

État de l'art du tri, du recyclage et de la valorisation des chaussures à destination des ménages



Rapport réalisé par Bio Intelligence Service pour Eco TLC
Octobre 2012

Information sur le projet

| | |
|-------------------------------|--|
| CLIENT | Eco-TLC |
| TITRE DU RAPPORT | Rapport final |
| TITRE DU PROJET | État de l'art du tri, du recyclage et de la valorisation des chaussures à destination des ménages |
| DATE | Octobre 2012 |
| AUTEURS | Véronique MONIER, BIO IS Mathieu HESTIN, BIO IS Ronan KERMORGANT, BIO IS |
| MEMBRES DU COMITÉ DE PILOTAGE | Jean-Luc BARTHARES – Eco TLC Marie Laure TOULOUMET – Centre Technique du Cuir, de la Chaussure et de la Maroquinerie Jean Paul DUPUY – ADEME Benjamin MARIAS – AZIMUT, coordinateur |

Table des matières

SYNTHÈSE 4

INTRODUCTION 6

CHAPITRE 1 : LE MARCHÉ ET LA FIN DE VIE DE LA CHAUSSURE EN FRANCE 8

- 1.1 La consommation de chaussures en France 9
 - 1.1.1 Quantités consommées 9
 - 1.1.2 Durée de vie moyenne des chaussures et gisement de chaussures en fin de vie 12
- 1.2 État de la collecte des chaussures usagées en France 13

CHAPITRE 2 : PRÉSENTATION DES CINQ INITIATIVES 15

- 2.1 Méthodologie de recherche d'initiatives de recyclage des chaussures usagées 15
- 2.2 Présentation des 5 initiatives retenues 16
 - 2.2.1 Recyclage de chaussures pour revêtement de terrains de sport 17
 - 2.2.2 Recyclage en boucle fermée de chaussures ou éléments de chaussures «monomatériaux» 21
 - 2.2.3 Recyclage de chaussures usagées pour la fabrication de chaussures neuves 23
 - 2.2.4 Recyclage du cuir 26
 - 2.2.5 Développement d'une ligne de traitement permettant la séparation des différents types de matières de la chaussure 29

CHAPITRE 3 : ÉLÉMENTS D'ÉLABORATION D'UN SCÉNARIO POUR LE DÉVELOPPEMENT DU TRI ET DU RECYCLAGE DES CHAUSSURES EN FRANCE 35

- 3.1 Synthèse des solutions existantes 35
- 3.2 Définition des scénarios envisageables pour le recyclage des chaussures en France 40
- 3.3 Analyse coût-bénéfices des scénarios 45
 - 3.3.1 Sources de revenus liées au recyclage des chaussures usagées 45
 - 3.3.2 Coûts associés au recyclage des chaussures **Erreur ! Signet non défini.**
 - 3.3.3 Analyse comparative coûts-bénéfices 48
- 3.4 Plan d'action proposé 49
 - 3.4.1 Axes de travail identifiés et priorisés 49
 - 3.4.2 50
 - 3.4.3 Description des axes de recherche 53
 - 3.4.4 Recommandations complémentaires 59

ANNEXES 60

Synthèse

Le marché de la chaussure en France est un marché porteur qui a été peu atteint par la crise. En 2010 la consommation de chaussures par les ménages français atteignait 350 millions de paires, soit une moyenne de plus de 5 paires de chaussures par an et par habitant.

Ces produits ayant une durée de vie très variable, dépendant de leur utilisation, mais aussi en grande partie des effets de mode, représentent en fin de vie un gisement annuel de déchets potentiel de 240 000 tonnes.

Actuellement les chaussures usagées sont collectées via la collecte des TLC (textiles, linges de maison chaussures), dont elles représentent 6 à 7 % des quantités collectées. Mais une grande majorité de ces produits en fin de vie sont éliminés avec la collecte des déchets ménagers, ou sont stockés par les ménages. Lorsqu'elles sont collectées, les chaussures font l'objet d'une évaluation sur leur qualité et 70% d'entre elles sont remises sur le marché de l'occasion. La quantité de chaussures collectées en 2010 est estimée à 8 100 tonnes, dont 2 400 tonnes ont été éliminées (enfouissement ou incinération).

La grande diversité de modèles et de matériaux utilisés dans la conception des chaussures rend leur recyclage difficile à mettre en œuvre. Il est estimé que jusqu'à 40 matériaux différents sont utilisés dans la fabrication d'une chaussure¹. Le recyclage des chaussures usagées représente un réel enjeu sur la minimisation de leur impact en fin de vie ainsi que sur le plan économique, du fait de la valeur des matières contenues dans ces produits.

Afin de connaître les différentes initiatives de recyclage de chaussures usagées mises en place dans le monde, des investigations ont été menées auprès de différents types d'acteurs potentiellement impliqués sur cette thématique. Cinq types d'initiatives de recyclage de ces produits, mis en place par des producteurs ainsi que par des équipes de recherche, ont été identifiés lors de cette étude et y sont présentés et analysés sous forme de fiches :

- Fiche n°1 : Recyclage des chaussures pour revêtement de terrains de sport
- Fiche n°2 : Recyclage en boucle fermée de chaussures ou éléments de chaussures « monomatériaux »
- Fiche n°3 : Recyclage de chaussures usagées pour la fabrication de chaussures neuves
- Fiche n°4 : Recyclage du cuir
- Fiche n°5 : Développement d'une ligne de traitement permettant la séparation des différents types de matières de la chaussure

Les procédés de recyclages utilisés se basent tous sur un broyage de la chaussure, ou de ses parties (tige², semelle intérieure, semelle extérieure, etc.), puis pour certaines une séparation des différentes matières par le biais d'une combinaison de filtres mécaniques. D'autres envisagent un

¹ Weib M., Recycling alter Schuhe, Shuh-Technik, 1999, May-June, pp.26-29

² Dessus de la chaussure

broyage de la chaussure dans son intégralité avec une utilisation de la matière en mélange récupérée en « down-cycling », pour des applications de remplissage et/ ou de charge³. Certains débouchés associés à la réutilisation des matières récupérées ont également été identifiés.

L'analyse de ces initiatives et de la filière a permis de dégager des axes de recherche et de développement pertinents pour la mise en place d'une filière de recyclage des chaussures usagées en France. Ces axes ont été priorisés et regroupés selon trois scénarios envisagés (certains axes étant communs aux trois scénarios) :

- **Scénario 1** : Mise en place d'un procédé de recyclage de haut niveau permettant de recycler toutes les matières en boucle fermée.
- **Scénario 2** : Mise en place d'un procédé de recyclage permettant de séparer les matières suivant quatre catégories de matières aux débouchés de réutilisation identifiés.
- **Scénario 3** : Mise en place d'un procédé de recyclage de la chaussure par broyage en intégralité pour des applications de « down-cycling ».

Les principaux axes de recherches à développer sont les suivants :

- Élaborer une typologie de chaussures usagées
- Développer un système automatisé de tri des chaussures usagées, suivant leur typologie
- Organiser des réflexions sur les possibilités d'éco-conception des chaussures
- Explorer les technologies permettant d'effectuer la séparation optimale des matières envisagée par le scénario 1, identifier la qualité des matières récupérables, et explorer les débouchés envisageables pour les matières premières secondaires de bonne qualité issue des chaussures
- Développer une ligne de traitement industrielle, basée sur le modèle de celle développée par l'Université de Loughborough, permettant d'effectuer la séparation des matières envisagée par le scénario 2
- Faire réaliser des tests d'incorporation du broyat de chaussures entières (scénario 3) dans différents produits (semelles de chaussures, articles de sécurité routière, articles de sécurité nautique, etc.)
- Initier des projets pilotes de mise en place du scénario 3 en partenariat avec des producteurs.

Différentes recommandations complémentaires de développement de la filière pour Eco TLC sont également émises, comme la mise en place de partenariats avec les acteurs déjà identifiés (Nike, FYE, l'Université de Loughborough en particulier), ainsi que l'évocation de la problématique à l'échelle européenne, de manière à mutualiser les expériences, ainsi que les moyens humains et financiers.

³ On désigne sous le nom général de charge toute substance inerte, minérale ou végétale qui, ajoutée à un polymère de base, permet de modifier de manière sensible les propriétés mécaniques, électriques ou thermiques, d'améliorer l'aspect de surface ou bien, simplement, de réduire le prix de revient du matériau transformé.

Glossaire

Gisement : quantités de chaussures arrivant en fin d'usage chaque année.

Valorisation énergétique : opération de traitement thermique des déchets (incinération) avec récupération de l'énergie pour la production de chaleur ou d'électricité.

Valorisation matière : toute opération dont le résultat principal est que des déchets servent à des fins utiles en remplaçant d'autres matières qui auraient été utilisées à une fin particulière, ou que les déchets soient préparés pour être utilisés à cette fin, dans l'usine ou dans l'ensemble de l'économie (Directive Cadre Déchets)

Recyclage : toute opération de valorisation par laquelle les déchets sont retraités en produits, matières ou substances aux fins de leur fonction initiale ou à d'autres fins (Directive Cadre Déchets). Le recyclage est une forme de valorisation matière.

Recyclage en boucle fermée : opération de recyclage qui consiste à récupérer la matière initiale sans en altérer la qualité, pour une utilisation dans sa fonction d'origine.

Matière première secondaire (ou matières récupérées) : matériau issu du recyclage, pouvant être utilisé en substitution totale ou partielle de matière première vierge.

Downcycling : opération de valorisation matière, qui consiste à récupérer les matériaux pour en faire des produits de moindre qualité et de moindre valeur marchande que le produit initial.

Cuir reconstitué (bonded leather en anglais) : matériau composite constitué de cuir véritable de diverses qualités (par exemple des déchets de cuir), et d'autres matériaux « liants » (polyuréthane, vinyle par exemple)

Dessus (ou tige) : partie supérieure de la chaussure, destinée à maintenir et protéger le dessus du pied, et fixée à la semelle.

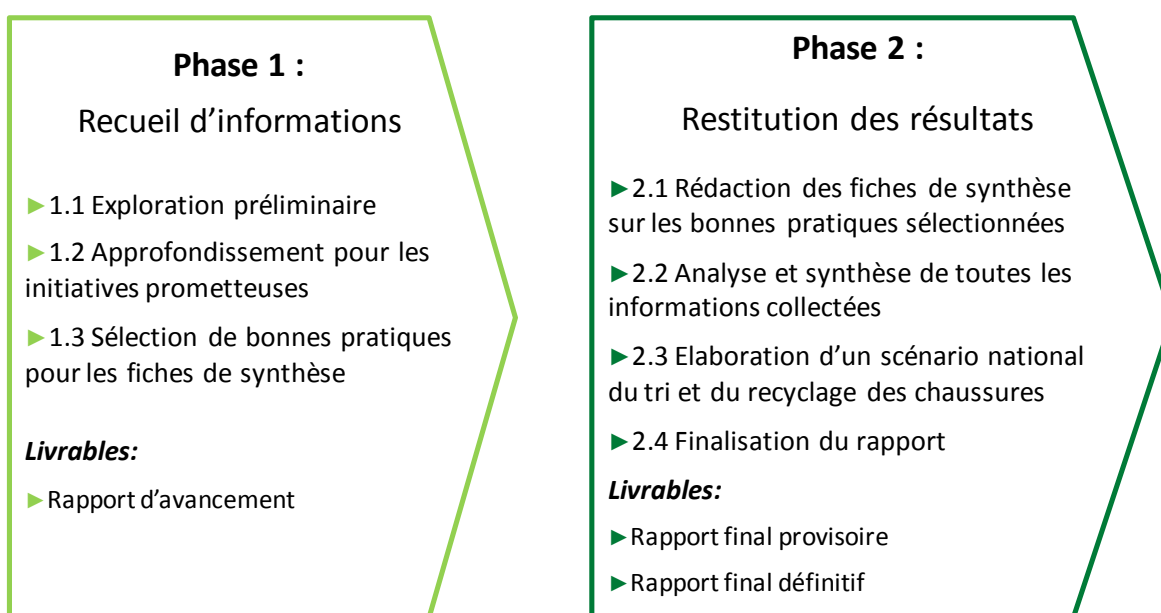
Introduction

L'objectif de cette étude réalisée à la demande de l'éco-organisme Eco TLC est de dresser un état de l'art des solutions de tri, de recyclage et de valorisation des chaussures usagées, afin d'obtenir une vision claire des procédés innovants et économiquement viables. Le but recherché est de renforcer les pratiques de tri, recyclage et valorisation des chaussures usagées en France.

L'étude a un triple objectif :

- Identifier les différents types de techniques de tri, de recyclage et de valorisation existantes ou en développement.
- Évaluer les conditions d'un éventuel transfert en France de certaines technologies (spécifiques à la chaussure ou transférables à la chaussure), compte tenu du contexte économique et réglementaire.
- Identifier les besoins de R&D pour améliorer le potentiel de recyclage des chaussures et développer les débouchés des matériaux et produits issus du tri des chaussures.

L'étude s'est déroulée en deux phases successives :



Ce rapport présente les travaux effectués et résultats obtenus à l'issue du projet. Les initiatives les plus pertinentes sont développées sous la forme de cinq fiches présentant des éléments clefs liés au recyclage des chaussures usagées. Le rapport présente également une analyse de la filière et une proposition de scénario de développement du recyclage des chaussures usagées en France.

Chapitre 1 : Le marché et la fin de vie de la chaussure en France⁴

En bref: Consommation apparente de chaussure en France en 2010 : **415 millions de paires**

Consommation de Chaussures pour les particuliers (BtoC) en France en 2010 : 350 millions de paires, soit **240 000 tonnes estimées**

Poids moyen estimé d'une paire de chaussures : **695 grammes⁵**

Gisement estimé de chaussures en fin de vie en 2010 : environ **240 000 tonnes**

Quantité de chaussures collectées en 2010 : **estimée 8 100 tonnes.**

Quantité de chaussures éliminées en 2010 : **estimée à 2 400 tonnes.**

Cette section vise à fournir un panorama synthétique du marché et de la fin de vie de la chaussure en France. Dans un premier temps, elle s'attache à :

- déterminer la consommation annuelle de paires de chaussures des Français,
- évaluer la durée de vie moyenne d'une paire de chaussure,
- et estimer le gisement de chaussures potentiellement en fin de vie dans les années à venir.

Dans un second temps, elle présente succinctement la gestion actuelle des chaussures en fin de vie afin de :

- comparer les quantités collectées par rapport aux quantités mises sur le marché,
- comprendre le comportement des Français vis-à-vis de la fin de vie des chaussures (Que font les Français de leurs chaussures usagées ?),
- et estimer les flux de chaussures usagées collectées et triées en France pouvant faire l'objet d'une valorisation.

Cette recherche d'information nous est apparue essentielle pour la compréhension de l'état actuel du recyclage des chaussures, des enjeux environnementaux représentés par cette problématique et des opportunités de développement d'initiatives de recyclage de ces produits.

⁴ La majeure partie des données présentées dans ce chapitre sont des données 2010 collectées auprès de la Fédération Française de la Chaussure

⁵ Les 240 000 tonnes de chaussures mises sur le marché ont été évaluées grâce à des estimations de poids moyens des chaussures par type de chaussure plus précises. Cette estimation est donc une moyenne des différentes estimations de poids moyens par types de chaussures, pondérée sur les quantités mises sur le marché (voir tableaux 1 et 2).

1.1 La consommation de chaussures en France

1.1.1 Quantités consommées

Une chaussure, suivant sa conception, peut être composée d'une multitude de sous-parties comme le montre la figure 1.

La mode et les innovations technologiques ont engendré de nouveaux types de chaussures fabriquées en diverses matières. La nomenclature actuelle des douanes reflète ces différences de conception, et on peut citer notamment les grandes catégories suivantes :

- Chaussures étanches à semelles extérieures et dessus en caoutchouc ou en matières plastiques dont le dessus n'a été ni réuni à la semelle extérieure par couture ou par des rivets, des clous, des vis, des tétons ou des dispositifs similaires, ni formé de différentes parties assemblées par ces mêmes procédés (code 6401).
- Autres chaussures à semelles extérieures et dessus en caoutchouc ou en matières plastiques (code 6402).
- Chaussures à semelles extérieures en caoutchouc, matières plastiques, cuir naturel ou reconstitué et dessus en cuir naturel (code 6403).
- Chaussures à semelles extérieures en caoutchouc, matières plastiques, cuir naturel ou reconstitué et dessus en matières textiles (code 6404).

Cette classification illustre le regroupement des différentes pièces composant la chaussure en deux grands sous-ensembles : la semelle (partie inférieure de la chaussure) et la tige (partie supérieure recouvrant le pied). On peut également différencier les chaussures selon la matière utilisée en majorité pour la confection de la tige.

Sur la base de cette nomenclature et afin d'obtenir des données spécialisées par type de matières utilisées dans la partie supérieure des chaussures, la Fédération Française de la Chaussure (FFC) a procédé à un regroupement de certains de ces codes douaniers dans le calcul des mises sur le marché de chaussures en France, présenté dans le tableau ci-dessous.



