

Université de Montréal

Circularité des textiles « mal-aimés », une caractérisation du gisement postconsommation

Marianne-Coquelicot Mercier

École de design, Faculté de l'aménagement

Mémoire présenté

en vue de l'obtention du grade de Maître ès sciences appliquées (M.Sc.A.)

en aménagement, option design et complexité

Avril, 2018

© Marianne-C. Mercier, 2018

Université de Montréal
Faculté des études supérieures et postdoctorales

Ce mémoire intitulé :

Circularité des textiles « mal-aimés », une caractérisation du gisement
postconsommation

Présenté par : Marianne-Coquelicot Mercier

A été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Pierre De Coninck, Président rapporteur

Denyse Roy, Directeur de recherche

Claude Maheux-Picard, Membre du Jury

Résumé

Aujourd'hui 80% des vêtements, des accessoires et des linges de maison (VALM) vendus au Canada sont importés. Bien qu'ils ne soient pas fabriqués ici, ces produits textiles sont toutefois collectés par des organismes locaux qui en font le tri. Malheureusement, malgré les efforts des récupérateurs, plusieurs catégories de VALM ne trouvent pas preneur sur le marché de la revente et doivent être éliminés.

Afin de mieux saisir les forces à l'œuvre, la recherche explore les rouages de l'industrie à travers la durabilité des biens vue par Victor Papanek et le consommateurisme de la mode de Kate Fletcher. Elle porte un regard sur la crise environnementale, les mesures instaurées pour réduire les impacts environnementaux (ISO, REP et 3RV) et les outils tels l'écoconception et les ACV. Enfin, la recherche s'intéresse à l'approche de l'économie circulaire, popularisée par la Fondation Ellen MacArthur, afin de saisir les opportunités qu'elle peut offrir au sein de la filière des textiles.

Pour supporter une transition vers la circularité des textiles, la première étape est de déterminer quelles sont les caractéristiques (matériaux, freins et facilitateurs) des vêtements, des accessoires et des linges de maison présents dans le gisement des mal-aimés postconsommation, qui peuvent être mis en valeur dans de nouveaux produits. Afin d'identifier des débouchés potentiels pour ces produits, le premier objectif est de quantifier les matières textiles disponibles dans le gisement afin d'identifier les propriétés physico-chimiques qui leurs sont associées. Le deuxième objectif est d'identifier les caractéristiques du gisement qui peuvent freiner ou faciliter sa valorisation.

La démarche méthodologique s'inscrit dans une logique de recherche par induction. L'approche choisie est quantitative et descriptive afin d'obtenir des données empiriques, transposées en statistiques. Lors de la collecte de données, plus de 10 250 items ont été analysés. Les résultats permettent d'affirmer que le gisement total de textiles postconsommation est composé de 47% de fibres cellulosiques, dominées par le coton (39%), de 42% de fibres synthétiques, dominées par le polyester (20%) et l'acrylique (17%) et de 11% de fibres animales. Au total, 49% des vêtements sont faits de fibres

mélangées, 47% ont des contaminants qui doivent être enlevés afin de récupérer uniquement les fibres et 11% comprennent des doublures faites d'une autre étoffe.

L'analyse approfondie des données a permis de développer une clé d'identification pour regrouper les mélanges de fibres de façon manuelle. Cette nouvelle taxonomie permet d'obtenir six nouvelles catégories (NC) dont le profil est unique. Appuyé par la science des textiles, des secteurs d'application pour chacune des **NC** sont proposés afin de mettre à profit les propriétés résultantes. De plus, l'analyse des résultats conduit à formuler des recommandations d'écoconception des produits textiles en prévision de leur recyclage.

Cette recherche, conduite autant au niveau « méta » que « micro », jette les bases pour le déploiement d'un modèle circulaire pour l'industrie des textiles au Québec.

Mots-clés : Design industriel, économie circulaire, textiles, recyclage

Abstract

Currently 80% of clothing, accessories and linens sold in Canada are imported. Though not manufactured here, these textile products are collected by local organizations that sort them. However, since their main market is in reselling for export, several categories of unwanted do not find takers and must be eliminated. In order to get a better grasp of the various forces at work, the research first explores the inner workings of production and consumption seen through the lens of Victor Papanek's durability of goods and Kate Fletcher's consumerism of fashion. It then addresses the environmental crisis, the measures introduced to reduce environmental impacts (ISO, EPR and 3RV), and tools such as eco-design and LCA. Finally, the research is concerned with the circular economy approach popularized by the Ellen MacArthur Foundation (EMF) to seize the opportunities it can offer within the textile sector.

To support a transition to the circularity of textiles, the first step is to determine what are the characteristics of the clothes, accessories and linens present in the well of unwanted post-consumer textiles which can be highlighted in new products. To discover potential outlets for these products, the textile materials available need to be quantified in order to list the physicochemical properties associated with them. The second objective is to identify the post-consumer unwanted characteristics that can hinder or augment their recycling.

The methodological approach inscribes itself into a logic of inductive research. The chosen approach is quantitative and descriptive. The goal being to obtain empirical data later transposed into statistics. During the data collection, more than 10,250 items were analyzed. The results show that the entire post-consumer textile well is composed by 47% of cellulosic fibers, dominated by cotton (39%), 42% of synthetic fibers, dominated by polyester (20%) and acrylic (17%), and 11% of animal fibers. In total, 49% of the garments are made of mixed fibers, 47% have contaminants that must be removed to collect only the fibers and 11% include liners made from another fabric.

