



# **État de l'art des solutions de recyclage des semelles de chaussures en Europe**

Cahiers des charges des recycleurs  
et fabricants de machines

# TABLE DES MATIÈRES

GLOSSAIRE.....	3
SIGLES & ACRONYMES .....	3
1. INTRODUCTION .....	4
1.1. CONTEXTE .....	4
1.2. OBJECTIF .....	4
2. PREPARATION AU RECYCLAGE DES SEMELLES.....	5
2.1. CONSTRUCTION D'UNE CHAUSSURE.....	5
2.2. SOLUTIONS DE PREPARATION AU RECYCLAGE DES CHAUSSURES .....	6
2.2.1. <i>Solutions de broyage</i> .....	7
2.2.2. <i>Solutions de séparation tige/semelle</i> .....	8
2.2.3. <i>Solutions de tri</i> .....	8
3. RECYCLAGE DES SEMELLES .....	10
3.1. PRINCIPALES MATIERES A L'ETUDE .....	10
3.2. PROCEDES DE RECYCLAGE .....	11
3.3. SOLUTIONS DE RECYCLAGE.....	13
3.3.1. <i>Centres techniques</i> .....	14
3.3.2. <i>Transformateurs recycleurs</i> .....	16
3.3.3. <i>Transformateurs recycleurs / Incorporateurs</i> .....	21
3.3.4. <i>Incorporateurs</i> .....	28
3.3.5. <i>Fabricants de machines</i> .....	31
3.4. SYNTHESE DES ACTEURS DU RECYCLAGE DES SEMELLES DE CHAUSSURES .....	33
3.5. AUTRES ENTREPRISES IDENTIFIEES .....	36
3.6. PROJETS .....	37
4. ESSAIS DE RECYCLAGE.....	38
4.1. EXTRUSION / INJECTION – SEMELLES SBS .....	38
4.2. MICRONISATION – SEMELLES EN CAOUTCHOUC .....	40
4.3. DEVULCANISATION – SEMELLES EN CAOUTCHOUC .....	42
5. BILAN.....	45
6. ANNEXE 1 – RAPPORT ESSAI DE DEMANTELEMENT.....	46
7. INDEX DES FIGURES ET TABLEAUX .....	48

Rapport rédigé par le CETIA & REFASHION, sur la base des travaux menés par le CETIA

## GLOSSAIRE

**Cupsole** : se dit de toute semelle moulée pour s'adapter à la forme de la chaussure, elle est ensuite cousue et/ou collée à la tige ; parfois aussi appelée semelle cuvette.

**Déchet** : toute substance ou tout objet, ou plus généralement tout bien meuble, dont le détenteur se défait ou dont il a l'intention ou l'obligation de se défaire (article L 541-1-1 du Code de l'environnement).

**Jonc** : un jonc en plastique (ou en élastomère) désigne un filament ou un profilé continu produit par extrusion.

**Recyclage** : toute opération de valorisation par laquelle les déchets, y compris les déchets organiques, sont retraités en substances, matières ou produits aux fins de leur fonction initiale ou à d'autres fins. Les opérations de valorisation énergétique des déchets, celles relatives à la conversion des déchets en combustible et les opérations de remblayage ne peuvent pas être qualifiées d'opérations de recyclage<sup>1</sup>.

**Réticulation** : passage d'un polymère d'un état où les macromolécules sont indépendantes à un état où elles sont reliées par des liaisons chimiques.

**Surtri** : second tri consistant en une opération de séparation selon la composition matière et/ou la couleur de déchets de TLC non destinés à la réutilisation et/ou de leurs composants, en fonction de spécifications d'un opérateur de recyclage, le surtri devant permettre le recyclage sans autre opération ultérieure de tri.

**Valorisation**<sup>2</sup> : toute opération dont le résultat principal est que des déchets servent à des fins utiles en substitution à d'autres substances, matières ou produits qui auraient été utilisés à une fin particulière, ou que des déchets soient préparés pour être utilisés à cette fin, y compris par le producteur de déchets.

## SIGLES & ACRONYMES

ABS	Acrylonitrile Butadiène Styène
EPDM	Éthylène-propylène-diène monomère
EVA	Ethylène Vinyle Acétate
MEM	Metteur en marché
MPR	Matière première de recyclage
NBR	Nitrile Butadiène Rubber
NR	Natural Rubber
PA	Polyamide
PEBA	Polyéther block amide
PC	Polycarbonate
PU	Polyuréthane
PS	Polystyrène
PVC	Polychlorure de vinyle
REP	Responsabilité Élargie du Producteur
SBR	Styrène Butadiène Rubber
SBS	Styrène-Butadiène-Styrène
TLC	Textiles d'habillement, Linge de maison et Chaussures
TP/ TPR	Thermoplastic Rubber
TPU	Polyuréthane Thermoplastique

<sup>1</sup> [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article\\_lc/LEGIARTI000042176087](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000042176087)

<sup>2</sup> [https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article\\_lc/LEGIARTI000042176087](https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000042176087)

# 1. INTRODUCTION

## 1.1. Contexte

Chaque année en France, environ un tiers des textiles (vêtements, linge de maison) et chaussures usagés sont collectés par rapport aux mises en marché de produits neufs. Les tonnages de textiles et chaussures usagés collectés sont amenés à croître prochainement dans toute l'Europe avec l'obligation légale depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2025 de la collecte séparée des TLC usagés dans tous les états membres. Le cahier des charges REP TLC 2023-2028 impose d'ailleurs un objectif de collecte de 60% de la mise en marché d'ici 2028.

En 2023, la mise en marché des Textiles d'habillement, Linge de maison et Chaussures (TLC) en France représentait environ 833 000 tonnes, dont 148 675 tonnes de chaussures. La même année, 268 161 tonnes de TLC usagés ont été collectées et 187 510 tonnes triées. 32,5% des TLC usagés triés, dont une très grande majorité de textiles (vêtements, linge de maison), étaient non-réutilisables mais ont pu être dirigés vers le recyclage<sup>3</sup>. La solution de valorisation actuelle privilégiée pour les chaussures non-réutilisables est le Combustible Solide de Récupération (CSR), faute de solutions industrielles de recyclage existantes. Ces chiffres soulignent d'une part le besoin de sensibiliser les citoyens à déposer leurs TLC usagés dans les points d'apport volontaires (PAV), quel que soit leur état, pour qu'ils puissent être orientés vers la voie de valorisation la plus adaptée. D'autre part, ils montrent la nécessité d'accélérer le développement de solutions industrielles de recyclage des TLC usagés non-réutilisables en France et en Europe et notamment des chaussures.

La semelle représente 40% à 50% du poids total d'une chaussure, et est souvent constituée de moins de composants que la tige (partie supérieure de la chaussure). C'est pourquoi les principales initiatives de recyclage des chaussures portent sur les semelles. Cependant, la présence de semelles multi-matières, la diversité des formulations utilisées et les difficultés liées à l'identification des matières rendent leur recyclage encore complexe. Pour la préparation au recyclage des chaussures, deux approches principales co-existent : le broyage complet des chaussures suivi de la séparation des matières les composant, et le démantèlement (manuel ou automatisé) de la tige et de la semelle afin de recycler l'un et/ou l'autre séparément. Le développement des technologies de tri et de préparation au recyclage permet d'envisager la mise en place de boucles circulaires pour les semelles, c'est un élément clé pour la construction de filières de recyclage efficaces et durables.

## 1.2. Objectif

Refashion a entrepris de réaliser une étude approfondie sur les solutions de recyclage des semelles de chaussures usagées non-réutilisables en Europe.

Cette étude vise à explorer les solutions de recyclage des matières des semelles de chaussures pour des applications en boucle fermée et ouverte ; la valorisation énergétique en est exclue. Les résultats de cette étude ont pour objectifs d'accélérer le recyclage des chaussures usagées non-réutilisables en Europe et de promouvoir une économie circulaire dans l'industrie de la chaussure à l'échelle européenne.

Le rapport de cette étude comprend un état de l'art à date des solutions existantes à partir de collecte d'informations incluant des cahiers des charges des recycleurs, ainsi que les résultats d'essais menés sur trois solutions de recyclage en boucle fermée pour deux typologies de matières de semelles.

**Il est à noter que le recensement des fournisseurs de solutions de recyclage se veut le plus exhaustif possible mais demande à être régulièrement mis à jour.**

<sup>3</sup> (Refashion - Rapport d'activité 2023)

## 2. Préparation au recyclage des semelles

### 2.1. Construction d'une chaussure

De nombreux modèles de chaussures existent sur le marché : sneakers, bottes, escarpins, derbies, sandales, etc. Chacun de ces modèles présentent des matières et des techniques de fabrication variées (montage soudé, cousu, injecté, vulcanisé, etc.) mais la tige et la semelle restent des composants invariants.

La tige est la partie supérieure de la chaussure et permet le maintien du pied. Les éléments qui la constituent varient selon les modèles mais elle comprend généralement une partie extérieure (quartiers, languette, claques...), une doublure, et des renforts (bout dur, contrefort...) (cf. Figure 1). La semelle peut être conçue de différentes manières, en étant monomatière ou plus communément multi-matières, elle se compose alors souvent de différents éléments : une semelle d'usure et une semelle intermédiaire (ou semelle de confort). D'autres éléments peuvent être ajoutés en fonction de la nature de la chaussure : un talon, une trépointe, un cambrion (pour assurer la rigidité et le soutien de la cambrure), ou encore une semelle anti-perforation (pour les chaussures de sécurité par exemple), etc.

Les grands types de fabrication sont :

- Soudé

Cette méthode consiste à fixer la tige de la chaussure et la semelle ensemble à l'aide d'adhésifs. Les surfaces à coller sont, dans un premier temps, préparées pour augmenter l'adhérence. L'adhésif est ensuite appliqué de manière uniforme sur les deux parties à assembler qui sont ensuite pressées ensemble.

- Cousu (Latéral, Blake, Goodyear, Norvégien, etc.)

La tige de la chaussure et la semelle sont assemblées à l'aide de points de couture. Généralement, la tige est d'abord fixée à la première de montage, puis une semelle extérieure (ou « semelle d'usure ») est ajoutée et cousue au reste de la chaussure.

- Injecté

Cette méthode utilise des machines d'injection pour remplir les moules représentant l'empreinte de la semelle. Les tiges sont fixées sur les postes du carrousel tandis que les moules mobiles tournent autour de l'injecteur. Le polymère (PVC, TPU, SEBS, PU, etc.) est injecté à haute pression dans le moule, créant ainsi la semelle. On peut réaliser des injections mono-densité ou bi-densités pour ajuster la dureté et le confort.

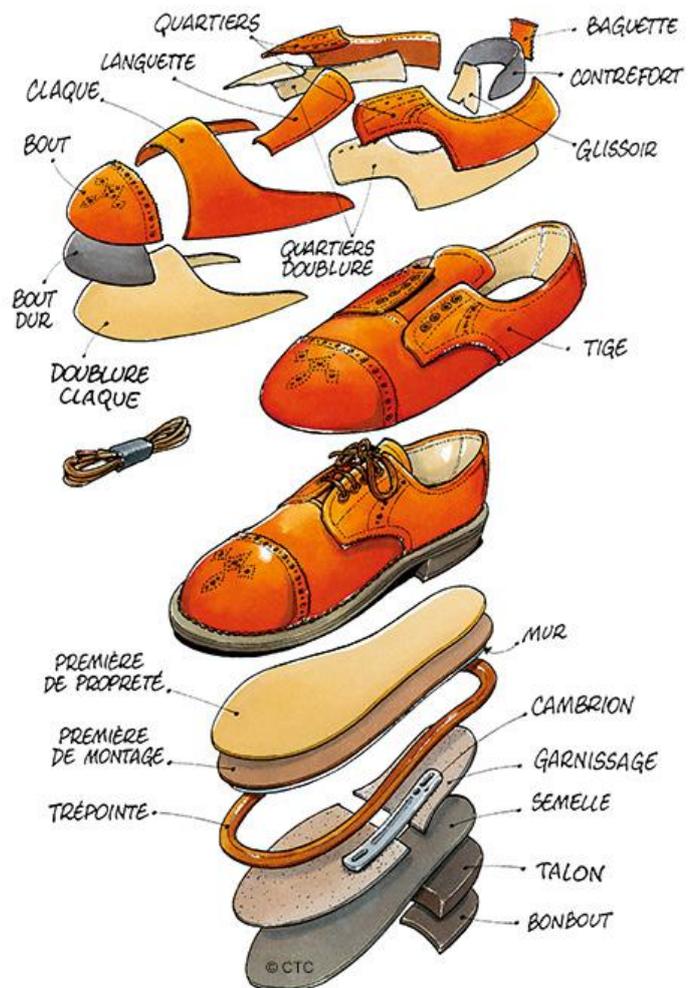


Figure 1 : Exemple d'une chaussure éclatée (modèle Derby), CTC©

## 2.2. Solutions de préparation au recyclage des chaussures

Deux méthodes existent actuellement pour la préparation au recyclage des chaussures non-réutilisables :

- Un **broyage complet** de la chaussure, puis une séparation des différentes matières à l'aide de différents systèmes de tri (les contaminants résiduels limitent la pureté des flux matière),
- Une **séparation tige/semelle** (démantèlement) manuelle ou automatisée, pour un recyclage séparé de la semelle (principalement) et de la tige.

La cartographie du devenir des chaussures usagées de Refashion (Figure 2) fait état de divers projets de R&D aboutis et d'initiatives existantes pour la préparation et le recyclage des chaussures usagées. Aujourd'hui, les solutions ont évolué et sont présentées dans les sections suivantes. Les solutions de tri y sont également présentées car elles constituent une étape amont primordiale pour le recyclage.

