieure à 80 micromètres. Ces éléments, présents naturellement en faible quantité dans les granulats, sont essentiels pour réaliser l'enrobage du liant (le bitume) avec les granulats, car ce sont les fines qui agrègent le bitume.
- des additifs qui peuvent aider à améliorer les propriétés mécaniques ;
- du liant hydrocarboné : le bitume.

²¹ Hors béton armé ; Source : UNICEM.

²² Source : <http://www.industrie.gouv.fr/sessi/4pages/pdf/4p208.pdf>

A. Intérêt des fibres

L'intérêt d'incorporer des fibres dans ces matériaux de surface est différente des besoins pour les bétons et ciments : il s'agit d'améliorer l'absorption du bitume par l'enrobé, en évitant deux types de phénomènes :

- des phénomènes d'ornièrage qui peuvent se produire sur les routes du fait d'un manque d'homogénéité lors de l'incorporation des bitumes ;
- des phénomènes de glaçage (la couche de roulement devient lisse et glissante) peuvent également se produire sur les routes après un ressuage (le bitume ressort de l'enrobé bitumineux pour revenir en surface), si le bitume est en excès

B. L'origine des fibres

A l'heure actuelle les seules fibres ayant été incorporées dans les enrobés sont :

- Des fibres de verre ;
- Des fibres végétales (ex : chanvre, lin) ;
- Des fibres de cellulose ;
- Des fibres plastiques (broyats de pare-chocs, broyats de bouteilles PVC (SCREG Route, années 1980 du siècle.

C. Le procédé

Les fibres sont effilochées, cardées puis coupées à des tailles qui satisfont les utilisateurs (environ 10 mm maximum).

Les fibres peuvent être mélangées au liant préalablement ou introduites dans le mélange à sec ou encore après incorporation du bitume.

Les contraintes sur les fibres citées par des laboratoires de recherches en granulés sont les suivantes :

- La **tenue de la fibre** : il est fondamental que le matériau soit imputrescible ;
- La **taille de la fibre** : elle doit être suffisamment grande pour assurer d'éventuelles propriétés d'armatures, mais pas trop car alors leur dispersion est plus difficile. (0,5 à 10 mm)
- La **dispersion des fibres** : il est fondamental que les fibres soient correctement dispersées de façon à ne pas développer de conglomerats qui créeraient des nids de poule sur la chaussée ; généralement les fibres textiles peuvent poser des problèmes car elles présentent des ondulations propices aux conglomerats.
- La **résistance à de hautes températures** ; en effet, la majeure partie des enrobés sont fabriqués à chaud (températures comprises entre 160 et 180 C).

Tableau III-10 : Caractéristiques des fibres utilisées dans les enrobés

	Verre	Fibres de roche	Cellulose	Polyester
Longueur	100 µm et 10 mm	200 µm et 2 mm	0.9 mm et 1,1 mm	600 µm et 1,2 mm
Diamètre	5 µm à 6 µm.	3 µm à 5 µm.	15 µm à 50µm.	
Masse volumique	2,5 g/cm³	2,7 g/cm³	0,9 g/cm³	
Surface spécifique	0,3 m2/g	0.6 m2/g	0,16 m2/g.	
Autre caractéristique				Résistance à des températures supérieures à 220 °C
Dosage dans l'enrobé	0,8 %		0,3 %	0,6 %

D. L'enjeu en termes de marché

Le marché des enrobés bitumineux représente 41,8 millions de tonnes par an²³. Cependant seuls certains enrobés contiendront des fibres recyclées. Les enrobés qui seraient concernés sont les enrobés bitumineux minces

Les fibres plastiques recyclées (broyats de pare-chocs) ne représentaient que 0.3 % de l'enrobé en poids.

Note : Certaines réglementations peuvent aider. Ainsi, aux Etats-Unis, le marché pour l'incorporation de pneus notamment est « poussée » par des réglementations qui imposent un pourcentage minimum de caoutchouc dans les enrobés²⁴.

E. Eléments économiques

L'approvisionnement constitue un frein économique. Contrairement à la production d'autres types de fibres (papetières notamment), les fibres textiles sont généralement disséminées chez plusieurs producteurs pour répondre aux quantités nécessaires dans le cas d'un enrobé.

Si les fabricants d'enrobés n'ont pas réellement pratiqué d'essais sur des TLC en fin de vie, il n'en reste pas moins que certains laboratoires se sont montrés intéressés. La première étape d'une telle démarche viserait à caractériser les fibres pouvant être obtenues par le biais du tri et de l'effilochage, avant même la réalisation d'essais.

Cependant, séparer les fibres synthétiques et naturelles nécessiterait le développement de techniques très spécifiques car la majorité des TLC sont constitués de mélanges de fibres vierges et synthétiques.

F. Synthèse

Le tableau ci-dessous présente une synthèse du débouché étudié.

Tableau III-11 : Synthèse des débouchés dans les enrobés

	Contraintes	Opportunités
Matière	<ul style="list-style-type: none">- Fibres synthétiques uniquement -> difficulté pour le tri car exigence d'une seule matière- Les exigences vis-à-vis des fibres sont nombreuses	
Marché	<ul style="list-style-type: none">- Peu d'essais réalisés	<ul style="list-style-type: none">- Marché relativement important en termes de tonnages
Economique	<ul style="list-style-type: none">- La dispersion géographique des sites d'effilochage peut constituer un coût élevé d'approvisionnements- Coût vraisemblablement élevé car nécessité d'adapter les techniques de séparations / tri- Inconnu	

III.1.2.6 Autres applications en recherche

D'autres applications font actuellement l'objet de recherches.

- Composites

²³ Source : chiffres 2008 URSIF (Union des syndicats de l'Industrie routière française).

²⁴ Information citée par le Laboratoire des Ponts et Chaussées (LCPC) mais pas retrouvée.

Le Centre de recherche sur les non-tissés au Royaume Uni (NIRI, Nonwoven Innovation and Research Institute) a investigué l'utilisation de textiles recyclés en remplacement de fibres de verre dans des plastiques renforcés.

Leur essai utilisait une matrice de fibres de mélange de coton et polyester et un textile acrylique aiguilleté, liés sur une résine époxy. Les composites obtenus étaient résistants, légers et rigides.

Le tableau ci-dessous présente une synthèse du débouché étudié.

Tableau III-12 : Synthèse des débouchés dans les composites

	Contraintes	Opportunités
Matière	- Les exigences vis-à-vis des fibres sont nombreuses.	
Marché	- Pas assez de R&D	- Marché relativement important en termes de tonnages
Economique	- Economiquement aujourd'hui, la fibre recyclée coûte plus cher que la fibre à laquelle elle se substitue (fibre de verre compétitive)	

- Pièces électriques

Legrand a étudié et testé l'utilisation de fibres textiles extrudées pour réaliser des pièces électriques.

- Fibres utilisées

Les fibres généralement utilisées pour ce type d'application sont des fibres synthétiques issues de TLC.

Trois types de fibres ont été testés :

- Les fibres polyamide (6.6 et 12) ;
- Les fibres acryliques ;
- Les fibres polyester.

Ces fibres doivent nécessiter un tri fin par matière.

- Procédé

Le procédé est décrit sur la base des essais réalisés entre Legrand, cette entreprise et d'autres industriels et universitaires (partenariat développé entre 2006 et 2008).

Les TLC en fin de vie sont collectés par la société d'insertion. Ils sont triés par matière, en trois étapes. L'utilisation d'un spectromètre infrarouge associé à une bibliothèque des textiles²⁵ spécialement conçue permet de séparer les textiles par matière. Une machine de ce type a été testée et mise en place dans une société d'insertion qui pratique le tri (COTEXI 76), dans le cadre de son essai avec la société Legrand. Une séparation manuelle des fermetures éclair et boutons est effectuée.

Une fois le tissu débarrassé de ses impuretés, le textile est effiloché.

Les fibres sont alors extrudées et granulées. Des additifs sont ajoutés afin de conférer au produit à base de recyclé une bonne tenue mécanique notamment et éventuellement des propriétés ignifuges.

- Résultats pour l'application

Les résultats ont montré, à partir de granules 100 % recyclés, que la performance mécanique est légèrement abaissée par rapport au cahier des charges industriel. Cependant subsiste principalement un problème de couleur pour conférer aux produits l'esthétique attendue.

Les fibres qui ont donné le plus de satisfaction sont en polyamide. Cependant le gisement de polyamide capté est faible (le polyamide provient principalement de sous-vêtements et de voilage et de tissus légers actuellement moins bien collecté sélectivement).

Les volumes produits à ce jour sont encore faibles et pas en système industriel.

- Données économiques

La matière plastique secondaire ainsi produite se substitue à des plastiques vierges. Elle permet des économies importantes, de l'ordre de 50%.

- Perspectives

Pour Legrand cette matière peut à terme être utilisée pour la fabrication de pièces sans vocation esthétique du fait des problèmes de couleur qui persistent.

Tableau III-13 : Synthèse des débouchés dans les pièces électriques

	Contraintes	Opportunités
Matière	<ul style="list-style-type: none"> - Certaines fibres synthétiques uniquement → difficulté d'approvisionnement car peu de collecte de polyamides → nécessité d'un tri important (ici sur base de spectrométrie infrarouge) - Problèmes de couleur qui limitent les applications (pas de vocation esthétique possible) 	<ul style="list-style-type: none"> - Les fibres recyclées présentent globalement de bonnes qualités mécaniques (même si inférieure à la matière vierge)
Marché	<ul style="list-style-type: none"> - Développement pas réalisé 	<ul style="list-style-type: none"> - Recherche relativement développée - Marché relativement important en termes de tonnages
Economique		<ul style="list-style-type: none"> Intérêt en termes de coût (gain de l'ordre de 50 % par rapport à du vierge)

- Produits de calages

²⁵ Le spectromètre peut distinguer deux matières différentes. L'établissement de la bibliothèque a donc consisté à regrouper l'ensemble des données pour chaque matière, quelle que soit la couleur, afin d'obtenir au final une séparation par matière.

Un consortium de laboratoires et d'industriels a été mis en place pour étudier la faisabilité de réaliser des calages industriels à partir de fibres textiles.

- Fibres utilisées

Les fibres généralement utilisées pour ce type d'application sont des fibres synthétiques mélangées.

- Procédé

Les vieux vêtements sont collectés par une société d'insertion. Une séparation manuelle des fermetures éclair et boutons est effectuée. Les tissus sont triés sommairement par matière et homogénéisés en lots. Les tissus sont ensuite effilochés.

Le matelas de fibres est enduit de polymères synthétiques pour former une nappe thermoliée. Le produit obtenu est ensuite mis en forme par compression et chaleur pour obtenir la bonne géométrie et les performances mécaniques adéquates (souplesse, raideur et élasticité).

- Données économiques

Ces produits peuvent se substituer à des calages conventionnels généralement en polystyrène expansé, qui posent des problèmes de coût, de tenue au feu et de volume.

- Perspectives

Ce projet est encore à l'état de tests. Si ces projets sont concluants, le marché ciblé pourrait s'avérer important.

Tableau III-14 : Synthèse des débouchés dans les produits de calage

	Contraintes	Opportunités
Matière	<ul style="list-style-type: none"> - Fibres synthétiques en mélange - Nécessité d'un tri important et de manipulation pour retirer tout point dur 	
Marché	<ul style="list-style-type: none"> - Recherche en cours - Développement pas réalisé 	<ul style="list-style-type: none"> - Marché relativement important en termes de tonnages - Intérêt par rapport au polystyrène : résistance au feu, gain de place.
Economique		<ul style="list-style-type: none"> - Intérêt en termes de coût

- Systèmes de filtration

Les textiles recyclés peuvent présenter des propriétés intéressantes en termes de filtration. S'ils sont traités en surface avec des produits chimiques spécifiques, ils peuvent ainsi permettre l'adsorption d'ions.

Par exemple, traiter une laine recyclée non tissée avec du chitosan²⁶ produira un système de filtration qui éliminera les ions Pb²⁺ des flux de déchets et permettra ainsi, en sortie d'une décharge, de limiter les charges en plomb dans les lixiviats.

Le tableau ci-dessous présente une synthèse du débouché étudié.

Tableau III-15 : Synthèse des débouchés dans la filtration

	Contraintes	Opportunités
Matière	<ul style="list-style-type: none"> - Diverses matières semblent possibles (le cas étudié est constitué de laine) 	<ul style="list-style-type: none"> - Techniquement faisable

²⁶ Le chitosan est connu pour ses propriétés de capture des ions Pb²⁺ mais aussi du phosphore ou des huiles de surface des eaux.

État de l'art du tri et de la valorisation des textiles d'habillement, du linge de maison et des chaussures consommés par les ménages

Marché	- Pas assez de R&D	- Marché à très haute valeur ajoutée
Economique	- Marché très sensible au prix de la matière première	

III.2 Le compoundage

III.2.1. Principes généraux du compoundage

Le compoundage consiste à développer des granulés de fibres textiles en mélange avec d'autres matières thermoplastiques.

Les applications des thermoplastiques sont nombreuses et des marchés de niches peuvent se créer.

Ces techniques sont très peu développées mais ont fait l'objet de projet de recherche et développement et sont parfois étendues à des échelles industrielles. Cependant, les installations ne traitent actuellement que des chutes de production.

III.2.2. Analyse des procédés de compoundage existants

III.2.2.1 Compound de polyester

Le développement de compound de polyester est en cours au sein de la société MAPEA située dans la Loire. Cette société est spécialisée dans la fabrication et la formulation de matières plastiques.

Note : La technique en elle-même fait l'objet de brevet et n'est donc pas directement disponible.

A. L'origine des fibres

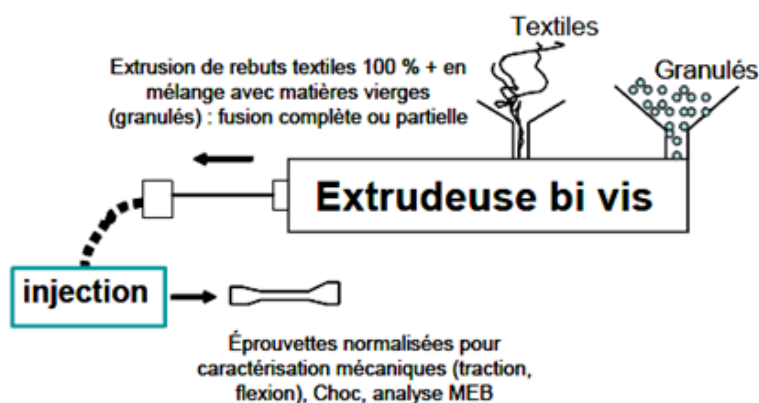
Dans le cadre d'un projet de recherche et développement lancé avec l'IFTH, cette société a testé l'incorporation de résidus de textiles pré-consommateurs. Ces fibres sont des fibres synthétiques en mélange (polyester, polypropylène, nylon).

B. Le procédé

Le procédé consiste en un mélange des fibres textiles avec des matières plastiques. Puis intervient un procédé de fusion-regranulation (ou extrusion). Ce procédé est breveté.

Techniquement, il serait possible d'incorporer 100 % de fibres textiles issus de TLC en fin de vie, mais les résultats en termes de qualité des plastiques seraient médiocres.

Figure III-7 : Présentation schématique du procédé de compoundage



Source : Etude ADEME : « Valoriser les déchets de vêtements usagés : identifier les gisements collectés, analyser les principales voies de valorisation (IFTH pour ADEME, Mars 2006) »

Les tonnages actuellement en jeu sont extrêmement faibles (stade pilote).

Selon les mélanges et les températures appliqués, les fusions sont plus ou moins complètes.