An in-depth analysis of the data has led to the development of a classification key to regroup manually the blended fibers. This new taxonomy makes it possible to obtain six

new categories (NC) whose profile is unique. Supported by the science of textiles, areas of application for each NC are proposed in order to take advantage of the resulting properties. Furthermore, the analysis lead to the formulation of eco-design recommendations to facilitate their recycling. This research, conducted both at "meta" and "micro" level, lays the foundation for the deployment of a circular model for the textile industry in Québec.

Keywords : Industrial design, circular economy, textiles, recycling

Table des matières

Résumé	i
Abstract.....	iii
Table des matières.....	v
Liste des tableaux	ix
Liste des figures.....	x
Liste des sigles	xiii
Liste des abréviations.....	xiv
Remerciements	xix
Avant-propos	xxi
Introduction	2
L'industrie textile au Québec et au Canada	2
L'industrie textile mondiale.....	3
Les « mal-aimés »	4
La valorisation	8
Les défis.....	10
Les textiles.....	13
Fibres synthétiques.....	16
Fibres naturelles végétales	17
Fibres artificielles à base de cellulose	18
Fibres animales.....	18
Structures des étoffes.....	18
Colorants, apprêts et finitions	19
Impacts environnementaux	19
Problématique	21
1 Industrie, environnement et circularité	22
1.1 La production et la consommation	23
1.2 Impacts sur l'environnement.....	27
1.2.1 La crise environnementale.....	27
1.2.2 Les actions et mesures mises en place	30
1.3 Modèles circulaires.....	35
1.3.1 Origines	35
1.3.2 Positionnement.....	38
1.3.3 Définitions de l'économie circulaire.....	40

1.3.4	Objectifs, principes, stratégies et outils de l'ÉC.....	41
1.3.5	Représentations visuelles	44
1.4	Circularité dans l'industrie des textiles.....	49
1.4.1	Les principes.....	49
1.4.2	Les stratégies.....	52
1.4.3	La schématisation	54
1.5	Résumé du chapitre 1	56
1.6	Questions de recherche.....	57
2	Méthodologie	58
2.1	Terrain de recherche.....	58
2.2	Procédures	58
2.2.1	Échantillonnage	60
2.2.2	Collecte des données.....	62
2.2.3	Méthode d'analyse des données.....	67
3	Résultats.....	73
3.1	Profils des 18 catégories de « mal-aimés ».....	74
3.1.1	Blouses non-triées (PT-B).....	74
3.1.2	Linges de maison non-triés (PT-HH).....	75
3.1.3	Lainages tissés (PT-LT)	76
3.1.4	Manteaux de printemps (PT-MP).....	78
3.1.5	Pantalons en <i>corduroy</i> (PT-PCORD)	79
3.1.6	Polar non-trié (PT-PL).....	79
3.1.7	Pantalons mélangés (PT-PM)	80
3.1.8	Polyester mélangé (PT-POM)	81
3.1.9	Tricots mixtes (PT-TM)	82
3.1.10	Vestons mélangés (PT-VES).....	83
3.1.11	Vêtements de nuit (PT-VN).....	84
3.1.12	Bébés et enfants (R-BB).....	85
3.1.13	Coton mélangé (R-CM)	86
3.1.14	Chemises médium restantes (R-CMED).....	87
3.1.15	Denims mixtes (R-DM)	88
3.1.16	Vêtements mélangés légers (R-MIX).....	89
3.1.17	Pantalons femme (R-PF)	90
3.1.18	Pantalons mélangés médium (R-PMM)	91
4	Analyse.....	92
4.1	Portrait global du gisement des mal-aimés de Certex	92
4.1.1	Freins et facilitateurs.....	93
4.1.2	Caractéristiques générales	94
4.1.3	Caractéristiques notables	97
4.2	Sous-catégories (SC)	99
4.3	Nouvelles catégories (NC).....	102
4.3.1	Profil des nouvelles catégories.....	105
5	Discussion	112

5.1	Retour sur la méthode.....	112
5.2	Retour sur l'analyse	115
5.3	Le tri : séparation versus identification	116
5.4	Le système circulaire	118
5.5	Écoconception	121
5.5.1	Fin de vie	121
5.5.2	Durée de vie	122
5.6	Schéma ÉC pour l'industrie textile	123
5.7	Vers une circularité des textiles au Québec	125
5.8	Les données manquantes	126
5.8.1	Consommation.....	126
5.8.2	Flux de matières territorial.....	127
5.8.3	Mesures d'impacts.....	128
	Conclusion.....	130
	Bibliographie.....	136
	Annexe 1 : Liste des propriétés	142
	Annexe 2 : Photos de vêtements caractérisés.....	143
	Annexe 3 : Profil des doublures.....	148