### Cartographie du devenir des chaussures usagées

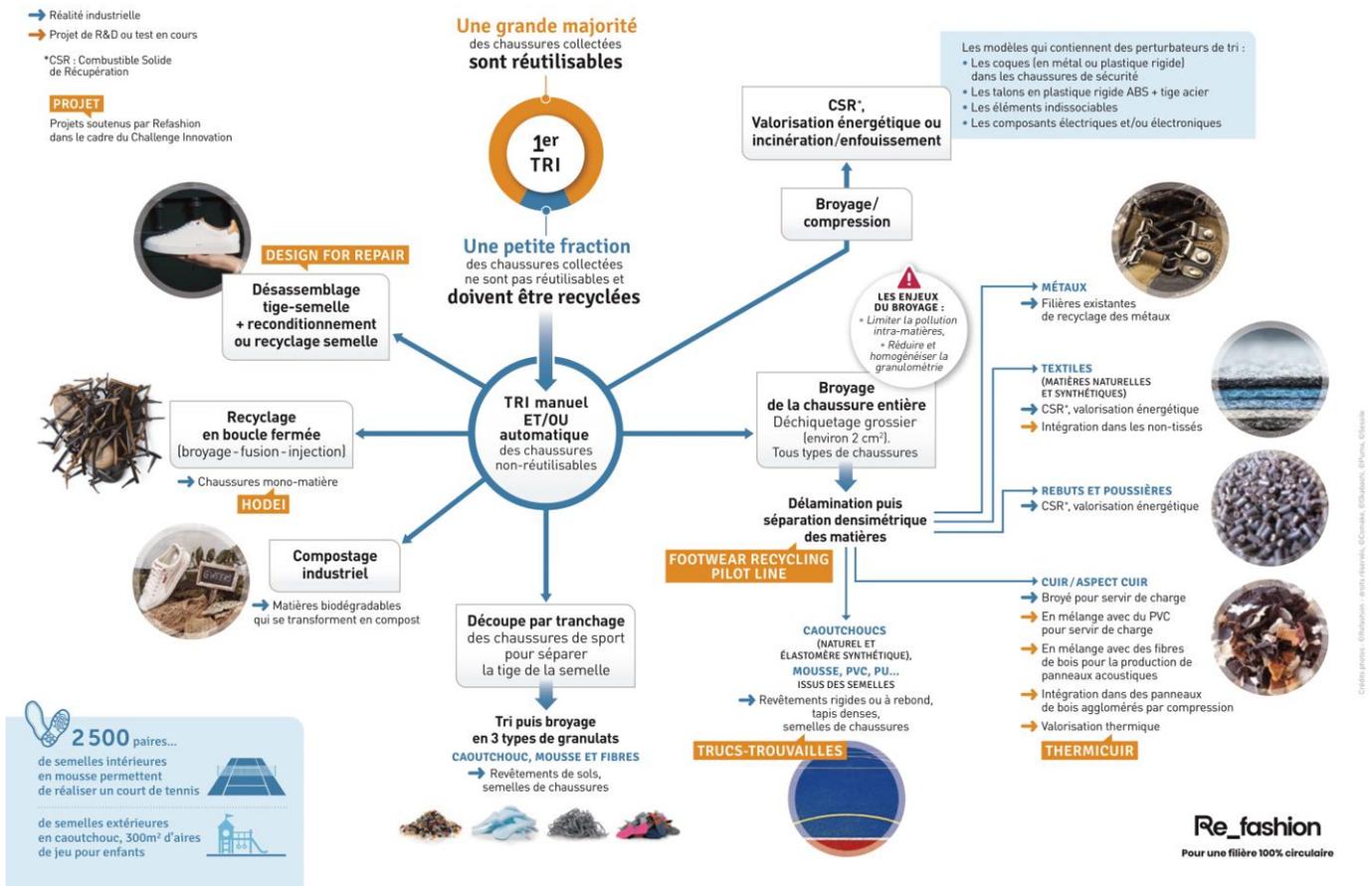


Figure 2 : Cartographie du devenir des chaussures usagées - Refashion

## 2.2.1. Solutions de broyage

**Nike Grind** valorise depuis plus de 30 ans ses chaussures invendues, prototypes et chaussures défectueuses mais également des chaussures post-consommation provenant du programme Reuse-A-Shoe mis en place depuis les années 90<sup>4</sup>. Après donation, les chaussures usagées sont expédiées suivant leur point de collecte aux États-Unis ou en Belgique (pour les flux européens) pour être transformées en matériaux Nike Grind. Les chaussures sont entièrement broyées et six types de matières sont extraites : le caoutchouc, le TPU et l'EVA de la semelle extérieure, la mousse PU de la semelle intermédiaire et les tissus et cuir de la tige. Les matières extraites sont ensuite vendues à différentes entreprises pour être recyclées de plusieurs manières : semelles, sols de terrains de sport, coques de protection de téléphones, etc. Des collaborations avec Amorim Cork Solution ou encore Muratto ont été menées permettant la réincorporation d'EVA à du liège pour créer des sous couches de parquet, des revêtements muraux ou autres projets de décoration.<sup>5,6</sup>

**SOEX** a mis au point une solution automatisée pour la préparation au recyclage des chaussures usagées non-réutilisables dans le cadre du projet Footwear Recycling financé par Refashion en 2012 et en 2014. En 2018, après cinq ans de développement, l'entreprise a inauguré la première ligne en Europe dédiée au broyage des chaussures, capable de traiter 1 à 2 tonnes de chaussures usagées par jour. Le processus de SOEX se fait en cinq étapes. D'abord, les chaussures sont entièrement broyées, un aimant extrait ensuite les métaux ferreux, tandis qu'un moulin de délaminage sépare les matériaux restants, extrayant les métaux non-ferreux et les textiles. Le reste est ensuite trié par un séparateur aéroulique qui trie le caoutchouc<sup>7</sup>, le cuir et les mousses en fonction de leur densité. Cette solution permet de séparer et d'extraire le caoutchouc, le cuir, les mousses sous forme de broyats, les métaux et les textiles sous forme de fluff.<sup>8,9</sup>

**The 8 Impact** est une entreprise basée à Saint-Remy (01), spécialisée dans la transformation des élastomères issus de biens de consommation usagés. The 8 Impact favorise les chaussures contenant des matières extractibles et valorisables en matières premières de recyclage (MPR). Grâce à leur chaîne brevetée en 8 étapes, The 8 Impact a la capacité d'extraire et de séparer les différents matériaux (le caoutchouc, la mousse EVA et le « fluff » textile), jusqu'à obtenir un taux de pureté de 98%. The 8 Impact a été lauréat du Challenge Innovation 2021 de Refashion avec un projet visant à créer un démonstrateur d'utilisation de l'EVA issu du recyclage des semelles de sneakers usagés pour des applications de sous-couche parquet.<sup>10</sup>

**Fast Feet Grinded** est une entreprise basée aux Pays-Bas spécialisée dans le recyclage de chaussures. Le processus de Fast Feet Grinded permet de broyer les chaussures et de séparer les composants tels que la mousse, le caoutchouc, le textile (sous forme de petits morceaux ou sous forme de fluff) et le cuir. Un tri précis des chaussures par typologie et par marque est réalisé en amont du processus de démantèlement afin d'obtenir un taux de pureté des matières extraites d'environ 90%. Fast Feet Grinded travaille ensuite avec différents partenaires pour créer de nouveaux produits à partir de ces matières récupérées et recyclées, notamment des revêtements de sols à usage sportif, des tables de pique-nique ou encore du mobilier. L'entreprise a également collaboré avec Asics pour créer, en octobre 2024, un nouveau modèle de chaussure comportant des éléments de chaussures recyclés : **NEOCURVE™**.<sup>11</sup>

<sup>4</sup> <https://www.nikegrind.com/about/>

<sup>5</sup> <https://amorimcorkcomposites.com/en-us/nikegrind/>

<sup>6</sup> <https://www.muratto.com/en/references>

<sup>7</sup> Le terme « caoutchouc » est le terme utilisé communément, le terme exact est « élastomère »

<sup>8</sup> <https://www.soex.de/en/services/recycling/>

<sup>9</sup> <https://pro.refashion.fr/eco-design/sites/default/files/fichiers/Bilan%20de%20l%27exp%C3%A9rimentation%20Air-Soex.pdf>

<sup>10</sup> [https://recycle.refashion.fr/wp-content/uploads/2025/01/Guide\\_dapprentissage\\_Projet\\_The8Impact2024.pdf](https://recycle.refashion.fr/wp-content/uploads/2025/01/Guide_dapprentissage_Projet_The8Impact2024.pdf)

<sup>11</sup> NOT TOTAL RUBBISH | ASICS Global - The Official Corporate Website for ASICS and Its Affiliates

## 2.2.2. Solutions de séparation tige/semelle

Le [CETIA](#) est une plateforme technologique localisée à Hendaye (64), spécialisée dans la préparation au recyclage de vêtements et chaussures. Depuis 2023, sa ligne pilote Re\_SHOES est en mesure de séparer les semelles des tiges de chaussures de manière automatisée, par arrachage ou par découpe jet d'eau selon le type de montage. L'arrachage permet de traiter les montages soudés alors que la découpe jet d'eau permet de traiter les autres types d'assemblage. Les semelles sont ensuite triées selon leur composition à l'aide d'un capteur NIR.

[IDELAM](#) est une entreprise franco-suisse basée à Pessac (33), spécialisée dans le développement de procédés innovants de recyclage et de traitement des déchets. Sa technologie repose sur un brevet du CNRS, utilisant un procédé de délamination par fluide supercritique. Dans le cadre du Challenge Innovation 2019 de Refashion, IDELAM a mis en œuvre sa solution pour démanteler les composants de différents types de chaussures. La société est également lauréate du Challenge Innovation 2024 de Refashion pour la suite du précédent projet qui vise à évaluer la recyclabilité des matières issues du process de séparation des différents composants des chaussures et à optimiser ce procédé en prévision d'une industrialisation prochaine de la technologie.

[RESCOLL](#) est une entreprise spécialisée dans la recherche et le développement de matériaux avancés et de procédés innovants située à Pessac (33). Parmi ses nombreuses innovations, la technologie INDAR se distingue par sa capacité à rendre les adhésifs structuraux réversibles. Cette technologie se présente sous la forme d'un primaire qui, activé par la chaleur, permet de séparer facilement les composants d'une chaussure. Un exemple concret de l'application de la technologie INDAR est la collaboration entre RESCOLL et la marque de chaussures ERAM qui a débuté dans le cadre du projet Design For Repair, lauréat du Challenge Innovation 2016 de Refashion. Cette collaboration visait à intégrer la technologie de collage réversible dans la fabrication des chaussures pour améliorer leur réparabilité et leur durabilité.<sup>12</sup>

[ReValorem](#) est une entreprise de réemploi, de valorisation et de recyclage d'articles textiles et chaussures invendus de l'industrie du luxe, basée à Charleville-Mézières (08). Après analyse de composition en laboratoires, chaque article est démantelé manuellement. Les différents éléments sont triés par client, par composition et par couleur, et sont ensuite transformés en broyats prêts à être transformés en MPR.

## 2.2.3. Solutions de tri

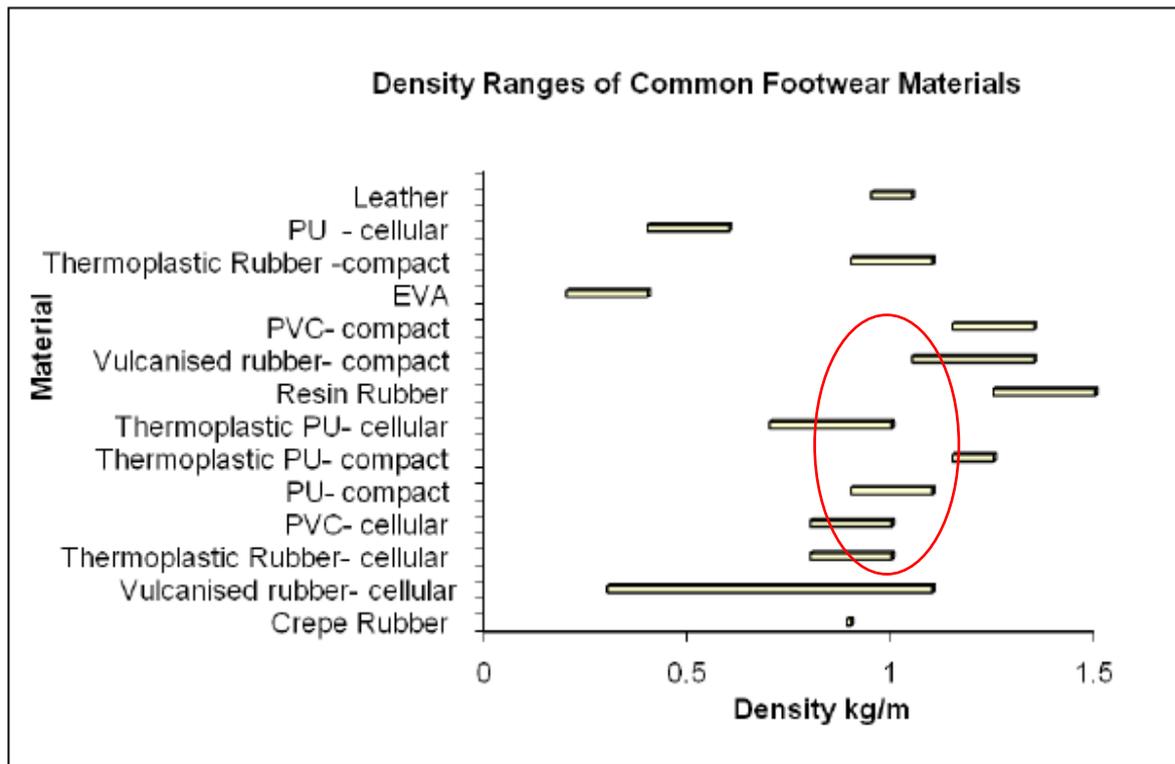
Après la préparation des chaussures via les solutions de broyage ou de séparation tige/semelle, il est également nécessaire de réaliser le tri des différents matériaux. Ce tri matière est primordial pour le recyclage puisque les différents procédés de recyclage (cf. section 3.2) ont chacun des contraintes spécifiques et ne peuvent pas traiter toutes les matières. Le tri matière va grandement influencer sur la qualité de la MPR et du produit recyclé.

Ils existent alors deux grands types de solutions de tri :

- Les solutions aérauliques et magnétiques, souvent utilisées dans le cadre des solutions de broyage ;
- Les solutions de spectroscopie proche infrarouge (NIR), utilisées majoritairement dans le cadre des solutions de séparation tige/semelle.

Les solutions aérauliques et magnétiques reposent sur l'exploitation des propriétés physiques des matériaux pour les séparer. Dans un premier temps, des aimants sont utilisés pour retirer les métaux ferreux, un séparateur à courant de Foucault pour retirer les matériaux non ferreux, puis des solutions de séparation aérauliques sont employées. Ces solutions de séparation utilisent les différences de densité des objets à trier : c'est la résistance opposée par l'air au déplacement des objets à trier qui est utilisée. Cela permet la séparation des objets à faible densité (emportés dans le courant d'air) des objets à haute densité. Les limites de ces solutions de séparation découlent directement des propriétés physiques des matériaux. Comme le montre le graphique suivant, certains matériaux utilisés dans les semelles ont des densités très proches, voire équivalentes, ce qui rend alors la séparation des matériaux très complexe.

<sup>12</sup> [https://refashion.fr/pro/sites/default/files/fichiers/6\\_2017\\_Chemins\\_Innovation\\_FR\\_BD%281%29.pdf](https://refashion.fr/pro/sites/default/files/fichiers/6_2017_Chemins_Innovation_FR_BD%281%29.pdf)



**Figure 3 : Gamme de densité des matériaux couramment utilisés dans les chaussures<sup>13</sup>**

Les solutions de spectroscopie (capteurs NIR, caméras hyperspectrales) sont utilisées pour identifier les matières des semelles. Ces solutions peuvent se présenter sous la forme de spectromètres, comme ceux de Matoha (PlasTell, cf. Figure 4) et de Plas'tri, permettant de prendre plusieurs mesures sur un même échantillon pour en connaître les différentes matières, ou sous la forme d'équipements de tri automatisé, comme la ligne EcoFlake<sup>14</sup> de Picvisa ou la ligne de Plas'tri (Figure 5). Cependant, une des limites des outils de détection de composition spectroscopique réside dans leur incapacité à détecter les matières contenant des pigments de noir de carbone.



**Figure 4 : PlasTell Desktop – Matoha<sup>15</sup>**



**Figure 5 : Ligne de tri par caméra hyperspectrale – Plas'tri<sup>16</sup>**

Il faut aussi ajouter qu'un tri préalable des chaussures par typologie, voire par marque, est généralement effectué avant la phase de préparation afin d'atténuer les limites des différentes technologies de tri.

<sup>13</sup> [https://www.researchgate.net/profile/Shahin-Rahimifard/publication/284678958\\_Development\\_of\\_an\\_Economically\\_Sustainable\\_Recycling\\_Process\\_for\\_the\\_Footwear\\_Sector/links/5bf3f7d54585150b2bc3d5af/Development-of-an-Economically-Sustainable-Recycling-Process-for-the-Footwear-Sector.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Shahin-Rahimifard/publication/284678958_Development_of_an_Economically_Sustainable_Recycling_Process_for_the_Footwear_Sector/links/5bf3f7d54585150b2bc3d5af/Development-of-an-Economically-Sustainable-Recycling-Process-for-the-Footwear-Sector.pdf)

<sup>14</sup> <https://picvisa.com/optical-sorting/ecoflake/#>

<sup>15</sup> Plastics identification device - PlasTell | Matoha

<sup>16</sup> <https://www.plasstri.fr/produits.html>

Pour les solutions de broyage, il s'agit majoritairement d'un tri par marque, par typologie de chaussures (sneakers, chaussures de sport, bottines...) ou encore par type de semelle, permettant alors de recentrer la variété des matières présentes dans les gisements et donc d'améliorer la pureté des MPR en sortie.