Les compounds obtenus présentent à la vue des résultats d'essais des propriétés intéressantes par rapport à la matière vierge :

- Meilleure résistance mécanique (flexion, traction, choc)

- Meilleure tenue en température

Si les matières textiles entrantes étaient issues de vieux vêtements, les principaux freins identifiés sont :

- L'homogénéité des lots
- Le problème de la collecte
- Les risques d'inflammation en cas de présence de fibres de coton

C. L'enjeu en termes de marché

Les compounds produits peuvent être utilisés dans de nombreuses techniques industrielles des matières plastiques en injection- moulage.

D. Eléments économiques

Du point de vue du fabricant de matières plastiques utiliser des fibres recyclées est intéressant car le prix à l'entrée est de 10 à 20 % du prix des matières entrantes, soit entre 100 à 400 €/t.

La matière sortant de l'installation est vendue entre 200 et 1000 €/t, c'est-à-dire bien moins cher que de la matière vierge (suivant le type de polymère et l'évolution des cours). Le gain réel pour les clients est donc le gain économique, même si à l'heure actuelle les besoins des clients ne sont pas exprimés en ces termes.

E. Synthèse

Le tableau ci-dessous présente une synthèse du débouché étudié.

Tableau III-16 : Synthèse – compounds de fibres synthétiques

	Contraintes	Opportunités
Matière	<ul style="list-style-type: none">- Fibres synthétiques uniquement -> difficulté pour le tri car exigence d'une seule matière- Exigence fortes sur la matière entrante : pas de fibre naturelle	
Marché	<ul style="list-style-type: none">- Encore au stade de mise en œuvre industrielle de petite taille- Le marché est encore peu demandeur.	<ul style="list-style-type: none">- Applications très variées : besoins pouvant être importants
Economique	<ul style="list-style-type: none">- Impact négatif sur le tri	<ul style="list-style-type: none">- Intérêt économique réel pour les utilisateurs de la matière recyclée : levier

III.2.2.2 Compound de textiles enduits de PVC

Le procédé est développé à taille industrielle par la société CHAIZE située en Ile de France.

A. L'origine des fibres

Les fibres traitées par l'installation sont des fibres enduites de PVC. Elles proviennent principalement de chutes de production ou de bâches usagées.

B. Le procédé

L'exigence sur les produits entrants est plutôt de 15 % maximum de textiles et 85 % de PVC. Les produits entrants sont déchiquetés puis densifiés. On obtient ainsi un granulé de PVC comportant 15 à 30 % de fibres textiles dans sa matrice. Cette nouvelle matière s'appelle le « pévéchouc ».

Le procédé s'est développé en 2006 et son expansion s'est réalisée en 2008 avec des tonnages encore très marginaux (20 tonnes de granulés en 2006, environ 600 tonnes en 2008).

Si les gisements étaient issus de TLC en fin de vie enduits de PVC (cirés, imperméables...), il pourrait être possible de les traiter. Cela nécessiterait des contrôles qualité.

C. L'enjeu en termes de marché

A l'heure actuelle, le marché ciblé est encore un marché de niche.

Cependant le potentiel est important dans la mesure où il touche de nombreux secteurs de la plasturgie:

- Injection-moulage (bandages de roues, poignées, semelles de chaussures,...) ;
- Calandrage en rouleaux : maroquinerie, bâtiment.

D. Eléments économiques

L'intérêt pour les classeurs de textiles est nul, car l'achat des textiles se fait à faible coût (voire à coût zéro).

La revente du matériau est de l'ordre de 400€/t

E. Synthèse

Le tableau ci-dessous présente une synthèse du débouché étudié.

Tableau III-17 : Synthèse – compounds de fibres enduites de PVC

	Contraintes	Opportunités
Matière	- Fibres textiles enduites de PVC (exigence d'au moins 85 % PVC)	
Marché	- Débouchés non pérennes	- Applications très variées : besoins pouvant être important - Marché encore de niche
Economique	- Impact négatif sur le tri	- Intérêt économique réel pour les utilisateurs de la matière recyclée : levier

IV. Le recyclage chimique

IV.1 Principes généraux du recyclage chimique

Le recyclage chimique consiste en la régénération chimique des fibres synthétiques. Cette régénération fait appel à des procédés de dissolution qui permettent de récupérer des fibres, puis des molécules qui sont repolymérisées. Les fibres obtenues peuvent alors être utilisées en substitution de fibres vierges. Ce type de recyclage ne s'applique qu'aux fibres synthétiques.

IV.2 Présentation des différents procédés de recyclage chimique

IV.2.1. Régénération chimique de fibres polyester

Le procédé identifié est le procédé de la société Teijin, basée au Japon. Ce groupe produit environ 700 000 tonnes de polyester dans 6 usines dans le monde. Il exploite une unité de recyclage de polyester au Japon, à Matsuyama. Cette unité fonctionne depuis 2003. L'unité ne traite pas de bouteilles PET.

Sa capacité est de 10 000 tonnes/an mais elle ne produit qu'environ 5 000 tonnes/an (environ 20 t/jour). La raison invoquée est la rentabilité d'exploitation par rapport à la filière "vierge", et non pas de difficultés d'approvisionnement en volume. Le but n'est pas de faire du volume mais de « soigner » une image environnementale.

A. L'origine des fibres

Le procédé est basé sur de la récupération de fibres issues de TLC collectés au travers de partenaires de la société Teijin, réunis dans le réseau Eco-Circle. Ce programme consiste à mobiliser différents partenaires, et regroupe des fabricants de produits finis en polyester ou grossistes, pour collecter sélectivement des TLC qui répondent à un cahier des charges. Teijin récupère ensuite les produits issus de ces collectes et les traite dans son installation.

Les TLC en fin de vie collectés proviennent principalement du Japon mais aussi pour partie d'Europe et des USA. Il s'agit en majorité de vêtements de travail (provenant de grandes administrations ou de grandes entreprises), d'uniformes d'écoliers et de vêtements de sport. C'est l'équivalent de 5 millions d'uniformes et habits de travail post-consommateurs qui sont recyclés annuellement. Les uniformes ont été retenus au début du programme car ces TLC contiennent généralement une forte teneur en polyester.

La société californienne Patagonia Inc. (Ventura) est un exemple concret de partenariat de reprise de TLC entre un fabricant et Teijin. La société a été le premier fabricant américain à introduire un système de collecte et de recyclage de certains de ses produits (vêtements et survêtements en capilène® (polyester))²⁷. Les clients peuvent retourner leurs vêtements en polyester soit par la poste soit en les déposant dans une boutique de la chaîne. Ces vêtements usés sont ensuite transportés par conteneurs à l'usine Teijin de Matsuyama, où ils sont recyclés, puis transformés en fibres polyester et en tissus, puis ré-expédiés à Patagonia pour être utilisés dans la fabrication de vêtements neufs.

L'utilisation du label « Ecocircle » et la communication sur l'image environnementale constituent les principales motivations des fournisseurs de déchets.

²⁷ Les spécificités du Capilene® sont principalement liées à la dispersion de la transpiration et au séchage rapide. C'est un textile fabriqué en polyester recyclé (contient plus de 50% de polyester recyclé) traité désormais avec un apprêt anti-odeurs.

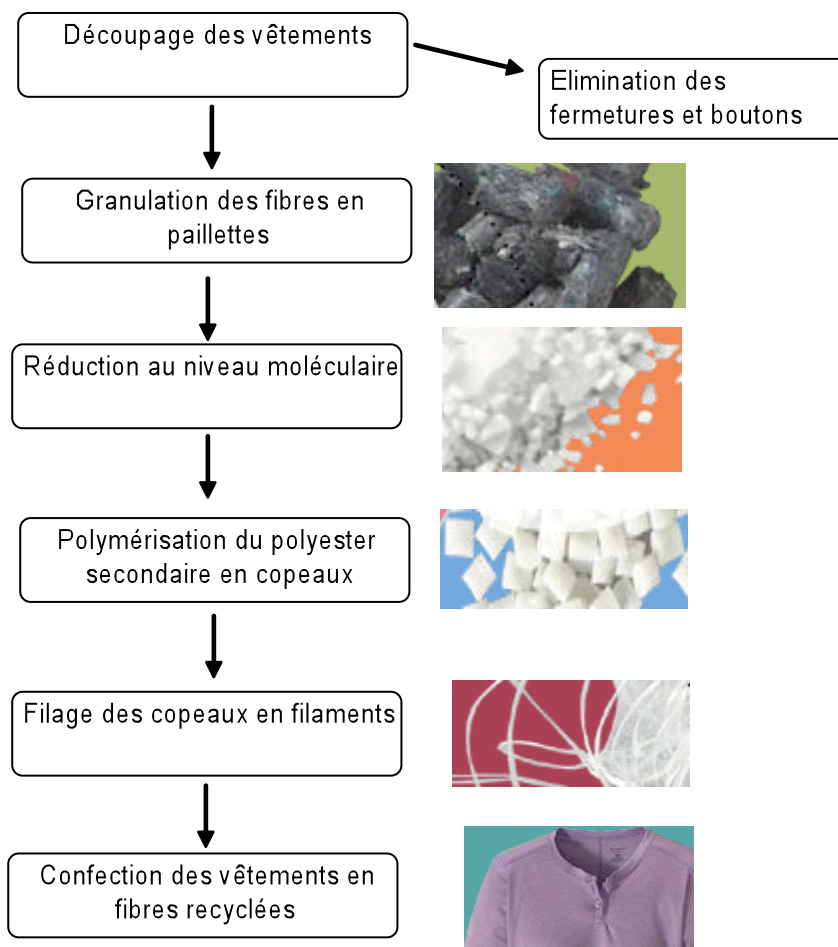
B. Le procédé

Le procédé regroupe les différentes étapes présentées dans la figure présentée ci-après :

Un tri matière manuel est réalisé afin d'éliminer aussi complètement que possible les 10% (environ) de produits non polyester. Ce tri manuel est simple car Teijin se concentre sur des gisements propres, mono-matière et homogènes. Teijin ne souhaite pas se lancer dans la valorisation de gisements trop « compliqués ». Compte tenu de la qualité des TLC en fin de vie, le taux de refus est faible (non quantifié toutefois).

La teneur en humidité des TLC en fin de vie et la présence de fermetures à glissière et de boutons ne constituent pas une contrainte car le procédé prévoit de les éliminer. Les vêtements collectés sont ensuite déchiquetés puis broyés.

Figure IV-1 : Présentation du procédé Eco-Circle de Teijin



Source : Patagonia, membre du programme Eco-Circle de Teijin (www.patagonia.com)

Le procédé de recyclage consiste en une dissolution, cristallisation puis repolymérisation de fibres de polyester. Les fibres recyclées obtenues ont la même qualité que les fibres vierges de polyester et peuvent être utilisées dans la fabrication de vêtements en substitution de fibres vierges.

C. L'enjeu en termes de marché

L'enjeu au plan quantitatif est difficile à évaluer. Cependant, les vêtements en polyester ainsi que d'autres produits (notamment sacs...) constituent un grand potentiel d'absorption des fibres en polyester recyclé.

D. Éléments économiques

L'économie du système est basée sur le paiement d'une cotisation par les membres, qui bénéficient en retour du label « Ecocircle ». Sans ce « gate fee » le procédé n'est pas intrinsèquement rentable.

De plus, le coût du recyclage chimique est a priori cher (rentabilité des investissements à réaliser). Le prix de la matière entrante n'est pas connu.

Le prix de la matière sortante (polyester recyclé) est vraisemblablement assez proche de celui du prix de la matière vierge compte-tenu de sa substitution.

E. Synthèse

Le tableau ci-dessous présente une petite synthèse du débouché étudié.

Tableau IV-1 : Synthèse – recyclage chimique de polyester

	Contraintes	Opportunités
Matière	- Mono-matière exigée : remise en cause de la collecte telle que pratiquée aujourd'hui en France	
Marché	- Développement difficile si basé sur le volontariat des entreprises	- Marché important : fabrication de vêtements en polyester
Economique	- Nécessité de repenser la collecte sélective - Technique peu à pas rentable	- Intérêt pour les utilisateurs de matière recyclée par rapport aux matières vierges

IV.2.2. Régénération chimique de textiles enduits de PVC

Le procédé identifié est le procédé de la société Taxyloop, basée en France.

A. L'origine des fibres

L'installation traite principalement des textiles issus de bâches polyester enduites de PVC. Néanmoins, l'installation ne refuse pas a priori de produit, elle propose de pratiquer des tests sur la base d'échantillon envoyés.

Les exigences concernant les produits portent sur la composition :

- les deux seules matières autorisées sont le PVC et le polyester ;
- tout accessoire (de type sangle, œillet...) est proscrit pour des questions de résistance du décanteur ;
- le poids du PVC doit représenter les 2/3 du poids total ;
- le grammage doit être compris entre 200 et 2000 g / m².

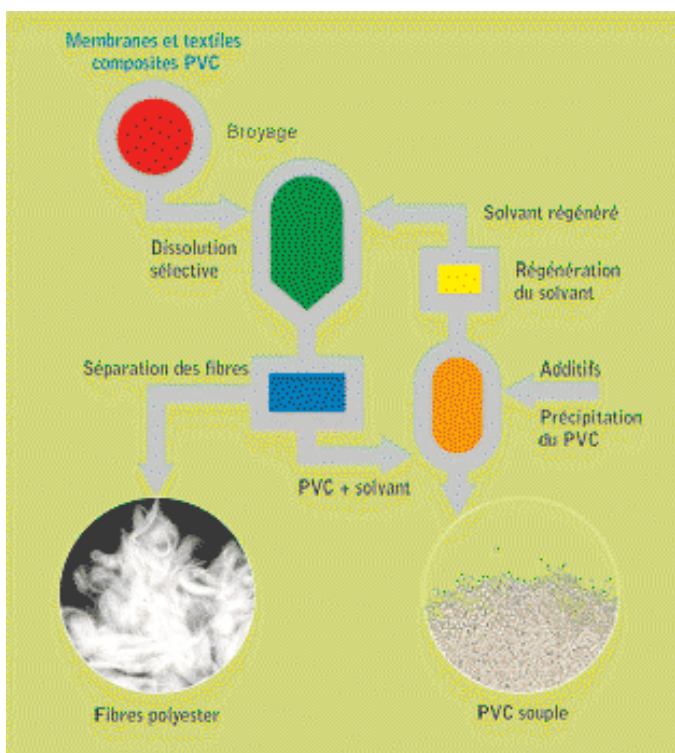
B. Le procédé

La société Taxyloop a mis en place en France différents points de collecte de bâches afin de favoriser le développement du recyclage y compris pour des tonnages de faibles volumes. Le transport est à la charge du client.

Le procédé consiste en un broyage puis une dissolution sélective du PVC qui permet de séparer les fibres du PVC. Le PVC est ensuite regranulé.

L'installation sera mise en service industriel fin 2009. La capacité est de 2000 t / an. Une installation basée uniquement sur le recyclage du PVC, est en place depuis 2003 (Vinyloop).

Figure IV-2 : Présentation du procédé Taxyloop



C. L'enjeu en termes de marché

Pour le polyester récupéré, Texyloop continue ses recherches afin d'identifier tous les débouchés possibles :

- Effilochage – cardage pour le rembourrage,
- Fabrication de non-tissés

Le nombre d'application possibles est encore inconnu, mais les débouchés semblent variés.

D. Eléments économiques

La difficulté de l'installation à ce jour réside dans les tonnages encore faibles traités.

Ceci peut notamment s'expliquer par un coût de recyclage de l'ordre de 300€ / t, qui peut être prohibitif comparé aux filières de fin de vie classiques (incinération ou mise en décharge). Pour rappel les coûts d'élimination des TLC se situent entre 100 et 120€/t.