Figure 1 : Vue éclatée d'une chaussure⁶

| Type de chaussure | | Mises sur le marché français en 2010 (en millions de paires) |
|--------------------------------------|---------------------|---|
| Dessus Cuir | Global | 105,4 |
| | Homme | 21,8 |
| | Femme | 25,0 |
| | Enfant | 13,7 |
| | Sandale | 20,8 |
| | Unisex | 14,3 |
| | Pratique des sports | 4,1 |
| | Autres | 9,2 |
| Dessus Tissu | | 75,6 |
| Pantoufles | | 68,5 |
| Dessus Synthèse et Caoutchouc | | 161,4 |
| Autres Dessus | | 0,4 |
| Total | | 414,8 |

Tableau 1: Consommation de chaussures en France en 2010 par type de matière principale⁷

Ces données représentent la consommation apparente de chaussures en France (production française et importations, moins les quantités exportées). La FFC précise que la plus grande partie de ces chaussures provient de l'importation (plus de 80 % des mises sur le marché). Elles comprennent cependant également le marché des chaussures à usage professionnel (marché

⁶ Source : <http://www.chaussures-durieux.com/index.php?page=glossaire>

⁷ Source : Données FFC

BtoB). L'unique marché des chaussures destinées aux ménages représente lui environ 350 millions de paires par an.

| Type de chaussure | | Estimation du poids moyen d'une paire (en grammes) |
|--------------------------------------|---------------------|--|
| Dessus cuir | Homme | 800 |
| | Femme | 700 |
| | Enfant | 500 |
| | Sandale | 400 |
| | Unisex | 800 |
| | Pratique des sports | 800 |
| | Autres | 800 |
| Dessus Tissu | | 600 |
| Pantoufles | | 600 |
| Dessus Synthèse et Caoutchouc | | 800 |
| Autres Dessus | | 800 |

Tableau 2 : Tableau de poids moyens de différents types de paires de chaussures⁸

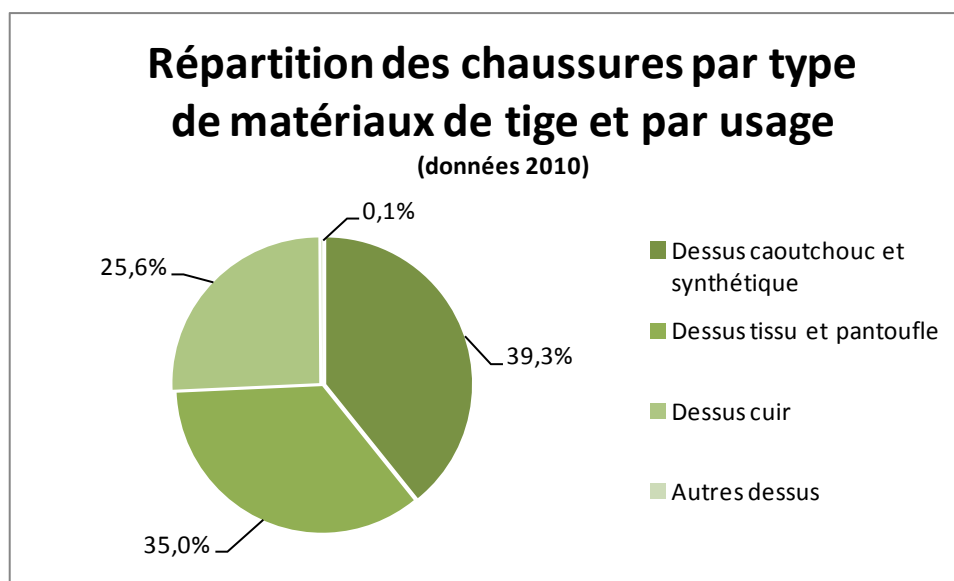


Figure 2 : Répartition des chaussures par types de matériaux de tige et par usage⁹

⁸ Poids moyen unitaire d'une chaussure « standard », pointure homme ; 800 g (estimation le Relais/CTC), estimations BIO pour les autres types de chaussures, pour prendre en compte le poids moindre de certaines catégories. Moyenne pondérée en fonction du nombre de paires mises sur le marché.

⁹ Données FFC 2010

En estimant les poids moyens des différents types de chaussure, et en ne considérant que le marché BtoC, le tonnage des chaussures consommées par les ménages français s'élève à **243 000 tonnes** par an en 2010. La formule utilisée pour ce calcul est la suivante :

$$\sum_{i=1}^n (PU_i \times \frac{CA_i}{CA_t}) \times C_{BtoC}$$

Avec :

PU_i = Poids unitaire du type de chaussure i

CA_i = Consommation apparente du type de chaussure i

CA_t = Consommation apparente totale

C_{BtoC} = Consommation de chaussures à destination des ménages (BtoC)

Les chaussures professionnelles ne sont pas représentées par tous les types de chaussures (types de matière) ce qui fausse un peu le rapport de proportionnalité de la répartition des matières entre la consommation apparente et la consommation BtoC. Néanmoins cette estimation reste a priori très représentative du gisement en tonnage associé à ces chaussures mises sur le marché.

On peut également déduire une consommation moyenne annuelle de **5,4 paires de chaussures par habitant**¹⁰.

On observe également que la consommation des chaussures en France a été relativement stable entre 2004 et 2010.

| 2004 | 2008 | 2010 |
|------|------|------|
| 350 | 352 | 350 |

Tableau 3: Consommation BtoC de chaussures en France¹¹ (en millions de paires)

1.1.2 Durée de vie moyenne des chaussures et gisement de chaussures en fin de vie

La durée de vie moyenne d'une paire de chaussure est une donnée difficile à déterminer. En effet, l'achat d'une nouvelle paire ne correspond pas toujours au remplacement d'une paire usagée. Étant un produit de mode, l'acte d'achat dépend du consommateur (homme, femme, ou enfant), de la fréquence d'utilisation (étroitement liée au nombre de paires possédées) et des tendances aléatoires de la mode. D'autres facteurs expliquent également cette grande variabilité de la durée de vie des chaussures, tels que :

¹⁰ Population française estimée à 65,027 millions au 1^{er} janvier 2011 (source : INSEE)

¹¹ Source : CBI market survey –The Footwear Market in France (Mai 2010)

- La croissance : pour les enfants le nombre de paires consommées par an est plus élevé que pour les adultes, les chaussures devenant inutilisables au fur et à mesure qu'elles ne sont plus à la pointure adaptée.
- L'usure : suivant le type de chaussure, les matériaux composites ainsi que l'utilisation qu'en fait le consommateur, la durée de vie liée à l'usure est également très variable.

Mais on peut également citer la réparabilité et le confort comme facteur influant sur la durée de vie des chaussures.

Cependant, le niveau relativement stable de la consommation apparente BtoC de chaussures en France depuis quelques années rend cette hypothèse peu sensible sur le résultat final, on peut considérer que le gisement potentiel est proche des mises sur le marché actuelles, c'est-à-dire environ **240 000 tonnes**.

Si le gisement total varie théoriquement peu, on peut cependant observer une évolution dans la répartition des différentes catégories de chaussures. La principale tendance est à la diminution des chaussures à dessus cuir, de 33,5 % en 2006 à 27,6 % en 2010, en faveur des chaussures à dessus synthétique et caoutchouc (de 30 % à 38 % entre 2006 et 2010).

1.2 État de la collecte des chaussures usagées en France

La chaussure étant un produit de mode, sa fin de vie n'est pas toujours associée à la perte de sa fonctionnalité première, contrairement à beaucoup d'autres produits. En effet, certaines chaussures ne seront plus utilisées car elles ne sont plus au goût du propriétaire, même si elles sont en bon état. Ainsi, il n'est pas dans les habitudes des Français de se débarrasser régulièrement des chaussures qu'ils n'utilisent plus car elles sont souvent dans un état correct, et donc aptes à la réutilisation.

Les différentes options qu'ont les Français pour se débarrasser des chaussures dont ils n'ont plus l'usage sont les suivantes :

- le don aux proches,
- la collecte sélective des textiles, linges de maison, chaussures (TLC),
- le don auprès d'œuvres caritatives,
- la mise au rebut avec les ordures ménagères / encombrants.

Différents opérateurs français effectuent la collecte et le tri des TLC en France. Il est estimé que les chaussures représentent 6 à 7 % des TLC collectés.

Les collecteurs et opérateurs de tri de TLC ne font aucune distinction entre les différents types de chaussures, elles sont seulement évaluées d'après leur potentiel de réutilisation. Les chaussures présentant une qualité suffisante (environ 70 % des chaussures collectées) sont remises sur le marché à bas prix.

Près de 30 % des chaussures collectées sont éliminées (valorisation énergétique ou stockage en centre d'enfouissement).

La collecte des textiles usagés en France étant estimée à 125 000 tonnes¹² on peut estimer les flux de chaussures usagées en France à **8 100 tonnes collectées**¹³, dont 5 700 tonnes réutilisées et **2 400 tonnes éliminées**.

Les chaussures collectées actuellement représentent donc environ 3 %¹⁴ du gisement estimé de chaussures usagées. La collecte peut donc être améliorée ; au Royaume Uni par exemple, les quantités de chaussures collectées annuellement sont 3,5 fois plus importantes (29 160 tonnes collectées annuellement¹⁵).

¹¹ Donnée issue du rapport annuel Eco-TLC

¹³ Données extrapolées à partir des données du Relais qui représente 65% de la collecte des TLC en France : 5 000 tonnes de chaussures collectées en 2010

¹⁴ $8100/240\ 000 = 0.0405$ soit environ 3 %

¹⁵ Recycling of footwear Products – SMART (Université de Loughborough) – Décembre 2007

Chapitre 2 : Présentation des cinq initiatives

En bref: Cinq initiatives ont été retenues comme étant les plus pertinentes par rapport au sujet du recyclage des chaussures usagées, et les plus intéressantes en tenant compte des enjeux, des freins et des leviers liés à la mise en place d'un schéma global de recyclage des chaussures usagées en France. Elles sont présentées par la suite sous forme de fiches détaillant l'initiative, le procédé technique mis en place, les produits issus du traitement et leurs applications ainsi que quelques éléments relatifs aux aspects et résultats environnementaux et économiques.

2.1 Méthodologie de recherche d'initiatives de recyclage des chaussures usagées

Afin de recenser les initiatives de recyclage de chaussures usagées mises en place dans le monde, des investigations ont été menées auprès de différents types d'acteurs d'ores et déjà impliqués sur cette thématique. L'objectif était d'obtenir des informations sur les travaux potentiels réalisés par ces acteurs dans le domaine du recyclage des chaussures mais également de recenser les pistes de recherches, et collecter leurs réflexions sur le sujet (identification des facteurs influents, possibles éléments moteurs à développer, freins et problèmes identifiés, etc.) ainsi que des contacts à interroger pour développer ces aspects.

L'objectif de cette phase était d'identifier les initiatives mais aussi les acteurs les plus pertinents pour la suite de l'étude.

Les recherches ont été dirigées vers les types d'acteurs suivants :

- les recycleurs,
- les industriels de la chaussure,
- des industriels utilisant des matières recyclées dans leurs produits,
- certains organismes transversaux :
 - Organismes de l'économie sociale et solidaire,
 - Regroupements de recycleurs,
 - Centres techniques et fédérations professionnelles (CTC, FFC, etc.),
- des équipes de recherches travaillant sur la problématique.

Un certain nombre de ministères et organismes environnementaux européens ont également été contactés. Ces prises de contact avaient pour objectif d'identifier les travaux déjà réalisés sur cette problématique en Europe mais aussi de trouver certaines initiatives qui auraient échappé aux recherches préliminaires. La liste des organisations contactées est présentée en annexe.

Le tableau récapitulatif des contacts effectué lors de la deuxième phase du projet est disponible en annexe

2.2 Présentation des 5 initiatives retenues

Les cinq initiatives retenues suivantes sont présentées à la suite sous forme de fiches :

- Fiche n°1 : Recyclage des chaussures pour revêtement de terrains de sport
- Fiche n°2 : Recyclage en boucle fermée de chaussures ou éléments de chaussures « monomatériaux »
- Fiche n°3 : Recyclage de chaussures usagées pour la fabrication de chaussures neuves
- Fiche n°4 : Recyclage du cuir
- Fiche n°5 : Développement d'une ligne de traitement permettant la séparation des différents types de matières de la chaussure

2.2.1 Recyclage de chaussures pour revêtement de terrains de sport

| | |
|--------------------|--|
| Acteurs | Nike (producteur) Replay Sports (société de management environnemental pour le milieu du sport) |
| Pays | États-Unis (Nike), Irlande (Replay Sports) |
| Type de chaussures | Chaussures de sports |



Description de l'initiative :

« Reuse a shoe », Nike

Le fabricant Nike a mis en place au début des années 1990 un programme de récupération des chaussures de sport usagées nommé « Reuse a shoe ». Près de 200 points de collecte sont mis en place dans certains points de vente Nike aux États-Unis ainsi que dans 7 autres pays¹⁶. Il est possible pour le particulier d'envoyer ses paires de chaussures usagées par colis postal à un point de collecte.

Le fabricant propose également à des collectivités et des associations de s'inscrire à ce programme et de lancer une collecte de chaussures de sport, toutes marques confondues. L'entité ainsi inscrite doit récolter entre 500 et 2500 paires de chaussures usagées, les stocker, trier et les préparer pour le transport, payé par Nike, vers l'usine de traitement.

Nike a établi plusieurs partenariats avec un certain nombre d'organisations de recyclage aux États-Unis, des distributeurs d'articles de sports, des universités et d'autres groupes d'acteurs, ajoutant près de 100 points de collecte à travers le monde pour le programme.

Nike possède deux usines de traitement de ces chaussures usagées :

- La première à Memphis, dans le Tennessee, sépare la chaussure en trois parties : la semelle extérieure en matière caoutchouc (naturel et/ou synthétique), la semelle intérieure en mousse et la tige en fibre de tissus. Ces différentes parties sont ensuite broyées et purifiées.
- La deuxième usine est implantée à Meerhout, en Belgique. Elle est opérationnelle depuis 2005. Le procédé est différent, les chaussures sont broyées en intégralité puis les différentes matières sont séparées par un procédé de filtres complexes.

Les différentes matières broyées ainsi récupérées sont ensuite séparées en trois types de granulats « Nike Grind » qui serviront à la fabrication de différents types d'équipements sportifs (pistes d'athlétisme, courts de tennis, sols de gymnase, etc.) ainsi que certains produits Nike (chaussures, boutons, fermetures éclair).

- « Nike Grind caoutchouc », fabriqué à partir de la semelle extérieure de la chaussure, est utilisé

¹⁶ Canada, Royaume Uni, Pays Bas, Australie, Nouvelle Zélande, Allemagne, Espagne.

pour la fabrication de piste d'athlétisme, de carreaux de sol de gymnases, de revêtement de sols de terrain de jeux et même de nouveaux produits Nike (pour la semelle de certaines chaussures Nike). Il est également utilisé pour la fabrication de pièces de finition comme des boutons, fermetures éclair, produits promotionnels¹⁷.

- « Nike Grind mousse », fabriqué à partir de la semelle intérieure de la chaussure, est utilisé pour la fabrication de revêtement amortissant pour les terrains de basket en plein air et les courts de tennis, ainsi que des terrains de « futsal »¹⁸. Ce type de granulat sert également à fabriquer des sous-tapis de moquette « Step Ahead », grâce à un partenariat avec l'entreprise Future Foam. De janvier à septembre 2011, près de 1 400 tonnes de granulat Nike Grind ont été transformées en sous-tapis de moquette « Step Ahead », représentant une surface de plus de 5,6 millions de mètres carrés.
- « Nike Grind fibre », fait à partir du tissu de la tige de la chaussure, est utilisé dans la création de sous couches amortissantes pour les terrains couverts en synthétique et les sols parquetés.

Pour fabriquer ces surfaces, Nike a mis en place des partenariats avec des entreprises de revêtements. Nike fournit les différents granulats et travaille également au développement de surfaces sportives innovantes. Les surfaces contiennent entre 10 et 40 % de granulats Nike Grind.

« Trainer Scrapage Scheme », ReplaySports

Une initiative similaire a également été mise en place par la société **ReplaySports**, société irlandaise de management environnemental dans le domaine du sport. La société travaille avec le distributeur d'articles de sports « LifeStyle Sports », dans le cadre de l'opération « **Trainer Scrapage Scheme** ». LifeStyle Sports organise, en Irlande, des opérations de collecte de chaussures de sports usagées en échange de remises commerciales, en partenariat avec les grandes marques de sport (Adidas, Puma, Asics, etc.). ReplaySports récupère les chaussures ainsi collectées. Les chaussures présentant une qualité suffisante sont réutilisées (entre 70 et 75% des chaussures collectées) tandis que les autres (entre 25 et 30% des chaussures collectées) sont triées pour être recyclées. ReplaySports procède ainsi à la séparation des différentes parties de la chaussure (semelle extérieure, semelle intérieure et tige). Les quantités ainsi traitées étant faibles, le procédé de séparation est manuel. Une fois séparées, les différentes parties sont envoyées vers une autre entreprise afin d'y être broyées en granulats. Ces granulats sont ensuite utilisés de la même façon que les différents Nike Grind, pour la fabrication de terrains de sports.

¹⁷ Bracelets en caoutchouc «Live Strong »

¹⁸ Football en salle

Produit(s) issu(s) du recyclage :

Un nombre élevé de surfaces sportives peuvent incorporer dans leur conception les différents types de granulats Nike Grind. Le tableau suivant présente et indique quelle partie de la chaussure est utilisée ainsi que le nombre de paires de chaussures nécessaires à sa fabrication :

| Type de surface | Partie de la chaussure utilisée | Nombre moyen de paires de chaussures nécessaires | Surface (m ²) |
|--|----------------------------------|--|---------------------------|
| Terrain de basket-ball et court de tennis extérieur | semelle intérieure en mousse | 2 500 | 544-591 |
| Terrain intérieur synthétique de basket-ball et de volley-ball | semelle intérieure en mousse | 2 500 | 544-591 |
| Terrain intérieur parqueté de basket-ball et de volley-ball | tige en fibre textile | 2 500 | 544-591 |
| Pistes d'athlétisme | semelle extérieure en caoutchouc | 75 000 | 4 202 |
| Terrain de football (soccer et football américain) synthétique | semelle extérieure en caoutchouc | 50 000 - 75 000 | 10 800 |
| Aire de jeux pour enfants | semelle extérieure en caoutchouc | 2 500 | 300 |



Résultats :

Nike Reuse a shoe

- 25 249 000 paires de chaussures collectées depuis 1990.
- Le partenariat avec le fabricant de revêtement de sol en caoutchouc « Everlast » permet de détourner de l'enfouissement 227 tonnes de produits Nike invendus et chaussures de sport usagées chaque année.