Pour les solutions de séparation tige/semelle, il s'agit de trier les chaussures par type de fabrication afin de diriger les chaussures vers les procédés de démantèlement les plus adaptés. Ce tri permet d'assurer le bon fonctionnement des procédés et d'améliorer leur rendement.

## 3. Recyclage des semelles

### 3.1. Principales matières à l'étude

Grâce aux travaux effectués dans le cadre de la constitution de la Bibliothèque de matières chaussures Refashion, les principales matières utilisées dans les semelles de chaussures (semelles d'usure et semelles de confort) ont pu être identifiées :

**Tableau 1 - Principales matières utilisées dans les semelles des chaussures**

Thermoplastiques	Caoutchoucs	Thermodurcissables / Thermoplastiques réticulés	Autres
TPU et TPU expansé	SBR	PU	Cuir
SBS et SEBS	NR/IR et SBR en mélange	EVA expansé	
PVC	EPDM		
ABS	NBR		
PC			
PA			

Les matières de semelles peuvent être classées en quatre catégories suivant leurs propriétés physico-chimiques:

Un **thermoplastique** est un polymère qui devient malléable ou liquide lorsqu'il est chauffé et se solidifie en refroidissant. Ce processus est réversible et peut être répété plusieurs fois sans dégradation significative des propriétés mécaniques ou chimiques du matériau. Les matières thermoplastiques sont recyclables par extrusion, équivalent au recyclage mécanique dans la filière plastique ou recyclage thermomécanique dans la filière Textile.

Un **caoutchouc** est un type de polymère doté de propriétés élastiques (élastomère ou gomme), ce qui signifie qu'il peut s'étirer sous tension et retrouver sa forme originale lorsqu'il est relâché. Les caoutchoucs sont caractérisés par une grande flexibilité et une excellente résistance à la déformation permanente. Une fois vulcanisé (au soufre ou au peroxyde par exemple), un caoutchouc subit un processus de réticulation similaire à celui des thermodurcissables, ce qui signifie qu'il ne peut plus être fondu ou remoulé par la chaleur. Ce processus de vulcanisation améliore la durabilité, la résistance à l'usure et la stabilité thermique du caoutchouc.

Un **thermodurcissable** est un polymère qui, une fois durci par un processus de réticulation, ne peut plus être fondu ou remoulé par la chaleur. Contrairement aux thermoplastiques, ce processus de durcissement est irréversible, conférant aux thermodurcissables une grande stabilité thermique et une forte résistance chimique. Pour cette famille de polymères, il est donc impossible de fondre la matière et d'utiliser un processus de recyclage mécanique. Une fois broyé, le matériau peut néanmoins être utilisé en charge dans une matrice.

Enfin, un **thermoplastique réticulé** est un polymère qui a subi un processus de réticulation, créant des liaisons chimiques entre les chaînes polymériques, améliorant sa stabilité thermique, sa résistance chimique et ses propriétés mécaniques. Contrairement aux thermodurcissables, les thermoplastiques réticulés conservent une certaine capacité de déformation sous la chaleur, mais ne peuvent pas être complètement fondus et donc recyclés mécaniquement.

## 3.2. Procédés de recyclage

Les procédés de recyclage varient selon les matières à traiter et les débouchés visés. De même, les propriétés mécaniques des MPR seront dépendantes des matériaux entrants utilisés. Ces procédés sont définis ci-après :

**Broyage** : Dans un contexte de recyclage, il s'agit d'un processus mécanique visant à transformer les articles en morceaux plus petits, tels que des granulés ou des flocons. Cela facilite le traitement ultérieur, comme la fonte, la régénération chimique ou la fabrication de nouveaux produits en plastique. Le choix de la technologie de broyage dépend du type de matière, des exigences de sortie souhaitées et d'autres considérations spécifiques au processus de recyclage. Le broyage est une étape qui se positionne en amont de tous les autres procédés de recyclage, mais peut aussi permettre de traiter directement les broyats en applications en boucle ouverte.

**Micronisation** : La micronisation est un procédé mécanique réduisant les particules d'un matériau à une dimension de l'ordre du micron. La poudre obtenue peut être utilisée comme charge dans de nouveaux produits. La réduction de taille augmente la surface spécifique des particules, permettant une meilleure interaction entre les particules et la matrice dans laquelle elles sont incorporées. Il existe deux procédés de micronisation : la micronisation atmosphérique (à température ambiante) et la micronisation cryogénique (sous azote liquide). Cette dernière permet d'atteindre une micronisation plus fine et plus maîtrisée, moyennant un coût économique et environnemental plus élevé.

**Extrusion / Recyclage mécanique** : Les thermoplastiques, de par leur capacité à être de nouveau fondus après avoir été mis en forme, peuvent être recyclés par extrusion. La matière est d'abord broyée (entre 5mm et 10mm), puis les broyats sont insérés dans une extrudeuse où la matière est mélangée, fondue, cisailée pour ainsi être homogénéisée, puis sort sous la forme d'un jonc qui est ensuite broyé pour former des granulés de matière recyclée. À cause des effets thermomécaniques dus au processus de recyclage, les propriétés mécaniques sont dégradées. La matière doit donc être mélangée à un certain pourcentage de matière vierge pour être réutilisée dans des applications similaires. Le pourcentage de matière recyclée incorporée varie en fonction du type de matière, de la qualité de tri effectuée en amont, et de la propreté du gisement trié. Il est également possible d'utiliser la matière recyclée telle quelle, si ses propriétés mécaniques remplissent le cahier des charges cible.

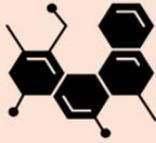
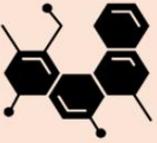
**Dé Vulcanisation** : Lors de sa mise en forme, le caoutchouc subit une réaction chimique irréversible lorsqu'il est « chauffé », appelée « vulcanisation ». Ce processus vise à former des liaisons entre les chaînes de polymère du caoutchouc pour le rendre plus élastique et résistant. Ainsi, une fois durci, il ne peut pas être ramolli ou remodelé par la chaleur. La dévulcanisation est le processus par lequel, en cassant les liaisons de réticulation entre les chaînes, un caoutchouc vulcanisé est retransformé en un matériau retraitable. Différents procédés existent :

- **Dé Vulcanisation mécanique** : Ce procédé utilise des forces mécaniques, comme le cisaillement ou le broyage, pour rompre les liaisons chimiques dans le caoutchouc vulcanisé.
- **Dé Vulcanisation chimique** : Ce procédé utilise des agents chimiques pour rompre les liaisons de soufre dans le caoutchouc vulcanisé. Les agents chimiques couramment utilisés incluent les peroxydes, les acides et les bases.
- **Dé Vulcanisation thermique** : Ce procédé implique le chauffage du caoutchouc vulcanisé à des températures élevées pour rompre les liaisons chimiques.
- **Dé Vulcanisation thermomécanique** : Ce procédé combine la chaleur et les forces mécaniques pour rompre les liaisons chimiques dans le caoutchouc vulcanisé.

**Déréticulation** : Suivant le même principe que la dévulcanisation, la déréticulation, ici pour le PU et l'EVA, consiste à rompre les liaisons réticulées qui rendent ces matériaux infusibles, afin qu'ils puissent être retravaillés, remodelés ou recombinaés avec d'autres matériaux pour créer de nouveaux produits.

**Formulation** : La formulation désigne ici le processus d'incorporation de MPR, par exemple par extrusion (on parle alors de **compoundage**) ou dévulcanisation, dans une nouvelle matière utilisable dans un produit final. Ce processus vise à optimiser les propriétés de la matière en mélangeant précisément les composants recyclés avec des matériaux vierges, afin d'obtenir des caractéristiques respectant le cahier des charges souhaité. On obtient des polymères formulés (ou compounds) sous la forme de bande, jonc, granulés ou poudre.

Les procédés de recyclage sont essentiels pour transformer les déchets en MPR utilisables dans de nouveaux produits. Chaque procédé présente des avantages spécifiques et des limites, influençant la qualité et les propriétés des matériaux recyclés. Les procédés de broyage et de micronisation peuvent traiter tous types de matières, tandis que les procédés d'extrusion, de dévulcanisation et de déréticulation sont spécifiques à certaines matières (cf. Figure 6). Les quantités de matières régénérées pouvant être réincorporées dans un produit final dépendent des propriétés mécaniques attendues. Pour cela, des **essais doivent être réalisés afin d'optimiser les procédés et maximiser la réincorporation de MPR**.

Procédé de recyclage	Broyage	Micronisation	Extrusion Compoundage (TP)	Dévulcanisation (Caoutchouc)	Déréticulation (EVA)
Intrant					
1 <sup>ère</sup> étape de broyage					
Etape supplémentaire					
Output				Bande, jonc ou poudre	Bande, jonc ou poudre

**Figure 6 : Procédés de recyclage de semelles de chaussures et MPR sortantes**

### 3.3. Solutions de recyclage

Cet état de l'art des solutions de recyclage des semelles de chaussures en France et Europe a été réalisé sur la base d'informations collectées fin 2023 et 2024.

Les entreprises présentées ci-après sont classées en quatre catégories :

**Centre technique / Centre d'innovation** : Toute structure de recherche technologique qui intervient en support d'une filière industrielle (par exemple plasturgie et caoutchoucs). Ces entreprises sont souvent dotées de machines à échelle pilote ou semi-industrielle, permettant d'être plus flexibles au niveau des quantités de matière pour réaliser des essais de faisabilité. Les coûts liés à ces essais ne sont pas représentatifs du marché industriel.

**Transformateur recycleur** : Dans le cadre de cette étude, tout industriel effectuant des opérations de broyage, extrusion, dévulcanisation ou micronisation, il prépare une matière recyclée prête à être incorporée.

**Incorporateur de matière recyclée** : Toute entreprise utilisant les matières recyclées pour créer une nouvelle matière substituant l'intégralité ou une partie de la matière vierge. Cela peut se faire aux fins de leur fonction initiale (boucle fermée) ou à d'autres fins (boucle ouverte).

**Fabricant de machine** : Toute entreprise spécialisée dans la conception, la production et la vente de machines et d'équipements utilisés pour le recyclage des matières.

L'étude des solutions de recyclage des semelles en Europe a permis d'identifier 26 acteurs dont 19 ont fourni les détails de leurs procédés de recyclage / transformation ainsi que leurs cahiers des charges matière.

Parmi ces derniers, on compte :

- 2 centres techniques,
- 5 transformateurs recycleurs,
- 7 transformateurs recycleurs et incorporateurs de matière recyclée,
- 3 incorporateurs de matière recyclée,
- 2 fabricants de machines.

**Attention : cet état de l'art des solutions de recyclage de semelles de chaussures en France et en Europe constitue un premier recensement et a vocation à être complété et actualisé régulièrement.**

### 3.3.1. Centres techniques

#### 3.3.1.1. Elanova – France (94)



#### Fiche d'identité

Centre pour la valorisation du caoutchouc

#### Compétences :

- Broyage
- Micronisation
- Dévulcanisation
- Formulation
- Mise en forme
- Caractérisation

#### Matières traitées :

- Tous caoutchoucs

Elanova, anciennement « Centre français du caoutchouc et des polymères » (CFCP), est un centre technique dédié à la valorisation du caoutchouc. Cette structure est destinée à défendre les intérêts des entreprises et accompagner le développement de la filière caoutchouc en France et en Europe. Le centre regroupe plusieurs entités dont Elanova lab (anciennement LRCCP), le centre technique de la filière caoutchouc et polymères. Elanova lab contribue activement au développement de la filière par ses projets de R&D réalisés pour répondre aux enjeux d'économie circulaire. En tant que centre d'expertise du caoutchouc, Elanova lab propose des services pour le recyclage des semelles en matière caoutchouc : micronisation, dévulcanisation (par des tiers), formulation, mise en forme et caractérisation.

Matière traitée	Prestation proposée	Quantité minimum	Qualité matière entrante	Format matière entrante	Format de sortie
Tous caoutchoucs	Micronisation	Dépend du projet	Semelle simple : propre, sans contraintes particulières	Semelles broyées, sous forme de granulés	Matière micronisée
			Semelle complexe : propre et désassemblée (sans métaux)*		
NR, SBR, EPDM	Dévulcanisation	40 kg	Semelle simple : propre, sans contraintes particulières	Semelles broyées, sous forme de granulés	Jonc extrudé
			Semelle complexe : propre et désassemblée (sans métaux, ni textiles)*		
Tous caoutchoucs	Formulation	300g	Matière propre	Matière micronisée ou dévulcanisée	En fonction du besoin client
Tous caoutchoucs	Incorporation : Compression, injection ou extrusion	Dépend du projet	En fonction de l'application visée	Mélange cru, Mélange de micronisés/ dévulcanisés réintégré dans une matrice	Caoutchouc vulcanisé ou micronisé mis en forme

\*La présence de différents élastomères dans une même pièce ne pose pas de problème à la micronisation et dévulcanisation.

Contact :

Anne Lasri - Ingénieure d'études Chimie - anne.lasri@elanova.fr

#### Fiche d'identité

Centre Technique Industriel dédié à la plasturgie et aux composites

#### Compétences :

- Broyage
- Tri
- Extrusion
- Injection

#### Matières traitées :

- Tous thermoplastiques

[IPC](#) (Centre Technique Industriel de la Plasturgie et des Composites) est le centre technique dédié à l'innovation des matériaux plastiques et composites en France.

Par son expertise, IPC guide activement les entreprises industrielles dans la recherche, le développement, et le transfert technologique, en mettant l'accent sur des solutions respectueuses de l'environnement.

IPC dispose de différentes plateformes d'expertise, notamment DIS30, qui se consacrent au développement de solutions plastiques et composites durables, grâce à de nombreux équipements à échelle pilote et industrielle : équipements de broyage, de lavage, de tri, extrusion et injection. IPC propose ainsi des services pour le recyclage des semelles en matière thermoplastique.

Matière traitée	Prestation proposée	Quantité minimum	Qualité matière entrante	Format matière entrante	Format de sortie
	Tri sur machine NIR (Mistral Connect de Pellenc ST)	-	Broyat supérieur à 30mm	Semelles ou broyats	Déchets triés par nature de polymères
Tous types de thermo-plastiques	Tri par flottaison	-	-	Matières broyées	Matière triée
	Tri triboélectrique	20kg	2 à 3 matières maximum ( <i>pour un tri efficace</i> )	Matières broyées entre 2 et 8mm	Matière triée
	Broyage (Broyeur à couteaux, broyeur mono-arbre, broyeur à vitesse lente)	5 kg	Pas de métaux ( <i>ok pour des petits inserts, type œillet</i> )	Semelles entières	Broyat calibré de 8mm à 50mm selon le besoin
	Lavage (lavage par friction, avec possibilité de montée en température jusqu'à 90° et intégration d'agents lessiviels)	5 kg	Broyat de 6mm à 20mm	Matière broyée	Matière broyée propre et séchée
	Extrusion (Extrudeuse mono-vis, extrudeuse bi-vis)	5 kg	Matière propre, homogénéisée et filtrée	Broyat de 5mm à 12mm	Granulé de taille standard ou micro-granulés

Contact :

Guillaume MESSIN – Business Developer - guillaume.messin@ct-ipc.com

### 3.3.2. Transformateurs recycleurs

#### 3.3.2.1. J. Allcock & Sons Ltd – Angleterre (Manchester)



**Fiche d'identité**  
Transformateur recycleur

**Compétences :**

- Micronisation
- Dévulcanisation

**Matières traitées :**

- Tous caoutchoucs

J. Allcock & Sons est un fournisseur, recycleur et fabricant de matériaux pour les industries des polymères. Créée en 1924, cette entreprise est spécialisée dans le caoutchouc et les silicones ; elle revendique une expérience de plus de 50 ans dans le caoutchouc. Offrant des services de recyclage complets, elle collecte des déchets de caoutchoucs vulcanisés, les broie selon les spécifications requises et les propose dans divers formats. Ses prestations permettent de réduire la quantité de déchets de caoutchoucs vulcanisés, et démontrent également des avantages économiques et techniques.