Liste des tableaux

Tableau 1. Évolution des importations de vêtements et textiles au Québec	3
Tableau 2. Portrait global des exportations de vêtements usagés	7
Tableau 3. Tableau général des matières textiles par termes génériques légaux.	15
Tableau 4. Concepts précurseurs à l'économie circulaire	37
Tableau 5. Stratégies ÉC spécifiques aux textiles	53
Tableau 6. Échantillonnage (intervalle de confiance de 95%)	61
Tableau 7. Exemple de calcul du taux potentiel d'absorption	72
Tableau 8. Taux d'absorption, densité et ténacité par matières textiles	72
Tableau 9. Pourcentage des items représentant un défi dans le gisement global	94
Tableau 10. Codes des catégories d'origine de Certex	94
Tableau 11. Poids moyen (kg) par catégorie	95
Tableau 12. Types d'étoffes par catégorie	95
Tableau 13. Fibres mixtes par catégorie	96
Tableau 14. Doublures par catégorie	96
Tableau 15. Contaminants par catégorie	97
Tableau 16. Formation des sous-catégories (SC)	99
Tableau 17. Formation des nouvelles catégories (NC)	102
Tableau 18. Durabilité des vêtements, les matières associées et leur fin de vie	122

Liste des figures

Figure 1. Processus de transformation des vêtements en feutre CHROMA.	xxi
Figure 2. Pourcentage de la production des fibres textiles en 2015	16
Figure 3. Modèle de production linéaire	26
Figure 4. Cycle de vie des systèmes produit-service.	32
Figure 5. Positionnement des concepts selon leur portée et niveau d'abstraction.	39
Figure 6. Garder les produits en circulation	41
Figure 7. Privilégier les boucles les plus courtes	42
Figure 9. Intrants « purs »	42
Figure 8. Application en cascade	42
Figure 10. Schéma de l'ÉC par la Fondation Ellen MacArthur	45
Figure 11. Schéma de l'ÉC par l'Institut EDDEC.	46
Figure 12. Schéma de l'ÉC par l'ADEME	47
Figure 13. Schéma de l'ÉC par l'AEE	48
Figure 14. Schéma de l'ÉC par WRAP	48
Figure 15. Schéma de l'ÉC par ReNew	49
Figure 16. Schéma pour le recyclage des textiles	55
Figure 17. Cage de 200 kg de vêtements dans l'usine de Certex	60
Figure 18. Échantillons d'étoffes et espace de travail dans les bureaux de Certex	65
Figure 19. Exemple extrait d'un fichier de collecte de données	66
Figure 20. Profil du mélange de fibres de la catégorie manteaux de printemps (PT-MP)	69
Figure 21. Profil du mélange de la sous-catégorie (SC) « sport »	69
Figure 22. Profil du mélange de la sous-catégorie (SC) « cardigan »	69
Figure 23. Profil du mélange de la sous-catégorie (SC) « <i>trench coat</i> »	69

Figure 24. Diagramme de la formation des nouvelles catégories (NC)	71
Figure 25. Extrait des résultats du document remis à Certex, septembre 2017	73
Figure 26. Répartition des matières textiles dans le gisement global	92
Figure 27. Répartition des NC selon le volume annuel de Certex en 2015	104
Figure 28. Schéma de l'ÉC des textiles, avril 2016	124
Figure 29. Schéma du cycle de vie des textiles, avril 2016	124
Figure 30. Schéma de l'ÉC des textiles, février 2018	124
Figure 31. Schéma de l'ÉC des textiles, juillet 2016	124
Figure 32. Schéma ÉC textiles, mars 2018	125

Liste des sigles

ACV : analyses de cycle de vie

ADEME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

CIRAIG : Centre international de références sur le cycle de vie des produits, procédés et services

CTTC-A : Centre textiles techniques Chaudière-Appalaches

EDDEC : Environnement, développement durable et économie circulaire

AEE : Agence Européenne de l'environnement

GES : gaz à effet de serre

IA : intelligence artificielle

ICI : institutionnel, commercial et industriel

MDDELCC : Ministère du Développement durable, de l'environnement et de la lutte contre les changements climatiques du Québec

OQLF : Office québécois de la langue française

PET : polyéthylène téréphtalate

REP : responsabilité élargie des producteurs

SCIAN : Système de classification des industries de l'Amérique du Nord

WRAP : *Waste and Resources Action Programme*

Liste des abréviations

DD : développement durable

ÉC : économie circulaire

FEM : fondation Ellen MacArthur

NC : nouvelles catégories

SC : sous-catégorie

VALM : vêtements, accessoires et linges de maison

Ce mémoire est dédié à mon fils Auguste, né le 25 août 2016

[...] design is the most powerful tool yet given man with which to shape his products, his environment, and, by extension, himself.

— Victor Papanek

Design for the real world: human ecology and social change (1973)

Remerciements

Je tiens à remercier sincèrement toutes les personnes qui ont participé, de près ou de loin, à la concrétisation de ce mémoire. Dans un premier temps, je remercie grandement Madame Denyse Roy, directrice de recherche, de m'avoir accompagnée dans cette démarche par son écoute, sa générosité et sa passion contagieuse pour les textiles, la culture et l'environnement.

Deuxièmement, je tiens à exprimer toute ma reconnaissance aux organismes qui, par leur soutien financier, ont fait en sorte que ce projet de recherche se réalise. Merci à MITACS qui m'a permis de faire le stage de recherche chez Certex, ainsi qu'à l'Institut Design Montréal et à la Faculté des études supérieures, pour les bourses d'excellence qui m'ont permis de me concentrer sur mes études.