Opération « Trainer Scrappage Scheme »

- 7 000 paires de chaussures collectées en 2011 par le biais de l'opération, 10 000 prévues pour 2012.



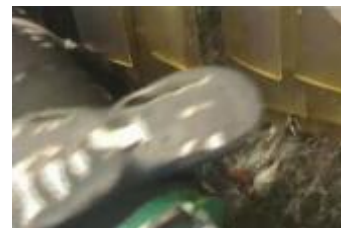
Description technique

Dans l'usine de traitement de Memphis, les chaussures collectées sont triées par des opérateurs afin de retirer :

- Les chaussures contenant du métal
- Les chaussures à crampons
- Les chaussures de ville
- Les chaussures humides, boueuses
- Les sandales et tongs

Les chaussures pouvant être recyclées sont convoyées par tapis roulant vers une machine qui découpe la partie inférieure, comprenant les semelles intérieures et extérieures, la séparant ainsi de la tige. Chaque partie est ensuite envoyée vers des broyeurs.

La matière ainsi broyée en ensuite triée grâce à des machines tamis puis compactée en bloc.



Analyse économique

Nike n'a pas souhaité répondre aux questions d'ordre économiques.

Valorisation de l'initiative

Points forts

- L'utilisation de ces granulats issus de chaussures usagées réduit le besoin en matière première pour la fabrication de terrains sportifs.
- Le produit « terrain sportif » a une durée de vie très longue.
- La récupération des différentes matières de la chaussure est intéressante car elle permet d'obtenir une matière première secondaire avec des caractéristiques proches de celles de la matière première d'origine.
- Nombreuses applications trouvées pour les 3 types de matières récupérées.
- Partenariats mis en place avec des industriels du recyclage afin d'identifier le potentiel d'utilisation de ces matières premières secondaires.

Limites

- Procédé applicable uniquement aux chaussures de sport (composées uniquement de caoutchouc, de mousse et de fibres textiles).
- Actuellement il n'existe pas de point de collecte Nike Reuse a Shoe en France. Les particuliers voulant participer au programme sont obligés d'envoyer leurs chaussures par colis.

Reproductibilité en France

- L'opération est reproductible en France. Actuellement certaines marques de distributeurs d'articles de sports organisent des opérations commerciales de collecte de chaussures de sports. Ces distributeurs pourraient adhérer au programme « Reuse a shoe » afin de faire traiter les chaussures ainsi collectées.

Axes de recherche à approfondir

- Mettre en place un partenariat avec Nike afin de développer l'initiative en France.
- Développer et améliorer la séparation mécanique des différentes parties de la chaussure ayant chacune une dominante matière, avant le granulage, de manière à améliorer la qualité (pureté) des matériaux récupérés.
- Développer un procédé similaire applicable aux autres types de chaussures (chaussures traditionnelles en cuir par exemple)
- Identifier les débouchés adaptés à chaque matière récupérée et à sa qualité (qualité moyenne dans le cadre de cette initiative) et notamment les opportunités d'utilisation dans la fabrication de :
 - revêtements de sols (terrains de sports, tapis de sols)
 - produits et accessoires monomatériaux.

Liens

<http://www.nikereuseashoe.com/>

2.2.2 Recyclage en boucle fermée de chaussures ou éléments de chaussures «monomatériaux»

| | |
|--------------------|---|
| Acteurs | Okabashi (producteur) Crocs (producteur) |
| Pays | États-Unis |
| Type de chaussures | Monomatériaux (Microplast, caoutchouc) |



Description des initiatives :

- **Okabashi** a mis en place un procédé de recyclage en boucle fermée : les tongs Okabashi peuvent être retournées au centre de recyclage de la société. Dans ce centre de recyclage, les tongs sont broyées en un matériau composite qui, combiné avec du matériau vierge, sert à produire des nouvelles tongs Okabashi.
- **Crocs** a conçu une nouvelle ligne de Crocs fabriquées à partir de 20 % de Crocs recyclées (mises en poudre, et mélangée à la matière vierge avant moulage) dans le cadre de son activité humanitaire « Soles United ». Les chaussures ainsi produites étaient distribuées aux populations dans les pays d'Afrique. Néanmoins Crocs a récemment mis un terme à cette opération.

Produit(s) issu(s) du recyclage :

Okabashi

- **Description** : Les tongs Okabashi sont produites à base d'un matériau composite et breveté, le « Microplast™ », type de plastique particulier recyclable à 100%, ayant le code de recyclage international #3. En théorie tout matériau ayant ce code de recyclage peut entrer dans le processus de recyclage mis en place par Okabashi
- **Filières de destination** : Les tongs neuves contiennent en moyenne 25 % de matériaux issus du recyclage (Okabashi travaille pour augmenter cette part). Une petite partie des produits recyclés (2%) servent dans la production de tapis industriels et couvertures grâce à un partenariat avec des entreprises spécialisées aux États-Unis.

Crocs

- **Filières de destination** : Production de nouvelles chaussures de la même marque.

Résultats

Okabashi

- **Gisement capté** : 100 000 tongs par an (aux États Unis).
- **Consommation de matière évitée** : 25% de matériau recyclé en moyenne dans les tongs, soit plus de 4,5 tonnes de matériaux réutilisés en 2011.

Crocs

Pas d'information

Description technique

Okabashi

- Processus de recyclage : Seuls les produits Okabashi sont recyclés. Les matériaux sont lavés, moulus puis mixés avec des matériaux vierges. L'ensemble est finalement fondu pour donner un nouveau composé. Tout matériau inutilisable dans la fabrication de nouvelles tongs est recyclé en tapis de sol (partenariat avec une entreprise spécialisée).

Crocs

Pas d'information

Analyse économique

Okabashi

- Moyens financiers mis en œuvre : Achat d'équipements pour mouler les matériaux et de machines à gravimétrie.
- Retour sur investissement : La production à partir de tongs usagées est moins chère qu'à partir de matériaux vierges. Cependant, l'initiative n'est pas rentable si on comptabilise les coûts de collecte ; c'est pour cela qu'Okabashi doit compter sur le consommateur pour rapporter les produits usagés.

Crocs

Pas d'information

Valorisation de l'initiative

Points forts

- Bonne efficacité, tous les déchets du processus sont réutilisés.

Limites

- Le processus ne concerne qu'un seul matériau.
- Par ailleurs, selon Meredith Garcia, la réussite de l'initiative dépend largement de la responsabilité des consommateurs, qui est difficilement maîtrisable.

Reproductibilité

Possible, mais potentiel global limité car ces initiatives ne concernent qu'un type de matériau précis.

Axes de recherche à approfondir

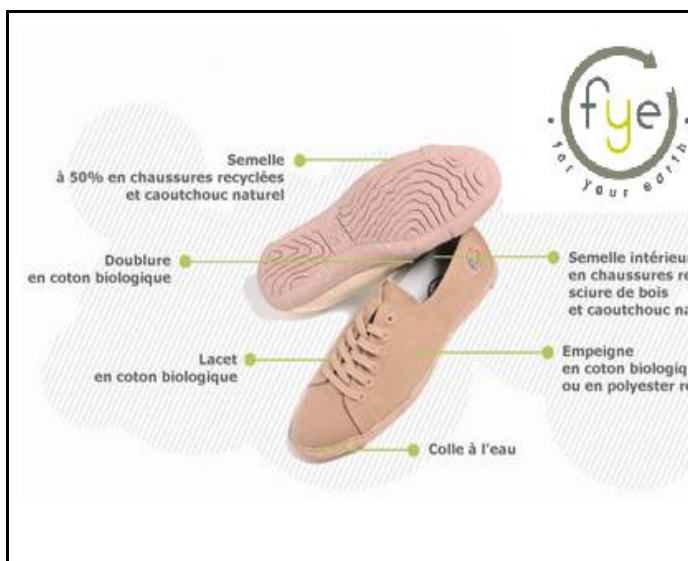
- Identifier d'autres types de chaussures monomatériaux pouvant faire l'objet d'un recyclage en boucle fermée (tongs « Havaianas » par exemple)
- Mettre en place des partenariats avec ces producteurs (français ou non) afin qu'ils puissent également traiter les chaussures correspondantes collectées via la collecte publique (de manière à traiter un gisement plus important et à ainsi augmenter la rentabilité du processus).
- Identifier des débouchés pour les chaussures usagées monomatériaux non réinsérables dans le processus de fabrication (fabrication de tapis de sols par exemple).

Liens

- <http://www.okabashi.com/Recycle/b/2493603011?ie=UTF8&title=Recycle>
- <http://www.treehugger.com/sustainable-fashion/solesunited-by-crocs-a-step-in-the-right-direction.html>

2.2.3 Recyclage de chaussures usagées pour la fabrication de chaussures neuves

| | |
|--------------------|----------------------------------|
| Acteur | FYE - For Your Earth (fabricant) |
| Pays | France |
| Type de chaussures | Tout type de chaussure |



Description de l'initiative :

La société For Your Earth (ou FYE) a été créée avec le projet de mettre au point une chaussure éco-conçue. En 2009 la chaussure est mise au point et la production lancée. La chaussure présente les caractéristiques suivantes :

- Une tige en coton biologique ou en polyester recyclé issu de bouteilles en plastiques usagées selon les modèles,
- Les lacets et la doublure intérieure en coton biologique,
- Les colles utilisées sont des colles à eau non toxiques,
- Les colorants ou pigments utilisés sont naturels ou certifiés non toxiques,

La semelle est composée jusqu'à 50% de chaussures recyclées, le reste de la semelle est composé à part égale de caoutchouc naturel et de caoutchouc synthétique.

FYE a mis en place un partenariat avec Le Relais afin de récupérer des chaussures usagées collectées ne présentant pas une qualité suffisante pour être remises sur le marché, de manière à les détourner de l'enfouissement ou de l'incinération, en les recyclant pour la fabrication de la semelle de nouvelles chaussures. Seules les chaussures de sports et les chaussures de ville en matières caoutchouc, textiles et plastiques sont conservées pour le procédé.

Des chaussures de démonstration ne servant plus aux autres marques sont également récupérées.

Toutes ces chaussures sont ensuite exportées vers l'usine de fabrication des chaussures FYE au Vietnam afin d'y être traitées.

L'entreprise communique ainsi sur les différents aspects écologiques de sa chaussure par rapport à une chaussure normale afin de séduire le consommateur éco-responsable. FYE a également adhéré au programme « Action Carbone » de la fondation GoodPlanet. Les dons de compensation carbone correspondant permettent le développement de projets communautaires et associatifs d'énergies renouvelables et de reforestation portés par Action Carbone dans les pays en développement.

Produit(s) issu(s) du recyclage :

- Les chaussures retenues pour le procédé de recyclage étant principalement des chaussures de sports et des chaussures de villes de type sportswear, les matières issues du broyage intégral de la chaussure sont principalement le caoutchouc, de la mousse, des matières plastiques et textiles en proportions équivalentes

Résultats :

- 3 à 4 paires de chaussures fabriquées avec une paire de chaussure usagée
- 16 182 chaussures recyclées au 07/06/2012
- Selon FYE, les impacts environnementaux liés à la fabrication des chaussures FYE sont « environ trois fois inférieurs à ceux liés à une fabrication classique de chaussure de

à celles que l'on retrouve dans une chaussure.

- Les parties métalliques (œillets) sont exclues de ce mélange grâce à un tri magnétique.
- Une première version de la chaussure possédait une semelle intérieure également composée de chaussures recyclées, néanmoins pour des raisons de confort ce design a du être abandonné.

même type²⁹ ».



Description technique

Les chaussures collectées sont broyées en intégralité afin d'obtenir des fragments de caoutchouc et de fibres textiles. Les fragments de métal pouvant être présents dans les chaussures (œillets) sont retirés du mélange grâce à un aimant.

Ces fragments sont ensuite mélangés à du caoutchouc naturel ainsi qu'à du caoutchouc synthétique afin d'augmenter la résistance de la future semelle.

Le taux d'intégration de la matière issue du broyage des chaussures varie entre 20 à 50 %. Ce taux détermine la teinte finale de la semelle (plus le taux d'intégration est élevé plus la semelle à une teinte sombre). En raison des contraintes esthétiques, le taux d'intégration est aujourd'hui plus proche de 20 %.

Le mélange ainsi obtenu est ensuite compressé en plaque épaisse et souple. Cette bande de matière est ensuite compressée dans des moules afin de lui donner la forme de la semelle extérieure.

Toutes les chutes de matières sont récupérées pour être recyclées en étant réintégrées dans le processus de fabrication de la semelle extérieure.



²⁹ Information obtenue auprès d'Emmanuel Cortez, directeur de la marque « For Your Earth ».

Analyse économique

Pour lancer l'opération, FYE a acheté à Emmaüs/Le Relais 26 balles de chaussures, pour un tonnage de 14,639 tonnes, pour un montant de 2 200€ environ. Ce prix d'achat de matière est faible étant donné que Le Relais destine normalement ces chaussures hors d'usage à la destruction et économise par ailleurs les frais d'élimination.

Jusqu'à présent, environs 6 000 paires de chaussures FYE fabriquées avec ce procédé ont été vendues. L'entreprise a dû faire face à une diminution de près de 50 % de ses points de ventes (boutiques spécialisées en produits issus d'initiatives de développement durable) ce qui a affecté son volume de vente. Une nouvelle gamme de chaussure vient d'être lancée pour l'été 2012 et semble relancer les ventes.

Valorisation de l'initiative

Points forts

- Recyclage de la chaussure en intégralité

Limites

- Le nombre de chaussures recyclées dépend du niveau de production de la chaussure FYE et des ventes.
- Applicable uniquement aux chaussures composées de caoutchouc et de fibres textiles (les chaussures en cuir ne peuvent pas être recyclées via ce procédé)
- Les chaussures sont transportées jusqu'au Vietnam pour y être recyclées, et la nouvelle chaussure est également produite au Vietnam ce qui augmente les impacts liés au transport.

Reproductibilité

Le procédé utilisé par FYE semble reproductible. Il serait intéressant de le pousser à plus grande échelle.

Une des limites à la reproductibilité reste la localisation de l'usine de traitement au Viet Nam. Emmanuel Cortez, directeur de la marque, indique qu'il est très difficile de trouver des partenaires en France pour ce type de projet basé sur des petits volumes de production. Toutefois FYE cherche d'autres partenariats afin de diminuer l'impact lié au transport de matière et de produits.

Axes de recherche à approfondir

- Développer les initiatives de recyclage par broyage de la chaussure en intégralité sans séparation des matériaux (excepté les parties métalliques).
- Identifier un centre technique pouvant réaliser des tests sur le pourcentage de matières recyclées pouvant être intégré dans une semelle ou dans d'autres produits.
- Explorer d'autres débouchés possibles d'utilisation de cet aggloméré de matière de faible qualité, et notamment en tant que matériau de remplissage.

Liens

<http://www.foryouearth.com/>

<http://www.youtube.com/watch?v=DBXQ23fF2po>

2.2.4 Recyclage du cuir

| | |
|--------------------|--|
| Acteurs | Recyclage industriel : E-leather, EcoDomo et Owl Projet de recherche : Université de Loughborough |
| Pays | Royaume-Uni (E-Leather et Loughborough) et États-Unis (EcoDomo, Owl) |
| Type de chaussures | Chaussures en cuir |



Description des initiatives :

- **E-Leather** produit différents types de biens (chaussures, revêtements pour fauteuils, maroquinerie, revêtements pour intérieur de voiture, d'avion, de bateau, de bus et de trains) à base de cuir recyclé.
- **EcoDomo** produit des dalles de cuir (revêtements pour sols) à base de cuir recyclé.
- **Owl** fabrique des produits de maroquinerie à partir de cuir recyclé.
- Aujourd'hui, ces entreprises utilisent uniquement des chutes de production de cuir.

Produit(s) issu(s) du recyclage :

E-Leather

- Filières de destination : Chaussures, maroquinerie, fauteuils, différents revêtements...

EcoDomo

- Filières de destination : Produits EcoDomo.

Owl

- Filières de destination : Les produits de maroquinerie sont à 100% fabriqués à partir de ce cuir recyclé.

Résultats

E-Leather (estimation communiquée par l'entreprise)

- Consommation de matière évitée : Les produits chimiques (sels de chrome, d'aluminium, de zirconium et de titane principalement) sont nettement moins utilisés que dans la production de cuir vierge.
- Estimation des impacts environnementaux évités : Baisse des émissions de gaz à effet de serre de 50% par rapport à la production de cuir vierge²⁰ ; réduction des quantités de déchets mis en décharge

EcoDomo

Pas d'information

Owl

Pas d'information

²⁰ Source : E-Leather

Description technique

E-Leather

Le cuir « wet blue » (peau tannée au chrome²¹) mis au rebut est broyé pour produire de nouvelles fibres de cuir. Les fibres de cuir sont reliées entre elles sans utiliser d'adhésif mais au moyen d'un processus de revalorisation breveté.

EcoDomo

Pas d'information spécifique

Owl

Pas d'information spécifique

Ces trois sociétés utilisent du cuir produit à partir de chutes de production, appelé « Bonded Leather » (Synderme), ou cuir reconstitué. Le matériau de base provient du cuir issu de chutes de production, compressé et collé à du cuir vierge (qui compose le dessous de ce cuir) grâce à un agent liant synthétique, puis recouvert de polyuréthane. Ce cuir est une alternative au cuir vierge. La composition du cuir reconstitué varie fortement selon l'utilisation, la part de cuir dans le matériau variant de 17 % (pour des revêtements en cuir reconstitué) à 100 %.