Matière traitée	Prestation proposée	Quantité minimum R&D	Quantité minimum prod.	Qualité matière entrante	Format matière entrante	Format de sortie
Tous caoutchoucs	Micronisation	20 kg	15/20 tonnes	Matière propre et triée. Dureté > 55 ShA Pas de métaux	Semelles entières	Caoutchouc micronisé
	Dévulcanisation	100 kg	15/20 tonnes	Uniquement matière réticulée au soufre. Matière propre et triée. Dureté > 55 ShA	Semelles entières	Caoutchouc dévulcanisé

J. Allcock & Sons propose des essais de micronisation avec 20 kg de semelles et des essais de dévulcanisation avec 100 kg de semelles. Dans le cadre d'une production, il est nécessaire de fournir un minimum de 15 tonnes quel que soit le procédé utilisé.



**Figure 7 : Caoutchouc dévulcanisé<sup>17</sup>**

Contact :  
Andrew Rushton - Managing Director - [enquiries@allcocks.co.uk](mailto:enquiries@allcocks.co.uk)

<sup>17</sup> <http://www.allcocks.co.uk/en/devulcanisation.htm>

**Fiche d'identité**

Transformateur recycleur

**Compétences :**

- Broyage
- Micronisation atmosphérique
- Micronisation cryogénique

**Matières traitées :**

- Tous types de matières

[MicroPolymers](#) est une société spécialisée dans la production de poudres polymères par micronisation. MicroPolymers dispose de différentes machines permettant de réaliser du broyage, de la micronisation atmosphérique ou cryogénique. MicroPolymers a déjà réalisé de la production sur des matières de semelles. Des essais peuvent être réalisés pour définir le meilleur processus à utiliser dans le cadre d'une production à plus grande échelle.

Matière traitée	Prestation proposée	Quantité minimum	Qualité matière entrante	Format matière entrante	Format de sortie
Toutes matières de semelles	Broyage	10 kg	Matière propre, Pas de métaux	Semelles entières ou broyées	Broyat calibré selon le besoin
	Micronisation atmosphérique				Matière micronisée
	Micronisation cryogénique				

Contact :

Alain Maubert - Directeur commercial France - a.maubert@micropolymers.fr

### 3.3.2.3. RubberLink (Bolflex) – Portugal (Felgueiras)



#### Fiche d'identité

Transformateur recycleur

#### Compétences :

- Collecte
- Broyage
- Dévulcanisation
- Extrusion

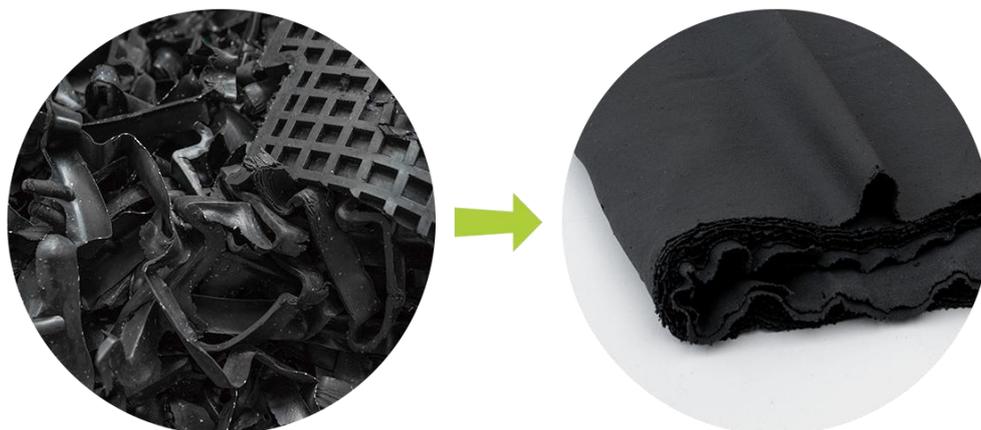
#### Matières traitées :

- Tous caoutchoucs
- SBS
- EVA

RubberLink est une filiale du fabricant de semelles en caoutchouc portugais Bolflex. Elle a été fondée en 2013 dans le but de valoriser les déchets de caoutchouc de l'industrie de la semelle de chaussure. Elle est agréée comme Opérateur Général de Déchets par l'Agence Portugaise de l'Environnement, pour la gestion globale des déchets en caoutchouc.

Rubberlink a une capacité de traitement de 4 000 tonnes par an, recyclant divers types de caoutchoucs : des dérivés de pneus, des déchets de l'industrie de la chaussure ainsi que des matières issues des chaussures post-consommation.

Matière traitée	Prestation proposée	Quantité minimum prod	Qualité matière entrante	Format matière entrante	Format de sortie
Toutes matières	Broyage	500kg	Pas de métaux	Chaussures ou semelles entières	Broyat calibré
Caoutchoucs, EVA	Micronisation	500kg	Matière triée, Pas de métaux	Matière broyée	Poudre
Caoutchoucs	Dévulcanisation	500kg	Aucune autre matière que des caoutchoucs, pas de métaux	Matière broyée	Plaque de matière dévulcanisée, poudre



**Figure 8 : Recyclage du caoutchouc par RubberLink<sup>18</sup>**

Contact:

Marlene Marinho – laboratorio@rubberlink.pt

Luís Miguel Ferreira - Commercial - miguel@bolflex.pt

<sup>18</sup> www.rubberlink.pt

#### Fiche d'identité

Transformateur recycleur

#### Compétences :

- Dévulcanisation

#### Matières traitées :

- Caoutchoucs (NR, SBR et NBR)

[Rubber Conversion](#) Srl est une entreprise technologique B2B qui a développé sa technologie de dévulcanisation du caoutchouc, mise en œuvre dans un site de production à grande échelle et pleinement opérationnel situé à Vérone, en Italie. La PME innovante **fabrique différentes gammes de mélanges de caoutchouc durable (SRC) à partir de caoutchoucs en fin de vie, et propose un service de dévulcanisation du caoutchouc (RDS)** dans divers secteurs de fabrication de caoutchouc pour les déchets post-production et post-consommation (fabricants de pneus, industriels de l'automobile, producteurs d'articles en caoutchouc, ainsi que les entreprises des secteurs de la chaussure et des articles de loisirs).

Rubber Conversion favorise des collaborations solides avec des collecteurs et autres recycleurs pour « boucler la boucle » en dévulcanisant des matériaux utilisés comme matières premières dans de nouveaux mélanges. **L'entreprise a déjà recyclé des semelles de caoutchouc post-consommation de grandes marques, en utilisant la dévulcanisation pour produire des mélanges contenant jusqu'à 50 % de MPR, tous certifiés GRS et récompensés par la note de durabilité EcoVadis GOLD.**

Matière traitée	Prestation proposée	Quantité min. R&D	Quantité min. prod.	Qualité matière entrante	Format matière entrante	Format de sortie
Caoutchouc vulcanisé au soufre (NR, SBR et NBR)	Dévulcanisation	10 kg	400 kg	Poudre propre sans textiles (tolérance < 0,35%), sans métaux (tolérance < 0,1%), tolérance autres impuretés < 2%	Semelles broyées, granulométrie entre 400 et 600 microns	Flocons

Rubber Conversion propose des tests de dévulcanisation à l'échelle laboratoire avec 10 kg de semelles en caoutchouc. Pour les essais de production, un minimum d'1 tonne de broyats de semelles caoutchouc est requis.



**Figure 9 : Caoutchouc dévulcanisé – Rubber Conversion**

Contact :

Cveta Majtanovic - Responsable du développement commercial et Directrice du développement durable - [c.majtanovic@rubberconversion.com](mailto:c.majtanovic@rubberconversion.com)

**Fiche d'identité**

Transformateur recycleur

**Compétences :**

- Broyage
- Tri densimétrique
- Micronisation
- Dévulcanisation

**Matières traitées :**

- Tous types de matières

The 8 Impact, situé à Saint-Remy (01), est une entreprise spécialisée dans la régénération des élastomères issus de biens de consommation usagés, dont les baskets usagées.

Après un tri préalable par typologie de chaussures, leur procédé breveté en 8 étapes mécaniques utilisant notamment la séparation par densimétrie (sans eau) permet d'extraire et de séparer les différents matériaux des chaussures (caoutchouc, EVA, « fluff » textile, points durs métalliques), jusqu'à un taux de pureté de 98%. L'EVA et le caoutchouc peuvent être ensuite transformés en MPR de divers formats grâce à ses différents équipements : broyage, micronisation, dévulcanisation.

Matière traitée	Prestation proposée	Quantité minimum R&D	Quantité minimum prod	Qualité matière entrante	Format matière entrante	Format de sortie
Toutes matières semelles	Broyage et tri densimétrique	5 kg pour essais laboratoire	A définir suivant essais R&D	Tri par typologie de chaussure requis en amont*	Semelles entières	Broyats de 1 à 6 mm
	Micronisation				Broyats de 1 à 6 mm	Micronisats (poudre)
	Dévulcanisation				Broyats de 1 à 6 mm	Jonc de caoutchouc dévulcanisé

\* The 8 Impact fournit le cahier des charges pour le tri requis



Figure 10 : Broyats de semelles de chaussures - The 8 Impact

Contact : Marie Soudré-Richard - Présidente - msr@the8impact.com

### 3.3.3. Transformateurs recycleurs / Incorporateurs

#### 3.3.3.1. AER Caoutchouc / Plymouth Française – France (67)



#### Fiche d'identité

Transformateur recycleur, Incorporateur

#### Compétences :

- Broyage de matières en caoutchouc
- Dévulcanisation
- Reformulation

#### Matières traitées :

- Tous caoutchoucs
- PU

[AER Caoutchouc](#), en partenariat avec Plymouth Française depuis 2021, se positionne comme un distributeur de produits recyclés en caoutchouc, axant ses efforts sur la dévulcanisation thermomécanique. Ce processus breveté, sans ajout chimique, valorise les rebuts de caoutchouc tout en préservant les propriétés des élastomères. Des tests sont à mener pour définir les propriétés mécaniques des matières recyclées à partir des semelles.

Les matériaux traités peuvent être réincorporés dans le mélange source ou utilisés dans de nouveaux mélanges.

AER/Plymouth s'engage à recycler divers types de caoutchoucs, (par exemple le caoutchouc naturel et le SBR) et le PU. En 2023, ils se sont associés à l'enseigne de chaussure Courir dans un programme de recyclage de chaussures en fin de vie, *Recycle Your Ex Sneakers*<sup>19</sup>.

Matière traitée	Prestation proposée	Quantité minimum	Qualité matière entrante	Format matière entrante	Format de sortie
Tous caoutchoucs, PU	Dévulcanisation	300 kg	Trié par famille d'élastomère dans l'idéal. Matière propre (pas de sable, ni de cailloux, ni d'éléments métalliques)	Semelles entières ou chaussures entières	Bande de caoutchouc dévulcanisée/ ou de poudrette dévulcanisée en fonction de l'élastomère et/ou de la formulation des semelles

L'offre commerciale comprend la réalisation de tests pour évaluer la faisabilité du traitement de la matière à recycler.



Figure 11 : Dévulcanisation du caoutchouc par Plymouth<sup>20</sup>

Contact :

Sophie ADAM – Présidente AER- s.adam@aer-caoutchouc.com

– Commercial PLYMOUTH Française - commercial-recyclage@plymouth.fr

<sup>19</sup> <https://www.courir.com/fr/c/recycle-your-ex-sneakers/>

<sup>20</sup> <https://www.aer-caoutchouc.com/process-recyclage-caoutchouc-broyage-devulcanisation/>

### 3.3.3.2. Amorim Cork Solution – Portugal (Santa Maria da Feira)

AMORIM  
CORK  
SOLUTIONS

#### Fiche d'identité

Transformateur recycleur, Incorporateur

#### Compétences :

- Broyage
- Mélange

#### Matières traitées :

- EVA

Amorim Cork Solution (ACS) est une entreprise fabriquant des produits en liège pour divers secteurs : aérospatial, revêtement de sol, bâtiment, chaussure, étanchéité, etc...

Elle possède notamment une gamme « circulaire » composée de liège et incorporant des déchets de différents matériaux : mousse PU, EVA et caoutchouc. Il s'agit de déchets post-production en provenance de l'industrie automobile et de la chaussure.

Une collaboration avec Nike Grind a été menée permettant la réincorporation d'EVA à du liège pour créer des sous couches de parquet<sup>21</sup>.

Matière traitée	Prestation proposée	Quantité minimum R&D	Quantité minimum prod	Qualité matière en entrée	Format d'entrée de matière	Format de sortie
EVA	Mélange avec du liège	10 kg	A définir suivant essais R&D	Gisement propre	Semelles entières	Rouleau

Amorim Cork Composites possède un département d'innovation dédié à la R&D. Une phase d'essai est nécessaire afin de tester les différentes propriétés de la matière entrante, de déterminer les applications potentielles et de connaître le pourcentage de matière incorporable. Pour cela, 10 kg sont nécessaires.



Figure 12 : Sous couche de parquet réalisée avec de l'EVA de Nike Grind

Contact :

Francisco da Silva - Global Product Manager - francisco.silva@amorim.com

<sup>21</sup> <https://amorimcorkcomposites.com/en-us/nikegrind/>

#### Fiche d'identité

Transformateur recycleur, Incorporateur

#### Compétences :

- Broyage / micronisation
- Formulation

#### Matières traitées :

- Cuir

[Authentic Material](#), basée à Toulouse depuis sa création en 2016, est une entreprise spécialisée dans le recyclage de déchets de matériaux naturels (principalement le cuir). L'entreprise a développé une technologie novatrice de traitement naturel pour transformer ces rebuts de matières (écarts qualité, stocks dormants, chutes...) en matériaux réutilisables.

Grâce à des procédés basés sur le broyage et la thermocompression, ces matières pures ou composites sont transformées en blocs 100% naturels (Phoenix) ou mélangées à des thermoplastiques biosourcés (Qilin). Ces nouvelles matières offrent de nouvelles possibilités de création comme des renforts, des accessoires, des bijoux...

Matière traitée	Prestation proposée	Quantité minimum R&D	Quantité minimum prod	Qualité matière en entrée	Format d'entrée de matière	Format de sortie
Cuir	Thermo-compression	50 kg	A définir suivant essais R&D	Matière propre et triée (pas de colle)	Semelles entières	Plaque thermocompressée
	Mélange avec un thermoplastique biosourcé	50 kg	A définir suivant essais R&D	Matière propre et triée	Broyats de 5mm à 10mm	Granulé d'injection

Authentic Material propose une première phase de pré-étude visant à démontrer la faisabilité du recyclage du gisement sur 50kg.