Je tiens, aussi, à remercier l'ancienne directrice de Certex, Madame Marie-Josée Filteau et le directeur actuel, Monsieur Stéphane Guérard pour leur soutien et leur transparence, ainsi que les employés de Certex pour leur joie contagieuse.

Enfin, je veux remercier ma famille et mes amis pour leur appui soutenu, leur patience et leur compréhension durant toute la durée des études, de la recherche et de la rédaction. De façon particulière, merci à Pierre-Alexandre sans qui ce parcours n'aurait pas été possible, merci pour l'amour inconditionnel ; merci à Nini et Luc pour les précieux conseils et le soutien moral. Finalement, merci à Pierre pour les réflexions stimulantes ainsi que pour la relecture et la révision des textes.

Avant-propos

Les feutres CHROMA sont le résultat d'un projet de développement de produit initié dès 2009 par Marianne-C. Mercier et Denyse Roy (professeur agrégé, Université de Montréal) avec le soutien du Centre de tri Certex à Saint-Hubert, du défibreur du Centre textiles techniques Chaudière-Appalaches (CTTC-A) et de Texel, tous deux situés en Beauce. L'objectif du projet était de produire un feutre industriel à valeur ajoutée, à partir de textiles postconsommation voués à l'enfouissement. Le résultat est un feutre qui possède des propriétés techniques, telle l'absorption sonore, en plus d'avoir une valeur esthétique. Grâce au tri chromatique, ces feutres sont produits dans une palette de couleur complète et ce, sans ajout de teinture.

Au fil des rencontres et à chaque étape franchie, il devenait de plus en plus clair que les enjeux entourant l'intégration des textiles récupérés dans la chaîne de valeur, dépassaient la portée de l'entreprise Tangible Studio mise sur pied pour mettre en marché ces feutres de couleur.

C'est d'un commun accord que Denyse et Marianne ont décidé de porter le sujet au niveau de la maîtrise.



Figure 1. Processus de transformation des vêtements en feutre CHROMA.

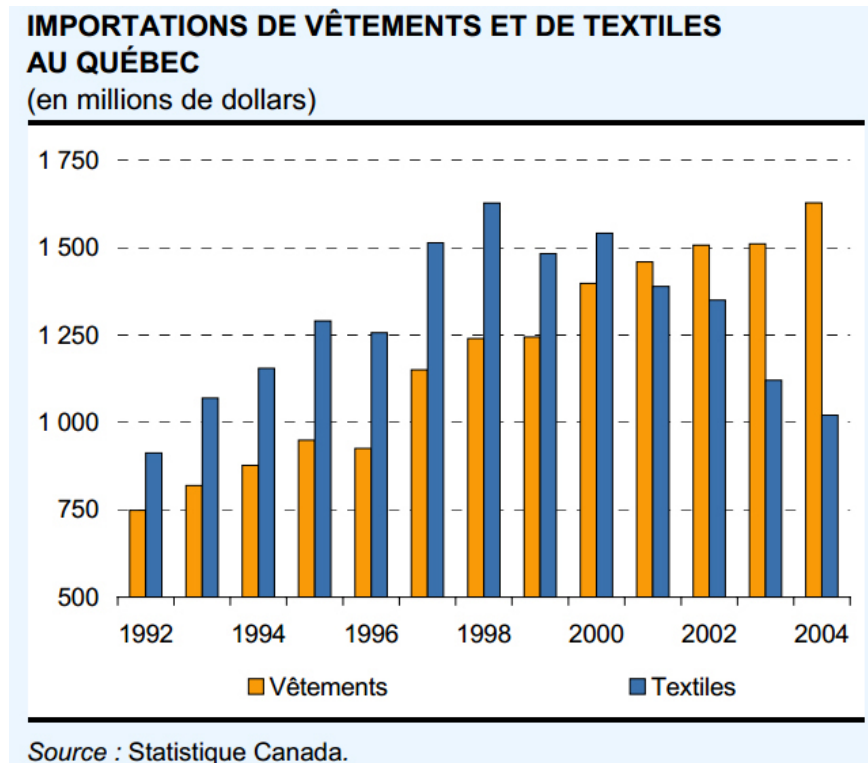
Introduction

L'industrie textile au Québec et au Canada

Le Québec est la première province canadienne à accueillir, en 1841, une manufacture de textile (Hudon, 2007). Les décennies qui suivent voient des usines de filature, de tissage et de tricot de coton s'installer dans plusieurs autres localités. Celles-ci s'implantent généralement aux abords des rivières, où elles trouvent une source abondante d'énergie (hydraulique et hydroélectrique) et d'eau pour la transformation des fibres. À cette époque, le coton est uniquement importé du Sud des États-Unis. À la fin du 19^{ème} siècle, l'industrie canadienne connaît un essor grâce au déploiement du système de transport ferroviaire le long de la côte Est Américaine, qui entraîne une diminution des coûts d'importation.

L'histoire de l'industrie textile au Québec est marquée par la *Dominion Textile*, formée en 1905 par l'association de plusieurs manufacturiers. À son apogée, l'entreprise produit près de la moitié du textile sur tout le territoire canadien. Mais en 1998, celle-ci ferme ses portes, incapable de se restructurer après l'ouverture du marché canadien aux importations de vêtements, produits à des coûts beaucoup plus bas que ce qui était possible de faire au pays (Répertoire du patrimoine culturel du Québec, 2013). Ce coup dur porté à l'industrie est reflété dans le tableau 1 : les importations des matières textiles diminuent drastiquement, puisqu'il se produit moins de vêtements sur le territoire en raison de l'augmentation des importations de vêtements. En 2014, près de 80% des vêtements consommés sont des produits d'importation (Gouvernement du Canada, 2017).