La différence entre le cuir reconstitué et le cuir vierge, en termes de qualité et d'apparence, peut être difficile à voir. Si le cuir reconstitué est de bonne qualité, les grains et les textures du cuir reconstitué peuvent être très proches de ceux du cuir véritable. Dans certains cas, la seule différence peut être que la texture du cuir reconstitué n'est pas aussi prononcée que celle du cuir véritable. La fonction, l'odeur et l'apparence générale restent pourtant à peu près identiques.

Le recyclage du cuir en boucle fermée (c'est-à-dire dans la production de cuir neuf) n'est développé aujourd'hui que sur les chutes de production de cuir. L'université de Loughborough, en partenariat avec une entreprise allemande, étudie à l'heure actuelle les possibilités de recyclage à partir de cuir provenant de chaussures usagées. Une des conditions primordiales au développement de ce débouché serait de réussir à obtenir une séparation de qualité du cuir contenu dans les chaussures.

Analyse économique

Le cours du cuir de bovin importé en avril 2012 était de 0.84\$ / livre, soit environ 1€35 / kg²². Aucune statistique n'est disponible pour le cuir reconstitué, mais il peut être jusqu'à 30 % moins cher que le cuir véritable²³.

²¹ Peau qui après avoir été soumise aux opérations habituelles de l'atelier de rivière puis tannée au chrome, est de ce fait devenue bleue et que l'on conserve humide. Elle peut être stockée ou exportée dans cet état.

²² INSEE, cours des matières premières importées

²³ http://www.ehow.com/about_5504934_bonded-vs-genuine-leather-furniture.html#page=0

Valorisation de l'initiative

Points forts

Gisement très large, près de 26% des chaussures mises sur le marché ont une tige en matière cuir²⁴; les gains environnementaux sont non négligeables car la production de cuir est particulièrement polluante et gourmande en ressources naturelles

Limites

Procédé existant à l'échelle industrielle uniquement pour les chutes de production du cuir

Reproductibilité

Le procédé n'est pas directement transposable à du cuir usagé provenant de chaussures, mais des expérimentations sont en cours (Université de Loughborough)

Axes de recherche à approfondir

- Encourager la mise en place d'études de faisabilité sur le recyclage du cuir issu de chaussures.
- Identifier les possibilités de recyclage du cuir récupéré lors du recyclage des chaussures.,
- Améliorer les procédés de séparation des matières de la chaussure, et en particulier du cuir afin que ce dernier présente une qualité suffisante afin d'être intégré à la fabrication de cuir reconstitué.

Liens

- <http://www.eleatherltd.com/index.php?mod=eco>
- <http://www.ecodomo.com/>
- <http://www.owlrecycled.com/help.php?section=recycledleather>

²⁴ Voir partie 1.1.1 Quantités consommées

2.2.5 Développement d'une ligne de traitement permettant la séparation des différents types de matières de la chaussure

| | |
|--------------------|---|
| Acteur | Centre for Sustainable Manufacturing and Reuse/recycling Technologies (SMART), laboratoire de recherche de l'Université de Loughborough |
| Pays | Angleterre |
| Type de chaussures | Tout type de chaussures |



Description de l'initiative :

Le SMART est un centre de recherche et de développement créé en 2004 et situé à l'Université de Loughborough. Il a pour mission de faire progresser les technologies liées aux procédés de fabrication durable et à promouvoir des filières de fin de vie de produits efficaces dans le cadre de la législation européenne et du principe de responsabilité sociale des entreprises.

Ce laboratoire travaille sur certains projets internes mais également sur des projets financés par des organismes externes, notamment des entreprises du secteur industriel. L'un de ces projets à financement externe porte sur la réduction des déchets de chaussures usagées.

L'objectif général de ce projet est de minimiser la quantité de déchets de chaussures destinée à l'enfouissement en déterminant des lignes directrices d'éco-conception des chaussures et des processus de recyclage sur mesure qui tendent à la mise en place d'une filière de valorisation durable des chaussures usagées.

Les axes de travail permettant d'atteindre cet objectif sont les suivants :

- développer l'éco-conception de chaussures prenant en compte les contraintes relatives à son recyclage, de manière à faciliter la récupération de matières sur les chaussures en fin de vie ;
- développer des processus de découpage et de séparation des matières adaptés à la large gamme de matériaux utilisés dans la fabrication des chaussures ;
- identifier des filières de valorisation viables des matériaux ainsi récupérés, en fonction de leur qualité ;
- valider les résultats théoriques obtenus à travers un certain nombre de projets pilotes industriels.

L'équipe de travail a ainsi développé une ligne expérimentale de traitement des chaussures usagées, basé sur un principe de broyage et de hachage de la chaussure dans son intégralité, puis de récupération des différentes matières avec plusieurs technologies de filtres. Des débouchés de réutilisation des matières extraites ont également été identifiés.

Résultats

Le groupe de travail a identifié les matières majoritairement présentes dans la conception des chaussures de manière à se focaliser sur leur séparation et sur leur possible intégration dans de nouveaux produits :

- **les métaux** : suivant les types de chaussures, certains éléments métalliques peuvent être facilement extractibles (œillets) et d'autres étant plus profondément intégrés dans certaines parties sont plus difficiles à retirer. Sur la ligne de traitement développée, ces éléments sont séparés manuellement. Un procédé automatisé basé sur une séparation magnétique impliquerait des investissements financiers supplémentaires. Cette matière récupérée est aisément recyclable dans l'industrie métallurgique.
- **Le caoutchouc** : il s'agit d'une matière à forte valeur ; le problème principal lié au recyclage du caoutchouc récupéré provient de la qualité du granulat obtenu. Avec le procédé actuellement opérationnel, plusieurs matières de la chaussure sont séparées avec ce flux : le caoutchouc, le caoutchouc thermoplastique et le PVC. Une stratégie de « down cycling » est envisageable pour ce mélange de matières de types caoutchouc et élastomère, en l'intégrant à la conception de revêtement de sols pour terrains de sport par exemple, ce qui diminue le besoin en séparation permettant d'obtenir un caoutchouc de haute qualité. Néanmoins, le développement de procédés de séparation plus complexes, permettant d'effectuer une séparation complète de ces différents matériaux caoutchouc des autres matières composant la chaussure, pourrait permettre d'effectuer un recyclage en boucle fermée. Il serait en effet possible de régénérer ces matériaux en matières première secondaire de bonne qualité, notamment pour le caoutchouc thermoplastique qui est facilement recyclable pour la conception de nouveaux produits.
- **Le cuir** : le recyclage du cuir présent dans les chaussures représente également un enjeu important. En séparant suffisamment bien cette matière du reste de la chaussure, la fabrication de « bonded leather » (cuir reconstitué) peut être effectuée à partir du recyclât. Un fort potentiel économique est donc associé au recyclage de cette matière.
- **La mousse** : la séparation de la mousse (Polyuréthane(PU) et Ethylène Vinyl Acetate (EVA)) et du cuir est la problématique principale liée à cette matière. Les matériaux constitutifs de la mousse utilisée dans les chaussures et le cuir ont une densité comparable, ce qui complique leur séparation par les filtres mis en place. Le développement d'un nouveau procédé par le groupe de travail est en cours. A l'heure actuelle, un pré-tri sélectif serait nécessaire pour séparer les chaussures en cuir traditionnelles des chaussures de sport qui contiennent beaucoup plus de mousse. Un procédé de séparation propre est essentiel pour pouvoir effectuer du recyclage en boucle fermée des mousses.
- **Les fibres textiles** : lors du traitement développé par Loughborough, des résidus de mousse et de fibres de cuir se retrouvent enchevêtrés dans la fraction textile de la chaussure. Le mélange obtenu présente de bonnes propriétés d'isolation, et pourrait avoir une multitude d'application dans le secteur du bâtiment. Un projet visant à envisager son utilisation en tant que substituant des isolants actuels, en prenant en compte des considérations légales de mises en application (étanchéité à l'eau et résistance au feu par exemple) est actuellement en développement.
- **Les autres plastiques (hors mousses, textiles et PVC des semelles)** : Les chaussures ne contiennent qu'une faible quantité d'autres plastiques (environ 8%). Ces derniers sont généralement mélangés dans la fraction caoutchouc.

Afin d'optimiser cette séparation des matériaux de la chaussure, il apparaît nécessaire d'effectuer un pré tri des chaussures par typologie, ce qui permettrait d'avoir en amont une

séparation anticipée des matériaux. Travailler avec des types de chaussures spécifiques (chaussures de sports, rangers ou bottes en caoutchouc par exemple) rend le procédé plus facile et plus efficace en terme de qualité des matériaux récupérés. En effet, concernant les chaussures de sport ou les chaussures à base cuir, les taux de pureté des matières récupérées sont de 80 % pour le caoutchouc et entre 50 et 80 % pour les autres matières. La mise en place d'un recyclage en boucle fermée pour ces matières nécessite d'obtenir un taux de pureté des matières récupérées d'au moins 95%.

Débouchés des matières issues du recyclage

Des applications pour les différentes matières récupérées via la ligne de traitement ont été identifiées par le SMART, et testées en laboratoire comme la réalisation de matière isolante à partir du mélange de textile et de cuir, ou encore le moulage de produits en caoutchouc. D'avantages d'applications sont en cours de développement en collaboration avec les différentes sociétés impliquées dans le groupe de travail.

La figure suivante présente les différentes applications identifiées pour chaque type de matière :

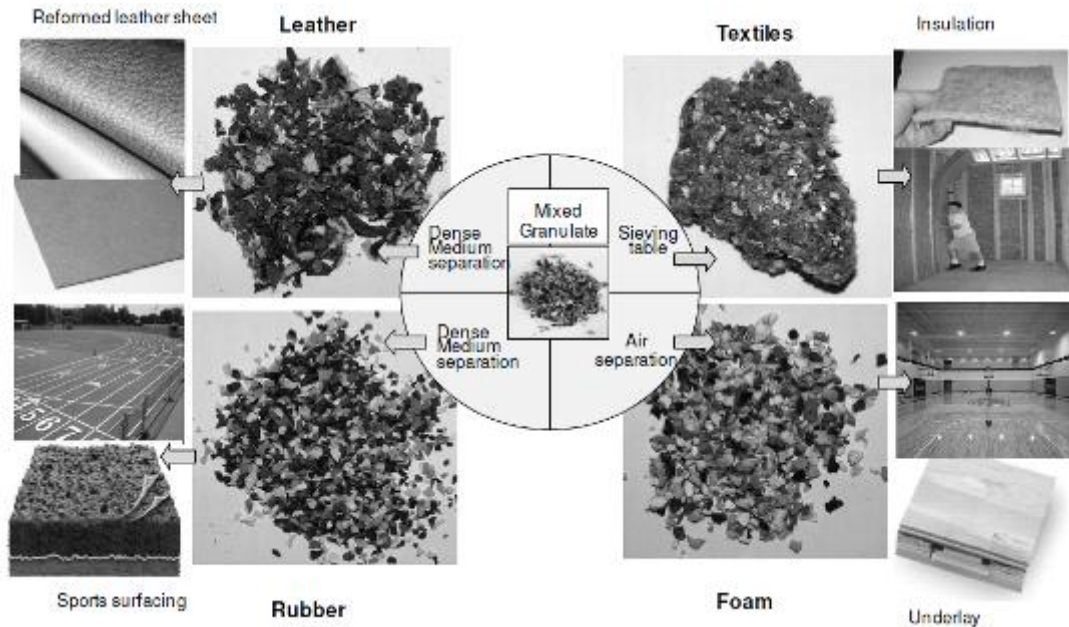


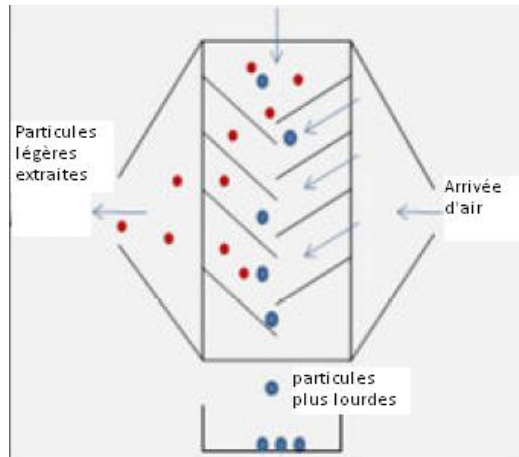
Figure 3 Applications possibles aux différentes matières issues du recyclage des chaussures²⁵

Description technique

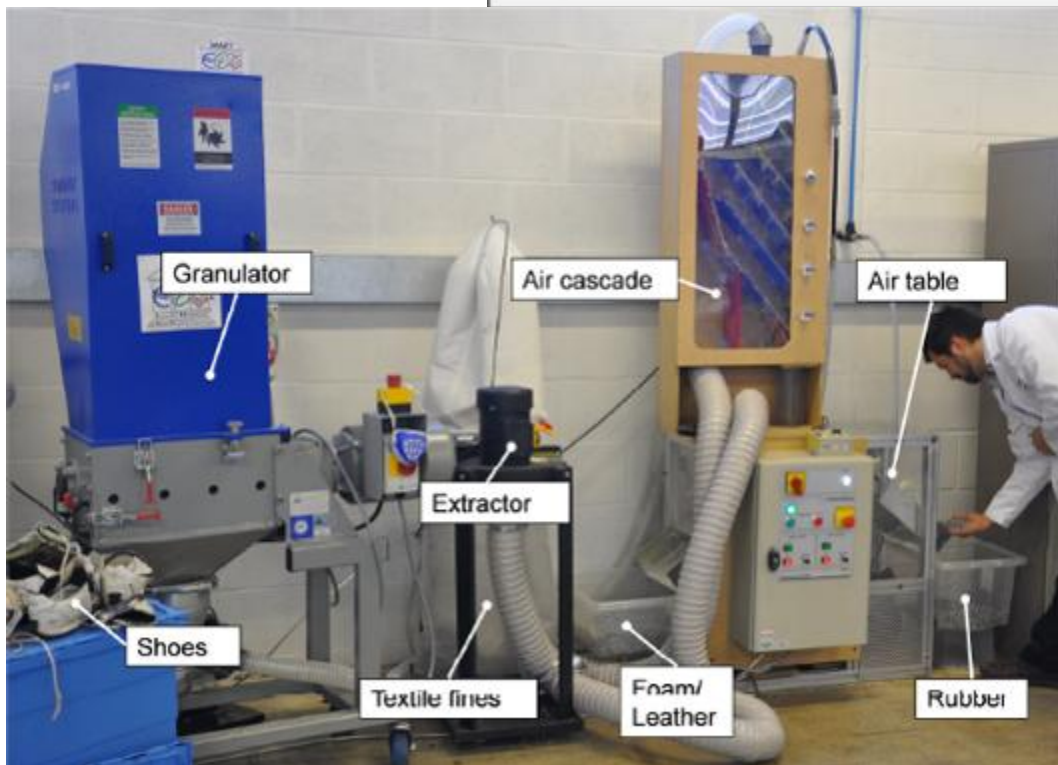
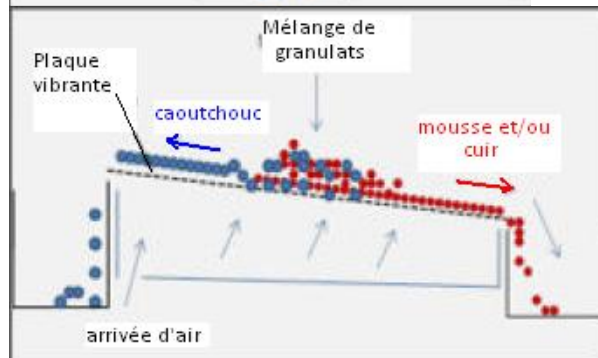
La ligne de traitement des chaussures mise en place par l'Université de Loughborough repose sur le principe suivant : les chaussures sont broyées dans leur intégralité, puis les parties métalliques sont séparées manuellement. La matière broyée fait ensuite l'objet d'une granulation. L'objectif est de transformer la matière à l'état de fine particule en termes de taille et de poids. Ainsi les différents types de granulats sont filtrés par un système de séparation des particules selon leur volume et leur masse.

²⁵ Source : rapport du SMART « Development of an Economically Sustainable Recycling Process for the Footwear Sector »

Le premier filtre est un filtre à cascade d'air permettant de séparer les particules textiles, plus légères que les particules de caoutchouc et de cuir mélangées aux particules de mousse.



Le deuxième filtre est une table à vibration, avec arrivée d'air. Les particules de caoutchouc sont séparées des particules de mousse et de cuir.



Concernant la séparation des parties métalliques, plusieurs options ont été envisagées, notamment le broyage avec retrait des particules métalliques par séparation magnétique, ou par détection et retrait de ces particules avec un système de capteur. Ces options impliquent des coûts et des financements plus importants.

Il est prévu que dans une mise en œuvre industrielle de ce procédé, un pré tri soit effectué sur les chaussures afin de les séparer en différentes catégories qui seraient ensuite

recyclées par lots. De cette manière les taux de puretés des matériaux récupérés peuvent être optimisés.

Analyse économique

La technologie développée et utilisée par l'Université de Loughborough, avec pour principe la séparation par ventilation, se révèle très efficace pour des coûts machine et d'exploitation relativement faibles.

Il est prévu que dans une mise en œuvre industrielle de ce procédé, un pré tri soit effectué sur les chaussures afin de les séparer en différentes catégories qui seraient ensuite recyclées par lots. De cette manière, les taux de puretés des matériaux récupérés peuvent être optimisés. La mise en place de ce pré tri manuel peut en revanche se révéler coûteuse en main d'œuvre. Le développement de systèmes de tri automatisé semble donc nécessaire

Plusieurs partenaires financiers se sont engagés dans ce projet mené par le SMART, on peut citer notamment :

- Nike
- C & J Clark International Ltd.
- Pentland Group plc
- Tesco plc
- Next Retail Ltd
- Terra Plana
- Textile Recycling Association
- The European Recycling Company Limited
- LMB
- Soletec Systems Limited

Néanmoins, le projet a été ralenti avec la crise, certaines sociétés ce sont retirées du projet ne pouvant plus financer les recherches. Il serait très intéressant pour le SMART de décrocher un financement européen pour poursuivre ses travaux.