Figure 13 : Matériaux PHOENIX (à gauche) et compounds QILIN cuir noir (à droite) <sup>22</sup>

Contact :

Kevin Pruvost – Business Developer - [kevin.pruvost@authentic-material.com](mailto:kevin.pruvost@authentic-material.com)

<sup>22</sup> <https://www.authentic-material.com/nos-gammes/>

#### Fiche d'identité

Transformateur recycleur, Incorporateur

#### Compétences :

- Broyage et tri
- Thermocompression

#### Matières traitées :

- Toutes matières

ESO Recycling est une entreprise italienne spécialisée dans le recyclage et la revalorisation de matériaux provenant de multiples industries. Son expertise réside dans les technologies de broyage, de tri et de thermocompression, qui permettent de transformer les déchets en matières premières recyclées et en produits innovants.

ESO Recycling traite différents types d'articles tels que : chaussures, balles de tennis, pneus de vélo, EPI ainsi que des déchets post- et pré-consommation, rebuts de production, stocks d'invendus et prototypes de l'industrie mode et luxe.

Le procédé de recyclage des chaussures démarre par un tri puis un broyage complet des chaussures, puis les broyats sont triés via des systèmes aérauliques et magnétiques pour séparer les différentes matières des chaussures : caoutchouc, textiles, plastique, cuir, métaux ferreux et non ferreux.

Des solutions de thermocompression ou de moulage sont utilisées pour former des produits finis. ESO Recycling peut alors produire différents produits tels que des revêtements pour les aires de jeux et des pistes d'athlétisme, des panneaux d'isolation thermique et acoustique, des accessoires de mode et des solutions d'ameublement innovantes (partenariat avec une entreprise d'ameublement).

Matière traitée	Prestation proposée	Quantité minimum prod	Qualité matière entrante	Format matière entrante	Format de sortie
Tous matières	Broyage et tri, thermo-compression	2 tonnes	Chaussures post-consommation	Chaussures entières	Plaques ou produits finis



Figure 14 : Usine de recyclage - ESO Recycling©



Figure 15 : Processus de recyclage - ESO Recycling©

Contact :

Andrea Palombo – Plant Director – [andrea.palombo@esorecycling.it](mailto:andrea.palombo@esorecycling.it)

Nicolas Meletiou – Managing Director – [nicolas.meletiou@eso.it](mailto:nicolas.meletiou@eso.it)

**Fiche d'identité**  
Transformateur recycleur

**Compétences :**

- Broyage
- Extrusion
- Coloration
- Injection

**Matières traitées :**

- Tous thermoplastiques

INDCO est une entreprise spécialisée dans le recyclage des matières thermoplastiques depuis 1970.

Elle dispose d'un parc machine varié pour le broyage de différentes matières plastiques. En plus du broyage, INDCO se consacre à la régénération des matières broyées. La société dispose d'un laboratoire sur site afin de caractériser leurs matières recyclées.

Matière traitée	Prestation proposée	Quantité minimum	Qualité matière entrante	Format matière entrante	Format de sortie
Thermoplastiques	Broyage	3 tonnes	Matière propre (pas de métaux, le moins de terre possible) et triée	Semelles démantelées	Broyat calibré
	Extrusion	3 tonnes	Matière propre (pas de métaux, le moins de terre possible) et triée	Broyats de 5 mm à 10 mm	Granulé d'injection

INDCO propose des services de broyage et d'extrusion adaptés aux semelles thermoplastiques et permettant de traiter de grandes quantités. Par le rachat de l'entreprise ARC, INDCO maîtrise également la coloration. De plus, l'entreprise propose des services de rachat et de vente de déchets.



Figure 16 : Site de INDCO à Villard-Bonnot<sup>23</sup>

Contact :  
Frédéric COLAS - Responsable Commercial - fcolas@indco-polymeres.com

<sup>23</sup> <https://www.linkedin.com/company/indco/>

### 3.3.3.6. TerraCycle – France, Royaume Uni



#### Fiche d'identité

Transformateur recycleur, Incorporateur

#### Compétences :

- Mise en place de solutions de collecte, préparation, transformation et recyclage via un réseau de partenaires

#### Matières traitées :

- Tous types de matières

[TerraCycle](#) est une entreprise de recyclage de déchets dits « non recyclables » ou « difficilement recyclables ». TerraCycle est présent dans 20 pays dans le monde dont 12 en Europe, notamment en France et au Royaume-Uni.

TerraCycle collabore avec différents prestataires pour mettre en place des chaînes de recyclage adaptées aux besoins de ses clients et aux différents produits à recycler. TerraCycle met également en place les étapes de tri et de massification.

#### *Cahier des charges adaptable selon besoins client*

En 2024, la marque Asics s'est associée à TerraCycle pour le programme de recyclage de leur modèle Nimbus Mirai™ en boucle fermée, en France et aux Pays-Bas. Les utilisateurs peuvent renvoyer leur paire de chaussures usagées à TerraCycle au moyen d'une étiquette prépayée. La paire est ensuite désassemblée en séparant la tige de la semelle. La semelle, en mousse « FF BLAST™ PLUS ECO », est recyclée mécaniquement tandis que la tige en polyester est lavée, séchée, broyée et micronisée avant d'être granulée et filée. Les matières recyclées sont ensuite renvoyées à Asics afin de produire de nouvelles paires de Nimbus Mirai™.



**Figure 17 : Asics Nimbus Murai™ démantelée**

Contact :

Marie Lethellier - Global Vice President, Operations - [marie.letellier@terracecycle.com](mailto:marie.letellier@terracecycle.com)

### 3.3.3.7. Viriam – Italie (Mantova)



#### Fiche d'identité

Transformateur recycleur, Incorporateur

#### Compétences :

- Formulation / compoundage
- Micronisation

#### Matières traitées :

- EVA expansé
- TPU

Viriam est une entreprise italienne fondée en 2019 spécialisée dans la valorisation des matières plastiques.

Via une collaboration avec des fabricants de semelles italiens, Viriam a développé un processus permettant l'intégration d'EVA micronisé post-production à hauteur de 50% dans de la matière vierge, sans dégrader les propriétés techniques de la matière. Cette innovation résulte d'un processus de micronisation associé à des additifs et agents liants.

Viriam mène des tests sur des gisements post-consommation en visant un taux de réincorporation de 50% d'EVA recyclé dans de nouvelles matières.

Matière traitée	Prestation proposée	Quantité minimum R&D	Quantité minimum prod	Qualité matière entrante	Format matière entrante	Format de sortie
EVA, TPU	Micronisation / formulation	10-15kg	10/15 tonnes	Matière la plus propre possible, pas de métaux	Semelles broyées ou entières	Granulés d'injection

Viriam propose une première phase d'étude de faisabilité, afin de déterminer le pourcentage de matière recyclée intégrable et de caractériser les propriétés de cette nouvelle matière. Ces tests requièrent 10 à 15 kg de matière préférablement broyée.



**Figure 18 : Semelles produites en EVA recyclé par Viriam**

Contact:

Antuono Domenico - [infoviriam@gmail.com](mailto:infoviriam@gmail.com)

### 3.3.4. Incorporateurs

#### 3.3.4.1. Elastever – France (49)

**ELASTEVER**

**Fiche d'identité**  
Incorporateur

**Compétences :**

- Micronisation
- Formulation

**Matières traitées :**

- Tous caoutchoucs
- Autres matières de semelles à l'étude

Elastever est une entreprise spécialisée dans la création d'élastomères thermoplastiques incorporant plus de 70% de matériaux recyclés dans le cadre du recyclage des pneumatiques usagés. Grâce à une formulation avancée, Elastever produit des granulés d'élastomères thermoplastiques totalement compatibles avec les procédés industriels standards tels que l'extrusion, l'injection et le moulage plastique. En collectant, micronisant et recyclant mécaniquement des pneumatiques hors d'usage, Elastever propose une gamme de produits utilisables dans divers domaines dont les joints d'étanchéité ou des applications de protection (butée de choc, additif antichoc pour plastique). Leur procédé est adapté aux semelles en caoutchouc, sur lesquelles des essais ont déjà été effectués.

Matière traitée	Prestation proposée	Quantité minimum R&D	Quantité minimum prod	Qualité matière entrante	Format matière entrante	Format de sortie
Tous caoutchoucs	Micronisation <i>(machine en cours d'acquisition)</i>	A définir	10/15 tonnes	Matière propre <i>(pas de sable, de cailloux, métaux, etc.)</i> Le tri par couleur est un plus	Semelles entières ou broyées	Caoutchouc micronisé
Autres matières sur étude	Formulation et extrusion	20 kg	10/15 tonnes	Matière micronisée <300 µm	Caoutchouc micronisé + granulés d'injection	Granulés d'injection

Une première phase d'étude est nécessaire pour évaluer le pourcentage de matière incorporable, et caractériser les propriétés mécaniques de cette nouvelle matière. Elastever peut également réaliser des essais sur des matières présentant un potentiel économique, autres que du caoutchouc.



**Figure 19 : Compound produit à partir de caoutchouc de pneus**

Contact :  
Nicolas Piganeau - Directeur général – CEO – npiganeau@elastever.com

### 3.3.4.2. Stonegom – France (63)



**Fiche d'identité**  
Incorporateur

**Compétences :**

- Mélanges pour la fabrication de différents types de revêtements de sols

**Matières traitées :**

- Tous types de caoutchouc
- Autres matériaux semelles à l'étude

Stonegom est un fabricant de revêtements innovants et durables pour des applications variées (sols d'extérieurs, parking, pistes cyclables, terrains de sport, cours d'école...). L'entreprise vise à intégrer des matériaux recyclés dans les revêtements de sols.

Son revêtement breveté est composé de matière naturelle, la pouzzolane (roche volcanique Auvergnate), de matière recyclée (pneus usagés, semelles) et d'un liant spécifique pour lier l'ensemble. Le résultat est une matière avec des propriétés acoustiques, drainantes et résistantes. Une analyse de cycle de vie avec revue critique a permis de qualifier ce revêtement de solution environnementale performante, notamment en termes d'émissions de CO<sub>2</sub>.

Matière traitée	Prestation proposée	Quantité minimum	Qualité matière entrante	Format matière entrante	Format de sortie
Tous types de caoutchouc	Transformation en revêtement de sol	Dépend de la taille du projet	Ne nécessite pas de lavage. Pas de métaux	Semelles entières	Mélange de semelles caoutchouc, pouzzolane et agent liant

Stonegom propose la réalisation de projets sur-mesure. L'entreprise a notamment collaboré avec la communauté de communes de Pévèle-Carembault et le recycleur The 8 Impact pour réaliser une piste cyclable à Pont-à-Marcq, à partir de pouzzolane, de pneus et baskets usagés.



**Figure 20 : Piste cyclable réalisée par Stonegom en collaboration avec The 8 Impact et la communauté de communes de Pévèle-Carembault<sup>24</sup>**

Contact :

Thierry GROSSETÊTE – Président Fondateur – thierry.grossetete@gmail.com

<sup>24</sup> <https://stonegom-coating.com>

### 3.3.4.3. The Good Plastic – Pays-Bas (Almere)



**Fiche d'identité**  
Incorporateur

**Compétences :**

- Thermocompression

**Matières traitées :**

- Tous types de matières

[The Good Plastic Company](#) est une société de traitement des déchets polystyrène (PS) et de transformation. Après broyage de la matière, The Good Plastic réalise des plaques thermocompressées. Ce matériau rigide, baptisé Polygood, peut être peint, gravé, percé ou découpé comme le serait un panneau en bois, auquel il peut d'ailleurs se substituer. Il est également possible d'intégrer d'autres types de déchets plastiques en faible quantité dans ces panneaux, en les broyant et en les mélangeant à des déchets de PS agissant alors comme agent liant. Le pourcentage de déchets plastiques ajouté doit être validé par des tests afin d'assurer la qualité technique et la recyclabilité des panneaux.

Matière traitée	Prestation proposée	Quantité minimum R&D	Quantité minimum prod	Qualité matière entrante	Format matière entrante	Format de sortie
Toutes matières semelles	Thermo-compression	30 kg	Dépend du test R&D	Matière propre	Broyats de 5 mm à 10 mm	Plaque (1400 mm x 2800 mm)

Une première phase de R&D est nécessaire pour s'assurer de la bonne intégration de la matière des semelles, vérifier les propriétés de la plaque et évaluer le pourcentage de matière intégrable.



Figure 21 : Présentoir Nike utilisant le matériau Polygood<sup>25</sup>

Contact :  
Giovanni Belloni - Directeur commercial France - gbelloni@module-2.com

<sup>25</sup> <https://polygood.com/fr/projects/nike/>

### 3.3.5. Fabricants de machines

#### 3.3.5.1. Maris – Italie (Turin)



##### Fiche d'identité

Fabricant de machines

##### Compétences :

- Extrusion
- Déréticulation
- Dévulcanisation

##### Matières traitées :

- Tous caoutchoucs
- EVA expansé
- Tous thermoplastiques

Maris est un fabricant d'extrudeuses bi-vis corotatives, pour le compoundage et la granulation de matériaux mais également pour le recyclage des polymères et caoutchoucs.

Depuis 15 ans, Maris vend des extrudeuses pour les processus de dévulcanisation et effectue des tests sur de nombreux types de caoutchoucs, dont des semelles de chaussures, pneus usagés et caoutchoucs techniques. Selon l'entreprise, la matière dévulcanisée peut être réutilisée dans la même application d'origine, mélangée jusqu'à 50% avec du caoutchouc vierge selon le champ d'application, tout en conservant les propriétés mécaniques souhaitées.

L'entreprise a récemment conçu et testé un nouveau procédé de recyclage pour les mousses réticulées, et a testé ce processus avec de l'EVA de semelles de chaussures et des polymères réticulés et expansés pour applications d'isolation.

Matière traitée	Prestation proposée	Quantité minimum R&D	Cadence machine	Qualité matière entrante	Format matière entrante	Format de sortie
Tous caoutchoucs	Dévulcanisation	25 kg	Deux machines allant de 10 kg/h à 1000 kg/h	Matière propre (<5% d'impureté, pas de métaux)	Matière broyée à ~5 mm	Bande de caoutchouc
EVA expansé et polymères réticulés et expansés (XLPE)	Déréticulation					Bande de matière dérétilcée
Tous thermoplastiques	Extrusion					Jonc ou granulé d'injection

Maris possède un centre technologique où sont proposés des essais. En faisant varier les paramètres machine comme la température ou la vitesse de rotation des vis, Maris cherche dans ces essais à obtenir une matière dont les caractéristiques répondent aux cahiers des charges de ses clients.



Figure 22 : Schéma d'intégration du process de recyclage de Maris (source mariscorp.com)

Contact :

Daniel BOUCHARD – Agent commercial France – daniel.bouchard@mat-extrusion.fr

**Fiche d'identité**  
Fabricant de machines

**Compétences :**

- Injection
- Compression
- Dévulcanisation

**Matières traitées :**

- Tous caoutchoucs

REP INTERNATIONAL est une entreprise spécialisée dans la conception et la fabrication de presses à injecter le caoutchouc. En plus de la fourniture de machines, REP INTERNATIONAL se distingue par la proposition de solutions industrielles globales adaptées aux besoins spécifiques de ses clients. L'entreprise a notamment développé le modèle HSR, une machine de dévulcanisation thermomécanique. La technologie HSR (High Shear Regeneration) vise à dévulcaniser les déchets de caoutchouc, facilitant leur réintégration dans la chaîne de production. REP revendique un procédé thermomécanique, sans additif chimique, sans modification des éléments de la formule et applicable à tout type de caoutchouc.