Le prix des matières sortantes issues de ce type de procédé est assez proche du prix de la matière vierge : de l'ordre de 80 % de décote par rapport au prix de la matière vierge.

E. Synthèse

Le tableau ci-dessous présente une petite synthèse du débouché étudié.

Tableau IV-2 : Synthèse – recyclage chimique de textiles enduits de PVC

	Contraintes	Opportunités
Matière	- Fibres textiles enduites de PVC (exigence d'au moins 2/3 PVC)	
Marché	- Débouchés encore en recherche	- Débouchés qui semblent variés
Economique	- Frein pour le tri - Technique peu à pas rentable	

Note : D'autres procédés de recyclage chimique ont été identifiés mais n'ont pu être pleinement exploré car les prises de contacts n'ont pas permis d'obtenir d'informations.

- Procédé MIPAN-REGEN (société coréenne Hyosung) : recyclage chimique de tissus, filets et tapis en polyamide.

La matière recyclée est le nylon issu de chutes de production de fibres nylon-6 et de produits textiles en fin de vie (type tapis et moquettes).

Le procédé consiste en une dépolymérisation (recyclage chimique).

Le caprolactame produit est de qualité équivalente au produit vierge.

- Procédé ECOSENSOR

Ce procédé de recyclage chimique de fibres, vêtements et bouteilles en PET consiste en une dépolymérisation suivie d'une séparation /purification du monomère et enfin d'une polymérisation. Il est très proche dans son principe du procédé Ecocircle du groupe Teijin.

Dans une communication officielle en date du 26 mars 2009, Asahi-Kasei a annoncé qu'elle cessera prochainement son activité dans ce domaine, y compris la production de produits en polyester de son usine japonaise de Nobeoka. Teijin et Asahi-Kasei ont l'intention de mettre en commun leurs moyens dans le domaine du recyclage des produits en polyester.

V. Synthèse sur les débouchés «innovants»

Nous avons tenté d'évaluer les tonnages maximum qui pourraient être envoyés dans les différentes filières étudiées dans le cadre de cette étude. Certains ont fait l'objet d'une évaluation assez fine (ex : l'automobile, l'isolation des bâtiments). D'autres ont fait l'objet d'une évaluation plus grossière présentée ci-dessous :

- Béton-ciment := hypothèse de 2 % des bétons qui incorporent 0.2 % en poids de fibres, soit environ 10 000 t.
- Enrobés : donnée inconnue, à approfondir.
- Géotextiles : hypothèse de 2 % des géotextiles composés de fibres recyclées soit 2500 t
- Recyclage par compound : hypothèse de 2000 t
- Recyclage chimique : hypothèse de 2000 t.

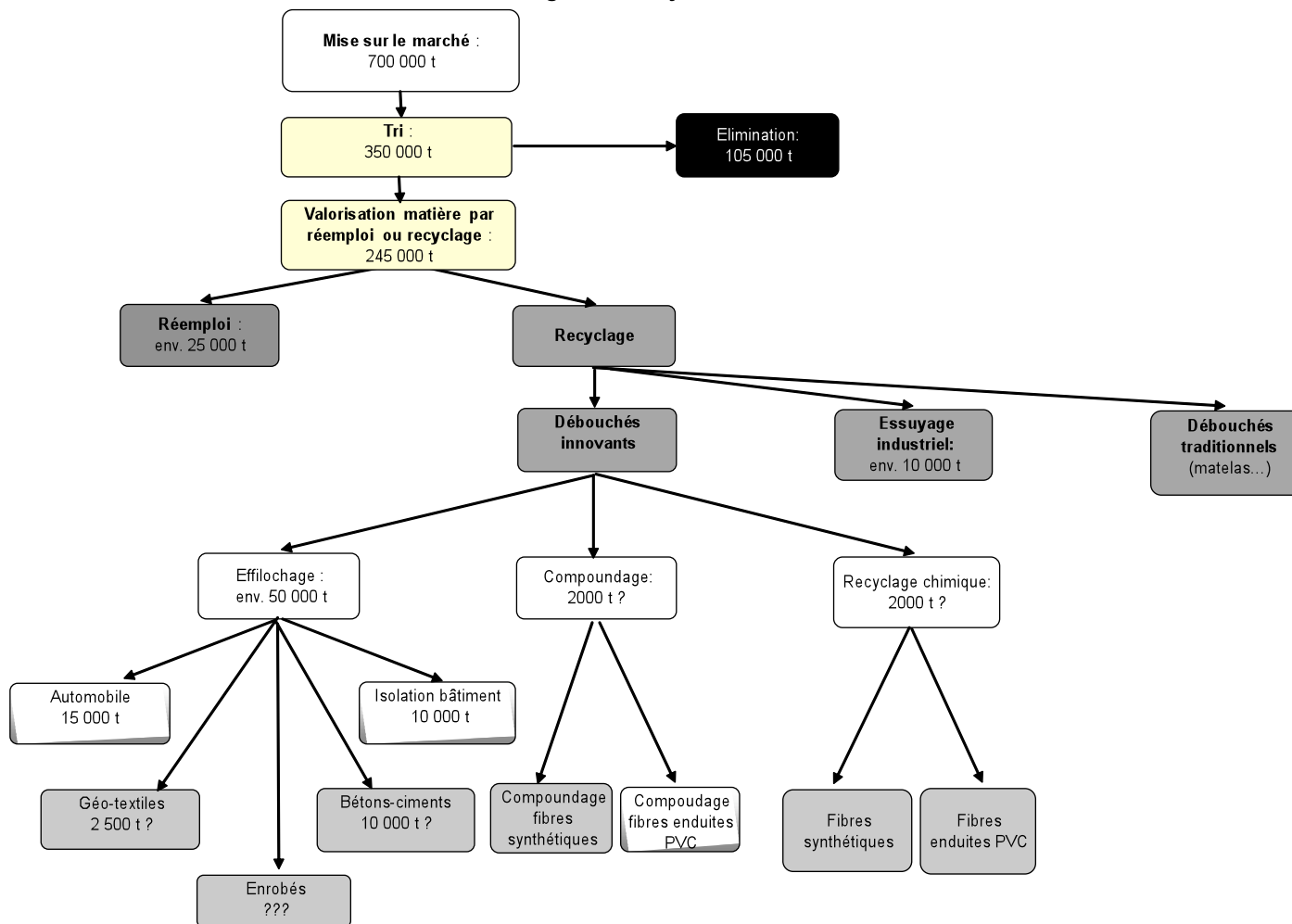
La somme de l'ensemble des tonnages évalués pour les débouchés innovants représente donc environ 50 000 t.

Pour rappel les objectifs d'ECO TLC en termes de valorisation matière par réemploi et recyclage est de 245 000 t.

Cela signifie que le recyclage via des filières innovantes ne représente que 20 % des objectifs d'Eco TLC. Par conséquent le développement de nouvelles filières sera encore nécessaire, ainsi que l'intensification des autres débouchés traditionnels (tant en réemploi qu'en recyclage).

La figure ci-dessous récapitule les débouchés étudiés et pouvant être source d'absorption des quantités à recycler dans le cadre des objectifs d'EcoTLC.

Figure V-1 : Synthèse sur les débouchés innovants



- Fibres en mélange
- Fibres synthétiques seulement

Le tableau ci-dessous récapitule la nature des fibres et les types de débouchés des filières étudiées.

Tableau V-1 : Nature des fibres requises par type de débouché et analyse de la maturité du marché

		Recyclage mécanique		Recyclage chimique	
		Par effilochage	Par compoundage	Teijin	Texyloop
Fibres	Type de fibres	Tous types	Fibres synthétiques	Fibres polyester Maîtrise de la collecte par le recycleur qui valide dès l'amont la façon de collecter via des partenariats avec des producteurs textiles	Fibres polyester enduites PVC
	Origine actuelle des fibres	Vêtements Fibres vierges	Chutes de productions	Vêtements	Bâches
Etat d'avancement	Degré d'innovation de la technique	Peu innovant (spécifique du secteur textile)	Peu innovant (spécifique du secteur plastique)	Innovant	Innovant
	Niveau de développement de la technique	++++	++	+	+
Débouché	Type d'application	Nombreuses : voitures, géotextiles	Nombreuses	Vêtements	Encore à l'étude mais a priori variées
	Résultats techniques du produit obtenu	+ / - élevé selon les applications : - géotextiles : mauvaise résistance mécanique pour applications en génie civil ; -véhicules : qualité moindre -isolation bâtiment : bonne qualité (isolation thermique et phonique) - béton, enrobés : qualité à évaluer	+	+++	+++
Marché	Potentiel de développement de marché	+++ (principalement bâtiments)	++	++	+
	Bilan économique	Coût de l'effilochage qui reste cher, mais certains débouchés permettent une reprise du produit à un haut prix (ex : isolation)	Achat des produits recyclés par les utilisateurs inférieur au vierge -> attractif, la demande pourrait croître	Coût du recyclage très élevé Problème de rentabilité	Problème de rentabilité

Le tableau ci-dessous récapitule les forces et faiblesses des différents procédés de recyclage étudiés.

Tableau V-2 : Forces et faiblesses des filières étudiées

		Recyclage mécanique		Recyclage chimique	
		Par effilochage	Par compoundage	EcoCircle	Texyloop
Forces et faiblesses	Freins identifiés pour la matière	<p>Effilochage :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Humidité -Couleur -Odeur -Inflammabilité (fibres naturelles), -Points durs (boutons, fermetures éclair...) -Hétérogénéité <p>Utilisation en géotextiles techniques dans les TP :</p> <p>Résistance</p> <p>Utilisation en béton et enrobé :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Taille des fibres -Résistance à la température -Dispersion des fibres 	<p>Nécessité de matière synthétique uniquement</p> <p>La part de textiles nécessaire peut être faible comparée au volume total d'incorporation</p>	<p>Nécessité d'un gisement mono-matière polyester très homogène</p>	<p>Nécessité d'une matière très spécifique en termes de cahier des charges (enduction PVC + aucun « accessoire »)</p>
	Opportunité	++	+	-	-
		<p>Marchés de niches assez porteurs : toits verts, isolation</p>	<p>Marché de niche actuellement</p> <p>Nombre d'applications très important</p> <p>Développement de techniques probables mais protection par des brevets</p>	<p>Difficile à transposer en France tant en terme de coût que d'organisation</p>	<p>Spécifique de produits textiles très particuliers</p>

Le tableau ci-dessous identifie les perspectives nécessaires au développement des filières.

Tableau V-3 : Adaptations nécessaires et besoins en R&D

		Recyclage mécanique		Recyclage chimique	
		Par effilochage	Par compoundage	EcoCircle	Texyloop
Adaptations nécessaires	Impact en termes de tri	Peu d'adaptation de la chaîne de production (et notamment de la chaîne de tri)	Nécessité de séparer des textiles 100 % synthétiques : difficile !	Nécessité de séparer les textiles 100 % synthétiques : difficile !	Nécessité de séparer les textiles 100 % synthétiques et enduits de PVC : difficile !
	Besoins en R&D	<p>A étudier : enrobés, ciment, bétons, autres applications en recherches (composites, filtration, produits électriques, produits de calage)</p> <p>Analyse du surcoût tri en ajoutant une étape de découpe / séparation des boutons, fermetures éclair par rapport aux différents marchés</p> <p>Etudier la généralisation du tri par spectrométrie infrarouge (cf. expérience produits électriques)</p>	<p>Analyser de façon plus fine le gisement de TLC en fin de vie par une caractérisation afin d'identifier si l'isolement de certaines pièces mono-matière est faisable à moindre coût</p>	<p>Repenser les modes de collecte par des voies partenariales avec des producteurs de textiles</p>	

VI. Conclusions

VI.1 La collecte

Conclusion 1 La collecte sélective provenant des ménages est composée de flux hétérogènes ; le tri manuel qui en découle ne permet pas de séparer finement les vêtements en fonction des fibres, des points durs ou des couleurs

Les produits issus des collectes sélectives sont fonction de la qualité des vêtements, de leur nature, de la mode... Cette hétérogénéité a pour conséquence plusieurs types de contraintes dans l'affinage du tri :

- Contrainte sur le niveau de séparation des fibres

Certains débouchés (ex : automobile, recyclage chimique, compoundage, géotextiles) nécessitent des fibres purement synthétiques.

Or les types de matières triées sont fonction des produits tels qu'ils sont confectionnés. Il est rarement possible d'obtenir des fibres synthétiques de façon isolée à partir des vêtements les plus communément collectés sélectivement dans la mesure où les vêtements sont en général composés d'un mélange de matières.

Il est en revanche généralement possible de séparer les fibres naturelles (les vêtements 100 % coton ou laine existent).

- Contraintes sur les points durs (fermetures à glissière, boutons...)

La majeure partie des débouchés innovants passe par une étape d'effilochage des fibres. Or la qualité de l'effilochage dépend de la qualité des produits sortant des centres de tri.

Les flux de vêtements usagés contiennent bien évidemment des éléments métalliques, plastiques ou autres qui peuvent poser des difficultés lors du recyclage (notamment lors de l'effilochage).

VI.2 Le recyclage des chaussures

Conclusion 2 Parmi les données sur le recyclage des TLC disponibles à ce jour et les travaux de recherche menés, aucune information n'a été fournie sur le recyclage des chaussures

Certains acteurs (Centre technique du Cuir, entreprises ayant mis en place des opérations commerciales comme Brantanno) ont été contactés mais aucune réponse ne nous a été apportée.

Les projets de reprises de chaussures existant actuellement portent toutes sur des démarches de réemploi.

VI.3 Le recyclage mécanique des TLC

VI.3.1. Techniques

Conclusion 3 Les systèmes de recyclage mécanique actuels nécessitent relativement peu d'innovation

Les systèmes de recyclage mécanique sont basés sur des techniques traditionnelles d'effilochage / nappage. En cela, elles diffèrent peu des systèmes traditionnellement utilisés par l'industrie textile pour la fabrication de non-tissés, et les contraintes sont les mêmes que pour les textiles vierges (y compris celles évoquées dans la conclusion 1).

L'enjeu en termes de qualité réside donc principalement, lors d'une substitution de la matière vierge, dans la qualité du tri et de l'effilochage.

VI.3.2. Débouchés

Conclusion 4 : Les secteurs d'application des textiles recyclés en recyclage mécanique sont diversement prêts à accepter des produits issus de TLC

- Le secteur automobile refuse à ce jour les TLC en fin de vie dans ses cahiers des charges pour des raisons de qualité et de coût (surcoûts nécessaire de l'adaptation du tri et de l'effilochage).

- Les géotextiles ne les acceptent que dans des applications à faibles valeur ajoutée, où les performances mécaniques sont peu importantes.
- Le secteur de l'isolation est un secteur prometteur en termes d'absorption de volumes et de coût et ne présente pas trop de contraintes techniques (mélanges de fibres possibles). Le coût des certifications de produits obtenus peut être lourd.
- D'autres secteurs sont des secteurs à explorer en termes de R&D : les bétons et ciments, les enrobés, les composites, les produits de calage...

Conclusion 5 Le secteur qui pourrait absorber les plus grosses quantités de textiles recyclés est actuellement l'industrie du bâtiment

Les produits recyclés sont déjà pour partie utilisés et ont fait leurs preuves auprès des industriels. Le recyclage consiste en la fabrication de feutres pour des matériaux d'isolation thermique (bâtiment).

Ce secteur est particulièrement sensible à son image environnementale et la demande des consommateurs ainsi que différentes démarches volontaires (HQE pour le bâtiment, éco-conception) sont des terrains favorables au développement du marché.

Les quantités estimées à ce jour sont cependant relativement faibles comparés aux objectifs de la filière : ce secteur représenterait environ 10 000 t ce qui est faible par rapport aux objectifs d'EcoTLC.