Valorisation des travaux effectués

Points forts

- Recyclage de la chaussure en intégralité
- Procédé non spécifique à un type de chaussure mais applicable à tous les types de chaussures
- Tests en laboratoire concluants
- Les débouchés envisagés pour la matière récupérée sont nombreux (terrains de sport, matériaux d'isolation, matières premières secondaires, etc.)
- Développement de certains débouchés (matériau d'isolation)

Points faibles

- Pas de mise en application semi industrielle
- Taux de pureté élevé exigé pour le recyclage en boucle fermée

Reproductibilité en France

- Le contexte anglais étant très proche du contexte français, le procédé est parfaitement reproductible en France. Néanmoins le procédé, ainsi que certains débouchés sont encore en développement et n'ont pas fait l'objet de test industriel.
-

Axes de recherche à approfondir

- Mettre en place un partenariat avec l'Université de Loughborough afin de suivre et de participer à l'avancée de leurs travaux.
- Initier, en collaboration avec l'équipe de recherche, la mise en place d'un projet pilote d'application de ce procédé de broyage et de tri densimétrique à échelle industrielle.
- Évaluer les propriétés physiques de la matière recyclée afin de déterminer les possibilités de débouchés.
- Participer également au développement de procédés d'intégration de matière recyclée par ce procédé dans différents produits (développement de la fabrication de cuir reconstitué avec le cuir et de matériaux isolants avec le mélange cuir / fibre textile par exemple).
- Développer des techniques de tri innovantes qui permettrait une séparation plus fine des matériaux en vue de leur recyclage (tri optique par exemple)
- Valoriser et inciter les initiatives d'éco-conception des chaussures, permettant un recyclage plus efficace (démontabilité des différentes parties de la chaussure, ensemble de matières plus homogènes, etc.).

Liens

<http://www.centreforsmart.co.uk/footwear%20recycling.html>

Chapitre 3 : Éléments d'élaboration d'un scénario pour le développement du tri et du recyclage des chaussures en France

En bref: Ce chapitre présente tout d'abord les solutions de recyclage des chaussures usagées existantes et envisageables, à la lumière des travaux et initiatives étudiées précédemment. Sont ensuite définis trois scénarios de recyclage des chaussures qui donnent lieu à une analyse coûts-bénéfices comparative. Finalement, les axes de travail prioritaires, ainsi qu'une proposition d'un plan d'actions pour la mise en œuvre des scénarios sont décrits.

3.1 Synthèse des solutions existantes

L'objectif de cette partie est de présenter de façon synthétique, pour les différentes étapes du processus de recyclage des chaussures usagées, les solutions qui existent pour chacune d'entre elles et qui ont été identifiées lors de l'analyse des initiatives existantes dans le monde.

Le schéma suivant reprend schématiquement ces différentes étapes, qui sont détaillées dans la suite du chapitre.

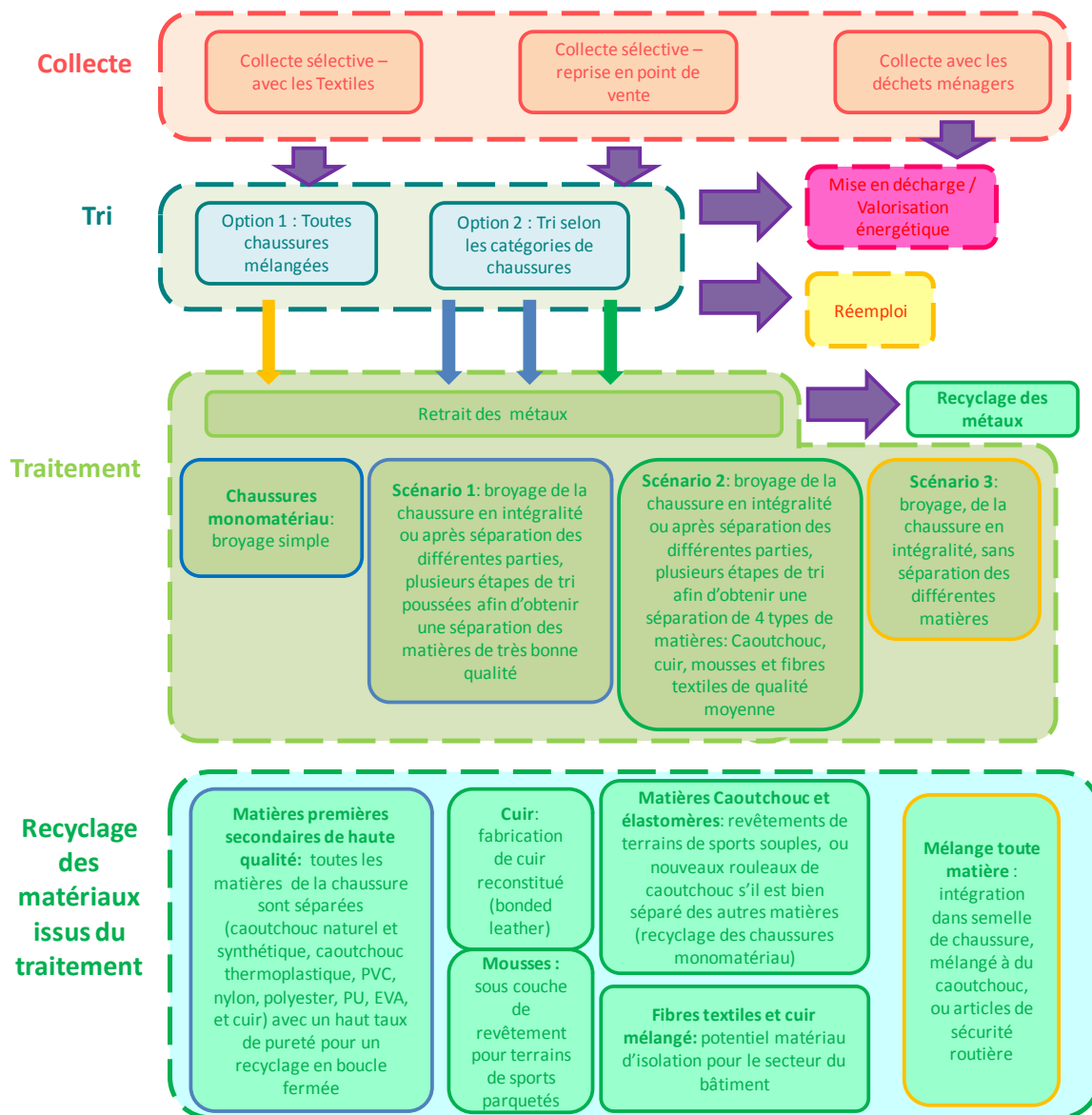


Figure 4 : Schéma de fin de vie des chaussures usagées

► La collecte

En France, selon la réglementation, la collecte des chaussures usagées est associée à la collecte des produits textiles et linges de maison. Des organismes tels que le Relais organisent cette collecte par le biais de 20 000 conteneurs²⁶ disposés sur le territoire français en des lieux stratégiques (parkings de supermarchés par exemple).

Par ailleurs, des quantités potentiellement importantes de chaussures usagées se retrouvent dans la collecte des déchets ménagers (cf. 1.2). Ces dernières ne sont pas recyclées ou réutilisées, et sont destinées à une élimination (mise en décharge) ou une valorisation énergétique. Enfin, il ne faut pas négliger les stocks de chaussures non utilisées chez les ménages, qui peuvent représenter plusieurs centaines de millions de paires.

²⁶ Donnée EcoTLC

► Le tri

Le tri des chaussures collectées sélectivement s'effectue à deux niveaux successifs.

- Le premier tri s'attache à séparer les chaussures hors d'usage présentant un état et une qualité suffisante. Les opérateurs de tri récupèrent ainsi les chaussures jugées réutilisables pour les remettre à la vente dans leurs centres. Le reste est principalement éliminé (mise en décharge ou incinération) par manque de débouchés.
- Les projets de recyclage des chaussures actuellement en développement montrent que les chaussures hors d'usage peuvent, quant à elles, faire l'objet d'un second tri, par type de chaussure présentant une dominante en terme de proportion de matière (chaussures traditionnelles en cuir, chaussures de sports composées principalement en matière textile et caoutchouc, chaussures monomatériaux, etc.). Les initiatives de recyclage de chaussures identifiées montrent que ce second tri matière facilite par la suite le traitement et améliore la qualité des matières récupérées.

Cette étape de tri peut cependant être plus ou moins poussée, en fonction des débouchés envisagés pour les matériaux issus du recyclage.

► La séparation

Une fois collectées et triées, les chaussures sont traitées de manière à extraire la matière. Plus la séparation des matières sera fine, plus leur valeur et leur potentiel de recyclage seront élevés. Toutes les initiatives analysées utilisent le broyage et la granulation de la chaussure afin de récupérer la matière sous forme de granulat.

Dans tous les cas, les éléments métalliques (œillet, etc.) sont d'abord extraits de la chaussure. Cette séparation peut être manuelle (cas de la ligne de recyclage développée par l'Université de Loughborough) ou automatique (tri magnétique utilisé par FYE).

Ensuite, quatre types de matières principales²⁷ ont été identifiés comme ayant le plus de valeur dans les chaussures, du fait de leur proportion :

- **Le cuir**
- **Les caoutchoucs (naturels et synthétiques) et polymères composant la semelle extérieure, comme le Poly Vinyle Chloride (PVC)**
- Les mousses : Polyuréthane (PU), Ethylène Vinyle Acétate (EVA)
- Les fibres textiles : fibres naturelles, nylon et polyester.

Leur séparation peut être effectuée sous différentes formes et avec différents niveaux de pureté selon les applications envisagées :

²⁷ Caractérisation des types de matières proposée par l'Université de Loughborough, « Development of an Economically Sustainable Recycling Process for the Footwear Sector »

- Nike qui ne recycle que les chaussures de sports, ces dernières étant composées principalement de caoutchoucs, polymères, de mousses et de fibres textiles, a mis en place un procédé de séparation par tranchage des différentes parties de la chaussure contenant ces matières : la semelle extérieure en caoutchouc, la semelle intérieure en mousse et la tige principalement en mousse et fibres textiles. Ces trois parties sont ensuite broyées et granulées afin d'obtenir les différents « Nike Grind » possédant chacun leurs débouchés propres.
- Le laboratoire de recherche de l'Université de Loughborough a de son côté développé une technologie de séparation des matières par broyage et granulation de la chaussure dans son intégralité (excepté les parties métalliques) pour ensuite séparer les différents granulats selon leur densité. La technologie est à base d'air ventilé et de deux filtres successifs, un premier pour la séparation des fibres textiles, puis un deuxième séparant les granulats de caoutchouc du mélange de mousse et de cuir. Le principal inconvénient reste la mauvaise séparation de ces deux dernières matières du fait de leur densité proche. En associant cette technologie à un pré tri des chaussures selon le type, pour les chaussures de sports ou les chaussures à base cuir notamment, les taux de pureté des matières récupérées sont de 80% pour le caoutchouc et entre 50 et 80% pour les autres matières. Une des usines effectuant le recyclage pour Nike utilise également un procédé similaire (usine de Meerhout en Belgique).



Figure 5 : Granulats obtenus après séparation²⁸

- Enfin certaines initiatives ne cherchent pas à effectuer cette séparation matière et s'attache à un débouché permettant d'intégrer le mélange de matière broyé et granulé dans son ensemble dans certains produits. C'est le cas de FYE et du projet Naturalista. Dans la cas FYE, ceci est rendu possible par une pré-sélection des chaussures usagées (les chaussures en cuir ne sont pas acceptées dans le procédé).

Enfin, les chaussures mono-matériau, de par leur nature, ne font pas l'objet d'un tel traitement. Les procédés de recyclage de ces chaussures sont au point, un recyclage en boucle fermée peut être aisément effectué. Celles-ci représentent cependant une fraction relativement faible du gisement, et les quelques initiatives de recyclage observées sont à l'initiative du fabricant et à relativement petite échelle.

On observe donc que le niveau de séparation nécessaire et atteignable dépend fortement du tri effectué sur les chaussures : si un premier tri permet d'obtenir un gisement de chaussures

²⁸ Illustrations obtenues auprès de l'Université de Loughborough

usagées ayant une composition relativement homogène, la séparation ultérieure des matériaux peut être simplifiée (cf. Nike, qui peut se limiter à une séparation des trois principales parties de la chaussure), voire inutile (FYE, Naturalista). En outre, les débouchés recherchés déterminent également de façon importante le niveau de séparation à mettre en œuvre : une séparation sommaire est suffisante pour des applications en « down cycling », c'est-à-dire l'utilisation dans des applications qui ne sont pas celles d'origine des matériaux : revêtements de terrain de sport, semelles de chaussures, etc. et tolèrent un certain niveau d'hétérogénéité et d'impureté des matériaux obtenus. Cependant, pour chercher des débouchés plus intéressants d'un point de vue économique (recyclage du cuir et du caoutchouc notamment, cf. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**), une séparation plus poussée (et automatisée) s'avère indispensable.

► Recyclage des matériaux issus de la séparation

Les principaux débouchés de recyclage des matières récupérées déjà identifiés sont les suivants :

- Intégration dans différents revêtements de sols pour aires de jeux et terrains de sports : Le caoutchouc, la mousse et les fibres textiles peuvent être intégrés à la conception de ces surfaces pour différentes applications (voir la fiche n°1 sur l'initiative de Nike).
- Intégration de la matière dans la conception des semelles de nouvelles chaussures. C'est le cas de la marque FYE qui ajoute la matière broyée à un mélange de caoutchouc naturel synthétique. Le taux d'intégration, qui varie entre 20% et 50%, est grandement influencé par des critères esthétiques (teinte de la semelle notamment).
- Utilisation des propriétés isolantes de mélange de fibres textiles et de cuir dans le secteur du bâtiment. Le développement de cette application est en cours à l'Université de Loughborough, afin de valider les critères d'étanchéité à l'eau et à la fumée nécessaires à son utilisation.
- La fabrication de cuir reconstitué à partir du cuir issu du traitement. Cette application est encore théorique, elle nécessite d'obtenir un granulats d'une concentration en cuir suffisamment élevée (au minimum 95%).
- Le recyclage en boucle fermée des matières, et notamment des matières caoutchoutiques, permettant de produire de nouveaux produits. Nike effectue déjà cette application en fabriquant des petites pièces utilisées dans les autres produits de la marque (fermetures éclair, dalles souples pour salles de sports, etc.).

Les techniques de séparation des matériaux contenus dans les chaussures usagées et les débouchés pour ces matériaux sont donc techniquement possibles, même si certaines applications nécessitent encore d'améliorer les techniques de séparation et de recyclage. Il est néanmoins nécessaire d'évaluer la viabilité économique des différentes options de traitement précédemment explicitées afin de pouvoir évaluer leur opportunité dans le cadre d'un scénario national de recyclage des chaussures.

3.2 Définition des scénarios envisageables pour le recyclage des chaussures en France

Au vu des initiatives déjà mises en place et des possibles débouchés existants pour les matières, on peut considérer schématiquement trois scénarios de recyclage des matières de la chaussure²⁹ :

- **Scénario 1** : Mise en place d'un procédé de recyclage de haut niveau permettant de recycler toutes les matières en boucle fermée
- **Scénario 2** : Mise en place d'un procédé de recyclage de niveau intermédiaire permettant de séparer les matières suivant quatre catégories de matières aux débouchés de réutilisation identifiés
- **Scénario 3** : Mise en place d'un procédé de recyclage de la chaussure par broyage en intégralité pour des applications de « down-cycling »

■ Scénario 1 : recyclage de haute qualité des matières

L'objectif visé par ce scénario est d'effectuer un recyclage des chaussures optimisé permettant d'obtenir en sortie chaque matière composante avec un haut degré de pureté. Cela implique de séparer les différents caoutchoucs et polymères (caoutchouc naturel et synthétique, caoutchouc thermoplastique, PVC), les textiles (nylon et polyester), les mousses (PU, EVA), les métaux (ferreux et non ferreux) et le cuir.

Afin d'atteindre ce niveau de séparation, un tri des chaussures suivant leur types (chaussures de sport, chaussures traditionnelles en cuir, etc.) semble nécessaire. Ensuite, une séparation des différentes parties présentant une dominante matière (semelle extérieure, intérieure, tige) va également permettre d'effectuer une pré-séparation des matériaux. Le retrait des parties métalliques est également nécessaire à ce niveau du processus, afin de ne pas endommager les équipements de granulation utilisés par la suite. Ces deux étapes de tri et de séparation des parties de la chaussure peuvent être envisagées manuelles ou automatisée, chacune de ces solutions impliquant des coûts importants en termes de moyens humains ou techniques. Chaque partie peut ainsi être broyée et granulée, et les fragments obtenus filtrés par type de matériaux.

Une autre solution entièrement automatisée et de haute technologie, impliquant une série de filtres complexes et permettant de traiter la chaussure dans son ensemble, sans séparation des différentes parties, peut être envisagée. Elle sera néanmoins plus coûteuse en termes de moyens techniques.