Matière traitée	Prestation proposée	Quantité minimum R&D	Cadence machine	Qualité matière entrante	Format matière entrante	Format de sortie
Tous caoutchoucs	Dévulcanisation	10 kg	8 kg/h à 16 kg/h	Matière propre (pas de sable, de cailloux etc.)	Matière broyée entre 5 mm et 10 mm	Poudre dévulcanisée

REP International propose des tests de faisabilité pour évaluer la recyclabilité du gisement avec leur procédé. Ces tests s'effectuent sur leur machine de petite capacité et nécessitent 10 kg de matière broyée.



Figure 23 : Machine de dévulcanisation<sup>26</sup>

Contact :

Rodrigo DIAZ-VARGAS (PhD) - Ingénieur R&D process et application - rdiaz@repinjection.com  
Yves POPPE – Responsable Commercial - ypoppe@repinjection.com

<sup>26</sup> <https://www.repinjection.fr/devulcanisation-du-caoutchouc/modele-hsm-machine-a-devulcaniser>

### 3.4. Synthèse des acteurs du recyclage des semelles de chaussures

#### ROYAUME - UNI

- 3 J. Allock & Sons Ltd – Manchester
- 13 TerraCycle – Londres

#### FRANCE

- 1 Elanova (94)
- 2 IPC (01)
- 4 MicroPolymers (71)
- 7 The 8 Impact (01)
- 8 AER Coutchouc (67)
- 10 Authentic Material (31)
- 12 INDCO (38)
- 15 Elastever (49)
- 16 Stonegom (63)
- 19 REP International (69)

#### PORTUGAL

- 5 Rubberlink (Bolflex) – Felgueiras
- 9 Amorim Cork Composites – Santa Maria da Feira



#### PAYS-BAS

- 17 The Good Plastic – Almere

#### ITALIE

- 6 Rubber Conversion – Verona
- 14 Viriam – Mantova
- 11 ESO Recycling – Riccione
- 18 Maris – Turin

#### Légende :

- Centre technique
- Transformateur recycleur
- Transformateur recycleur / Incorporateur
- Incorporateur
- Fabricant de machines

Figure 24 : Carte des acteurs du recyclage des semelles de chaussures en Europe

Entreprise	Pays	Type d'entreprise	Prestation proposée	EVA expansé	TPU	SBR	Mélanges SBR+NR	PU	PVC	SEBS/SBS	ABS	Cuir	EPDM	NBR	Quantité minimum (R&D ou production) (kg)		
<a href="#">Elanova</a>	France	Centre technique	Micronisation			•	•						•	•	Dépend du projet		
			Dévilcanisation			•	•							•		40	
			Formulation			•	•								•	•	300
			Transformation			•	•								•	•	Dépend du projet
<a href="#">IPC</a>	France	Centre technique	Tri sur machine NIR		•				•	•	•				-		
			Tri par flottaison		•				•	•	•					-	
			Tri triboélectrique		•					•	•	•					20
			Broyage		•					•	•	•					5
			Lavage		•					•	•	•					5
			Extrusion		•					•	•	•					5
<a href="#">J. Allcock &amp; Sons Ltd</a>	Royaume Uni	Transformateur recycleur	Micronisation			•	•						•	•	20		
			Dévilcanisation			•	•							•	•	100	
<a href="#">MicroPolymers</a>	France	Transformateur recycleur	Micronisation (cryogénique et atmosphérique)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	10		
<a href="#">Rubberlink (BOLFLEX)</a>	Portugal	Transformateur recycleur	Broyage			•	•			•			•	•	500		
			Micronisation			•	•							•	•	500	
			Dévilcanisation			•	•								•	•	500
<a href="#">Rubber Conversion</a>	Italie	Transformateur recycleur	Dévilcanisation			•	•							•	10		
<a href="#">The 8 Impact</a>	France	Transformateur recycleur	Micronisation			•	•						•	•	5		
			Dévilcanisation			•	•							•	•	5	
			Broyage	•	•	•	•			•				•	•	5	

Entreprise	Pays	Type d'entreprise	Prestation proposée	EVA expansé	TPU	SBR	Mélanges SBR+NR	PU	PVC	SEBS/SBS	ABS	Cuir	EPDM	NBR	Quantité minimum (R&D ou production) (kg)	
<a href="#">AER Caoutchouc Plymouth</a>	France	Transformateur recycleur Incorporateur	Dé vulcanisation thermomécanique			•	•	•					•	•	300	
<a href="#">Amorim Cork Composite</a>	Portugal	Transformateur recycleur Incorporateur	Mélange / formulation	•											10	
<a href="#">Authentic Material</a>	France	Transformateur recycleur Incorporateur	Thermocompression									•			50	
			Formulation thermoplastique									•				50
<a href="#">ESO Recycling</a>	Italie	Transformateur recycleur Incorporateur	Broyage et tri, thermocompression	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2000	
<a href="#">INDCO</a>	France	Transformateur recycleur Incorporateur	Broyage		•				•	•	•				3000	
			Extrusion		•				•	•	•					3000
<a href="#">TerraCycle</a>	International	Transformateur recycleur Incorporateur	<i>Adaptable via partenaires</i>	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	Dépend du projet	
<a href="#">Viriam</a>	Italie	Transformateur recycleur Incorporateur	Micronisation + formulation	•	•										10	
<a href="#">Elastever</a>	France	Incorporateur	Micronisation			•	•						•	•	-	
			Extrusion			•	•							•	•	20
<a href="#">Stonegom</a>	France	Incorporateur	Broyage et mélange			•	•						•	•	Dépend du projet	
<a href="#">The Good Plastic</a>	Pays-Bas	Incorporateur	Thermocompression	•	•	•	•	•	•	•	•		•	•	30	
<a href="#">Maris</a>	Italie	Fabricant de machine	Dé vulcanisation			•	•						•	•	25	
			Extrusion		•				•	•	•					25
			Déréticulation	•												25
<a href="#">REP international</a>	France	Fabricant de machines	Dé vulcanisation			•									10	

**Tableau 2 – Tableau récapitulatif des entreprises proposant des solutions de recyclage pour les matières de semelles**

### 3.5. Autres entreprises identifiées

D'autres entreprises ont été identifiées comme recycleurs de semelles de chaussures. Elles sont présentées ci-après :

- **Aloft – Portugal (Canidelo)**

[Aloft](#), est une entreprise basée à Canidelo au Portugal spécialisée dans la fabrication de chaussures et particulièrement la fabrication des semelles. Dans le cadre de son activité, Aloft réalise le recyclage de ses chutes de production mais souhaite aussi développer le recyclage d'autres déchets via sa solution de micronisation du caoutchouc.

- **Le Pavé® / SAS Minimum – Aubervilliers (93)**

[Le Pavé®](#) est un matériau d'écoconstruction fabriqué à partir de déchets plastiques recyclés. Il est produit par SAS Minimum, une société basée en Île-de-France. Le Pavé® est disponible sous forme de panneaux de différentes tailles et épaisseurs et il est utilisé dans divers projets de construction et de design. L'entreprise est ainsi en mesure de valoriser différents types de plastiques : PE, PP, PS, ABS, PET. Des essais ont déjà été réalisés pour réaliser des panneaux incorporant des broyats d'EVA issus de chaussures.

- **Muratto – Portugal (Vila Nova de Gaia)**



**Figure 25 : Revêtement mural fabriqué à partir d'EVA Nike Grind**

[Muratto](#) est une entreprise portugaise utilisant des matières premières naturelles ou recyclées pour développer et fabriquer des produits destinés aux revêtements muraux, aux panneaux acoustiques et à la décoration intérieure.

Une collaboration entre Nike Grind et Muratto a abouti à un produit utilisable en revêtement mural ou pour d'autres projets de décoration, incorporant plus de 75% d'EVA issu du broyage de sneakers à du liège.

- **Playtop – Royaume-Uni (Newark-On-Trent)**

[Playtop](#) est une entreprise basée au Royaume Uni, qui fabrique des aires de jeux à partir de pneus hors d'usage depuis 1977. Son processus de recyclage consiste en un broyage des pneus, réduisant l'ensemble en composants simples : des granulés de caoutchouc, du fil métallique et un faible pourcentage de textiles. En 2008, Playtop a conclu un partenariat avec Nike, obtenant les droits exclusifs pour intégrer les granulés de caoutchouc provenant des chaussures recyclées Nike ou autres dans leur EPDM, sous la marque Playtop avec Nike Grind.



**Figure 26 : Terrain de basket fabriqué à partir de caoutchouc Nike Grind**

- **Vamas – Italie (San Miniato)**

[Vamas](#) est un fabricant de semelles italien pour l'industrie du luxe qui propose différentes matières : TPU, PU, PEBA et cuir, avec des déclinaisons recyclées et biosourcées pour le PU et le TPU. En 2024, Vamas s'est associé à ReValorem pour des essais de recyclage de semelles TPU en boucle fermée<sup>27</sup>.

### 3.6. Projets

Plusieurs projets visant à améliorer la recyclabilité des chaussures par le démantèlement et le recyclage ont vu le jour ces dernières années en Europe.

[ReProcessShoe](#) est un projet germano-polonais mené en collaboration par trois entités : PFI Germany (Prüf - und Forschungsinstitut Pirmasens e.V.) et le Ł-ITEE. (Réseau de recherche polonais Lukasiwicz - Institut des technologies durables) et l'OIBS (Chambre nationale de l'industrie du cuir en Pologne). Le projet a pour objectif de mettre en place une solution permettant de démanteler les chaussures et d'en séparer les différents composants de la manière la plus pure possible. Une première solution a été développée permettant la séparation de la tige et de la semelle par découpe mécanique ainsi que la séparation des coques des chaussures de sécurité.

Dans le projet européen [LIFE Re Shoes](#) dirigé par la marque italienne SCARPA, la technologie de dévulcanisation de Rubber Conversion est utilisée pour créer de nouvelles semelles de chaussures en caoutchouc, y compris les plaques pour les renforts d'orteils et de talons ainsi que de nouvelles semelles extérieures en caoutchouc, toutes issues de chaussures usagées. L'objectif de ce projet est d'établir un standard circulaire au sein du secteur de la chaussure en gérant efficacement les chaussures en fin de vie. En mettant en œuvre une approche qui inclut la collecte, le démantèlement, le tri et le recyclage, un nouveau modèle de chaussure premium SCARPA sera développé sur la base d'un design circulaire qui réutilise les matériaux des anciennes chaussures. Le projet sera terminé en février 2026.

[BioShoes4All](#) est une initiative des acteurs de la chaussure portugais visant à réduire l'empreinte environnementale de la production de chaussures via notamment la production de nouveaux matériaux durables. Un des axes du projet qui court jusque fin 2025 vise à développer le recyclage des chutes de production du cluster et initier le recyclage des chaussures post-consommation.

---

<sup>27</sup> <https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:7198720268956053505/>

## 4. Essais de recyclage

Dans le cadre de l'étude, des essais de recyclage de matières issues de semelles de chaussures usagées ont été réalisés pour évaluer l'incorporation des matières recyclées en boucle fermée.

Le choix des matières à recycler a été fait en fonction des matières présentes dans les gisements collectés.

Les cahiers des charges de recycleurs acceptant de faibles quantités ont été privilégiés pour réaliser ces essais. Sur cette base, trois scénarios ont été sélectionnés :

1. Extrusion / injection de semelles thermoplastiques SBS
2. Micronisation de semelles caoutchouc
3. Dévulcanisation de semelles caoutchouc

### 4.1. Extrusion / injection – Semelles SBS

Le premier essai de recyclage concerne l'extrusion et l'injection de semelles en SBS (aussi appelé TR ou TPR).

Les chaussures ont été démantelées (séparation tige/semelle) et les semelles triées par composition matière sur la ligne Re\_SHOES du CETIA (cf. Annexe 1 - Rapport essai de démantèlement).

Les semelles en SBS ont ensuite été envoyées chez IPC pour y être broyées, extrudées puis injectées dans des éprouvettes à différents taux de matière recyclée (10%, 30%, 50% et 70%).

Enfin, le [CTC](#) (Centre Technique du Cuir) a réalisé la caractérisation de ces éprouvettes.

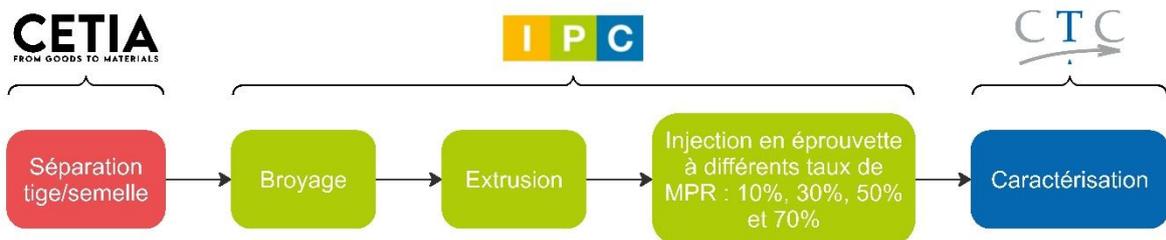


Figure 27 : Chaîne des acteurs pour l'extrusion / injection des semelles SBS

Le gisement initial de SBS préparé pour l'essai à partir des chaussures post-consommation a malheureusement été perdu à la suite d'une casse matériel chez un prestataire. Le CETIA a récupéré un gisement de chaussures défectueuses (en majorité des sneakers pré-consommation) pour pallier le manque de matière SBS nécessaire pour la réalisation de l'essai. Au final, le gisement utilisé était composé de 90% de semelles SBS issues des sneakers pré-consommation (environ 45kg) et 10% de semelles SBS issues du gisement restant de chaussures de sport usagées (environ 5 kg).



Figure 28 : Semelles SBS démantelées

IPC a ensuite travaillé sur les opérations de transformation, d'incorporation et de mise en forme. La phase de prétraitement des semelles, avec le broyage et la séparation des fractions fines (<2 mm) s'est déroulée dans de bonnes conditions avec un faible taux de poussières générées (1,8 %). Les étapes d'extrusion et d'injection ont été réalisées avec succès avec des équipements d'injection classiques et des paramètres stables.

Lors de la phase d'extrusion/filtration, le filtre a été changé à plusieurs reprises en raison de la présence d'impuretés de dimension supérieure à 150 µm dans la matière. Après avoir réalisé les dilutions, l'injection a pu être réalisée ; il n'a pas été nécessaire de modifier les paramètres en cours d'essai, ni lors du changement de mélanges.