Tableau 1. Évolution des importations de vêtements et textiles au Québec



Depuis, l'industrie canadienne s'est restructurée autour des textiles techniques dans des secteurs de pointe, tels les vêtements de protection, le transport, la médecine, le génie civil, l'agriculture et le bâtiment (Groupe CTT, 2008). Des investissements majeurs sont faits dans la machinerie et les équipements afin de réduire le besoin de main-d'œuvre et de dégager des gains de productivité. Si bien que depuis les années '90, l'industrie est passée de 70 000 travailleurs à 14 000 en 2014 (Gouvernement du Canada, 2017).

Bien que des projets de transformation du chanvre et du lin soient en cours au moment d'écrire ces lignes, aucune fibre textile n'est produite de façon industrielle sur le territoire québécois. De plus, l'année 2017 fut témoin des déboires financiers de l'entreprise de transformation des fibres d'asclépiade (Bouchard, 2017), mettant en péril l'avenir de cette production au Québec, pourtant prometteuse.

L'industrie textile mondiale

À l'échelle mondiale, l'industrie du vêtement emploie à elle seule plus de 300 millions de personnes et le volume de production a **doublé** depuis les 15 dernières années. Cette

industrie est extrêmement importante dans l'économie globale et atteint aujourd'hui 1,3 trillion de dollars américains (Fondation Ellen MacArthur, 2017).

Au cours des 20 dernières décennies, la production textile n'a cessé de migrer d'un bout à l'autre du globe, toujours à la recherche d'une main-d'œuvre moins coûteuse. Du cœur de l'Europe, France, Espagne, Italie et Allemagne, avant la révolution industrielle, elle s'est déplacée sur la côte est américaine, de la Caroline du Sud en passant par New York et le New Hampshire, jusque dans les années 1950, pour descendre ensuite vers l'Amérique Latine d'une part, puis dans certains pays asiatiques tels le Japon, Taïwan et la Corée d'autre part. Depuis les années 2000 elle s'est implantée en Chine, au Vietnam, au Cambodge, puis en Inde, au Pakistan et au Bangladesh (Cline, 2012).

Il est important de faire la différence entre la production des étoffes et celle des vêtements ou tous autres produits cousus. La première est hautement automatisée alors que la seconde repose sur le travail manuel. La couture d'un vêtement, aussi simple qu'un t-shirt, demande plusieurs manipulations nécessitant la dextérité de la main humaine — ce qu'aucune machine n'est encore capable de reproduire. La production de vêtements est donc essentiellement faite à la main, ce qui explique l'impact important du coût de la main d'œuvre sur le prix de revient, soit entre 20% et 50% (Cline, 2012).

Les « mal-aimés »

Les résidus textiles sont issus de deux sources distinctes, le secteur résidentiel et le secteur des « ICI » (institutionnel, commercial et industriel) (Cliche, 2011) et ils sont identifiés soit comme « postindustriels » ou « postconsommation¹ ». Les résidus postindustriels n'ont jamais été utilisés et sont considérés comme des matériaux neufs. Les matériaux dits postconsommation sont quant à eux récupérés après avoir été utilisés au moins une fois. La distinction est importante puisque le premier groupe n'est pas assujéti à la loi sur le rembourrage qui restreint l'usage de fibres recyclées au

¹ Définition du terme postconsommation selon le grand dictionnaire terminologique de l'Office de la langue française du Québec : « Étape du cycle de vie d'un produit qui se situe après sa consommation finale et où celui-ci est récupéré pour être recyclé dans la fabrication d'un autre produit ou pour être envoyé dans un site d'enfouissement sanitaire, un dépotoir ou à l'incinération. »

Québec, en Ontario et au Manitoba. Les résidus textiles postindustriels des ICI sont les chutes de production (retailles lors de la coupe des patrons, fin de rouleaux, imperfections, etc.) ainsi que les surplus d'inventaires et les produits abimés que les détaillants ne peuvent vendre. Les ICI génèrent aussi des résidus postconsommation tels les uniformes, tapis commerciaux, mobilier rembourré, matelas, literie et autres linges des hôpitaux, hôtels, commerces ou bureaux. Le secteur résidentiel quant à lui génère uniquement des résidus postconsommation, qui sont les vêtements, accessoires (sacs, foulards, mitaines, etc.) et linges de maison (serviettes de bain, literie, rideaux, etc.) dont l'utilisateur se départit.

Selon les dernières données officielles de Recyc-Québec, datant de 2008, environ 205 000 tonnes de vêtements, accessoires et linges de maison (VALM) seraient consommées annuellement sur le territoire québécois, 117 300 seraient données² à des organismes qui en font la collecte³ et seulement 70 400 tonnes seraient mises en valeur par les récupérateurs. Ceci porte à **38%** la valorisation des VALM consommés⁴. Bien que les textiles issus des ICI présentent une quantité importante de matière résiduelle, ceux-ci ont un taux de mise en valeur beaucoup plus élevé de 75% (Cliche, 2011). C'est pourquoi la présente étude se concentre sur les textiles postconsommation issus du secteur résidentiel.