²⁹ Adapté du rapport « Development of an Economically Sustainable Recycling Process for the Footwear Sector » par Mike Lee et Shahim Rahimifard de l'Université de Loughborough

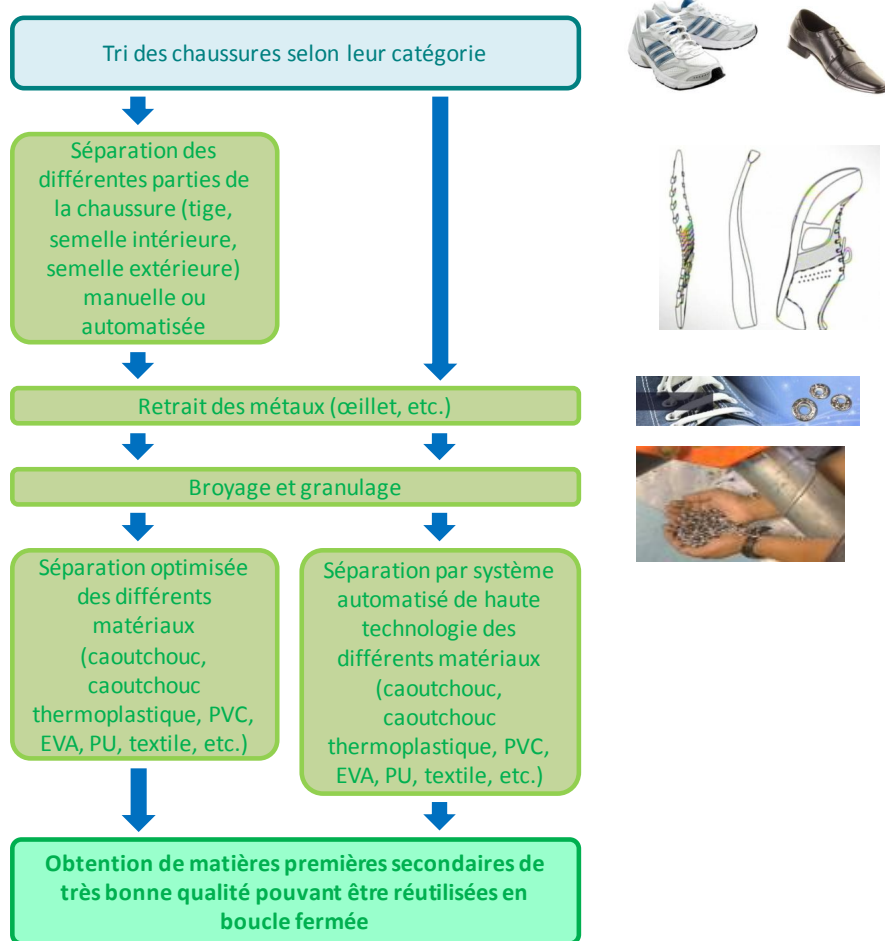


Figure 6 : Schéma de processus du scénario 1

Actuellement, aucune initiative industrielle de ce scénario n'a été mise en place. Les technologies nécessaires pour obtenir ce niveau de séparation matière sont a priori très coûteuses et restent à développer, ce qui implique également le financement de missions de recherche et développement. Néanmoins ce scénario permet le recyclage le plus efficace, aboutissant à une réutilisation des matières en boucle fermée pour la fabrication de nouvelles chaussures ou d'autres produits intégrant ces matières. Les revenus atteignables sont donc également très élevés.

| Avantages | Inconvénients |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Débouchés d'utilisation multiples des matières récupérées • Potentiel de rentabilité élevé | <ul style="list-style-type: none"> • Coûts de développement élevés • Moyens techniques onéreux • Coûts de main d'œuvre importants (pour option avec tri et séparation manuelle des parties de la chaussure) |

■ Scénario 2 : recyclage de niveau intermédiaire des matières

Ce scénario implique une séparation des matières moins poussée que dans le scénario précédent, suivant les quatre catégories de matières identifiées : matières caoutchouc et polymères, mousses, textiles et cuir. La ligne de traitement développée par le laboratoire de l'Université de Loughborough, basée sur une granulation et une séparation des particules par densité via des filtres à air et à eau, permet d'obtenir la séparation de matière requise (séparation caoutchouc, cuir, mousse et textile). Pour ce scénario également, un tri des chaussures selon leur type, antérieur au traitement, permet de faciliter le procédé de séparation des matières et d'obtenir un meilleur taux de pureté des catégories de matières récupérées. Une séparation des différentes parties des chaussures, bien qu'elle représente des coûts supplémentaires, peut également être envisagée.

La qualité de la matière récupérée permet des applications en « down-cycling », telles que l'utilisation en revêtements de surface, en sous couches de surfaces et en matériaux isolants.

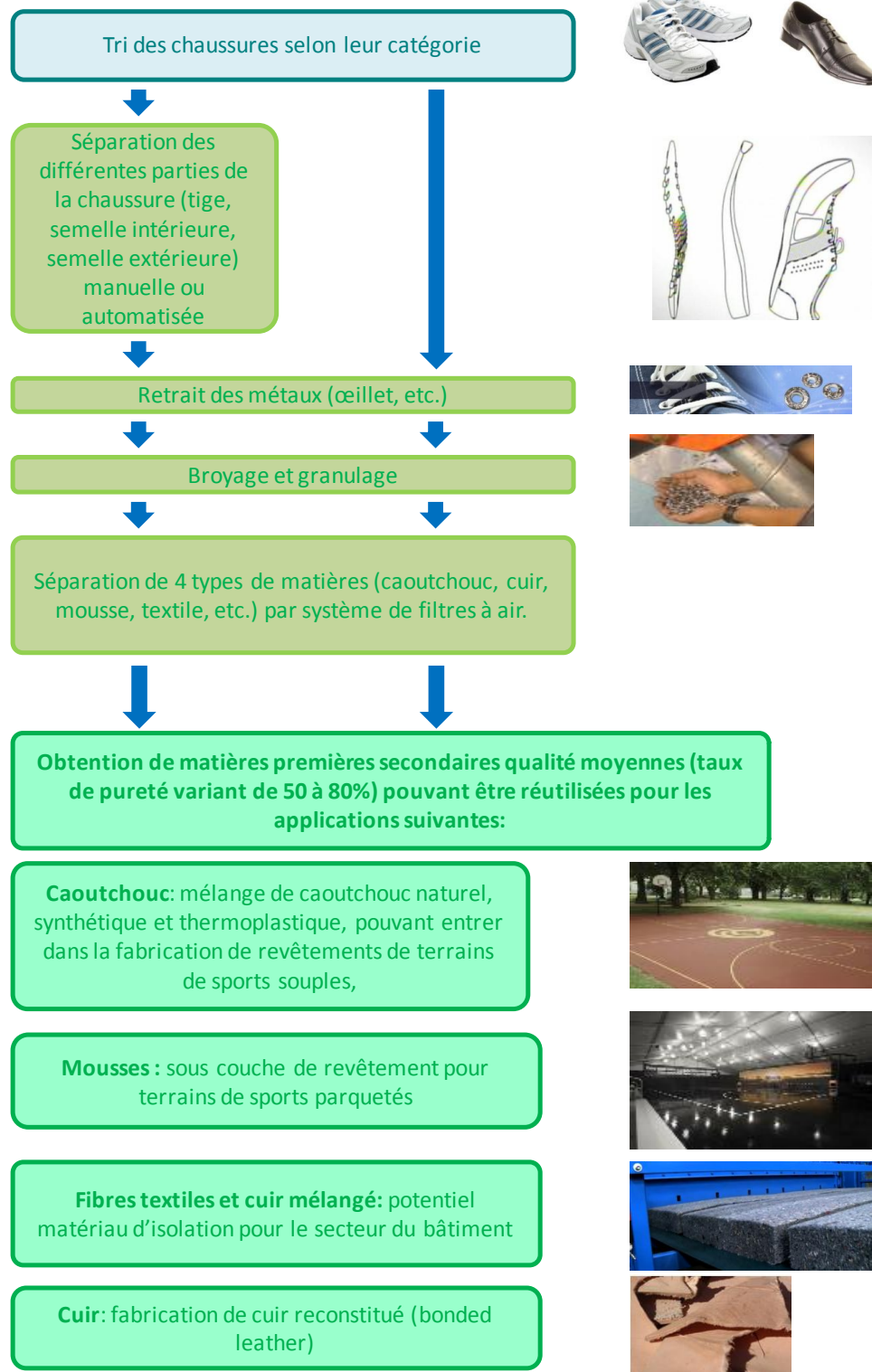


Figure 7 : Schéma de processus du scénario 2

Ce scénario implique des technologies de séparation des matières moins complexes et moins onéreuses que pour le scénario 1, mais celles-ci sont actuellement en développement à l'université de Loughborough. La ligne de traitement mise en place est fonctionnelle et doit être adaptée à une mise en place en contexte industriel. Le procédé mis en place par Nike pour son

programme « Reuse a shoe » y est très similaire. Bien que la qualité des matières récupérées soit moindre, leurs débouchés sont identifiés.

| Avantages | Inconvénients |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Débouchés d'utilisation des matières récupérées identifiés • Technologie fonctionnelle en développement industriel | <ul style="list-style-type: none"> • Coûts de main d'œuvre importants (pour option avec tri et séparation manuelle des parties) |

■ **Scénario 3 : recyclage de niveau bas des matières (« downcycling »)**

Cette dernière option vise à trouver des applications de basse qualité, ne nécessitant pas de séparation des matières. Ce scénario envisage de n'effectuer qu'un broyage et une granulation de chaussures spécifiques (chaussures de sport par exemple) afin d'obtenir un mélange utilisé comme matériau de remplissage (dans la fabrication de nouvelles semelles de chaussure par exemple).

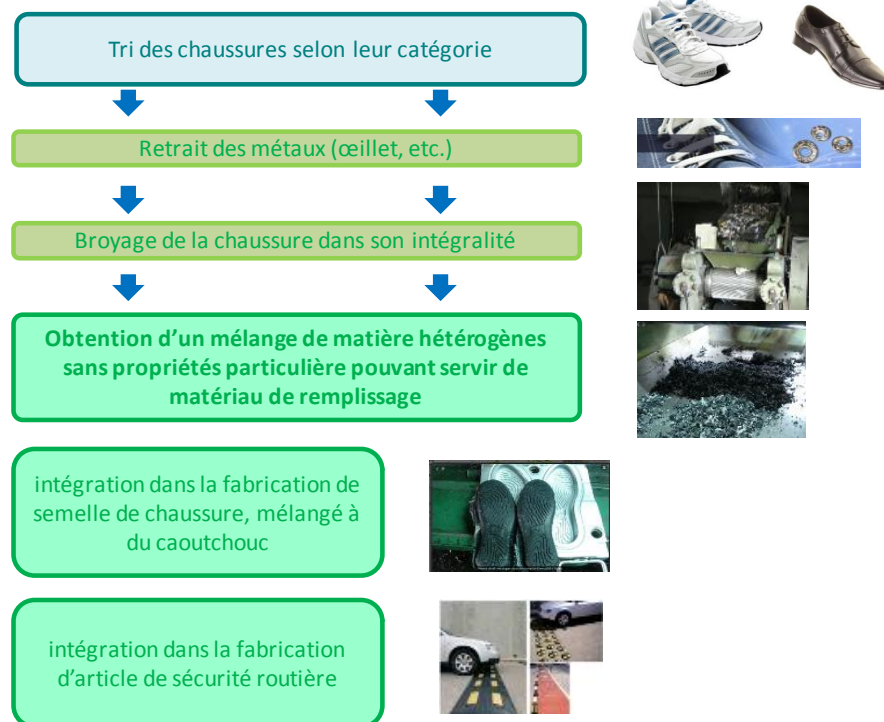


Figure 8 : Schéma de processus du scénario 3

Ce scénario envisage donc un recyclage basique, qui ne nécessite pas un investissement financier important ni de moyens techniques onéreux. Cependant ceci implique une qualité des matières récupérées très faible ne pouvant servir qu'à des débouchés où la matière ne nécessite pas de propriété particulière.

| Avantages | Inconvénients |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none">● Ne nécessite pas de technologie complexe (broyeur)● Ne nécessite pas de développement | <ul style="list-style-type: none">● Faible qualité de la matière● Débouchés limités● Coûts de main d'œuvre supplémentaires● Faibles revenus |

3.3 Analyse coût-bénéfices des scénarios

Ces différents modèles de recyclage des chaussures usagées impliquent des coûts et des revenus différents. Leur évaluation permettra d'envisager le scénario qui a le plus de sens d'un point de vue économique à l'heure actuelle. Ce chapitre identifie les principaux postes de revenus et de coûts de la filière de recyclage, et compare qualitativement les variations de ces paramètres en fonction du scénario retenu.

3.3.1 Sources de revenus liées au recyclage des chaussures usagées

Les principales sources de revenus ou d'économie liées au recyclage des chaussures sont les suivantes :

- La revente des matières issues du traitement
- Les économies réalisées sur les coûts associés à la mise en décharge ou à l'incinération.

L'estimation des revenus liés à ces sources pour nos différents scénarios sont présentées ci-après.

3.3.1.1 Revente des matières

Le calcul du revenu associé à la revente des matières est le suivant :

$$\sum_{i=1}^n (M(M_i) \times P(M_i))$$

Avec :

n=nombre de matières

$M(M_i)$ = Masse de la matière i récupérée (tonnes)

$P(M_i)$ = Prix de revente de la matière i (€/tonnes)

Ainsi il est nécessaire de déterminer les pourcentages matières présents dans une tonne de chaussure, ainsi que de poser des hypothèses sur les prix de revente des matières récupérées, suivant le scénario envisagé et donc la qualité des matières.

► Composition moyenne d'une tonne de chaussures

Un échantillonnage des matières présentes dans les chaussures effectué par l'Université de Loughborough, tous types de chaussure confondus, présente les résultats suivants :

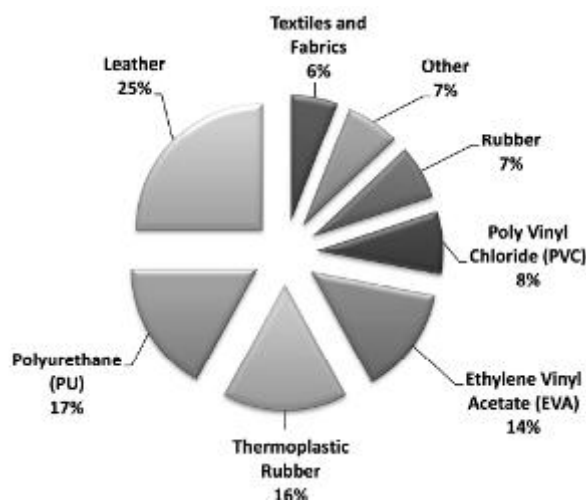


Figure 9 : Composition matière d'une tonne de chaussure, en pourcentage

Les matières déjà identifiées (cuir, caoutchouc, mousse et fibres textiles) sont bien les matières prédominantes dans les chaussures.

Cette répartition permet d'évaluer suivant le scénario étudié, les quantités de chaque matière et mélanges de matières pouvant être séparés et revendus.

► Prix de revente de la matière

Dans le cadre du premier scénario de recyclage, on part de l'hypothèse que les matières récupérées auront une qualité suffisante pour pouvoir être revendues à hauteur du prix d'achat de la matière vierge.

Afin d'illustrer les potentiels de revenus associés à la revente des matières, le tableau suivant présente les prix de vente de quelques matériaux composants les chaussures (il s'agit ici de prix indicatifs pour de la matière vierge).

| Matière | Prix de revente (€/tonne) |
|--|-------------------------------|
| Cuir ³⁰ | A partir de 10 000 € la tonne |
| Caoutchouc (naturel) ³¹ | 3 089 |
| Caoutchouc thermoplastique ³² | 2052 |
| PVC ³³ | 1 130 |

Pour les autres scénarios les prix de revente de ces matières seront bien entendu inférieurs, du fait de leur moindre qualité. Aucune indication sur les prix de reventes de ces matériaux n'a cependant pu être obtenue.

En considérant le prix de revente de ces matières, et en le rapportant au gisement total de chaussures collecté actuellement, soit 8 100 tonnes³⁴ par an, le revenu théorique atteignable s'élève à plus de **7 877 k€**³⁵. En le rapportant au gisement théorique annuel de chaussures en fin de vie (240 000 tonnes par an), le revenu potentiel est de **234 millions d'euros**³⁶. Ce revenu théorique étant basé sur des prix de matière vierge, il est maximisant.

3.3.1.2 Économie réalisée sur les coûts de traitement alternatifs (mise en décharge, incinération)

Les économies réalisées sur les coûts de traitement alternatifs doivent également être prise en compte dans le calcul du revenu associé au recyclage de chaussures. Ces derniers se décomposent ainsi :

³⁰ Selon le CTC, le prix du cuir non tranché, vendu au m², est très variable (entre 10 et 100€ le kg pour du cuir non tranché vendu au m², selon sa qualité et son origine)

³¹ <http://plastiques-caoutchoucs.com/No893-Mai-2012,1831.html>

³² Prix moyen constaté : <http://french.alibaba.com/product-gs/thermoplastic-rubber-278696393.html>

³³ <http://www.lemoniteur.fr/141-industrie-negoce/article/actualite/831006-la-hausse-des-prix-des-matieres-plastiques-assombrit-la-filiere-pvc>

³⁴ Voir partie 1.2 État de la collecte des chaussures usagées en France

³⁵ Revenu = Gisement collecté (8 100 t) * (Pourcentage matière cuir (25 %) * Prix de revente du cuir à la tonne (1 350 €/t) + Pourcentage matière caoutchouc (7 %) * Prix de revente du caoutchouc à la tonne (3 089 €/t) + Pourcentage caoutchouc thermoplastique (16%) * Prix de revente du caoutchouc thermoplastique (2052 €/t) + Pourcentage PVC (8%) * Prix de revente PVC (1 130 €/t))

³⁶ Revenu = Gisement collecté (240 000 t) * (Pourcentage matière cuir (25 %) * Prix de revente du cuir à la tonne (1 350 €/t) + Pourcentage matière caoutchouc (7 %) * Prix de revente du caoutchouc à la tonne (3 089 €/t) + Pourcentage caoutchouc thermoplastique (16%) * Prix de revente du caoutchouc thermoplastique (2052 €/t) + Pourcentage PVC (8%) * Prix de revente PVC (1 130 €/t))

- **Coût de mise en décharge ou d'incinération** : les coûts de mise en décharge en France varient entre 60 et 80€/t, tandis que les coûts de mises en incinération s'élèvent de 80 à 110 €/t.
- **La taxe sur les décharges et l'incinération (TGAP)** : Cette taxe sur l'élimination des déchets varie de 10 à 40 €/t pour le stockage et de 7 à 14 €/t pour l'incinération
- **Coût associé au transport du déchet vers le lieu de traitement alternatif**

Ces coûts économisés sont non négligeables pour les entreprises souhaitant entreprendre un recyclage des chaussures, soit directement pour les entreprises qui collectent les chaussures, soit indirectement pour des prestataires de traitement qui vont aligner leur prix de prestation sur ces coûts économisés (l'option de recyclage sera privilégiée si son coût est inférieur ou égal à celui de l'élimination).