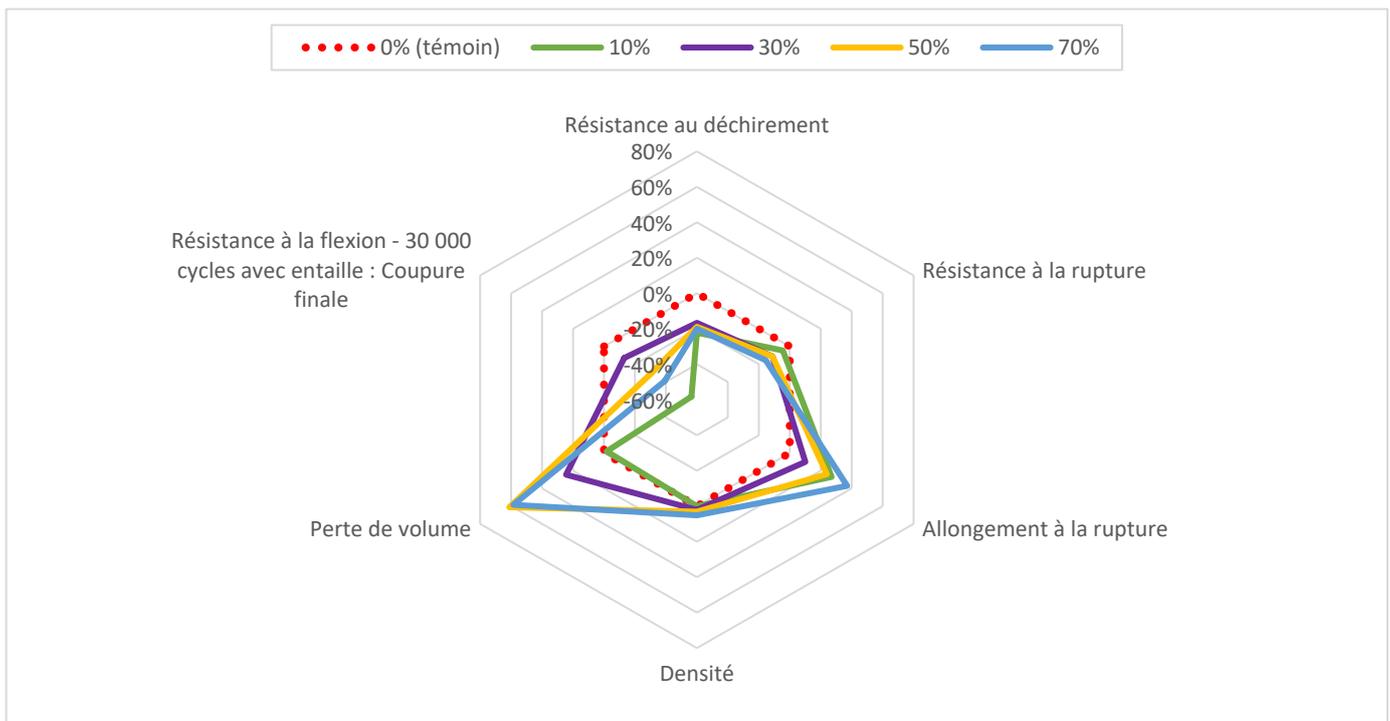
**Figure 29 : De gauche à droite : matière broyée, jonc d'extrusion, granulés recyclés, granulés vierges et plaque injectée contenant 50% de matière recyclée**

Le CTC, centre technique spécialisé dans la chaussure, a réalisé des éprouvettes à partir des plaques produites par IPC et a effectué les tests de caractérisation suivants :

- Résistance à l'abrasion (EN ISO 12770 : 1999)
- Résistance à la flexion - 30 000 cycles avec entaille initiale de 2mm (ISO 17707 : 2005)
- Résistance à la traction et allongement à la rupture (EN 12803 : 2000)
- Résistance au déchirement (EN 12771 : 1999)

Les résultats de ces tests sont présentés dans la figure 30. Les différentes propriétés sont présentées sous forme de variation par rapport aux propriétés de l'échantillon témoin (0%) en utilisant la formule suivante :

$$Variation(\%) = \left( \frac{\text{échantillon} - \text{témoin}}{\text{témoin}} \right) * 100$$



**Figure 30 : Variations des propriétés des échantillons incorporant différents taux de MPR SBS par rapport aux propriétés de l'échantillon témoin**

Les résultats de caractérisation montrent une réelle corrélation entre le taux de MPR introduite dans la nouvelle matière et la perte de volume ainsi que la résistance à la flexion. Plus la matière recyclée est présente en grande proportion, plus ces deux caractéristiques sont dégradées. Au-delà de 30%, elles deviennent trop dégradées. L'allongement à la rupture, en revanche, s'améliore en augmentant le taux de MPR.

Il est important de souligner que les propriétés mécaniques des nouvelles matières incorporant la MPR dépendent de la qualité de la matrice vierge et du gisement de semelles entrant. Le taux maximum d'incorporation de MPR sera donc limité en fonction des propriétés exigées dans les cahiers des charges des metteurs en marché, notamment la perte de volume.

## 4.2. Micronisation – Semelles en caoutchouc

Le second essai de recyclage porte sur la micronisation de semelles en caoutchouc.

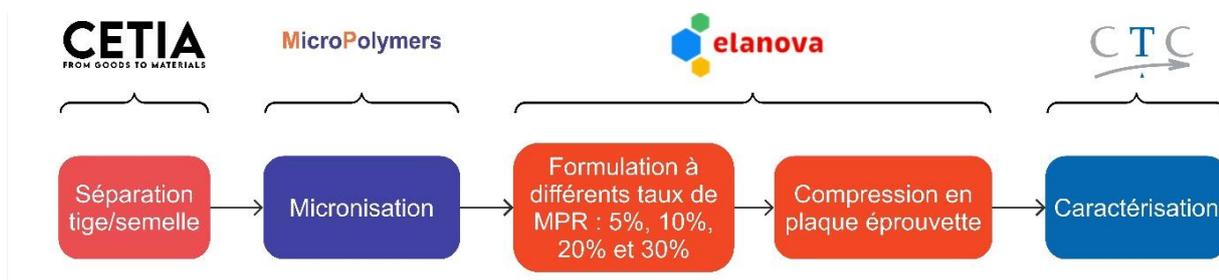


Figure 31 : Chaîne des acteurs pour la micronisation des semelles en caoutchouc

Les chaussures, principalement des baskets, sneakers et tennis usagées non-réutilisables ont été démantelées et les semelles triées au CETIA (cf. Annexe 1).



Figure 32 : Semelles en caoutchouc post-consommation

Dix kilogrammes de semelles caoutchouc (mélange de différents grades) ont été envoyés chez MicroPolymers afin d'y être micronisées. Le gisement a été micronisé via des broyages successifs de plus en plus fins à température atmosphérique. La granulométrie ciblée était entre 200 et 315µm :

Tableau 3 – Résultats de l'essai de micronisation

Granulométrie	Répartition des tailles de micronisats
> 315 µm	1,8%
Entre 200 µm et 315 µm	93%
<200 µm	5,2%

Elanova a ensuite établi la formulation des nouvelles matières incorporant la matière micronisée à différents taux (5%, 10%, 20% et 30%) dans une matrice de caoutchouc vierge et réalisé la mise en forme par compression de plaques éprouvettes.

Les analyses suivantes ont été effectuées sur les plaques éprouvettes :

- Analyse des températures et puissances des cinq mélanges
- Analyse de la viscosité Mooney des mélanges ML (1+4) à 100°C - NF ISO 289-1
- Analyse de la cinétique de vulcanisation MDR - ISO 6502

Les résultats de ces analyses montrent que l'ajout de matière micronisée :

- Augmente la viscosité du mélange, ce qui nécessite plus d'énergie et de temps pour obtenir un mélange homogène ;
- Augmente la viscosité Mooney mais reste tout à fait acceptable pour du moulage par compression selon Elanova ;
- Diminue le temps de réticulation mais reste dans des limites acceptables pour des conditions de production. Le temps de cycle de production s'en voit réduit.

L'incorporation de caoutchouc post-consommation micronisé requiert donc des ajustements dans le processus de production en raison des changements de viscosité et de temps de réticulation, mais est tout à fait faisable au moyen des équipements de production standard.

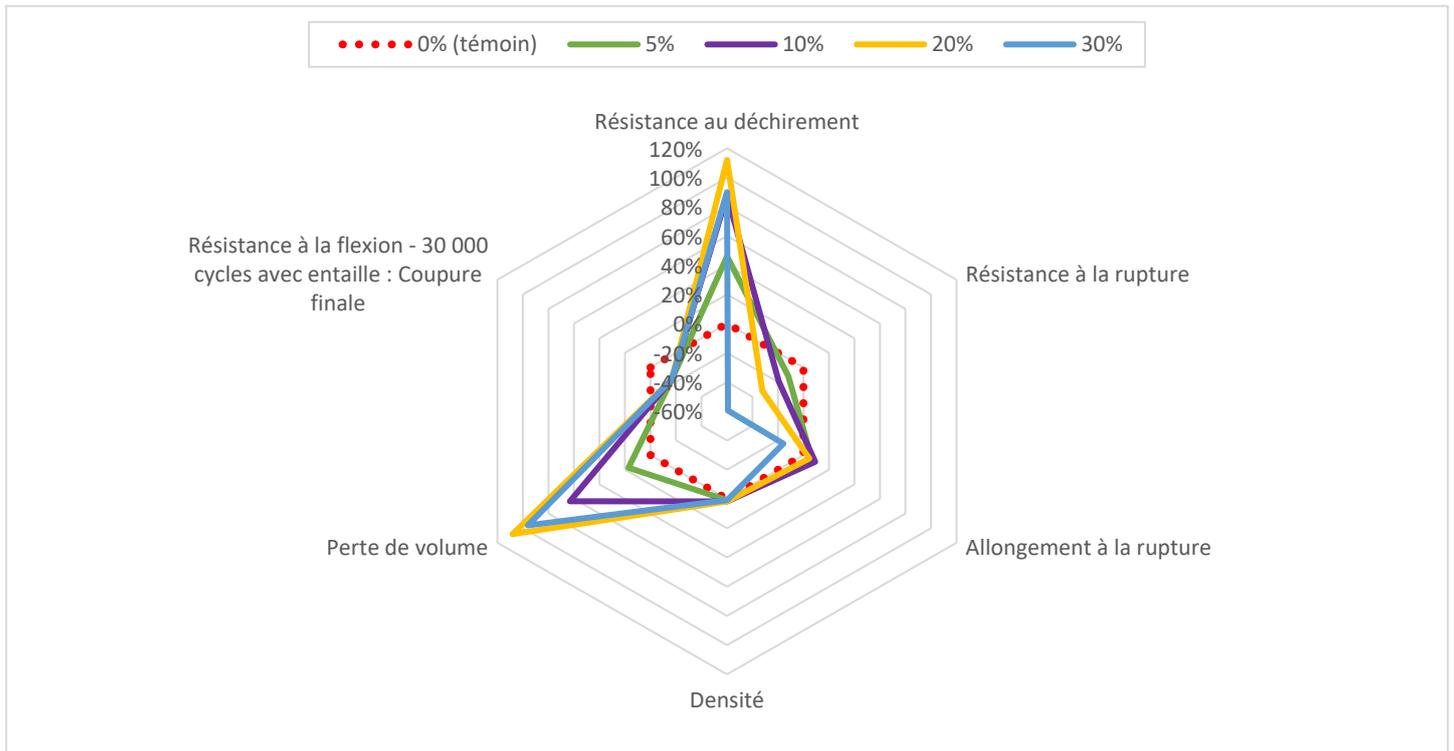


**Figure 33 : Caoutchouc micronisé (sur le dessus) et plaques contenant différents taux de caoutchouc micronisé**

Le CTC a ensuite effectué les mêmes tests de caractérisation que pour le premier essai, à savoir :

- Résistance à l'abrasion (EN ISO 12770 : 1999)
- Résistance à la flexion - 30 000 cycles avec entaille initiale de 2mm (ISO 17707 : 2005)
- Résistance à la traction et allongement à la rupture (EN 12803 : 2000)
- Résistance au déchirement (EN 12771 : 1999)

Les résultats de ces tests sont compilés dans la figure 34. Comme précédemment, les différentes propriétés sont présentées sous forme de variation par rapport aux propriétés de l'échantillon témoin (0%).



**Figure 34 : Variations des propriétés des échantillons incorporant différents taux de caoutchouc micronisé par rapport à celles de l'échantillon témoin**

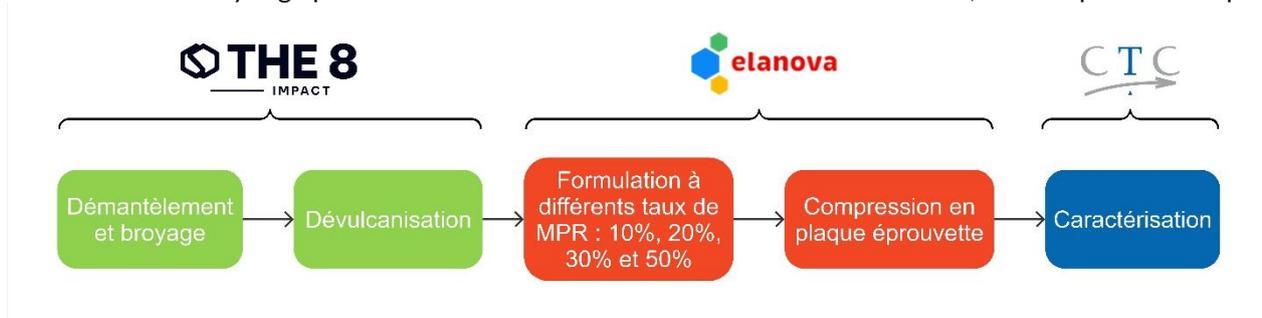
Dans le cadre de cet essai, la perte de volume des nouvelles matières créées se dégradent rapidement en augmentant la part de matière recyclée. A partir de 10%, celle-ci devient trop importante. La cause de ce résultat peut être multiple :

- L'absence de tri poussé des différents grades de caoutchouc (SBR, NR, NBR...),
- L'absence d'une étape de nettoyage des impuretés présentes dans les semelles usagées,
- Une formulation peu adaptée, avec une matrice vierge de qualité basique, notamment sur le critère perte de volume.

En revanche, la résistance au déchirement augmente. 20% de caoutchouc micronisé semble néanmoins la limite, de même pour la résistance à la rupture.

### 4.3. Dévulcanisation – Semelles en caoutchouc

Le 3<sup>ème</sup> essai de recyclage porte sur la dévulcanisation des semelles en caoutchouc, réalisée par The 8 Impact.



**Figure 35 : Chaîne des acteurs pour la dévulcanisation des semelles en caoutchouc**

Les chaussures utilisées pour cet essai sont issues d'un gisement de sneakers usagées non-réutilisables à semelle Cupsole. Ce gisement a été surtrié par The 8 Impact puis broyé. The 8 Impact a ensuite réalisé la dévulcanisation de 20 kg de broyats pour en tirer 4 kg de caoutchouc dévulcanisé.

Elanova a ensuite formulé les nouvelles matières en incorporant le caoutchouc dévulcanisé à différents taux (10%, 20%, 30% et 50%) dans une matrice de caoutchouc vierge et réalisé la mise en forme par compression de plaques éprouvettes.