Un sondage mené en 2016 notamment par l'organisme *Waste and Resources Action Programme* (WRAP) en Grande-Bretagne rapporte que les usagers se départissent de leurs vêtements pour plusieurs raisons, les deux plus importantes étant que ceux-ci ne leur font plus (42%) ou qu'ils ne les aiment plus (26%). Les abandons dus à l'usure, aux taches ou aux bris, ne sont cités qu'en troisième position (19%) (Fondation Ellen MacArthur, 2017). Le nombre de fois qu'un vêtement est porté aurait aussi diminué de 36% depuis les 15 dernières années ; les chiffres variant selon les pays et le type de

² Ce qui signifie que 43% sont perdus dans la nature ou consciemment jetés à la poubelle par les utilisateurs.

³ Au Canada, les vêtements et autres textiles domestiques sont collectés via des cloches installées sur un territoire ou par les comptoirs de dons. Certaines villes telle Toronto récupèrent les textiles via le système de collecte sélective municipale.

⁴ Il est important de souligner que les taux de mise en valeur varient énormément d'un récupérateur à l'autre selon leur capacité à écouler leur stock dans différents marchés.

vêtement. Pour l'année 2016, la moyenne dans le monde se situe à 130 fois (incluant le réemploi), l'Europe à 100 et les États-Unis sont loin derrière avec seulement 40 fois. La Chine a connu la plus grande diminution en 15 ans passant de 200 usages en 2002 à 60 en 2016. Ceci s'expliquerait par l'augmentation du niveau de vie de la classe moyenne dans ce pays (Fondation Ellen MacArthur, 2017). Au moment de se départir de leurs VALM, les usagers sont placés devant un choix restreint : les donner à un proche, organiser une vente de garage ou une soirée d'échange, les jeter à la poubelle ou les donner à un organisme qui en fait la collecte, soit en les déposant dans une cloche ou directement à un comptoir de dons. Selon l'étude de Recyc-Québec menée par Jérôme Cliche en 2008, plus du tiers des VALM seraient directement jetés à la poubelle par les ménages, représentant 3% des déchets domestiques (Recyc-Québec, 2015).

Qu'advient-il des VALM une fois collectés?

La valorisation⁵ la plus commune est le réemploi qui consiste à réutiliser ou revendre les VALM tels qu'ils sont, sans transformation ou autre intervention que le tri. De façon générale, ceux-ci sont d'abord pris en charge par les organismes caritatifs qui reçoivent les dons de la population. Les vêtements subissent un premier tri pour extraire les produits qui ont le plus de valeur de revente — en saison, en bon état et encore à la mode — le marché visé est généralement les friperies locales ou les boutiques « rétro ». Dans le jargon du milieu, cette catégorie se nomme "la crème". Le reste des dons reçus est vendu à des centres de tri, tel Certex (Certex, 2018). Ces entreprises sont de véritables plaques tournantes pour les marchés internationaux du réemploi et doivent effectuer un tri très pointu pour répondre à la demande. En effet, les vêtements et autres produits textiles peuvent être séparés en plus de 150 catégories distinctes, en plus de trois niveaux de qualité : A- très bon état, B- montre des traces d'usure, C- très abimé. Par exemple, les chemises d'homme en coton à manches longues seront séparées des chemises de polyester à manches courtes, les vestes de laine polaire sont une catégorie à part des chandails en tricot chaud et n'iront pas dans le même ballot s'ils montrent des traces d'usure (taches, bouloches, trous, etc.). Le tri se fait aussi exclusivement à la main. La

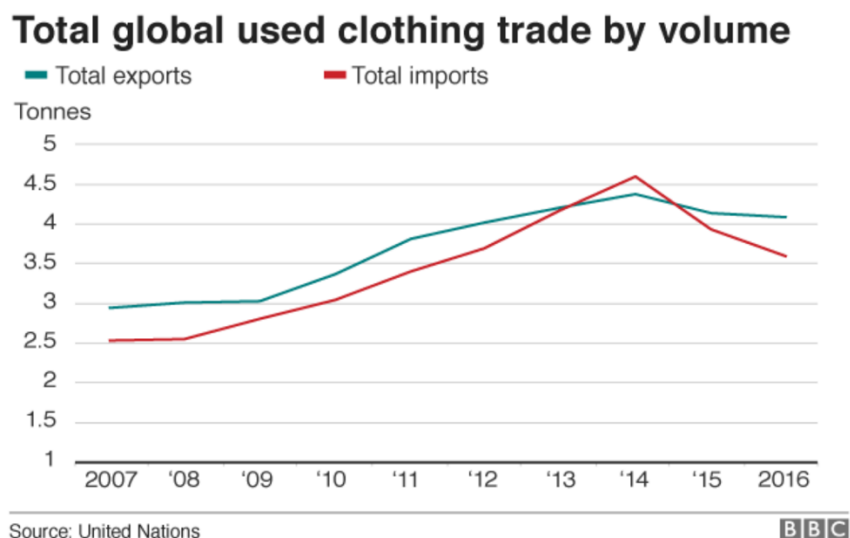
⁵ Définition de la valorisation telle qu'employée dans ce mémoire : toute activité visant à détourner de l'enfouissement les produits récupérés.

capacité de triage des récupérateurs est la pierre angulaire de la valorisation des textiles postconsommation. Un tri pointu permet d'augmenter la valeur des ballots vendus sur les marchés internationaux où la compétition se fait de plus en plus forte depuis l'arrivée de nouveaux grands joueurs comme la Chine. **Il est important de souligner que l'objectif de ce tri est le réemploi.** Il est donc basé sur la valeur d'usage de l'article lui-même et très peu d'attention est accordée aux propriétés des matières avec lesquels ils sont confectionnés.