Quel que soit le scénario envisagé, ces économies ne dépendent que de la quantité de chaussures traitées et du taux de refus du procédé de traitement.

3.3.2 Analyse comparative coûts-bénéfices

Le tableau suivant récapitule l'analyse qualitative effectuée sur les différents scénarios et leurs impacts sur les sources de coûts et de revenus identifiés, visant à mettre en avant l'importance relative des différents postes en fonction des scénarios retenus.

| | | Scénario 1 (haute niveau) | Scénario 2 (niveau intermédiaire) | Scénario 3 (niveau bas) |
|---------|---|------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| Revenus | Revente des matériaux | +++ | ++ | + |
| | Économie sur coûts de mise en décharges/ incinération | + | + | + |
| Coûts | Équipements | +++ | ++ | + |
| | Consommation d'énergie | +++ | ++ | + |
| | Main d'œuvre | ++ | + | + |
| | Entretiens des équipements | +++ | + | + |
| | Transport | + | + | + |

Tableau 4 : Tableau d'analyse qualitative sur les différents scénarios

Si les trois scénarios génèrent des économies équivalentes sur les coûts d'incinération est de mise en décharges, les revenus associés à la revente des matières récupérées, directement fonction de leurs qualités et de leurs propriétés, est radicalement différente.

Ainsi le scénario 1 qui envisage un recyclage de haute qualité générera plus de revenus car les matières seront séparées individuellement et avec un taux de pureté élevée. Ces matières pouvant être réutilisées en boucle fermée auront une valeur se rapprochant de celle des matières vierges. En contre partie, pour arriver à ce niveau de recyclage des efforts financiers importants sont à réaliser afin de financer à la fois la recherche et le développement d'un tel procédé, mais aussi les équipements techniques de haute technologie associés ainsi que la

main d'œuvre nécessaire aux étapes de tri en amont du process et à l'entretien des équipements.

Le scénario 2 en revanche générera moins de revenus car les matières récupérées ne présentent pas la même qualité que pour le scénario 1. Les coûts de mise en œuvre sont également inférieurs, grâce à un procédé déjà développé, des équipements moins chers et moins consommateurs en énergie.

Enfin le scénario 3 qui ne vise pas à atteindre un matériau de qualité en sortie de processus, mais un mélange de matière générera des revenus faibles, mais les coûts de mise en œuvre seront eux aussi relativement faibles, les machines nécessaires se limitant à des broyeuses.

3.4 Plan d'action proposé

Cette partie présente les axes de recherche visant à améliorer les solutions de recyclage existantes ainsi que les pistes d'innovation et de débouchés à investiguer. Cette caractérisation des efforts à mener s'accompagne de recommandations de stratégie à adopter par EcoTLC pour les mener à bien.

3.4.1 Axes de travail identifiés et priorisés

L'analyse des initiatives de recyclage des chaussures usagées déjà initiées en Europe et au-delà fait ressortir certains axes de développement pouvant permettre d'initier un recyclage des chaussures usagées en France bien établi en assurant les débouchés associés aux matières récupérées déjà identifiés et en les diversifiant

3.4.1.1 Inventaire et priorisation des axes de recherche

Le tableau suivant répertorie ces axes de recherche identifiés pour chacun des scénarios. Des actions transversales, communes aux trois scénarios, sont également présentées. Pour chaque axe de recherche, le stade de développement actuel envisagé (étude de faisabilité, mise en place d'un pilote de recherche, d'un pilote industriel) est indiqué ainsi qu'une estimation qualitative des moyens à mettre en œuvre. Certains de ces axes de recherche étant hiérarchisés temporellement, la colonne « pré-requis » indique quels axes doivent avoir été développés avant de pouvoir commencer à travailler sur l'axe concerné. En fonction de ces dépendances, une priorisation des actions, établie par scénario, est présentée.

Il convient de noter que les scénarios sont différents mais pas exclusifs. Il est possible de travailler en parallèle au développement de plusieurs scénarios :

- Le scénario 1 est le plus difficile à mettre en œuvre car aucune initiative ni aucun développement technique n'a été pour le moment engagé. Il nécessite donc la mise en place d'études de faisabilité et de recherches expérimentales longues et coûteuses. Il n'est néanmoins pas à exclure totalement car il est le plus prometteur en termes de bénéfices économiques et environnementaux. De plus,

le développement de la partie concernant les chaussures monomatériau est plus aisé à mettre en œuvre et peut engendrer des résultats rapides.

- Les scénarios 2 et 3 sont plus aisés à mettre en œuvre. Le scénario 3 permet d'obtenir une solution rapide mais peu efficace d'un point de vue économique et environnemental. Il pourrait néanmoins être mis en œuvre plus rapidement que le scénario 2 qui nécessite le déploiement de phases d'études et de recherches avant de pouvoir obtenir des résultats en termes de quantités recyclées.

Les axes mis en valeur en gras dans le tableau ci-dessous sont les axes à envisager en priorité (priorité 1)

| | Axes de recherche | Stade de développement envisagé | Pré-requis | Moyens à mettre en œuvre | Priorité |
|--------------------------|--|---------------------------------|---------------|--------------------------|----------|
| 0. Actions transversales | 0.1. Élaboration d'une typologie de chaussures usagées | Étude | | + | 1 |
| | 0.2. Mise en place de labels pour chaque type de chaussure | Étude de faisabilité | 0.1 | +++ | 2 |
| | 0.3. Étudier la faisabilité d'un tri automatique des chaussures selon leur typologie | Étude de faisabilité | 0.1 | + | 2 |
| | 0.4. Développer un procédé de séparation automatisée des parties métalliques contenues dans les chaussures | Pilote de recherche | | ++ | 2 |
| | 0.5. Organiser des réflexions sur les possibilités d'éco-conception des chaussures facilitant leur gestion en fin de vie. | Étude | | ++ | 1 |
| 1. Scénario 1 | 1.1. Identifier tous les types de chaussures monomatériau pouvant être recyclées en boucle fermée. | Étude | 0.1 | + | 2 |
| | 1.2. Effectuer des tests de recyclage en boucle fermée des différents types de chaussures monomatériau identifiés, et poursuivre le développement jusqu'à mise en place d'un projet pilote à l'échelle industrielle | Étude de faisabilité | 0.1, 1.1 | ++ | 3 |
| | 1.3. Identifier les débouchés pour les chaussures monomatériau non réinsérables dans le processus de recyclage en boucle fermée (type tapis de sol). | Étude | 0.1, 1.1, 1.2 | + | 4 |
| | 1.4. Développer un procédé de séparation automatisé des différentes parties de la chaussure | Pilote de recherche | 0.1 | ++ | 2 |
| | 1.5. Explorer les technologies permettant d'effectuer la séparation optimale des matières envisagée par le scénario 1, identifier la qualité des matières récupérables, et explorer les débouchés envisageables pour les matières premières secondaires de bonne qualité issue des chaussures | Étude | | + | 1 |
| | 1.6. Étudier et effectuer des tests de fabrication de bonded leather avec du cuir récupéré sur des chaussures usagées | Étude de faisabilité | 1.5 | ++ | 2 |

| | Axes de recherche | Stade de développement envisagé | Pré-requis | Moyens à mettre en œuvre | Priorité |
|---------------|---|---------------------------------|------------|--------------------------|----------|
| 2. Scénario 2 | 1.4 Développer un procédé de séparation automatisé des différentes parties de la chaussure | Pilote de recherche | 0.1 | ++ | 2 |
| | 2.1. Développer d'une opération similaire à celle de Nike mais pour d'autres types de chaussures (chaussures traditionnelles en cuir par exemple) en partenariat avec les producteurs concernés | Étude / Pilote de recherche | 2.1 | +++ | 2 |
| | 2.2. Développer la ligne de traitement développée par l'Université de Loughborough pour une application industrielle, en partenariat avec des producteurs | Pilote industriel | | +++ | 1 |
| | 2.3. Développer l'application du mélange fibres textiles/cuir pour la fabrication de panneaux d'isolation | Pilote de recherche | 2.2 | ++ | 2 |
| | 2.4. Développer l'utilisation du mélange caoutchouc/ polymère pour la fabrication de terrains de sports et d'aires de jeux | Pilote industriel | 2.2 | ++ | 2 |
| | 2.5. Étudier et effectuer des tests de fabrication de « bonded leather » avec du cuir récupéré sur des chaussures usagées avec le procédé de l'Université de Loughborough | Pilote de recherche | 2.2 | ++ | 2 |
| | 2.6. Explorer de nouveaux débouchés possibles d'utilisation des mélanges de matières récupérées via le scénario 2 | Étude | 2.2 | + | 2 |
| 3. Scénario 3 | 3.1. Faire réaliser des tests d'incorporation du broyat de chaussure intégrale dans les semelles de chaussures par un centre technique. | Étude | | + | 1 |
| | 3.2. Trouver d'autres débouchés d'incorporation du broyat de chaussure intégrale et effectuer des tests. | Étude de faisabilité | 3.2 | ++ | 2 |
| | 3.3. Initier des projets pilotes de mise en place du scénario 3 en partenariat avec des producteurs | Pilote industriel | 3.1, 3.2 | +++ | 3 |

3.4.2 Description des axes de recherche

| | |
|--|---|
| 0.1 | Élaboration d'une typologie de chaussures usagées |
| <p>Les statistiques disponibles à l'heure actuelle sur les typologies de chaussures mises sur le marché, basées sur les nomenclatures douanières, ne sont pas suffisantes pour refléter la diversité des matériaux présents dans celles-ci, et une caractérisation et une catégorisation, orientées fin de vie, seraient nécessaires pour permettre de cibler avec précision les éventuelles étapes de tri préalables à une filière de séparation et de recyclage efficace.</p> <p>Ainsi, une distinction portant sur les critères suivants pourrait être utilisée :</p> <ul style="list-style-type: none">■ La dominante matière de la tige (cuir, fibres textiles, etc.)■ Les associations de matériaux présents dans ces chaussures (en privilégiant les associations à partir desquelles la séparation est facilitée, en classant par exemple les chaussures de « simples » à « complexes » ou en privilégiant les associations de matériaux à densité bien distinctes, pour faciliter des tris densimétriques)■ La facilité de démantèlement des différentes parties de la chaussure■ La facilité de reconnaissance des différentes catégories (qu'on procède à cette étape à un tri manuel ou automatique, voir ci-dessous) | |
| 0.2 | Mise en place de labels pour chaque type de chaussure |
| <p>En collaboration avec les producteurs de chaussures qui connaissent le mieux leurs produits, le développement de labels reposant sur la typologie de chaussures définie dans l'axe 0.1 permettrait une identification plus rapide et plus efficace de chaque type de chaussure lors du tri. Ces labels pourraient prendre, par exemple, la forme d'étiquettes intégrées à l'intérieur de la chaussure ou, dans le cadre de la mise en place d'un tri automatisé, de microtaggants.</p> | |
| 0.3 | Étudier la faisabilité d'un tri automatique des chaussures selon leur typologie |
| <p>Le développement et la mise en place d'un tri automatisé est envisageable afin de réduire les coûts de main d'œuvre associés à cette étape du recyclage. Il nécessiterait la réalisation d'études de faisabilité et de développements technologiques, en lien étroit avec la caractérisation de labels. Afin de valider les résultats théoriques, le déploiement d'une ligne de tri expérimentale ainsi que d'une initiative pilote, en collaboration avec des entreprises spécialisées, sera nécessaire.</p> | |

0.4 Développer un procédé de séparation automatisée des parties métalliques contenues dans les chaussures

Le retrait des parties métalliques dans les chaussures précédant leur recyclage est une composante commune à toutes les initiatives identifiées jusqu'ici. En effet, les procédés de recyclage identifiés reposant principalement sur un broyage des chaussures, suivi d'une granulation, les parties métalliques, si elles ne sont pas retirées, peuvent endommager les équipements réalisant ces opérations. Le développement d'un procédé automatisé de séparation de ces matières peut également être envisagé afin de réduire les coûts de main d'œuvre associés à cette opération, pour le moment manuelle.

0.5 Organiser des réflexions sur les possibilités d'éco-conception des chaussures facilitant leur gestion en fin de vie

Dans une optique d'amélioration de la filière de recyclage des chaussures usagées sur le long terme, le développement de l'éco-conception des chaussures prenant en compte la gestion de la fin de vie de ces produits est une action à développer en priorité. Ainsi, les possibilités de réductions des matériaux composites de la chaussure (tige et semelle), d'amélioration de la séparabilité des parties (semelle, tige, etc.) et des matériaux, de simplification des designs et d'intégration de matières recyclées doivent être étudiées et envisagées. La chaussure étant un produit de mode, ces considérations sont le plus souvent secondaires chez les producteurs. La mise en place de mécanismes incitatifs (financiers principalement) auprès des producteurs ainsi que la mise en valeur de l'aspect « green » de ces produits auprès du consommateur peut néanmoins contribuer à contrebalancer partiellement le phénomène de mode.

1.1 Identifier tous les types de chaussures monomatériau pouvant être recyclées en boucle fermée.

Un certain nombre de catégories de chaussures (dont les tongs, au même titre que les CROCS dont l'exemple a été cité parmi les initiatives), sont fabriquées à partir d'EVA (Ethylène Vinyl Acétate) qui est un thermodurcissable pouvant être recyclé, après collecte, nettoyage et éventuellement abrasion, par broyage sous forme de poudre. Il est donc judicieux d'explorer le champ des produits de ce type pouvant entrer dans ce schéma de recyclage relativement simple.

| | |
|-----|--|
| 1.2 | Effectuer des tests de recyclage en boucle fermée des différents types de chaussures monomatériau identifiés, et poursuivre le développement jusqu'à mise en place d'un projet pilote à l'échelle industrielle |
|-----|--|

Une fois les chaussures monomatériau identifiées lors de l'étape précédente (1.1), des tests de validation des taux d'incorporation de la matière recyclée dans les nouveaux produits et des procédés de recyclage en boucle fermée doivent être effectués avant la mise en place d'un projet pilote à l'échelle industrielle, en partenariat avec un ou plusieurs producteurs concernés.

| | |
|-----|---|
| 1.3 | Identifier les débouchés pour les chaussures monomatériau non ré-insérables dans le processus de recyclage en boucle fermée (type tapis de sol) |
|-----|---|

Comme le montre l'initiative menée par Okabashi, une petite fraction des chaussures collectées ne peuvent être introduites dans le processus de recyclage en boucle fermée. Afin d'atteindre un taux de recyclage de 100%, il est nécessaire de trouver un débouché à cette matière. Dans le cas d'Okabashi, cette alternative repose sur l'implémentation de cette matière dans la fabrication de tapis industriels et de couvertures, en partenariat avec une entreprise spécialisée. L'exploration de débouchés similaires pour les autres types de matières des chaussures mono matériau est donc également nécessaire et peut être menée en collaboration avec des entreprises intéressées au vue de leur activité par le projet et par cette matière de seconde main.

| | |
|-----|--|
| 1.4 | Développer un procédé de séparation automatisé des différentes parties de la chaussure |
|-----|--|

Dans le cadre de la mise en place du scénario 1 et du scénario 2, une des solutions envisagées permettant d'obtenir une meilleure séparation des matériaux consiste à séparer les différentes parties de la chaussure présentant une dominante matière (semelle, semelle intérieure, tige, etc.). Le développement d'un système automatisé réalisant cette séparation des parties permettrait de réduire à long terme les coûts de main d'œuvre associés à cette opération. Le procédé utilisé par Nike est à étudier et à adapter aux différentes typologies de chaussures définies dans l'étape 0.1, en exploitant également les possibilités liées aux marquages des labels.

| | |
|-----|--|
| 1.5 | Explorer les technologies permettant d'effectuer la séparation optimale des matières envisagée par le scénario 1, identifier la qualité des matières récupérables, et explorer les débouchés envisageables pour les matières premières secondaires de bonne qualité issue des chaussures |
|-----|--|

Les techniques existantes, au stade expérimental ou industriel, reposent sur du tri mécanique et densimétrique et permettent d'atteindre une qualité de séparation suffisante pour les débouchés identifiés dans le scénario 2. Cependant, pour envisager des débouchés de recyclage des matières en boucle fermée, ces techniques doivent encore être améliorées, afin de limiter les impuretés. Elles devront, pour certaines applications, être en outre couplées à des procédés

de lavage, les textiles pouvant être souillés. Peu d'autres technologies ont été identifiées, cependant les techniques de tri évoluent constamment et un certain nombre de techniques, notamment de tri optique, pourraient s'avérer prometteuses, en remplacement ou en complément des technologies citées ci-dessus. La reconnaissance de forme, la spectroscopie proche infrarouge, ou encore la thermographie infrarouge moyen, pourraient par exemple représenter un intérêt, encore à explorer³⁷. La recherche et le développement de ces technologies afin de les adapter au contexte du recyclage des chaussures représentent un fort investissement financier en terme de moyens techniques, de la phase d'étude de faisabilité, jusqu'à la mise en place d'un projet pilote industriel.