Conclusion 6 Certains secteurs comme l'automobile pourraient être développés si des accompagnements financiers étaient réalisés

L'un des freins identifiés pour le passage aux fibres recyclées issu de TLC en fin de vie est leur prix qui peut être plus élevé que le coût des fibres recyclées issues de chutes de production, dans la mesure où les TLC en fin de vie nécessiteraient des opérations supplémentaires (préparation avant l'effilochage).

Des accompagnements financiers pourraient être nécessaires pour développer de tels secteurs. Ils pourraient cibler d'une part des aides financières à l'amélioration des tris en amont de l'effilochage et d'autre part l'accompagnement de projets pilotes permettant d'évaluer la performance des produits obtenus à partir des fibres recyclées issues de TLC en fin de vie.

Conclusion 7 Certaines contraintes techniques existent pour l'ouverture de débouchés tels que les bétons et enrobés voire les géotextiles

Pour les bétons les contraintes sont de différents types :

- Contraintes d'approvisionnement et de nature de fibres

Pour la réalisation d'un béton ou d'un enrobé, même si la quantité de fibres requise est faible, il est nécessaire :

- Que ces fibres soient synthétiques
- Que leur approvisionnement soit en quantité suffisante pour l'ouvrage considéré
- Contraintes de mise en œuvre
 - Dispersion des fibres
 - Longueur des fibres
 - Résistance à de hautes températures

Néanmoins, l'utilisation de fibres recyclées dans ces secteurs est encore à l'état de R&D.

Pour les géotextiles les contraintes sont également à deux niveaux :

- Contraintes liées aux propriétés mécaniques
- Contraintes d'homogénéité des flux

C'est pourquoi de la R&D est nécessaire afin d'étudier les éventuelles possibilités pour les TLC en fin de vie.

VI.4 Le recyclage chimique des TLC

Conclusion 8 Les systèmes de recyclage chimique sont peu rentables et peu transposables à la France bien qu'ils permettent de sortir des produits de très haute qualité

Les systèmes de recyclage chimique identifiés sont essentiellement présents en Asie. Ils présentent des contraintes importantes :

- Pureté de la matière : les produits à utiliser doivent être mono-matières et synthétiques ; ils peuvent **nécessiter des collectes spécifiques, maîtrisées par les fabricants**, comme par exemple des **collectes en magasins**.
- Coût des procédés : ces procédés sont coûteux et pas rentables sans une mobilisation forte de partenaires qui contribuent financièrement au dispositif.

VI.5 Synthèse

Conclusion 9 : Les filières identifiées aujourd'hui en termes de débouchés innovants ne permettront pas à elles seules d'atteindre les objectifs de valorisation d'Eco TLC

L'ensemble des filières identifiées à ce jour comme prometteuses ne représentent que 20 % des objectifs de valorisation matière par recyclage et réemploi d'Eco TCL (50 000 t sur 245 000 t). Il conviendra par conséquent de développer d'autres dispositifs d'incitations pour trouver de nouvelles filières ou de renforcer les autres débouchés existants. Cela peut se faire par des appels à projets de R&D avec perspective de pilote rapprochée dans le temps. L'essuyage industriel devra être davantage développé par des incitations à n'utiliser que des produits recyclés.

VII. Recommandations

VII.1 Recommandations générales

Recommandation 1 : Etudier des pistes d'améliorations du tri en centre de tri sur les plans technique et économique pourrait permettre de mieux valoriser la matière

Certaines difficultés posées par le tri manuel pourraient être contournées par des outils automatiques :

- Le retrait des points durs

Si des techniques de déferrailage sont présentes sur toutes les effilocheuses, un tri en amont de l'effilochage et l'élimination de certains points durs permettrait une meilleure qualité de la matière entrante et une moindre réticence des effilocheurs à faire passer des vieux vêtements sur leurs machines. En effet, les points durs peuvent abîmer des machines, générer des inflammations de la matière...

Une étude technico-économique serait utile pour voir si la faisabilité technique d'une telle amélioration est envisageable et si le coût nécessaire permettrait de prétendre à des recettes supérieures pour les classeurs.

- Le tri par matière

Une technique a été mentionnée dans le cadre d'essais réalisés avec Legrand et une société d'insertion triant des vêtements. Dans ce cas, une séparation des textiles par matière, via un spectromètre infra rouge et une banque de données bien renseignée, semblait possible.

Il serait intéressant d'analyser la reproductibilité de ce dispositif.

Recommandation 2 : Etudier la possibilité d'autres modes de collecte comme la collecte en magasins peut être utile pour garantir la maîtrise de la nature et de la qualité de la matière

Certains débouchés (ex : automobile, recyclage chimique, compoundage, géotextiles) nécessitent des fibres purement synthétiques.

Le système de collecte mis en place en France est basé sur de la collecte en points d'apport volontaires ou porte à porte.

Pour certains textiles spécifiques, il existe dans certains pays des collectes mises en place dans les magasins où les textiles sont achetés. L'intérêt est la maîtrise de la nature du gisement et de sa qualité et permet de développer des filières telles que le recyclage chimique. Si ces opérations pourraient être intéressantes notamment pour les fibres synthétiques, il n'en reste pas moins que les quantités collectées par ce biais seraient vraisemblablement négligeables comparées au gisement total à collecter.

Note : une difficulté résiderait alors dans une diminution de la qualité du gisement qui resterait à collecter au plus près des ménages, qui de fait serait vraisemblablement encore plus difficile à valoriser.

Recommandation 3 : Le développement de l'éco-conception pourra permettre le développement de nouveaux débouchés.

Enfin, afin de mieux accompagner les textiles produits aujourd'hui vers un recyclage adéquat, les démarches d'éco-conception peuvent être intéressantes. En effet, si les fabricants de vêtements les conçoivent en pensant à leur possibilité de séparer les fibres, le tri et le recyclage n'en seront que facilités.

Par ailleurs d'autres pistes pourraient être développées, propres à certains types de matières utilisées, comme par exemple le compostage.

Note : Certains textiles se vendent déjà sur base de propriétés de biodégradabilité, tels que le textile Climatex, produit par la société Rohner AG en Suisse. Ce textile composé de trois matières (laine, polyester et ramie). Les chutes de production peuvent tant être utilisées dans la fabrication de non-tissé que comme mulch pour des activités de jardinage.

VII.2 Recommandations spécifiques à certains débouchés

Recommandation 4 : Les produits isolants à base de fibres recyclées doivent mieux être connus pour diffuser dans le marché

De la communication est nécessaire afin d'aider les produits issus de fibres recyclées à être reconnus sur le marché. Cette communication peut être accompagnée d'un argumentaire sur les intérêts d'utiliser des fibres recyclées, les performances des produits et leur positionnement coûts. Rappeler les avantages possibles (prêts à taux zéro, crédit d'impôt...) peut être utile. D'éventuels appuis des producteurs auprès des organismes certificateurs (CSTB) peuvent être nécessaires afin de faciliter les certifications de ces produits.

Recommandation 5 : Des tests pour réaliser des produits d'isolation phonique dans l'automobile doivent être financés avec l'utilisation de fibres issues de TLC

Ces tests doivent se faire sur la base d'une approche globale de la filière, depuis les centres de tri jusqu'aux utilisateurs finaux, en passant par les effilocheurs.

L'objectifs de ces tests seraient de mesurer comment les contraintes peuvent être levées et à quels coûts et d'évaluer l'impact financier qui serait nécessaire à l'ADEME pour de subventionner les investissements dans les différents sites de la filière.

Le second objectif de ces tests serait d'étudier les éventuels défauts de qualité obtenus.

Recommandation 6 : Davantage de R&D doit être réalisée et mise en valeur pour différentes applications qui pourraient être amenés à se développer

Certaines semblent très faciles à valoriser (cas des géotextiles en horticulture ou en végétalisation de toits). Il manque principalement de retours d'expériences et de validations en grandeur réelle, en mobilisant des entreprises.

D'autres sont davantage à explorer en termes de R&D en mobilisant des laboratoires. Il s'agit principalement des enrobés et bétons, mais aussi des systèmes de filtration, des systèmes de calage et produits électriques.

Recommandation 7 : Compte-tenu des éventuelles améliorations à réaliser en amont des procédés de recyclage des systèmes d'incitation à l'innovation seront nécessaires

Malgré une recherche exhaustive le constat réalisé est que les filières identifiées pour le recyclage des vêtements textiles ne seront pas suffisantes si les objectifs en, termes de collecte étaient remplis. Dès lors cela signifie que des appels à projets poussant à davantage d'innovation sont nécessaires, voire des accompagnements de projets pilotes (ex : tests pour des bétons, évolution des normes sur géotextiles, R&D sur composites ou filtration...), afin de développer de nouvelles potentialités de débouchés.

Tableau VII-1 : Synthèse des contraintes et perspectives pour chaque débouché

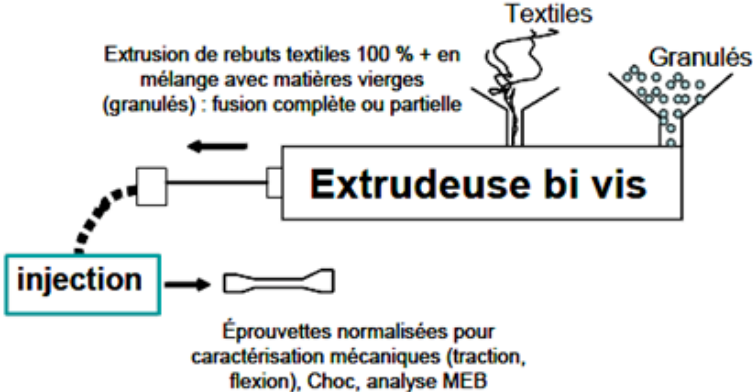
Type de débouché	Contraintes	Actions à mener
Isolation bâtiment	Produits encore méconnus Certification : coût	Communication Aide à la certification
Automobile	Cahier des charges prohibant l'utilisation des fibres TLC Tri et effilochage à adapter	Aide aux investissements pour améliorer le tri et l'effilochage Financement d'opérations de tests permettant la levée des interdictions des cahiers des charges
Géotextiles	Performances des produits réduites Certification : coût et contrainte restrictives à l'utilisation de TLC en fin de vie	Tests en R&D et réel dans des applications prometteuses Aide aux investissements pour améliorer le tri et l'effilochage Accompagnement à l'évolution de certifications ou normes
Bétons, enrobés	Marché encore en recherche	Aide aux investissements pour améliorer le tri et l'effilochage R&D pour étudier les contraintes
Autres débouchés	Marchés encore en recherche	Développer des accompagnements à l'innovation via des appels à projets

VIII. Annexes

VIII.1 Fiches descriptives

VIII.1.1. Par procédé


VIII.1.1.1 Compoundage de polyester

Société	MAPEA
Présentation	La société MAPEA est spécialisée dans la formulation de produits thermoplastiques. Suite à des essais de R&D financés par l'IFTH, elle a mis au point un procédé de compoundage de polyesters et matières plastiques. Ce procédé fait l'objet d'un brevet. Nous n'expliquerons que le principe général.
Contact	M. GENILLON ZAC du Parc Campille 42490 FRAISSES 04 77 40 18 38
Type de produit	COMPOUND DE POLYESTERS
Caractéristiques du débouché	<ul style="list-style-type: none"> • Innovant • Marché à quantifier
Description de l'application	<p>Le procédé consiste en un mélange des fibres textiles avec des matières plastiques. Puis intervient un procédé de fusion-regranulation (ou extrusion). Ce procédé est breveté.</p> <p>Techniquement, il serait possible d'incorporer 100 % de fibres textiles issus de TLC en fin de vie, mais les résultats en termes de qualité des plastiques seraient médiocres.</p> 
Critères d'entrée : origine des fibres	<p>Dans le cadre d'un projet de recherche et développement lancé avec l'IFTH, cette société a testé l'incorporation de résidus de textiles pré-consommateurs. Ces fibres sont des fibres synthétiques en mélange (polyester, polypropylène, nylon).</p> <p>Si les matières textiles entrantes étaient issues de vieux vêtements, les principaux freins identifiés sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ L'homogénéité des lots ▪ Le problème de la collecte ▪ Les risques d'inflammation en cas de présence de fibres de coton
Caractéristiques des produits obtenus et applications	<p>Les compounds obtenus présentent à la vue des résultats d'essais des propriétés intéressantes par rapport à la matière vierge :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Meilleure résistance mécanique (flexion, traction, choc) ▪ Meilleure tenue en température <p>Les compounds produits peuvent être utilisés dans de nombreuses techniques industrielles des matières plastiques en injection- moulage.</p>

État de l'art du tri et de la valorisation des textiles d'habillement, du linge de maison et des chaussures consommés par les ménages

Niveau de développement et potentiel d'évolution	<ul style="list-style-type: none"> Le niveau de développement est encore faible et son passage à l'étape industrielle est en cours. 																	
Aspects économiques	<p>Du point de vue du fabricant de matières plastiques utiliser des fibres recyclées est intéressant car le prix à l'entrée est de 10 à 20 % du prix des matières entrantes, c'est-à-dire entre 100 à 400 €/t.</p> <p>La matière sortant de l'installation est vendue entre 200 et 1000 € / t soit bien moins cher que de la matière vierge (suivant le type de polymère et l'évolution des cours). Le gain réel pour les clients est donc économique, même si à l'heure actuelle les besoins des clients ne sont pas exprimés en ces termes.</p>																	
Avantages et limites du procédé	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th align="center">☺ Opportunités</th> <th align="center">☹ Contraintes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Technique du procédé</td> <td>Procédé innovant</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Niveau de qualité requis</td> <td></td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Fibres synthétiques uniquement -> difficulté pour le tri car exigence d'une seule matière Exigences : pas de fibre naturelles </td> </tr> <tr> <td>Marché</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Applications très variées : besoins pouvant être important </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> Encore à des mises en œuvre industrielles de petite taille Le marché est encore peu demandeur. </td> </tr> <tr> <td>Aspects économiques</td> <td>Intérêt économique réel pour les utilisateurs de la matière recyclée : levier</td> <td>Impact négatif sur le tri (coûts de séparation)</td> </tr> </tbody> </table>				☺ Opportunités	☹ Contraintes	Technique du procédé	Procédé innovant		Niveau de qualité requis		<ul style="list-style-type: none"> Fibres synthétiques uniquement -> difficulté pour le tri car exigence d'une seule matière Exigences : pas de fibre naturelles 	Marché	<ul style="list-style-type: none"> Applications très variées : besoins pouvant être important 	<ul style="list-style-type: none"> Encore à des mises en œuvre industrielles de petite taille Le marché est encore peu demandeur. 	Aspects économiques	Intérêt économique réel pour les utilisateurs de la matière recyclée : levier	Impact négatif sur le tri (coûts de séparation)
	☺ Opportunités	☹ Contraintes																
Technique du procédé	Procédé innovant																	
Niveau de qualité requis		<ul style="list-style-type: none"> Fibres synthétiques uniquement -> difficulté pour le tri car exigence d'une seule matière Exigences : pas de fibre naturelles 																
Marché	<ul style="list-style-type: none"> Applications très variées : besoins pouvant être important 	<ul style="list-style-type: none"> Encore à des mises en œuvre industrielles de petite taille Le marché est encore peu demandeur. 																
Aspects économiques	Intérêt économique réel pour les utilisateurs de la matière recyclée : levier	Impact négatif sur le tri (coûts de séparation)																