**Figure 36 : Plaques contenant différents taux de matière dévulcanisée (Elanova)**

Elanova a effectué les analyses suivantes sur les plaques :

- Analyse de la viscosité Mooney des mélanges ML (1+4) à 100°C - NF ISO 289-1
- Analyse de la cinétique de réticulation MDR - ISO 6502

Les résultats des analyses montrent que l'ajout de matière dévulcanisée :

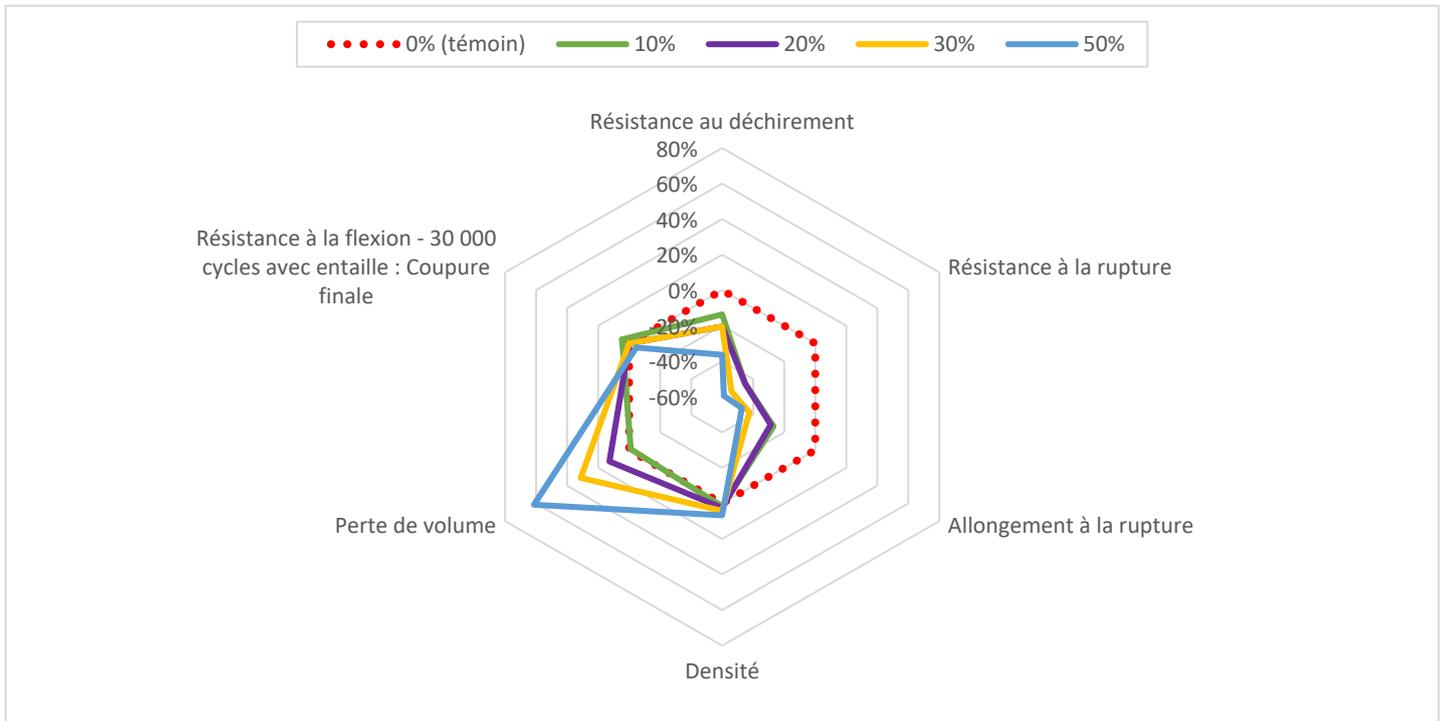
- Diminue la viscosité Mooney, cependant sans influence sur l'étape de moulage par compression ;
- Diminue le temps de réticulation mais reste dans des limites acceptables pour des conditions de production : la matière peut être manipulée sans risquer une réticulation avant la mise en place du moulage par compression. Le temps de cycle de production s'en voit ainsi réduit.

Il est important de noter que les résultats de ces analyses varient en fonction de la qualité de la matrice vierge utilisée. Selon Elanova, la diminution de la viscosité Mooney n'est pas toujours observée avec les matières régénérées, il est aussi possible d'observer le phénomène inverse.

Le CTC a ensuite effectué les mêmes tests de caractérisation que pour les précédents essais :

- Résistance à l'abrasion (EN 12770 : 1999)
- Résistance à la flexion - 30 000 cycles avec entaille initiale de 2mm (EN ISO 17707 : 2005)
- Résistance à la traction et allongement à la rupture (EN 12803 : 2000)
- Résistance au déchirement (EN 12771 : 1999)

Les résultats de ces tests sont compilés dans la figure 37 avec les différentes propriétés présentées sous forme de variation par rapport aux propriétés de l'échantillon témoin (0%).



**Figure 37 : Variations des propriétés des échantillons incorporant différents taux de caoutchouc dévulcanisé par rapport à celles de l'échantillon témoin**

Pour cet essai, toutes les propriétés mécaniques des nouvelles matières créées se dégradent très rapidement en augmentant la part de matière recyclée. A partir de 30%, la matière devient trop cassante et engendre une perte de volume trop importante. Comme pour l'essai précédent, cela peut être dû à :

- L'absence de tri poussé des différents grades de caoutchouc (SBR, NR, NBR...),
- L'absence d'une étape de nettoyage pour éliminer les impuretés potentiellement présentes dans les semelles usagées ;
- Une formulation peu adaptée, avec le choix d'une matrice vierge de qualité trop basique.

Pour la dévulcanisation du caoutchouc qui permet de revenir à une qualité équivalente à celle de la matière vierge, le choix de la matrice de mélange et le tri poussé du gisement de caoutchouc entrant sont d'autant plus importants.

Les essais réalisés dans le cadre de cette étude - incluant le recyclage thermomécanique du SBS, la micronisation et la dévulcanisation du caoutchouc - ont démontré la faisabilité du recyclage de ces matières issues de semelles de chaussures. Cependant, quel que soit le procédé de recyclage, l'ajout de matière régénérée augmente la perte de volume à l'abrasion qui est le critère le plus important pour une application en nouvelles semelles de chaussures. Une bonne préparation du gisement (tri matière, démantèlement propre, éventuelle étape de nettoyage pour éliminer toute impureté résiduelle présente dans les semelles) semble donc primordiale pour le recyclage de semelles de chaussures post-consommation.

## 5. Bilan

Ces dernières années, de plus en plus d'acteurs se positionnent sur le recyclage des chaussures. En effet, les méthodes de préparation des chaussures pour le recyclage ont connu des avancées significatives, notamment grâce à l'amélioration des systèmes de broyage et à l'apparition de nouvelles techniques de séparation tige/semelle permettant de récupérer des gisements de semelles plus « propres », avec moins voire sans résidus de matières des autres composants constituant les chaussures. Les semelles, représentant jusqu'à 50% environ du poids des chaussures, sont ciblées en priorité pour le recyclage.

Les procédés de recyclage pour le traitement des matières des semelles visent jusqu'à présent principalement des chutes de production ou des semelles de chaussures invendues (pré-consommation).

La plupart des cahiers des charges de recycleurs sollicitent une matière propre, sans contaminants externes dus à l'utilisation des chaussures, et exempte de tout point dur ou élément métallique. Ces perturbateurs externes peuvent en effet entraver les procédés et abîmer les équipements<sup>28</sup>, dès l'étape du broyage, étape préliminaire à tous les procédés de recyclage de semelles.

Aussi, comme pour les textiles, le surtri est essentiel pour optimiser le rendement des solutions de recyclage des semelles et améliorer la qualité des MPR. Certaines technologies comme la dévulcanisation du caoutchouc permettent de revenir à une qualité équivalente à celle de la matière vierge mais requièrent un gisement très homogène et donc un tri beaucoup plus poussé en amont (par typologie de chaussure, par type de semelle, voire par marque) et/ou un tri matière plus fin (par grade de caoutchouc : SBR, NR, NBR...), ce qui limite l'impact sur les quantités à recycler dans les gisements de chaussures usagées.

La diversité des matières et les potentiels mélanges de matières dans les semelles impliquent donc d'avoir plusieurs technologies pour traiter le gisement hétérogène de chaussures et de développer les outils permettant de trier et préparer des gisements homogènes pour leur recyclage. Une bonne préparation du gisement (tri matière, démantèlement propre, éventuelle étape de nettoyage pour éliminer toute impureté résiduelle présente dans les semelles) est primordiale pour le recyclage de semelles de chaussures usagées.

En parallèle, davantage d'expérimentations sont à mener pour adapter les cahiers des charges des recycleurs aux gisements post-consommation. Les différents acteurs identifiés dans cet état de l'art ont souligné l'importance des essais de R&D avant de passer à des essais de production sur de plus grandes quantités.

Les essais de recyclage menés dans le cadre de cette étude ont permis de valider la faisabilité des procédés testés sur des gisements de semelles issues de chaussures usagées et de mettre en exergue que les propriétés des matières recyclées résultantes dépendent largement de la qualité de la matrice d'incorporation et de la pureté du gisement entrant, deux points essentiels pour le recyclage de semelles en boucle fermée.

Cet état de l'art des solutions de recyclage des semelles de chaussures à l'échelle européenne constitue une première base pouvant être exploitée pour stimuler la réalisation d'expérimentations de recyclage de semelles issues de chaussures usagées, et a vocation à être complété et actualisé régulièrement.

---

<sup>28</sup> Refashion - [Étude des perturbateurs et facilitateurs au recyclage des TLC](#) – Février 2025

## 6. Annexe 1 – Rapport essai de démantèlement

Le CETIA a contacté un centre de tri pour la fourniture d'un lot de 300kg de chaussures usagées non réutilisables, sur la base du cahier des charges suivant en vue de leur démantèlement :

- Chaussures recherchées : chaussures types sneakers avec semelle monomatière ;
- Chaussures à exclure : chaussures avec semelles multi-matières (type chaussures de running), chaussures avec semelles noires ;

Les semelles multi-matières ont été exclues pour ne pas ajouter d'étape supplémentaire à celle de séparation tige / semelle. Les semelles noires ont été exclues afin de pouvoir identifier les matières via un capteur proche infrarouge (capteur NIR de Matoha).

Le lot de chaussures reçu était composé principalement de baskets, sneakers et tennis (cf. Figure 38).



**Figure 38 : Chaussures usagées reçues pour démantèlement**

Après réception, un tri supplémentaire a été effectué pour répartir les chaussures sur les différentes solutions de démantèlement :

- Chaussures passant sur la cellule d'arrachage du CETIA (en majorité des chaussures montage collé),
- Chaussures passant sur la cellule de découpe du CETIA (pas de spécification sur les types d'assemblage),
- Chaussures ne rentrant pas dans le cahier des charges des solutions de démantèlement du CETIA.

Sur les 261 kg de chaussures triées, un lot de 105 kg a été orienté vers le système d'arrachage et un lot de 65 kg vers le système de découpe. Le lot hors cahier des charges était principalement composé de chaussures bébé/enfant, de chaussures ouvertes, et quelques chaussures à semelles noires.



**Figure 39 : Chaussures hors cahier des charges**

Sur les 105 kg de chaussures, le démantèlement par arrachage a permis de récupérer 43 kg de semelles propres et sans contaminants selon la répartition suivante :

- 10 kg de semelles en SBS
- 25 kg de semelles en caoutchouc
- 8 kg de semelles multi-matières



**Figure 40 : Semelles caoutchouc (à gauche) et semelles thermoplastiques (à droite)**

Sur les 65 kg de chaussures, le démantèlement par découpe a permis de récupérer 12,5 kg de semelles propres et sans contaminants selon la répartition suivante :

- 0,5 kg de semelles en SBS
- 6,8 kg de semelles en caoutchouc
- 5,2 kg de semelles multi-matières

On peut remarquer sur ce lot de chaussures une proportion importante de semelles multi-matières qui, d'aspect avant découpe, pourraient être assimilées à des semelles monomatière. En effet, certaines semelles démantelées présentent encore parfois de l'EVA expansé ou de multiples matières (cf. Figure 41).



**Figure 41 : Semelle Caoutchouc/EVA/PVC (à gauche) et semelle Caoutchouc/EVA (à droite)**

L'étape finale a consisté en un surtri des semelles démantelées suivant leur état de propreté, c'est-à-dire la présence de contaminants (textiles) résiduels après démantèlement, de sable, de terre ou encore de cailloux. Quelques semelles ont dû être écartées pour répondre aux cahiers des charges des recycleurs.

**Synthèse des poids de matières récupérées :**

Gisement préparé	Arrachage	Découpe	
SBS	10 kg	0,5 kg	<i>Utilisé pour l'essai 1</i>
Caoutchouc	25 kg	6,8 kg	<i>Utilisé pour l'essai 2</i>
Multi-matières	8 kg	5,2 kg	<i>Ecarté</i>
Total	43 kg	12,5 kg	

## 7. INDEX DES FIGURES ET TABLEAUX

### FIGURES

Figure 1 : Exemple d'une chaussure éclatée (modèle Derby), CTC©	5
Figure 2 : Cartographie du devenir des chaussures usagées - Refashion	6
Figure 3 : Gamme de densité des matériaux couramment utilisés dans les chaussures	9
Figure 4 : PlasTell Desktop - Matoha	9
Figure 5 : Ligne de tri par caméra hyperspectrale - Plas'tri	9
Figure 6 : Procédés de recyclage de semelles de chaussures et MPR sortantes	12
Figure 7 : Caoutchouc dévulcanisé	16
Figure 8 : Recyclage du caoutchouc par RubberLink	18
Figure 9 - Caoutchouc dévulcanisé - Rubber Conversion	19
Figure 10 - Broyats de semelles de chaussures - The 8 Impact	20
Figure 11 : Dévulcanisation du caoutchouc par Plymouth	21
Figure 12 : Sous couche de parquet réalisée avec de l'EVA de Nike Grind	22
Figure 13 : Matériaux PHOENIX (à gauche) et compounds QILIN cuir noir (à droite)	23
Figure 14 : Usine de recyclage - ESO Recycling©	24
Figure 15 : Processus de recyclage - ESO Recycling©	24
Figure 16 : Site de INDCO à Villard-Bonnot	25
Figure 17 : Asics Nimbus Murai démantelée	26
Figure 18 : Semelles produites en EVA recyclé par Viriam	27
Figure 19 : Compound produit à partir de caoutchouc de pneus	28
Figure 20 : Piste cyclable réalisée par Stonegom en collaboration avec The 8 Impact et la communauté de commune de Pévèle-Carembault	29
Figure 21 : Présentoir Nike utilisant le matériau Polygood	30
Figure 22 : Schéma d'intégration du process de recyclage de Maris (source mariscorp.com)	31
Figure 23 : Machine de dévulcanisation	32
Figure 24 : Carte des acteurs du recyclage des semelles de chaussures eu Europe	33
Figure 25 : Revêtement mural fabriqué à partir d'EVA Nike Grind	36
Figure 26 : Terrain de basket fabriqué à partir de caoutchouc Nike Grind	36
Figure 27 : Chaîne des acteurs pour l'extrusion / injection des semelles SBS	38
Figure 28 : Semelles SBS démantelées	38
Figure 29 : De gauche à droite : matière broyée, jonc d'extrusion, granulé recyclé, granulé vierge et plaque injectée contenant 50% de matière recyclée	39
Figure 30 : Variations des propriétés des échantillons incorporant différents taux de MPR SBS par rapport aux propriétés de l'échantillon témoin	39
Figure 31 : Chaîne des acteurs pour la micronisation des semelles en caoutchouc	40
Figure 32 : Semelles en caoutchouc post-consommation	40
Figure 33 : Caoutchouc micronisé ( <i>sur le dessus</i> ) et plaques contenant différents taux de caoutchouc micronisé	41
Figure 34 : Variations des propriétés des échantillons incorporant différents taux de MPR caoutchouc micronisé par rapport à celles de l'échantillon témoin	42
Figure 35 : Scénario de recyclage par dévulcanisation des semelles en caoutchouc	42
Figure 36 : Plaques contenant différents taux de matière dévulcanisée (Elanova)	43
Figure 37 : Variations des propriétés des échantillons incorporant différents taux de MPR caoutchouc dévulcanisé par rapport à celles de l'échantillon témoin	44
Figure 38 : Chaussures usagées reçues pour démantèlement	46
Figure 39 : Chaussures hors cahier des charges	46
Figure 40 : Semelles caoutchouc (à gauche) et semelles thermoplastiques (à droite)	47
Figure 41 : Semelle Caoutchouc/EVA (à droite) et semelle Caoutchouc/EVA/PVC (à gauche)	47

### TABLEAUX

Tableau 1 - Principales matières utilisées dans les semelles des chaussures	10
Tableau 2 : Tableau récapitulatif des entreprises proposant des solutions de recyclage pour les matières de semelle	35
Tableau 3 - Résultats de l'essai de micronisation	40