Malgré tous les efforts des trieurs, des catégories entières ne trouvent pas preneur. Plusieurs grands pays importateurs de vêtements de deuxième main ont des réalités climatiques et culturelles très différentes de celles du Québec. Les habitants des pays tropicaux n'ont que faire de nos manteaux d'hiver et de nos chandails de laine ! On remarque aussi que les pantalons de femme sont plus difficiles à écouler. Au moment de débiter cette recherche, Certex doit éliminer environ 30% des items collectés, 60% sont vendus à l'exportation et 10% sont transformés en chiffons (conversation du 15 octobre 2014 avec Marie-Josée Filteau alors directrice chez Certex). L'exportation est le plus grand débouché pour les VALM récupérés mais depuis 2014 on assiste à une diminution des importations à l'échelle mondiale (tableau 2). Effectivement, plusieurs pays africains prévoient limiter leurs importations d'ici 2019 (Gittleston, 2018).

Tableau 2. Portrait global des exportations de vêtements usagés

Source : (Gittleston, 2018)



La valorisation

Bien que la majorité des items triés soit vendue pour le réemploi, certains centres offrent aussi des produits de première transformation comme les chiffons d'essuyage pour l'industrie automobile, les imprimeurs, les services de nettoyage commerciaux, etc. Ceux-ci sont faits à partir de t-shirts, de cotons ouatés et de serviettes en ratine qui sont généralement faits de coton, reconnu pour ses propriétés absorbantes. À l'aide d'un appareil muni d'une lame rotative, les vêtements, d'abord débarrassés des contaminants en métal ou en plastique (boutons, fermetures éclair, appliqués, etc.) sont coupés sur place en carrés de tissu.

Le recyclage des matières textiles s'est beaucoup développé et prend plusieurs formes. La méthode de recyclage industrielle des textiles la plus ancienne et la plus commune à l'internationale est l'effilochage — aussi appelé défibrage. Cette technique, pratiquée depuis plus de 200 ans (Fletcher, 2008), d'abord pour le recyclage de la laine, consiste à couper, déchirer et carder les étoffes (tissés, tricots, non-tissés) afin qu'ils retrouvent leur état de fibres. Celles-ci peuvent servir à produire de la bourre (fibres de rembourrage), des non-tissés (feutres industriels) ou des fils. À ce jour, les principaux débouchés pour les fibres effilochées sont les isolants thermiques pour le bâtiment, les habitacles automobiles, les sous-planchers et les couvertures de protection pour le transport. Le désavantage de ce recyclage mécanique est qu'il casse les fibres. Celles-ci deviennent de plus en plus courtes et sont alors considérées de moins bonne qualité. Pour restituer une forme de cohésion mécanique, l'ajout de fibres neuves et longues est jusqu'à ce jour incontournable. Dans le cas de feutres aiguilletés, un maximum de 80% de fibres recyclées est acceptable. S'il s'agit de produire des fils, ce pourcentage diminue pour se placer en bas de 50%.⁶

Il existe d'autres avenues de valorisation demandant davantage d'intervention. Par exemple, l'approche dite de « redesign » où des designers s'approvisionnent dans les

⁶ Selon M. Sébastien Couture, directeur recherche & développement chez Filspec (Filspec, 2018), lors d'une conversation téléphonique le 8 juin 2017, à ce taux seul le procédé de filature en turbine (*open end*) est envisageable. Les fils résultants peuvent être utilisés pour des applications exigeant moins de contraintes.

friperies et retaillent les vêtements pour en faire de nouveaux styles. Cette activité fort créative redonne une valeur certaine aux textiles usagés, mais l'unicité des pièces et le travail manuel qu'elles requièrent restreignent les quantités transformées et augmentent leur coût de revient. Théoriquement, il est possible de récupérer les fils tricotés en continu dans des pièces « *full fashioned* » (tricot proportionné en français). Cette opération de détricotage doit idéalement se faire avant le lavage et, jusqu'à présent, se fait à la main de façon artisanale (Fondation Ellen MacArthur, 2017).