VIII.1.1.2 Compound de textiles enduits de PVC

Société	CHAIZE S.A.	
Présentation	La société CHAIZE S.A. située à Buchelay (78), historiquement spécialisée dans le recyclage mécanique des plastiques spéciaux a mis au point un procédé de recyclage du PVC souple par densification à partir de textiles enduits de PVC issus de revêtements intérieurs des véhicules.	
Contact	B. CHAIZE Tél : 01-34-97-56-00	
Type de produit	COMPOUND DE TEXTILES ENDUIT DE PVC	
Caractéristiques du débouché	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Innovant ▪ Marché de niche 	
Description de l'application	<p>Le procédé de recyclage du PVC souple se passe en deux étapes :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Les chutes ou déchets de textiles sont déchiquetés ▪ Les fractions de textiles enduites de PVC passent ensuite dans un densifieur, dont le but est, par fonte des matériaux et trituration, de former des granulés de PVC contenant le textile. <p>En 2006, l'installation a produit 20 tonnes de granulés PEVECHOUC, 150 t en 2007 et 600 tonnes en 2008. En comparaison au recyclage des plastiques spéciaux, la production de PEVECHOUC n'est pas une activité marginale pour Chaize.</p>	
Critères d'entrée : origine des fibres	<p>Aujourd'hui, l'installation traite des chutes industrielles de PVC sur textile, ou de bâches usagées.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ L'installation traite essentiellement PVC sur textiles de type polyester ou polyamide. La part de PVC doit représenter environ 85 % de la matière. ▪ Si des gisements issus de TLC en fin de vie enduits de PVC (ex : cirés, imperméables) étaient apportés, il pourrait être possible de les traiter sous réserve de contrôles qualité. 	
Caractéristiques des produits obtenus et applications	<p>En sortie du procédé, les granulés de PEVECHOUC, des granulés de PVC, renfermant 15 à 30% de textiles, sont obtenus.</p> <p>Ces granulés peuvent ensuite être utilisés comme matière première dans différents secteurs d'activité :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Par injection, ils sont transformables dans des moules métalliques (acier ou aluminium) pour produire par exemple des bandages de roues (ex : poubelles, bétonnières, brouettes, caddies), des poignées, des semelles de chaussures, des tongs... ▪ Par calandrage en rouleaux de 300, 400 ou 650 mm de largeur et 0,8 mm épaisseur, le PEVECHOUC peut être utilisé en maroquinerie (ex : sacs, bagages), bâtiment (ex : isolation, drainage, protections, insonorisation),... 	
Niveau de développement et potentiel d'évolution	<p>L'entreprise CHAIZE S.A. compte aujourd'hui 5 salariés. Elle souhaite continuer le développement de cette technologie et en faire son activité principale. Pour l'instant centrée sur le traitement des chutes de production, cette entreprise pourrait également utiliser les certains textiles issus de PVC.</p> <p>L'entreprise espère pouvoir prochainement traiter les PVC sur textiles en coton.</p> <p>Bien qu'il n'y ait pas encore de débouché pérenne pour les granulés de PEVECHOUC, CHAIZE S.A. estime cependant que les perspectives de leur utilisation sont bonnes et que le traitement du volume actuel de chutes de PVC sur textiles peut trouver des applications.</p>	
Aspects économiques	<p>De lourds investissements ont été nécessaires à CHAIZE S.A. pour développer cette technologie de production du PEVECHOUC.</p> <p>Aujourd'hui, les chutes de PVC sur textiles sont achetées à faible coût voire obtenues sans coût de matière. En sortie, les granulés de PEVECHOUC peuvent être vendus jusqu'à 400 € la tonne.</p>	

État de l'art du tri et de la valorisation des textiles d'habillement, du linge de maison et des chaussures consommés par les ménages

Avantages et limites du procédé		☺ Opportunités	☹ Contraintes
	Technique du procédé	Procédé innovant	
	Niveau de qualité requis	- Fibres polyester et polyamide enduites.	- Pas encore de capacité de séparation fine du gisement des TLC en fin de vie - Obligation d'au moins 85 % de PVC
	Marché	- Nombreuses applications (plasturgie) - Marché de niche	- Débouchés non pérennes
	Aspects économiques	Intérêt pour les utilisateurs de matière recyclée par rapport aux matières vierges	Impact négatif sur le tri (coûts de séparation)

VIII.1.1.3 Recyclage chimique de fibres de polyester

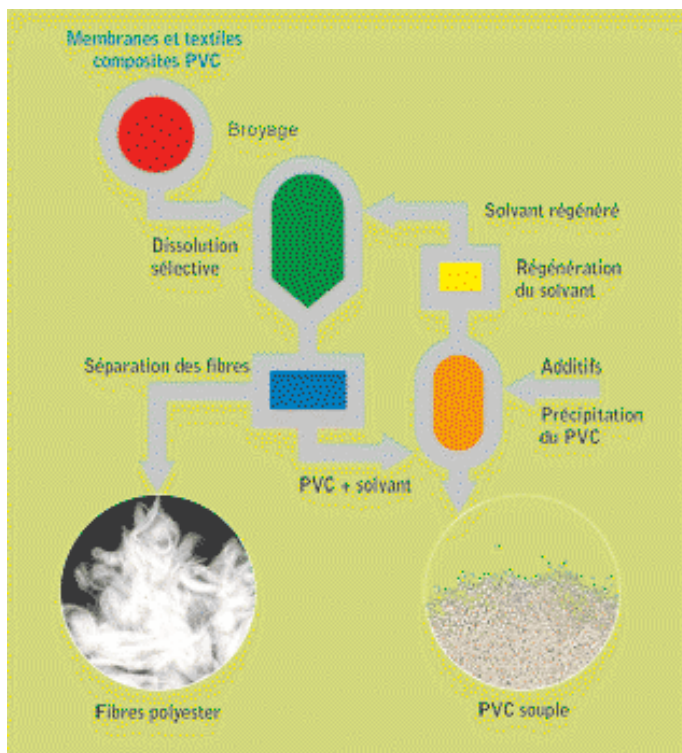
Société	TEIJIN
Présentation	Le procédé identifié est le procédé de la société Teijin, basée au Japon. Ce groupe produit environ 700 000 tonnes de polyester dans 6 usines dans le monde. Il exploite une unité de recyclage de polyester au Japon, à Matsuyama. Cette unité fonctionne depuis 2003. L'unité ne traite pas de bouteilles PET.
Contact	M. IKEDA et M. OKAWARA
Type de produit	RECYCLAGE CHIMIQUE DE FIBRES DE POLYESTER
Caractéristiques du débouché	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Innovant ▪ Pas rentable
Description de l'application	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Le procédé regroupe les différentes étapes présentées dans la figure présentée ci-après: ▪ Un tri matière manuel est réalisé afin d'éliminer aussi complètement que possible les 10% (environ) de produits non polyester. Ce tri manuel est simple car Teijin se concentre sur des gisements propres, mono-matière et homogènes. Compte tenu de la qualité des TLC en fin de vie, le taux de refus est faible (non quantifié toutefois). ▪ La teneur en humidité des TLC en fin de vie et la présence de fermetures à glissière et de boutons ne constituent pas une contrainte car le procédé prévoit de les éliminer. Les vêtements collectés sont ensuite déchiquetés puis broyés. ▪ Le procédé de recyclage consiste en une dissolution, cristallisation puis repolymérisation de fibres de polyester. <div style="text-align: center;"> <pre> graph TD A[Découpage des vêtements] --> B[Granulation des fibres en paillettes] A --> C[Elimination des fermetures et boutons] B --> D[Réduction au niveau moléculaire] D --> E[Polymérisation du polyester secondaire en copeaux] E --> F[Filage des copeaux en filaments] F --> G[Confection des vêtements en fibres recyclées] </pre> </div>

État de l'art du tri et de la valorisation des textiles d'habillement, du linge de maison et des chaussures consommés par les ménages

Critères d'entrée : origine des fibres	<p>L'origine des fibres est spécifiée par un cahier des charges exigeant principalement des fibres polyester.</p> <p>Le procédé est basé sur de la récupération de fibres issues de TLC collectés au travers de partenaires de la société Teijin, réunis dans le réseau Eco-Circle. Ce programme consiste à mobiliser différents partenaires, et regroupe des fabricants de produits finis en polyester ou grossistes, pour collecter sélectivement des TLC. Les clients peuvent retourner leurs vêtements en polyester soit par la poste soit en les déposant dans une boutique de la chaîne. Ces vêtements usés sont ensuite transportés par conteneurs à l'usine Teijin, où ils sont recyclés.</p>																
Caractéristiques des produits obtenus et applications	<p>Les fibres recyclées obtenues ont la même qualité que les fibres vierges de polyester et peuvent être utilisées dans la fabrication de vêtements en substitution de fibres vierges.</p>																
Niveau de développement et potentiel d'évolution	<ul style="list-style-type: none"> • Sa capacité est de 10 000 tonnes/an mais elle ne produit qu'environ 5 000 tonnes/an (environ 20 t/jour). La raison invoquée est la rentabilité d'exploitation par rapport à la filière "vierge", et non pas de difficultés d'approvisionnement en volume. Le but n'est pas de faire du volume mais de « soigner » une image environnementale. 																
Aspects économiques	<ul style="list-style-type: none"> • L'économie du système est basée sur le paiement d'une cotisation par les membres, qui bénéficient en retour du label « Ecocircle ». Sans ce « gate fee » le procédé n'est pas intrinsèquement rentable. • De plus, le coût du recyclage chimique est a priori cher (rentabilité des investissements à réaliser). Le prix de la matière entrante n'est pas connu. • Le prix de la matière sortante (polyester recyclé) est vraisemblablement assez proche de celui du prix de la matière vierge compte-tenu de sa substitution. 																
Avantages et limites du procédé	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th align="center">☺ Opportunités</th> <th align="center">☹ Contraintes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Technique du procédé</td> <td>Procédé innovant</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Niveau de qualité requis</td> <td></td> <td>Mono-matière exigée : remise en cause de la collecte telle que pratiquée aujourd'hui en France</td> </tr> <tr> <td>Marché</td> <td>- Marché important : fabrication de vêtements en polyester</td> <td>- Développement difficile si basé sur le volontariat des entreprises</td> </tr> <tr> <td>Aspects économiques</td> <td>Intérêt pour les utilisateurs de matière recyclée par rapport aux matières vierges</td> <td>- Nécessité de repenser la collecte sélective - Technique peu à pas rentable</td> </tr> </tbody> </table>			☺ Opportunités	☹ Contraintes	Technique du procédé	Procédé innovant		Niveau de qualité requis		Mono-matière exigée : remise en cause de la collecte telle que pratiquée aujourd'hui en France	Marché	- Marché important : fabrication de vêtements en polyester	- Développement difficile si basé sur le volontariat des entreprises	Aspects économiques	Intérêt pour les utilisateurs de matière recyclée par rapport aux matières vierges	- Nécessité de repenser la collecte sélective - Technique peu à pas rentable
	☺ Opportunités	☹ Contraintes															
Technique du procédé	Procédé innovant																
Niveau de qualité requis		Mono-matière exigée : remise en cause de la collecte telle que pratiquée aujourd'hui en France															
Marché	- Marché important : fabrication de vêtements en polyester	- Développement difficile si basé sur le volontariat des entreprises															
Aspects économiques	Intérêt pour les utilisateurs de matière recyclée par rapport aux matières vierges	- Nécessité de repenser la collecte sélective - Technique peu à pas rentable															

VIII.1.1.4 Recyclage chimique de textiles enduits de PVC

Société	TEXYLOOP
Présentation	<p>Texyloop est détenue par un joint venture entre Solvay et Ferrari.</p> <p>Texyloop® est une technologie dont les travaux de recherche et d'essais ont démarré en 1997. En 2005, un réseau de collecte de textiles en fin de vie a été mis en place avec différents lieux de regroupement en France et en Europe (Lille, Rouen, Nantes, La Rochelle, Bordeaux, Paris, Périgueux, Foix, Millau, Nîmes, Nice, Nancy, Belfort, Clermont-Ferrand, Lyon, La Tour du Pin).</p>
Contact	<p>Mme DUHAMEL FERRARI/TEXYLOOP SAS Zone Industrielle BP 54 38352 LA TOUR DU PIN CEDEX Tel : 04 74 97 41 33</p>
Type de produit	RECYCLAGE CHIMIQUE DE TEXTILES ENDUITS DE PVC
Caractéristiques du débouché	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Innovant ▪ Marché de niche
Description de l'application	<p>La société Texyloop a mis en place en France différents points de collecte de bâches afin de favoriser le développement du recyclage y compris pour des tonnages de faibles volumes. Le transport est à la charge du client.</p> <p>Le procédé consiste en un broyage puis une dissolution sélective du PVC qui permet de séparer les fibres du PVC. Le PVC est ensuite regranulé.</p> <p>L'installation sera mise en service industriel fin 2009. La capacité est de 2000 t / an.</p>



État de l'art du tri et de la valorisation des textiles d'habillement, du linge de maison et des chaussures consommés par les ménages

Critères d'entrée : origine des fibres	<p>L'installation traite principalement des textiles issus de bâches polyester enduites de PVC. Néanmoins, l'installation ne refuse pas a priori de produit, elle propose de pratiquer des tests sur la base d'échantillon envoyés.</p> <p>Les exigences concernant les produits portent sur la composition :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ les deux seules matières autorisées sont le PVC et le polyester ; ▪ tout accessoire (de type sangle, œillet...) est proscrit pour des questions de résistance du décanteur ; ▪ le poids du PVC doit représenter les 2/3 du poids total ; ▪ le grammage doit être compris entre 200 et 2000 g / m2. 															
Caractéristiques des produits obtenus et applications	<p>Le procédé permet la récupération de deux types de produits :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Le PVC recyclé ▪ Le polyester. Pour le polyester récupéré, Texyloop continue ses recherches afin d'identifier tous les débouchés possibles : ▪ Effilochage – cardage pour le rembourrage, ▪ Fabrication de non-tissés <p>Le nombre d'application possibles est encore inconnu, mais les débouchés semblent variés.</p>															
Niveau de développement et potentiel d'évolution	<p>L'installation sera mise en service industriel fin 2009. La capacité est de 2000 t / an.</p>															
Aspects économiques	<p>La difficulté de l'installation à ce jour réside dans les tonnages encore faibles traités.</p> <p>Ceci peut notamment s'expliquer par un coût de recyclage de l'ordre de 300€ / t, qui peut être prohibitif comparé aux filières de fin de vie classiques (incinération ou mise en décharge). Pour rappel les coûts d'élimination des TLC se situent entre 100 et 120€/t.</p> <p>Le prix des matières sortantes issues de ce type de procédé est assez proche du prix de la matière vierge : de l'ordre de 80 % de décote par rapport au prix de la matière vierge.</p>															
Avantages et limites du procédé	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;"></th> <th style="width: 35%; text-align: center;">☺ Opportunités</th> <th style="width: 35%; text-align: center;">☹ Contraintes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Technique du procédé</td> <td>Procédé innovant</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Niveau de qualité requis</td> <td>.</td> <td>Fibres textiles enduites de PVC (exigence d'au moins 2/3 PVC)</td> </tr> <tr> <td>Marché</td> <td>- Débouchés qui semblent variés</td> <td>Débouchés encore en recherche</td> </tr> <tr> <td>Aspects économiques</td> <td></td> <td>- Frein pour le tri - Technique peu à pas rentable</td> </tr> </tbody> </table>		☺ Opportunités	☹ Contraintes	Technique du procédé	Procédé innovant		Niveau de qualité requis	.	Fibres textiles enduites de PVC (exigence d'au moins 2/3 PVC)	Marché	- Débouchés qui semblent variés	Débouchés encore en recherche	Aspects économiques		- Frein pour le tri - Technique peu à pas rentable
	☺ Opportunités	☹ Contraintes														
Technique du procédé	Procédé innovant															
Niveau de qualité requis	.	Fibres textiles enduites de PVC (exigence d'au moins 2/3 PVC)														
Marché	- Débouchés qui semblent variés	Débouchés encore en recherche														
Aspects économiques		- Frein pour le tri - Technique peu à pas rentable														