Il est important, durant cette phase de conception, d'identifier, à chaque fois, la qualité des matériaux récupérés ainsi que leurs propriétés, de manière à identifier les débouchés de recyclage envisageables. L'objectif de l'opération est d'atteindre un recyclage en boucle fermée des différentes matières.

1.6 Étudier et effectuer des tests de fabrication de bonded leather avec du cuir récupéré sur des chaussures usagées

La fabrication de Bonded Leather (Synderme) est pour le moment réalisée par utilisation des chutes de production de l'industrie du cuir. L'utilisation de cuir usagé en provenance des chaussures pour la fabrication de Bonded Leather est une possibilité à explorer et à développer. En effet, le cuir représente une des matières ayant le plus de valeur dans la chaussure, et la fabrication de cuir reconstitué représente le débouché le plus valorisant, en termes de qualité de produit et de valeur économique. L'université de Loughborough travaille actuellement au développement d'un tel procédé.

2.1 Développer d'une opération similaire à celle de Nike mais pour d'autres types de chaussures (chaussures traditionnelles en cuir par exemple) en partenariat avec les producteurs concernés

L'opération de séparation des matériaux et de recyclage des chaussures de sport mis en place par Nike est l'initiative industrielle de recyclage des chaussures la plus développée actuellement. Elle correspond au scénario 2, à la différence près que le cuir n'est pas séparé des matières textiles. L'inconvénient de cette initiative est qu'elle se focalise sur un type particulier de chaussure que sont les chaussures de sport. La mise au point d'un procédé similaire applicable à d'autres types de chaussures (les chaussures traditionnelles en cuir par exemple, ce qui permettrait d'obtenir un fort taux de récupération de cuir), en partenariat avec des industriels intéressés (producteurs ou industriels du cuir) est une piste à approfondir.

³⁷ État de l'art des technologies d'identification et de tri des déchets, ADEME, Octobre 2010

| | |
|---|--|
| 2.2 | Développer la ligne de traitement développée par l'Université de Loughborough pour une application industrielle, en partenariat avec des producteurs |
| <p>La ligne de traitement de chaussures mise au point par l'université de Loughborough présente des résultats très concluants pour la mise en place du scénario 2. Néanmoins, elle est pour le moment dimensionnée pour des tests expérimentaux. Un travail de redimensionnement afin de l'adapter au contexte industriel doit donc être effectué afin de lancer un projet pilote industriel. Afin d'effectuer cette action, la mise en place d'un partenariat avec le groupe de travail de Loughborough ainsi qu'avec un industriel semble nécessaire.</p> | |
| 2.3 | Développer l'application du mélange fibres textiles/cuir pour la fabrication de panneaux d'isolation |
| <p>Le mélange de fibres textiles et de fibres de cuir récupérées par le procédé envisagé par le scénario 2 possède des propriétés isolantes très intéressantes pour le secteur du bâtiment. Le développement de cette application sur le modèle de celui effectué sur les textiles (opération MÉTISSE) semble nécessaire. Elle offre en effet, une alternative à l'utilisation de ces fibres pour la réalisation de sous couches de sols parquetés et génère très probablement plus de revenus, les propriétés physiques du mélange étant mises à profit.</p> | |
| 2.4 | Développer l'utilisation du mélange caoutchouc/ polymère pour la fabrication de terrains de sports et d'aires de jeux |
| <p>L'application trouvée pour l'utilisation des caoutchoucs récupérés dans les chaussures usagées pour la fabrication de terrains de sport et aires de jeux doit être développée en France. Il est nécessaire d'identifier les acteurs et de monter des partenariats, après avoir mis en place une ligne de traitement fonctionnelle adaptée au contexte industriel.</p> | |
| 2.5 | Étudier et effectuer des tests de fabrication de « bonded leather » avec du cuir récupéré sur des chaussures usagées avec le procédé de l'Université de Loughborough |
| <p>Cet axe de recherche est identique au 1.6 à la différence que la qualité du cuir récupéré dans le cadre du scénario 2 est inférieure et donc nécessite très probablement plus de traitement avant de pouvoir être recyclé en bonded leather.</p> | |

| | |
|--|---|
| 2.6 | Explorer de nouveaux débouchés possibles d'utilisation des mélanges de matières récupérées via le scénario 2 |
| <p>Les débouchés identifiés pour les différentes matières et mélanges de matières récupérables via le scénario 2 sont prometteurs mais risquent néanmoins à long terme de ne pas pouvoir utiliser tout le gisement de matière représenté par les chaussures usagées. Il est donc nécessaire d'explorer de nouvelles applications de recyclage possibles à ces matières, d'effectuer des tests expérimentaux et de monter de nouveaux projets pilotes en collaboration avec les acteurs concernés.</p> | |
| 3.1 | Faire réaliser des tests d'incorporation du broyat de chaussure intégrale dans les semelles de chaussures par un centre technique |
| <p>L'initiative de recyclage initiée par FYE permet d'introduire la matière issue des chaussures broyées en intégralité dans le mélange de caoutchouc servant de matière première à la conception de la semelle de nouvelles chaussures. Néanmoins, les taux d'incorporations de ce mélange sont à vérifier, étant donné que le choix réalisé par FYE est également conditionné par des contraintes esthétiques. Ces tests pourront également servir de base à la recherche d'autres débouchés similaires d'intégration de la matière issue des chaussures dans différents produits (articles de sécurité routière par exemple).</p> | |
| 3.2 | Trouver d'autres débouchés d'incorporation du broyat de chaussure intégrale et effectuer des tests. |
| <p>De même que pour le scénario 2, rechercher continuellement de nouvelles applications pour les matières récupérées est indispensable pour assurer leur recyclage intégral. Dans le cas du scénario 3, le mélange de matière étant hétérogène, les applications potentielles seront tournées vers le « down-cycling », l'intégration de cet agrégat de matière comme matériau de remplissage. L'intégration de cette matière dans la fabrication d'articles de sécurité routière où d'articles nautiques sont des pistes à explorer.</p> | |
| 3.3 | Mettre en place des projets pilotes de mise en place du scénario 3 en partenariat avec des producteurs |
| <p>Le scénario 3 étant le plus simple à réaliser techniquement, il est possible de mettre rapidement en place des projets pilotes en collaboration avec des producteurs intéressés par cette matière à faible coût récupérable dans les chaussures.</p> | |

3.4.3 Recommandations complémentaires

À partir des axes de recherche identifiés et priorités, il appartient à EcoTLC de se positionner sur la stratégie organisationnelle à adopter. En effet, une majorité des axes identifiés impliquent la réalisation d'études et la mobilisation de moyens techniques et financiers. Concernant les études, celles-ci peuvent se faire en interne ou par le biais de prestataires. Des opportunités de cofinancements de l'ADEME sur ce type de projet portant sur le développement d'une filière en démarrage sont à investiguer. Concernant les développements techniques, EcoTLC peut choisir de financer ces opérations en intégralité par le biais d'appels à projets ou de mettre en place des partenariats avec des acteurs qui pourraient à l'avenir intégrer les procédés développés directement dans leurs process.

Il semble néanmoins recommandable qu'EcoTLC participe au groupe de travail mené par l'Université de Loughborough. En effet, l'équipe de recherche est l'une des plus avancées sur la problématique et possède d'ores et déjà un réseau de partenaires impliqués et possédant des compétences et des moyens en lien direct avec les développements techniques suggérés.

De même, la mise en place de partenariats avec Nike et FYE, afin de capitaliser à partir de leurs expériences et de travailler en collaboration sur le développement de leur initiatives en France semble incontournable.

Enfin, le déploiement du projet au niveau européen, par la mise en place d'un groupe de réflexion rassemblant les différents acteurs impliqués sur la thématique, et permettant de mutualiser les expériences ainsi que les moyens financiers et techniques de chacun, est également une possibilité à explorer. Étant donné que des acteurs ont été identifiés dans plusieurs pays européens, et considérant les enjeux environnementaux significatifs liés à cette thématique, il paraît tout à fait envisageable que des fonds européens pour la R&D puissent être mis à contribution pour mener des travaux d'envergure dans le cadre du groupe de travail précédemment constitué. Un des objectifs de ce groupe de travail pourrait être la constitution d'un dossier pour des demandes de financement européen (FP7), qui permettrait de déployer les moyens nécessaires à des avancées concrètes.

Annexes

► Tableau de synthèse des contacts pris

| Organisation | Type d'activité / type de procédé identifié suite aux recherches bibliographiques | Pays | Lien(s) utile(s) | Retour |
|--|---|------------|---|---|
| Fabricants | | | | |
| Fabricant - Nike | "Reuse-a-Shoe": Programme de recyclage des chaussures de sport pour fabriquer des vêtements pour terrains de sport. | États-Unis | http://www.nikereuseashoe.com/ | Après plusieurs tentatives de contact et entretiens planifiés avec Simon Loft, nous n'avons pas réussi à le joindre afin de lui poser des questions supplémentaires sur le programme "Reuse a shoe" |
| Lifestyle Sports - Adidas | Opération "Trainer Scrappage Scheme" de récupération des chaussures de sport de la marque Adidas pour fabriquer des vêtements de terrain de sport | Irlande | http://www.envirocentre.ie/News.aspx?ID=79D21E24-862B-4685-A66A-2D7059FB72E2&PID=a257bece-c1e7-464a-9cd0-fde10d3a18c3&NID=9808fa60-5a33-4fc6-80f5-4c19eeb4790c&M=2 | Lifestyle Sports nous a indiqué un contact auprès de Replay Sports, la société qui prend en charge le traitement des chaussures collectées à travers le programme "Trainer Scrappage Scheme" |
| Replay Sports | Évaluation d'impacts environnementaux liés aux activités du domaine du sport et du conseil en réduction d'impact. Recycle les chaussures de sport usagées collectées par Lifestyle sports pour en faire des terrains de jeu | Irlande | http://www.replaysports.ie/ | Replay sports effectue un recyclage similaire au programme Reuse a shoe mais à plus petite échelle. Le procédé de séparation est effectué manuellement. Le contact a accepté de répondre à nos questions sur cette activité |
| Fabricant - Sport Finance (FYE - For Your Earth) | Programme de fabrication de chaussures dont la semelle est composée à 50% de chaussures recyclées. Le recyclage est effectué par l'entreprise en collaboration avec le Relais qui fournit les chaussures usagées | France | http://www.foryouearth.com/ http://www.foryouearth.com/upload/revue-presse/documents/fichier-24.pdf | Emmanuel Cortez a accepté de répondre à nos questions sur l'initiative de la marque FYE et de nous transmettre certaines données (coûts d'achat des chaussures auprès de Le Relais / Emmaüs |
| Fabricant - Okabashi | Procédé de recyclage des chaussures usagées de la marque (tongs, souliers en Microplast) pour la fabrication de chaussures neuves. Broyage des chaussures usagées insérées dans la production des chaussures neuves. | Etats-Unis | http://www.okabashi.com/Recycle/b/2493603011?ie=UTF8&title=Recycle | Le producteur a accepté de répondre par mail à nos différentes questions. |
| Fabricant - El Naturalista | Projet de recyclage des chaussures à large échelle mise en place depuis septembre 2010 | Portugal | http://www.eco-naturalista.eu | L'initiative a été identifiée tardivement et la prise de contact afin d'obtenir les résultats du projet n'a pas aboutie. Néanmoins il est envisageable de relancer le contact d'ici la remise du rapport final définitif afin d'essayer d'obtenir ces informations. |

| Organisation | Type d'activité / type de procédé identifié suite aux recherches bibliographiques | Pays | Lien(s) utile(s) | Retour |
|--|--|-------------|---|---|
| Fabricant - Owl | Fabrication de produit de maroquinerie en cuir recyclé | Etats-Unis | http://www.owlrecycled.com/home.php?cat=254 | L'entreprise indique par retour d'email qu'elle achète le cuir recyclé en Espagne. Ce sont des chutes de production issues d'un produit mixte (caoutchouc-cuir). Le nom du fournisseur a été demandé mais n'a pas été transmis. |
| Fabricant - Salamander | Producteur de bonded leather, notamment à partir de semelles de chaussures | Allemagne | http://www.salamanderbl.com/en/Products/Bonded-Leather- | L'entreprise a répondu à nos questions par email. Salamander récupère les semelles en cuir végétal des chaussures pour produire leur "bonded leather". |
| Équipes de recherche | | | | |
| Equipe de recherche - University of Loughborough | Laboratoire expérimental sur le recyclage des chaussures usagées | Royaume Uni | http://www.centreforsmart.co.uk/Footwear%20recycling%20position%20paper.pdf | Mike Lee et Shahim Rahimifard, en charge du projet à l'université de Loughborough, ont accepté de faire un entretien. Les travaux et les études réalisés sont très intéressants et prometteurs. Les contacts indiquent qu'un partenariat avec Eco TLC serait réciproquement profitable. |
| Truc et trouvaille | La société a lancé un projet de recyclage des chaussures usagées financé par Eco TLC | France | | Mme Dameron travaille actuellement avec la marque Paraboot sur le recyclage de leur chutes et rebus de production. Elle a mis au point un liant permettant de faire des semelles à partir des semelles usagées broyées. D'autres projets prévus avec Emmaüs pour la mise au point de produits anti chocs et insonorisant pour le bâtiment |
| Fédérations | | | | |
| Fédération Française de la Chaussure | Fédération Française de la Chaussure | France | http://www.chaussuredefrance.com/sites/fr/contact.html | Plusieurs données de mises sur le marché ont été fournies par le contact à la FFC. Néanmoins certaines informations demandées n'ont pas été envoyées. |
| CTC | Centre Technique du Cuir | France | http://www.ctcgroupe.com/fr/qui_sommes_nous/ | Entretien effectué avec Thierry Poncet au sujet des matières composantes de la chaussure et de la durée de vie de ces produits. M Poncet indique qu'aucune donnée quantitative n'est disponible, les deux sujets étant trop vastes et la traçabilité de ces produits trop peu développée pour établir des statistiques à l'heure actuelle. Selon lui une approche qualitative est plus adaptée. |

► Calculs des coûts et revenus associés au recyclage : illustration

Les coûts associés à la mise en place et à l'exploitation d'une ligne de traitement des chaussures usagées se décomposent en deux types :

- Les coûts d'investissement liés aux immobilisations :
 - le coût du bâtiment,

- le coût des équipements de la ligne de traitement.
- Les coûts de fonctionnement liés à l'exploitation de la ligne de traitement :
 - les coûts de main d'œuvre,
 - les coûts de consommation d'énergie,
 - les coûts d'entretien des équipements,
 - les coûts de transport liés à la collecte des chaussures.

Selon les scénarios définis, ces coûts vont différer. L'obtention de matières séparées de haute qualité (scénario 1) va nécessiter un investissement important dans des équipements de haute technologie qui risquent d'être très consommateurs en énergie tandis que le scénario 3 (basse qualité) pour lequel les chaussures subissent un faible traitement, les coûts d'immobilisation et de fonctionnement seront réduits.

Afin de mieux visualiser ce que représentent ces coûts, le tableau suivant présente les coûts associés à l'exploitation de la ligne de traitement mise en place par l'Université de Loughborough, qui se rapproche du scénario n°2 (moyenne qualité). A noter que cette ligne de production a été dimensionnée pour un rendement de traitement de 0,5 tonnes par heure :

| Équipement | Consommation d'énergie (kWh) | Coût d'investissement (approximation en euros) | Coût de fonctionnement (Euro / tonne) |
|---------------------------------|------------------------------|--|---------------------------------------|
| Fragmentation | | | |
| broyeuse (4 broches) | 20 | 52924 | 3 |
| Granulateur | 20 | 31503 | 3 |
| Séparation | | | |
| Séparateur magnétique | 3 | 18902 | 0 |
| Machine détection/éjection (x2) | 1 | 20162 | 0 |
| Séparateur à cascades d'air | 4 | 25202 | 1 |
| Table à coussin d'air | 4 | 30242 | 1 |
| Transport/ acheminement | | | |
| tapis roulants à courroie | 3 | 7561 | 0 |
| vis sans fin (x2) | 3 | 18902 | 0 |
| Total | 58 | 205396 | 7 |

L'ensemble des équipements utilisés sur cette ligne de traitement représente un investissement initial de plus de 205 000 € (163 000 £).

En rapportant ces données au contexte français, le coût actuel de l'électricité variant de 50 à 70€/MWh et le rendement de traitement du système développé par Loughborough étant de 0,5 tonnes par heure, on obtient un coût de fonctionnement (hors main d'œuvre et entretien) variant entre **5,8 et 8,12 €/t**. Comparé aux coûts de mise en décharge et d'incinération, **ces coûts de fonctionnement sont 10 fois moins importants**, sans compter les revenus associés aux matières récupérées. Le recyclage des chaussures représente donc un réel potentiel économique.



Eco TLC, tous concernés

Depuis sa création, Eco TLC engage la filière dans un projet ambitieux : **garantir que la fin de vie des produits TLC soit prise en charge dans les meilleures conditions environnementales, économiques et sociales.**

Fabricants, distributeurs, opérateurs de collecte et de tri, recycleurs, élus, citoyens... Nous sommes tous des consommateurs. Ensemble, agissons pour offrir une deuxième vie à nos vêtements, nos chaussures et notre linge de maison !

Contacts :

BIO INTELLIGENCE SERVICE :

20-22, Villa Deshayes - 75014 Paris

Téléphone : +33 (0)1 53 90 12 80

Email : bio@biois.com

Site : www.biois.com

ECO TLC :

Jean-Luc BARTHARÈS, Directeur Relations Adhérents et R&D

4, cité Paradis - 75010 Paris

Téléphone : +33 (0)1 85 08 42 39

Email : jl.barthares@ecotlc.fr

Site : www.ecotlc.fr