VIII.1.2. Par type de débouché

VIII.1.2.1 Automobile

Secteur	Automobile																			
Type de produit	<p>FEUTRES POUR ISOLATION ACOUSTIQUE</p> <p>Les feutres ont essentiellement une fonction d'insonorisation dans un véhicule. Deux types de feutres sont recherchés :</p> <p>Sans tenue mécanique : entre la tôle et les roues, au niveau des tablettes, de la plage arrière, dans le pavillon (intérieur du plafond)</p> <p>Avec tenue mécanique : tablier du véhicule (frontière entre le moteur et l'habitacle), habillage du coffre (sous la moquette), sous le capot</p>																			
Caractéristiques du débouché	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Traditionnel ▪ Freins pour développer le potentiel 																			
Description de l'application	<p>Ces fibres « recyclées » sont issues d'effilochés (coton, PP, polyester).</p> <p>Le procédé après l'effilochage est fonction des exigences en matière de tenue mécanique en cas d'utilisation pour le tablier du véhicule (frontière entre le moteur et l'habitacle), l'habillage du coffre (sous la moquette) ou sous le capot.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Besoin en termes de tenue mécanique</th> <th>Elevé</th> <th>Faible</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Type d'application</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • tablier du véhicule (frontière entre le moteur et l'habitacle), • habillage du coffre (sous la moquette), • sous le capot </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> • entre la tôle et les roues, • au niveau des tablettes, de la plage arrière, • dans le pavillon (intérieur du plafond) </td> </tr> <tr> <td>Procédé après effilochage</td> <td>Cardage-aiguilletage</td> <td>Traitement air-laid</td> </tr> <tr> <td>Densité du produit obtenu</td> <td>100-200 kg /m3</td> <td>50 kg / m3</td> </tr> <tr> <td>Matières composant le feutre</td> <td>Fibres synthétiques</td> <td>Coton</td> </tr> <tr> <td>% fibres recyclées</td> <td>20 à 30 %</td> <td>70-80 %</td> </tr> </tbody> </table>		Besoin en termes de tenue mécanique	Elevé	Faible	Type d'application	<ul style="list-style-type: none"> • tablier du véhicule (frontière entre le moteur et l'habitacle), • habillage du coffre (sous la moquette), • sous le capot 	<ul style="list-style-type: none"> • entre la tôle et les roues, • au niveau des tablettes, de la plage arrière, • dans le pavillon (intérieur du plafond) 	Procédé après effilochage	Cardage-aiguilletage	Traitement air-laid	Densité du produit obtenu	100-200 kg /m3	50 kg / m3	Matières composant le feutre	Fibres synthétiques	Coton	% fibres recyclées	20 à 30 %	70-80 %
Besoin en termes de tenue mécanique	Elevé	Faible																		
Type d'application	<ul style="list-style-type: none"> • tablier du véhicule (frontière entre le moteur et l'habitacle), • habillage du coffre (sous la moquette), • sous le capot 	<ul style="list-style-type: none"> • entre la tôle et les roues, • au niveau des tablettes, de la plage arrière, • dans le pavillon (intérieur du plafond) 																		
Procédé après effilochage	Cardage-aiguilletage	Traitement air-laid																		
Densité du produit obtenu	100-200 kg /m3	50 kg / m3																		
Matières composant le feutre	Fibres synthétiques	Coton																		
% fibres recyclées	20 à 30 %	70-80 %																		
Critères d'entrée : origine des fibres	<p>Actuellement les fibres recyclées proviennent principalement de chutes de production de vêtements. Les principales matières recherchées sont le coton et les fibres synthétiques (PP, polyester).</p> <p>Les obstacles majeurs invoqués à l'utilisation de TLC en fin de vie concernent :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ les points durs (boutons fermetures éclair) qui viennent perturber les machines lors de l'effilochage et peuvent générer des incendies (parties métalliques) ; ▪ la densité des produits tissés, qui ne permet pas une bonne libération des fibres à l'effilochage ; ▪ l'humidité des produits (et donc le risque de moisissures) ; ▪ l'odeur ; ▪ la présence de poussières dans l'effiloché. ▪ Cependant, un certain nombre de ces freins peuvent être en partie contournés : <ul style="list-style-type: none"> ▪ par l'amélioration du tri en amont des effilocheuses ; ▪ par l'amélioration de la performance des effilocheuses (meilleure libération des fibres) ; ▪ par des traitements antifongiques. 																			
Caractéristiques des produits obtenus et applications	<p>Les produits obtenus répondent au cahier des charges des fabricants qui interdisent l'utilisation de fibres issues de TLC en fin de vie (tolérance).</p>																			

État de l'art du tri et de la valorisation des textiles d'habillement, du linge de maison et des chaussures consommés par les ménages

<p>Niveau de développement et potentiel d'évolution</p>	<p>Cette application utilise de manière traditionnelle des chutes neuves. Les exigences sont fortes et conduisent les fabricants de feutres à appliquer des cahiers des charges très sévères vis-à-vis des effilocheurs (pas d'effilochés issus de TLC en fin de vie).</p> <p>L'enjeu en termes de volumes est important et équivalent à l'actuel: 15 kg de feutres par véhicule en moyenne, dont environ 50 % peut venir de recyclé soit 7.5 kg de recyclé par véhicule.</p> <p>Le marché de la voiture neuve en France était, en 2008, de 2 millions de véhicules neufs mis sur le marché par an, soit une utilisation de 15 000 tonnes de feutres recyclés. Cela représente environ 6 % des tonnages à recycler selon les objectifs d'ECO TLC.</p> <p>Cependant, le marché n'est pas susceptible d'évoluer si des actions parallèles ne sont pas mises en place :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ la levée de la non-acceptation par les constructeurs automobiles pour les fibres issues de TLC en fin de vie ▪ l'intervention des pouvoirs publics ou d'EcoTLC dans l'accompagnement financier des surcoûts d'effilochage pour aider au développement de cette filière. 																
<p>Aspects économiques</p>	<p>En moyenne, les matières textiles issues de chutes de production sont collectées à environ 100 €/t par les effilocheurs.</p> <p>La matière effilochée est achetée par les utilisateurs (les équipementiers automobiles ou leurs fournisseurs) à 300 € / t. A titre de comparaison, ce coût pour la matière vierge (coton) est 3 à 5 fois plus cher (ce qui fait que cette matière vierge n'est en réalité pas utilisée par les équipementiers).</p> <p>La matière recyclée à partir de vieux vêtements devrait coûter au global plus cher qu'à partir de chutes de production compte-tenu d'un coût de collecte et tri plus élevé (améliorations nécessaires).</p>																
<p>Avantages et limites du procédé</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;"></th> <th style="width: 35%; text-align: center;">☺ Opportunités</th> <th style="width: 35%; text-align: center;">☹ Contraintes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Technique du procédé</td> <td>Procédé traditionnel</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Niveau de qualité requis</td> <td></td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Pas de fibres issues de TLC en fin de vie aujourd'hui - Fortes exigences en matière d'effilochage (pas d'éléments métalliques, pas de fibres coton pour certaines applications) - Odeur / Humidité - Poussières </td> </tr> <tr> <td>Marché</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Marché potentiellement important mais bloqué actuellement par les exigences ces constructeurs - Si une augmentation des coûts d'approvisionnement a lieu, elle pourrait être favorable aux TLC en fin de vie produits plus localement </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Exigences élevées fragilisant les classeurs : si la qualité n'est pas au rendez-vous, les fournisseurs sont abandonnés. - Nécessité d'adapter les chaînes de tri / d'effilochage. </td> </tr> <tr> <td>Aspects économiques</td> <td></td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Les TLC en fin de vie représentent un surcoût par rapport aux matières neuves recyclées car il serait nécessaire d'adapter la matière avant l'effilochage. </td> </tr> </tbody> </table>			☺ Opportunités	☹ Contraintes	Technique du procédé	Procédé traditionnel		Niveau de qualité requis		<ul style="list-style-type: none"> - Pas de fibres issues de TLC en fin de vie aujourd'hui - Fortes exigences en matière d'effilochage (pas d'éléments métalliques, pas de fibres coton pour certaines applications) - Odeur / Humidité - Poussières 	Marché	<ul style="list-style-type: none"> - Marché potentiellement important mais bloqué actuellement par les exigences ces constructeurs - Si une augmentation des coûts d'approvisionnement a lieu, elle pourrait être favorable aux TLC en fin de vie produits plus localement 	<ul style="list-style-type: none"> - Exigences élevées fragilisant les classeurs : si la qualité n'est pas au rendez-vous, les fournisseurs sont abandonnés. - Nécessité d'adapter les chaînes de tri / d'effilochage. 	Aspects économiques		<ul style="list-style-type: none"> - Les TLC en fin de vie représentent un surcoût par rapport aux matières neuves recyclées car il serait nécessaire d'adapter la matière avant l'effilochage.
	☺ Opportunités	☹ Contraintes															
Technique du procédé	Procédé traditionnel																
Niveau de qualité requis		<ul style="list-style-type: none"> - Pas de fibres issues de TLC en fin de vie aujourd'hui - Fortes exigences en matière d'effilochage (pas d'éléments métalliques, pas de fibres coton pour certaines applications) - Odeur / Humidité - Poussières 															
Marché	<ul style="list-style-type: none"> - Marché potentiellement important mais bloqué actuellement par les exigences ces constructeurs - Si une augmentation des coûts d'approvisionnement a lieu, elle pourrait être favorable aux TLC en fin de vie produits plus localement 	<ul style="list-style-type: none"> - Exigences élevées fragilisant les classeurs : si la qualité n'est pas au rendez-vous, les fournisseurs sont abandonnés. - Nécessité d'adapter les chaînes de tri / d'effilochage. 															
Aspects économiques		<ul style="list-style-type: none"> - Les TLC en fin de vie représentent un surcoût par rapport aux matières neuves recyclées car il serait nécessaire d'adapter la matière avant l'effilochage. 															
<p>Recommandations</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lever la contrainte imposée par les cahiers des charges constructeurs : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Par des tests produits (financés) ▪ Par l'amélioration des chaînes de tri en amont de l'effilochage (financement) ▪ Prendre en charge le surcoût lié aux investissements nécessaires pour le tri et l'effilochage. 																

VIII.1.2.2 Isolation dans le bâtiment

Secteur	Isolation dans le bâtiment
Type de produit	<p>FEUTRE POUR ISOLATION BATIMENT</p> <ul style="list-style-type: none"> Les fibres textiles présentent de bonnes qualités acoustiques, thermiques et hygrométriques nécessaires à tout matériau d'isolation.
Contacts	<ul style="list-style-type: none"> Le Relais : Mme CONTE (03 21 01 77 77) ISOA : Mme DUMONTIER (02 51 28 88 31) et Mme DARCOURT (02 51 28 28 09 ou 05)
Caractéristiques du débouché	<ul style="list-style-type: none"> Innovant Marché en croissance (mais niche dans le secteur)
Description de l'application	<ul style="list-style-type: none"> Depuis quelques années, certains fabricants traditionnels d'isolants ainsi que d'autres acteurs, comme Le Relais, se sont lancés dans l'utilisation de fibres textiles issues de TLC en fin de vie pour le marché de l'isolation. Après l'effilochage, les fibres sont mélangées à des fibres polyester vierges thermo fusibles, qui lors du passage dans un four à 170 °C vont s'agglomérer de façon homogène. Certains producteurs (ex : ISOA) réalisent des traitements ignifuges et antifongiques et bactériens. Deux types de produits ont été identifiés : <ul style="list-style-type: none"> L'isolant Métisse développé par Le Relais L'isolant BatiCoton développé par ISOA
Critères d'entrée : origine des fibres	<ul style="list-style-type: none"> Les fibres utilisées proviennent des tris réalisés dans les centres de tri et se composent en majorité de coton et d'un mélange de textiles (laine-acrylique) ou de coton + laine.
Caractéristiques des produits obtenus et applications	<p>Les performances des produits sont satisfaisantes et parfois même plus intéressantes que les matières « traditionnelles » d'isolation telles que la laine de verre :</p> <ul style="list-style-type: none"> Conductivité thermique d'isolation thermique élevé : 0.037 W/mK (laine de verre autour de 0.045) Bon gonflant (lié à la laine principalement qui évite l'affaissement) Très bonne performance acoustique Longue durée de vie <p>Afin d'être connus et utilisés par les professionnels, ces produits nécessitent en général des certifications dont les cahiers des charges peuvent être lourds et les coûts élevés.</p>
Niveau de développement et potentiel d'évolution	<ul style="list-style-type: none"> Les volumes produits via pour ce type de débouchés sont encore faibles (780 t/an pour ISOA, 150 t/an pour le Relais en 2008) mais le potentiel est important. <p>En termes de surfaces, le marché de l'isolation représente 140 millions de mètres carrés / an.</p> <ul style="list-style-type: none"> Les vendeurs de produits recyclés estiment que leur potentiel de part de marché sur le secteur des isolants est de 2 % du marché des matériaux isolants ce qui représente environ 9800 t/ an. La laine de verre reste majoritaire du fait essentiellement de son prix compétitif. <p>L'un des atouts pour le développement de ce marché est la sensibilisation croissante des consommateurs et maîtres d'ouvrage aux matériaux « écologiques » qui regroupe les fibres végétales et les fibres recyclées. Pour les fabricants de produits à base de fibres recyclées, ce marché en croissance des matériaux à base de fibres végétales n'est pas considéré comme un concurrent de celui des produits à base de fibres recyclées, au contraire, il permet également un développement conjoint de ce marché.</p>

État de l'art du tri et de la valorisation des textiles d'habillement, du linge de maison et des chaussures consommés par les ménages

<p>Aspects économiques</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ L'achat de la matière première recyclée effilochée varie entre 250 € / et 350 € t ; il est de 700 € / t si le coton est vierge. ▪ Le prix de vente du produit fini se situe entre le prix des laines minérales (2 €/ m2) et celui des laines de chanvre (10 € /m2) ; il est sensiblement le même pour des fibres recyclées issues de fibres vierge ou de fibres recyclées. ▪ Comparées à des fibres vierges, l'utilisation de fibres recyclées permet de réduire le coût total de fabrication de l'isolant car la matière première achetée est moins chère. ▪ Note : Le coût du traitement (fongique + ignifuge) représente environ 30 % du coût. Le coût de certification peut représenter des sommes importantes pour les entreprises ▪ Le prix de vente de l'isolant en fibre recyclée est 2 à 3 fois plus élevé que ses concurrents à base de laine minérale. Mais le produit recyclé est sur un créneau « haut de gamme », avec des durées de vie plus élevées. ▪ De plus, il existe en France des incitations financières existantes peuvent permettre d'accompagner la commercialisation de ces produits : crédit d'impôt, prêt à taux zéro. 																
<p>Avantages et limites du procédé</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 20%;"></th> <th style="width: 40%; text-align: center;">☺ Opportunités</th> <th style="width: 40%; text-align: center;">☹ Contraintes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Technique du procédé</td> <td>Procédé simple et connu</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Niveau de qualité requis</td> <td>Possibilité de mélange fibres coton / fibres synthétiques voire laine</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Marché</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Marché relativement important en termes de tonnages - Débouché qui a fait ses preuves - Demande en produits écologiques croissante dans le secteur de la construction (l'intérêt pour des matières comme le chanvre est également porteur pour le recyclé) </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Exigences élevées fragilisant les classeurs : si la qualité n'est pas au rendez-vous, les fournisseurs sont abandonnés. - Nécessité d'adapter les chaînes de tri / d'effilochage. </td> </tr> <tr> <td>Aspects économiques</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Très bonne performance - Les classeurs parviennent à l'équilibre - Pas de surcoût de tri (pas de nécessité d'adaptation des chaînes) </td> <td>Positionnement plus cher que ses concurrents à base de laine minérale</td> </tr> </tbody> </table>		☺ Opportunités	☹ Contraintes	Technique du procédé	Procédé simple et connu		Niveau de qualité requis	Possibilité de mélange fibres coton / fibres synthétiques voire laine		Marché	<ul style="list-style-type: none"> - Marché relativement important en termes de tonnages - Débouché qui a fait ses preuves - Demande en produits écologiques croissante dans le secteur de la construction (l'intérêt pour des matières comme le chanvre est également porteur pour le recyclé) 	<ul style="list-style-type: none"> - Exigences élevées fragilisant les classeurs : si la qualité n'est pas au rendez-vous, les fournisseurs sont abandonnés. - Nécessité d'adapter les chaînes de tri / d'effilochage. 	Aspects économiques	<ul style="list-style-type: none"> - Très bonne performance - Les classeurs parviennent à l'équilibre - Pas de surcoût de tri (pas de nécessité d'adaptation des chaînes) 	Positionnement plus cher que ses concurrents à base de laine minérale	
	☺ Opportunités	☹ Contraintes															
Technique du procédé	Procédé simple et connu																
Niveau de qualité requis	Possibilité de mélange fibres coton / fibres synthétiques voire laine																
Marché	<ul style="list-style-type: none"> - Marché relativement important en termes de tonnages - Débouché qui a fait ses preuves - Demande en produits écologiques croissante dans le secteur de la construction (l'intérêt pour des matières comme le chanvre est également porteur pour le recyclé) 	<ul style="list-style-type: none"> - Exigences élevées fragilisant les classeurs : si la qualité n'est pas au rendez-vous, les fournisseurs sont abandonnés. - Nécessité d'adapter les chaînes de tri / d'effilochage. 															
Aspects économiques	<ul style="list-style-type: none"> - Très bonne performance - Les classeurs parviennent à l'équilibre - Pas de surcoût de tri (pas de nécessité d'adaptation des chaînes) 	Positionnement plus cher que ses concurrents à base de laine minérale															
<p>Recommandation</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mieux faire connaître les produits par : <ul style="list-style-type: none"> ▪ De l'aide à la communication ▪ De l'accompagnement à la certification 																

VIII.1.2.3 Géotextiles

Secteur	Géotextile
Type de produit	<p>GEOTEXTILES</p> <p>Les principales fonctions des géotextiles sont de :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Séparer en évitant le mélange de deux sols ou matériaux de remblai de nature différente, ▪ Filtrer en maintenant le sol et permettant le passage de fluides à travers ou dans son plan, ▪ Améliorer le drainage en collectant et transportant les eaux pluviales, souterraines et/ou d'autres fluides dans son plan, ▪ Répartir plus efficacement les charges imposées aux sols, améliorer les propriétés mécaniques du sol ou d'autres matériaux de construction, ▪ Lutter contre l'érosion, en limitant ou évitant les mouvements du sol principalement sur une surface inclinée.
Caractéristiques du débouché	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Emergent, à approfondir par des retours d'expériences ▪ Potentiel important
Description de l'application	<p>A partir d'effiloché, un produit non-tissé est fabriqué après une étape de cardage puis aiguilletage.</p> <p>Les caractéristiques techniques à considérer dans le cas de géotextiles sont en général :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Le grammage (masse/m²) ; ▪ La résistance à la traction ; ▪ L'allongement à la rupture ; ▪ La perméabilité ; ▪ La porosité.
Critères d'entrée : origine des fibres	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aujourd'hui, la plupart des géotextiles incorporent des fibres vierges. Les fibres recyclées utilisées proviennent principalement de chutes de production. ▪ Certaines applications peuvent utiliser des TLC en fin de vie, mais il est nécessaire que les fibres soient synthétiques.
Caractéristiques des produits obtenus et applications	<p>Les contraintes actuelles identifiées pour les géotextiles avec des fibres recyclées sont notamment des pertes de propriétés mécaniques :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Perte de résistance (textile plus cassant) ▪ Diminution de la durée de vie. ▪ Ces pertes de propriétés sont handicapantes notamment pour les applications en génie civil. ▪ Pour compenser cela il est nécessaire de faire appel à des surépaisseurs qui rendent le produit non-compétitif. ▪ Aussi les applications actuelles sont plutôt bas de gamme : ▪ Étanchéités de bassins, de toiture ▪ Feutres de protection de surface lors de travaux dans le bâtiment. <p>Des essais à des étapes non industrielles pour des nappes d'irrigation (maintien d'une bonne humidité des plantes en serre) et des toits végétalisés se sont révélés très prometteurs.</p>

État de l'art du tri et de la valorisation des textiles d'habillement, du linge de maison et des chaussures consommés par les ménages

<p>Niveau de développement et potentiel d'évolution</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Le marché des géotextiles représente en Europe environ 120 000 t. C'est un marché en pleine croissance. Cependant aujourd'hui peu d'applications utilisent des fibres recyclées. ▪ Il manque à ce jour de développements industriels soutenus dans des applications à haute valeur ajoutée pour pouvoir s'assurer de la pérennité. ▪ Certaines certifications et normes limitent également l'incorporation de fibres recyclées dans certaines applications. 															
<p>Aspects économiques</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les défauts de qualité aujourd'hui observés (plus faible résistance mécanique notamment) inciteraient à développer des surépaisseurs, ce qui vient renchérir le coût. 															
<p>Avantages et limites du procédé</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th align="center">☺ Opportunités</th> <th align="center">☹ Contraintes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Technique du procédé</td> <td>Procédé classique</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Niveau de qualité requis</td> <td></td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Fibres synthétiques principalement - Chutes de production principalement - Pertes de propriétés mécaniques pour les fibres issues de TLC en fin de vie </td> </tr> <tr> <td>Marché</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Marché relativement important en termes de tonnages - Opportunités sur certains secteurs spécifiques : toitures végétalisées et horticulture </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Marché très technique - Utilisation aujourd'hui cantonnée à des applications à faible valeur ajoutée. - Certification ou normes freinant le développement du marché </td> </tr> <tr> <td>Aspects économiques</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Exigence de fibres synthétiques : difficile pour les classeurs </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Nécessité de surépaisseurs pour les géotextiles de génie civil -> surcoût - Systèmes sans recycler parfois peu coûteux (cas des nappes d'irrigation) </td> </tr> </tbody> </table>		☺ Opportunités	☹ Contraintes	Technique du procédé	Procédé classique		Niveau de qualité requis		<ul style="list-style-type: none"> - Fibres synthétiques principalement - Chutes de production principalement - Pertes de propriétés mécaniques pour les fibres issues de TLC en fin de vie 	Marché	<ul style="list-style-type: none"> - Marché relativement important en termes de tonnages - Opportunités sur certains secteurs spécifiques : toitures végétalisées et horticulture 	<ul style="list-style-type: none"> - Marché très technique - Utilisation aujourd'hui cantonnée à des applications à faible valeur ajoutée. - Certification ou normes freinant le développement du marché 	Aspects économiques	<ul style="list-style-type: none"> - Exigence de fibres synthétiques : difficile pour les classeurs 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessité de surépaisseurs pour les géotextiles de génie civil -> surcoût - Systèmes sans recycler parfois peu coûteux (cas des nappes d'irrigation)
	☺ Opportunités	☹ Contraintes														
Technique du procédé	Procédé classique															
Niveau de qualité requis		<ul style="list-style-type: none"> - Fibres synthétiques principalement - Chutes de production principalement - Pertes de propriétés mécaniques pour les fibres issues de TLC en fin de vie 														
Marché	<ul style="list-style-type: none"> - Marché relativement important en termes de tonnages - Opportunités sur certains secteurs spécifiques : toitures végétalisées et horticulture 	<ul style="list-style-type: none"> - Marché très technique - Utilisation aujourd'hui cantonnée à des applications à faible valeur ajoutée. - Certification ou normes freinant le développement du marché 														
Aspects économiques	<ul style="list-style-type: none"> - Exigence de fibres synthétiques : difficile pour les classeurs 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessité de surépaisseurs pour les géotextiles de génie civil -> surcoût - Systèmes sans recycler parfois peu coûteux (cas des nappes d'irrigation) 														
<p>Recommandations</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Valider par des tests en réels la faisabilité technique dans des secteurs spécifiques, prometteurs et haute valeur ajoutée par l'accompagnement de projet R&D voire de développement ▪ Accompagner les modifications nécessaires dans les centres de tri pour séparer les fibres synthétiques ▪ Aider à la certification de produits contenant des fibres recyclées pour démontrer la faisabilité. 															

VIII.1.2.4 Ciments et bétons

Secteur	Ciments et bétons																								
Type de produit	<p>FIBRES DE RENFORCEMENT</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ L'intérêt d'incorporer des fibres dans ces matériaux de structure est le renforcement de leurs propriétés mécaniques : résistance à la compression, diminution du craquellement... ▪ Lorsque les charges appliquées au béton s'approchent de la charge de rupture, les fissures se propagent, parfois rapidement. L'incorporation de fibres longues dans le béton permet d'arrêter le développement de la fissuration et fournit ainsi une propriété d'armature. Les fibres courtes et discontinues ont quant à elles l'avantage de se mélanger et de se disperser dans le béton de façon uniforme. 																								
Caractéristiques du débouché	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Encore au stade de R&D ▪ Potentiel important en volume mais validité technique à confirmer 																								
Description de l'application	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ces fibres sont généralement incorporées à raison de 0,2 à 2 % en volume. En règle générale, les fibres sont éparpillées au hasard dans le béton ; mais on peut aligner les fibres dans la direction des contraintes, et obtenir ainsi de meilleures résistances en traction et en flexion. 																								
Critères d'entrée : origine des fibres	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Le marché est développé avec des fibres minérales (fibres d'acier, de verre). Les fibres textiles sont également présentes mais essentiellement vierges. Le marché du recyclé sur base de produits type moquettes en fin de vie. Les fibres issues de TLC en fin de vie ne sont pas présentes aujourd'hui dans cette application. 																								
Caractéristiques des produits obtenus et applications	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les produits sortants répondent aux mêmes caractéristiques que les bétons renforcés avec des fibres vierges. <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Acier</th> <th>Verre</th> <th>Polypropylène</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Diamètre en µm</td> <td>5-500</td> <td>9-15</td> <td>7,5</td> </tr> <tr> <td>Densité</td> <td>7.8</td> <td>2.6</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>Allongement de rupture en %</td> <td>3-4</td> <td>2-3,5</td> <td>20,0</td> </tr> <tr> <td>Module d'élasticité, en GPa</td> <td>200</td> <td>80</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Résistance en traction, en GPa</td> <td>1-3</td> <td>2-3</td> <td>0.5</td> </tr> </tbody> </table> <p>Comparées au polypropylène, les fibres en nylon incorporées dans le Nycon G dans les mêmes proportions présentent une résistance à la compression supérieure dès 7 jours. Elles permettent également de réduire la quantité de ciment à apporter.</p>		Acier	Verre	Polypropylène	Diamètre en µm	5-500	9-15	7,5	Densité	7.8	2.6	0.9	Allongement de rupture en %	3-4	2-3,5	20,0	Module d'élasticité, en GPa	200	80	5	Résistance en traction, en GPa	1-3	2-3	0.5
	Acier	Verre	Polypropylène																						
Diamètre en µm	5-500	9-15	7,5																						
Densité	7.8	2.6	0.9																						
Allongement de rupture en %	3-4	2-3,5	20,0																						
Module d'élasticité, en GPa	200	80	5																						
Résistance en traction, en GPa	1-3	2-3	0.5																						
Niveau de développement et potentiel d'évolution	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cette application manque de recul pour s'assurer de la faisabilité technique et opérationnelle de l'utilisation de fibres issues de TLC. ▪ En France, en 2007 les produits en béton représentent 29 millions de tonnes et le béton prêt à l'emploi 35 millions de m³. Notons que tous les bétons ne nécessiteront pas nécessairement de fibres. ▪ Un potentiel de marché serait l'incorporation de 0,2 % en volume dans environ 5 % des bétons soit 11 300 t de fibres. 																								

État de l'art du tri et de la valorisation des textiles d'habillement, du linge de maison et des chaussures consommés par les ménages

Aspects économiques	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A l'heure actuelle, nous disposons de peu d'éléments économiques. ▪ Les seuls éléments fournis par Nycon indiquent que les moquettes en fin de vie arrivent gratuitement à l'installation de recyclage. Si le coût de traitement n'est pas communiqué, il est important de souligner que malgré ces coûts de procédés les fibres recyclées incorporées dans le Nycon-G semblent compétitives par rapport aux matières vierges (Nylon vierge : 1600 €/t). ▪ Cependant, séparer les fibres synthétiques et naturelles nécessiterait le développement de techniques très spécifiques car la majorité des vêtements sont constitués de mélanges de fibres vierges et synthétiques. 																
Avantages et limites du procédé	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;"></th> <th style="width: 35%; text-align: center;">☺ Opportunités</th> <th style="width: 35%; text-align: center;">☹ Contraintes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Technique du procédé</td> <td></td> <td>Procédé innovant et mal connu</td> </tr> <tr> <td>Niveau de qualité requis</td> <td></td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Pas de fibres issues de TLC en fin de vie - Fibres synthétiques uniquement -> difficulté pour le tri car exigence d'une seule matière (polypropylène et nylon) </td> </tr> <tr> <td>Marché</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Marché relativement important en termes de tonnages </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - D'autres utilisations de fibres plus traditionnelles (acier, verre...) présentent moins de risques - Marché encore en expérimentation : peu de développements industriels </td> </tr> <tr> <td>Aspects économiques</td> <td></td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Coût vraisemblablement élevé car nécessité d'adapter les techniques de séparations / tri - La rentabilité du dispositif repose souvent sur l'utilisation d'une matière première reprise à coût nul </td> </tr> </tbody> </table>			☺ Opportunités	☹ Contraintes	Technique du procédé		Procédé innovant et mal connu	Niveau de qualité requis		<ul style="list-style-type: none"> - Pas de fibres issues de TLC en fin de vie - Fibres synthétiques uniquement -> difficulté pour le tri car exigence d'une seule matière (polypropylène et nylon) 	Marché	<ul style="list-style-type: none"> - Marché relativement important en termes de tonnages 	<ul style="list-style-type: none"> - D'autres utilisations de fibres plus traditionnelles (acier, verre...) présentent moins de risques - Marché encore en expérimentation : peu de développements industriels 	Aspects économiques		<ul style="list-style-type: none"> - Coût vraisemblablement élevé car nécessité d'adapter les techniques de séparations / tri - La rentabilité du dispositif repose souvent sur l'utilisation d'une matière première reprise à coût nul
	☺ Opportunités	☹ Contraintes															
Technique du procédé		Procédé innovant et mal connu															
Niveau de qualité requis		<ul style="list-style-type: none"> - Pas de fibres issues de TLC en fin de vie - Fibres synthétiques uniquement -> difficulté pour le tri car exigence d'une seule matière (polypropylène et nylon) 															
Marché	<ul style="list-style-type: none"> - Marché relativement important en termes de tonnages 	<ul style="list-style-type: none"> - D'autres utilisations de fibres plus traditionnelles (acier, verre...) présentent moins de risques - Marché encore en expérimentation : peu de développements industriels 															
Aspects économiques		<ul style="list-style-type: none"> - Coût vraisemblablement élevé car nécessité d'adapter les techniques de séparations / tri - La rentabilité du dispositif repose souvent sur l'utilisation d'une matière première reprise à coût nul 															
Recommandations	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Valider par des tests la faisabilité technique par l'accompagnement de projet R&D voire de développement ▪ Accompagner les modifications nécessaires dans les centres de tri pour séparer les fibres synthétiques 																

VIII.1.2.5 Enrobés

Secteur	Enrobés
Type de produit	<p>ENROBES RENFORCES AVEC DES FIBRES</p> <p>L'intérêt d'incorporer des fibres dans ces matériaux de surface consiste à améliorer l'absorption du bitume par l'enrobé, en évitant deux types de phénomènes :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ des phénomènes d'orniérage qui peuvent se produire sur les routes du fait d'un manque d'homogénéité lors de l'incorporation des bitumes ; ▪ des phénomènes de glaçage (la couche de roulement devient lisse et glissante) peuvent également se produire sur les routes après un ressuage (le bitume ressort de l'enrobé bitumineux pour revenir en surface), si le bitume est en excès.
Caractéristiques du débouché	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Encore au stade de R&D ▪ Potentiel important en volume (à mieux quantifier) mais validité technique à confirmer
Description de l'application	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les fibres sont effilochées, cardées puis coupées à des tailles qui satisfont les utilisateurs (environ 10 mm maximum). ▪ Les fibres peuvent être mélangées au liant préalablement ou introduites dans le mélange à sec ou encore après incorporation du bitume.
Critères d'entrée : origine des fibres	<p>A l'heure actuelle les seules fibres ayant été incorporées dans les enrobés sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Des fibres de verre ; ▪ Des fibres végétales (ex : chanvre, lin) ; ▪ Des fibres de cellulose ; ▪ Des fibres plastiques (broyats de pare-chocs, broyats de bouteilles PVC (SCREG Route, années 1980 du siècle. ▪ Des fibres issues de TLC en fin de vie ne sont pas présentes aujourd'hui dans cette application.
Caractéristiques des produits obtenus et applications	<p>Les contraintes sur les fibres citées par des laboratoires de recherches en granulés sont les suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ La tenue de la fibre : il est fondamental que le matériau soit imputrescible ; ▪ La taille de la fibre : elle doit être suffisamment grande pour assurer d'éventuelles propriétés d'armatures, mais pas trop car alors leur dispersion est plus difficile. (0,5 à 10 mm) ▪ La dispersion des fibres : il est fondamental que les fibres soient correctement dispersées de façon à ne pas développer de conglomerats qui créeraient des nids de poule sur la chaussée ; généralement les fibres textiles peuvent poser des problèmes car elles présentent des ondulations propices aux conglomerats. ▪ La résistance à de hautes températures ; en effet, la majeure partie des enrobés sont fabriqués à chaud (températures comprises entre 160 et 180 C).
Niveau de développement et potentiel d'évolution	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cette application manque de recul pour s'assurer de la faisabilité technique et opérationnelle de l'utilisation de fibres issues de TLC. ▪ Le marché des enrobés bitumineux représente 41,8 millions de tonnes par an. Cependant seuls certains enrobés contiendront des fibres recyclées. Les enrobés qui seraient concernés sont les enrobés bitumineux minces ▪ Les fibres plastiques recyclées (broyats de pare-chocs) ne représentaient que 0.3 % de l'enrobé en poids.

État de l'art du tri et de la valorisation des textiles d'habillement, du linge de maison et des chaussures consommés par les ménages

Aspects économiques	<ul style="list-style-type: none"> ▪ L'approvisionnement constitue un frein économique. Contrairement à la production d'autres types de fibres (papetières notamment), les fibres textiles sont généralement disséminées chez plusieurs producteurs pour répondre aux quantités nécessaires dans le cas d'un enrobé. ▪ Si les fabricants d'enrobés n'ont pas réellement pratiqué d'essais sur des TLC en fin de vie, il n'en reste pas moins que certains laboratoires se sont montrés intéressés. La première étape d'une telle démarche viserait à caractériser les fibres pouvant être obtenues par le biais du tri et de l'effilochage, avant même la réalisation d'essais. ▪ Cependant, séparer les fibres synthétiques et naturelles nécessiterait le développement de techniques très spécifiques car la majorité des TLC sont constitués de mélanges de fibres vierges et synthétiques. 																
Avantages et limites du procédé	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;"></th> <th style="width: 35%; text-align: center;">☺ Opportunités</th> <th style="width: 35%; text-align: center;">☹ Contraintes</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Technique du procédé</td> <td></td> <td>Procédé innovant et mal connu</td> </tr> <tr> <td>Niveau de qualité requis</td> <td></td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Fibres synthétiques uniquement -> difficulté pour le tri car exigence d'une seule matière - Les exigences vis-à-vis des fibres sont nombreuses </td> </tr> <tr> <td>Marché</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Marché relativement important en termes de tonnages </td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - Peu d'essais réalisés </td> </tr> <tr> <td>Aspects économiques</td> <td></td> <td> <ul style="list-style-type: none"> - La dispersion géographique des sites d'effilochage peut constituer un coût élevé d'approvisionnements - Coût vraisemblablement élevé car nécessité d'adapter les techniques de séparations / tri - Inconnu </td> </tr> </tbody> </table>			☺ Opportunités	☹ Contraintes	Technique du procédé		Procédé innovant et mal connu	Niveau de qualité requis		<ul style="list-style-type: none"> - Fibres synthétiques uniquement -> difficulté pour le tri car exigence d'une seule matière - Les exigences vis-à-vis des fibres sont nombreuses 	Marché	<ul style="list-style-type: none"> - Marché relativement important en termes de tonnages 	<ul style="list-style-type: none"> - Peu d'essais réalisés 	Aspects économiques		<ul style="list-style-type: none"> - La dispersion géographique des sites d'effilochage peut constituer un coût élevé d'approvisionnements - Coût vraisemblablement élevé car nécessité d'adapter les techniques de séparations / tri - Inconnu
	☺ Opportunités	☹ Contraintes															
Technique du procédé		Procédé innovant et mal connu															
Niveau de qualité requis		<ul style="list-style-type: none"> - Fibres synthétiques uniquement -> difficulté pour le tri car exigence d'une seule matière - Les exigences vis-à-vis des fibres sont nombreuses 															
Marché	<ul style="list-style-type: none"> - Marché relativement important en termes de tonnages 	<ul style="list-style-type: none"> - Peu d'essais réalisés 															
Aspects économiques		<ul style="list-style-type: none"> - La dispersion géographique des sites d'effilochage peut constituer un coût élevé d'approvisionnements - Coût vraisemblablement élevé car nécessité d'adapter les techniques de séparations / tri - Inconnu 															
Recommandations	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Valider par des tests la faisabilité technique par l'accompagnement de projet R&D voire de développement ▪ Accompagner les modifications nécessaires dans les centres de tri pour séparer les fibres synthétiques 																

VIII.2 Liste de contacts pris

- Pouvoirs publics, Fédérations

Pays	Structure	Contact	Adresse	Téléphone	e-mail
Europe	EURATEX Association européenne des fabricants de textiles	Adil ELMASSI	24, rue Montoyer; Bte. 10 1000 Bruxelles Belgique	00 32 2 285 48 80	Adil.ElMassi@eur atex.org
Europe	EUPR Association européenne des recycleurs de plastiques	Antonino FURNARINO	Avenue de Cortenbergh 66 P.O. Box 4 1000 Bruxelles Belgique	00 32 2 742 96 82	
Royaume-Uni	DEFRA Ministère de l'Environnement	Dorothy MAXWELL	Area 5D Ergon House 17, Smith Square London SW1P 3JR Royaume Uni	+44 207 238 4869	Dorothy.maxwell @defra.gsi.gov.uk
Suisse	OFEV	M.GERBER	Office fédéral de l'environnement OFEV, 3003 Berne Suisse	00 41 (0)31 322 93 11	
Japon	Plastic Waste Management Institute	M. YAMAWAKI	Sumitomorokko Bldg.,1-4-1 Shinkawa,Chuo-ku,Tokyo 104-0033,Japan	81 3 3297 7511	
Japon	Japanese Chemical Fibre Association Osaka.	M. MATSUMOTO	5th Fl.,Osaka-Kagakusen-i Kaikan, 4-6-8,Kawara- machi,Chuo-ku,Osaka 541- 0048	81 6 6231 6781	
Chine	China Chemical Fiber Association (CCFA)	Lin Shidong, secrétaire général de la CCFA Recycled Fiber Commission www.ccfa.com.c n	East Chang at 12th, 100742, Beijing, China	+86 (10) 8522 9434	

État de l'art du tri et de la valorisation des textiles d'habillement, du linge de maison et des chaussures consommés par les ménages

• Consultants, chercheurs

Pays	Structure	Contact	Adresse	Téléphone	e-mail
Belgique	Centexbel Centre scientifique et technique de l'industrie textile belge	Stijn DEVAERE	Technologiepark 7 9052 Zwijnaarde Belgique	00 32 9 220 41 51	
Belgique	COBEREC Association des recycleurs	Jan VERMOUSEN	Rue des Comédiens 16/22 Bte 7 1000 Bruxelles Belgique	00 32 (0)2 223 08 01	
Royaume-Uni	Demontford University (Leicester) Textile Engineering and Manufacturing	Matthew HORNE		00 44 (0) 116257 7550	mhorne@dmu.ac.uk
Royaume-Uni	Oakdene Hollins	Nick MORLEY Ian Mc GILL	Pembroke Court, 22-28 Cambridge Street, Aylesbury HP20 1RS, Royaume Uni	00 44 1296 423915	nick.morley@oakdenehollins.co.uk
Royaume-Uni	TRA Association	Alan WHEELER	Textile Recycling Association PO Box 965 Chart Sutton Maidstone ME17 3WD Royaume Uni www.textile-recycling.org.uk	00 440870 042 8276	info@textile-recycling.org.uk
Royaume Uni	Center for Cement and Concrete	Kypros PILAKOUTAS	k.pilakoutas@sheffield.ac.uk	University Sheffield SI F. Mappin Building Mappin Street S31JD =sheffield Royaume Uni	

• Classeurs

Pays	Structure	Contact	Adresse	Téléphone	e-mail
France	Le Relais	Lucie CONTE	Le Relais 62700 Bruay la Bussière	03 21 01 77 77	

État de l'art du tri et de la valorisation des textiles d'habillement, du linge de maison et des chaussures consommés par les ménages

• Recycleurs

Pays	Structure	Contact	Adresse	Téléphone	e-mail
Belgique	PROCOTEX (effilochage)	M.CHABOT Nicolas DOUCHY (directeur des achats)	Rue 8 Théodor Klüber - B- 7711 – Dottignies Belgique	00 32 (0)56 48 38 88	n.douchy@procotex.com
Belgique	HUPPERTS PAUL ET FILS SPRL (effilochage)	Paul HUPPERTS	Rue Tivoli 6 4821 Dison	00 32 87 33 07 91	
Inde	Kishco (effilochage)		25-55-56, Empire Building, 138, D.N. Road, Mumbai – 400 001 Inde http://www.kishcogroup.com/ www.kishcogroup.com/textile.html	00 91 22 66336241/2	kishco@vsnl.com
France	CHAIZE		5 chemin des Meuniers 78200 Buchelay	01 34 97 56 00	
France	TEXYLOOP	Mme DUHAMEL	ZI - 38110 LA TOUR DU PIN	04 74 97 41 33	Nathalie.duhamel@tesf.fr
Japon	Teijin (recyclage chimique)	Mr. Ikeda et Mr. Okawara (Teijin) Osaka Tokyo			
Italie	Dipartimento di Meccanica e Tecnologie Industriali, Université de Florence	Rocco Furferi	Universita' di Firenze Dipartimento di Meccanica e Tecnologie Industriali Via Santa Marta, 3 - 50139 Firenze - Italy	00 39 0554796396 00 39 3204644761	rocco.furferi@unifi.it
Espagne	RB Fibres	Toni Riberra	PTDA LesCreus, 15 03450 Banyeres de Mariola Alicante		rrbfibres@vodafone.es

État de l'art du tri et de la valorisation des textiles d'habillement, du linge de maison et des chaussures consommés par les ménages

- Utilisateurs de matières recyclées

Pays	Structure	Contact	Adresse	Téléphone	e-mail
France	ISOA (isolation)	Mme DUMONTIER	ZI le Roudier 24110 Saint Astier	02 51 28 88 31	
France	ISOA (isolation)	Mme DAR COURT	94 route de la roche 85 210 Sainte-Hermine	02 51 28 28 09 ou 05	
France	SICAM (géotextiles)	M. NAVARRO	BP 1 81240 Albine	05 63 97 58 40	
France	MAPEA (plasturgie)	M. GENILLON	ZAC du Parc Campille 42490 FRAISSES	04 77 40 18 38	
France	RIETER (automobile)	M.CASULLI		01 30 95 09 60	
France	Laboratoire des Ponts et Chaussées (LCPC) (enrobés)	M. BROSSAUD Mme DELAROCHE	Centre de Nantes du LCPC Route de Bouaye BP 4129 44341 Bouguenais cedex	02 40 84 58 00	
France	Eurovia (enrobés)	M.MAZE		05 57 92 07 50	
France	Colas (enrobés)	M.MORGADES	Laboratoire Central de recherches	01 39 30 93 00	
France	Legrand (pièces électriques et produits de calage)-	M. Joachim CORREA	Responsable Laboratoire Central Matériaux	05.55.06.82.68	joachim.correa@le grand.fr
USA	Nycon - Pureearth (bétons)	M. Paul BRACEGIRDLE		215 639 87 55	pbracegirdle@pur earth.inc

- Autres informations (les sociétés ont été contactées mais n'ont pas fourni d'informations) :
 - Société Hyosung: procédé MIPAN REGEN (recyclage de tissus, filets et tapis en polyamide)
 - Société Hyosung : procédé REGEN Polyestyer (recyclage de bouteilles plastiques)
 - Société Hoagey Group : procédé Eco Sensor
 - Société ANSAR (Prato) : utilisation de fibres recyclées pour l'automobile et les appareils électriques
 - Société SOPREMA : fabrication de toits végétalisés
 - Centre technique du Cuir

VIII.3 Bibliographie

- Maximising Reuse and Recycling of UK Clothing and Textiles (Draft, DEFRA, Mai 2009)
- Recycling of Low Grade Clothing Waste, DEFRA, Septembre 2006)
- Clothing Take-Back for Recycling and Reuse : a Japanese Insight (Oakdene Hollins, 2007)
- Textile Waste-Material Recycling- Part I : Ways and Means (G.M. El-Nouby, H.A. Azzam, S.T. Mohammed, M.N. El Sheikh, Conference of textile research division, Le Caire, 11-13 Avril 2005)
- A Study on Cement Based Composite Containing Polypropylene Fibers and Ground Glass Exposed to Elevated Temperatures (O.Alidoust, I. Sadrinejad, M.A. Ahmadi, Proceeding of World Academy of Science, Engineering and Technology Volume 23, 23 Août 2007)
- Properties of fibre reinforced concrete using recycled fibres from carpet industrial waste (Youjiang Wang, Abdul-Hamid Zureick, Baick-Soon Cho, D.E. Scott, Journal of Materials Science, 1994)
- Valoriser les déchets de vêtements usagés : identifier les gisements collectés, analyser les principales voies de valorisation (IFTH, Mars 2006)
- La fabrication des non-tissés, Gérard Coste, EFGP/IRFIG, Juin 2004 www.cerig.efpg.fr/tutoriel/non-tisse/page03.htm)
- Use of Waste nylon fibres in Portland cement concrete to reduce plastic shrinkage in Proc. Recovery & effective reuse of discarded materials and by products for construction and highways facilities, Denver, CO, Oct. 19-22, p 179-183.