La valorisation à l'échelle moléculaire, quant à elle, s'appuie sur la transformation des polymères constituant les fibres. Les fibres naturelles végétales (coton, lin, ramie, chanvre, jute, etc.) et les rayonnées peuvent être dissoutes à l'aide de solvants afin de récupérer la cellulose et d'en séparer les teintures ou autres contaminants. Ce procédé est déjà en usage à l'échelle industrielle pour récupérer le coton afin de produire de la rayonne, telle la Refibra^{MC} de Lenzing (Lenzing, 2018) et la Recover^{MC} de Hilaturas Ferre (Recover, 2018). Cependant, jusqu'à présent il est seulement utilisé avec des résidus postindustriels. Les polymères synthétiques comme le polyester et le nylon peuvent être fondus et transformés en granules qui serviront à refaire des plastiques. Le nylon 6 recyclé de cette façon est utilisé dans l'industrie du tapis (Recycling today, 2017). En ce qui concerne les fibres de polyester, la refonte est complexe puisque la température de fusion varie d'une qualité à l'autre. De plus, la simple refonte conserve la couleur et les contaminants. C'est pourquoi les fibres de polyester dites « recyclées » présentement disponibles sur le marché ne sont pas d'origine textile, mais bien de bouteilles en polyéthylène téréphtalate (PET) transparentes (Repreve, 2018). Les plastiques recyclés ont l'avantage d'être à l'abri de la volatilité du prix du pétrole (Fondation Ellen MacArthur, 2017). Plusieurs recherches sont en cours pour dépolymériser⁷ les plastiques, soit par microondes (Leclerc, Doucet, & Chaouki, 2018), soit par solvants (Rogers, 2018). Selon les dires des chercheurs, ce dernier procédé permet non seulement d'extraire les contaminants, mais aussi de séparer les matières plastiques des fibres cellulosiques. Les preuves sont faites, mais encore beaucoup de travail reste à faire pour passer du

⁷Procédé permettant de couper les chaînes des polymères pour refaire des huiles de base servant à refaire des plastiques ou du biocarburant.

laboratoire à la production industrielle (Rogers, 2018). Par ailleurs, les étoffes faites de fibres végétales (coton, lin, chanvre, etc.) et celles faites de cellulose (rayonne) peuvent théoriquement être compostées. Par contre, des tests complémentaires doivent être réalisés afin de mesurer la toxicité résiduelle des teintures et autres produits de finition qui pourraient se disperser dans l'environnement. Il faut rappeler que la biodégradation se fait dans des conditions précises qui ne sont pas rencontrées dans les sites d'enfouissement. Un projet de recherche mené à l'UQAM, en collaboration avec Certex, exploite pour sa part, une souche de champignon capable de dégrader les fibres synthétiques (Maheu, 2017).

Finalement, les textiles peuvent être brûlés, avec d'autres matériaux, pour alimenter les cimenteries. Cette incinération émet des gaz à effet de serre (GES) et des particules. Des installations particulières pour filtrer la fumée toxique doivent être déployées.

Les récupérateurs des VALM s'efforcent généralement de trouver des débouchés pour tous les textiles qu'ils récupèrent, sinon ils doivent payer pour leur enfouissement.

Les défis

Certaines caractéristiques propres aux textiles postconsommation peuvent présenter des obstacles à leur valorisation. Voici quelques exemples soulevés dans la littérature et par les différents acteurs de la chaîne de valeur :

Les mélanges : Les produits textiles sont souvent faits de fibres de différentes matières. Les lois sur l'étiquetage obligent les producteurs à identifier le pourcentage en termes de poids représenté par chaque fibre dans leur produit, mais non « comment » elles sont amalgamées. Les mélanges peuvent apparaître à trois niveaux distincts, soit au niveau du produit, de l'étoffe ou de la fibre. Un produit peut être confectionné dans plus d'un tissu ayant des compositions différentes ; par exemple, une veste de laine peut être doublée avec un satin d'acétate. Une étoffe peut par ailleurs être tissée avec des fils de polyester en chaîne et de coton en trame. Il est plus fréquent de rencontrer des mélanges intimes de fibres à même le fil. Ainsi, un produit peut contenir jusqu'à 5 ou 6 matières textiles différentes. L'usage des mélanges permet d'améliorer la performance des étoffes et souvent de diminuer le coût de fabrication. L'entreprise Belge Valvan (Valvan Inc., 2018),

en partenariat avec le groupe Circle Economy (Circle economy, 2018), présentait le 14 mars 2018 une démonstration de *Fibersort* : une ligne de tri de vêtements usagés supportée par un lecteur optique. Après l'identification du contenu en fibre, qui ne prend pas plus d'une seconde, le vêtement est soufflé du convoyeur vers le contenant désigné.



Figure 1. Contenants recevant les vêtements triés par *Fibersort*.
Source : (Valvan Inc., 2018)

Les développements sont prometteurs, le lecteur optique peut reconnaître les couleurs, matières textiles et certains mélanges. Mais les capacités de reconnaissance des étoffes sont limitées puisque qu'une petite surface seulement est « scannée ». Bien que la lecture soit très rapide, le processus est ralenti par le fait que chaque item doit être placé à plat par un opérateur sur le convoyeur (Fondation Ellen MacArthur, 2017).

Les contaminants : Plusieurs vêtements présentent des contaminants « non textiles », tels les fermetures éclair en métal, les boutons en plastique ou les broderies en perles de verre. Pour ne récupérer que les matières textiles, ces ajouts doivent être enlevés. C'est ce que l'on nomme le « conditionnement ». Certaines lignes de défibrage spécialisées pour le vêtement sont munies de systèmes permettant de les éliminer, mais le plus souvent ils sont retirés manuellement à l'aide d'un ciseau à lame rotative.

Les couleurs : La couleur d'origine des fibres se transpose dans les fibres recyclées, contribuant ainsi fortement à l'esthétique du produit final et limitant les applications.

C'est ce qui explique que les non-tissés faits de fibres recyclées de toutes les couleurs mélangées sont tous gris moucheté. Pour uniformiser l'aspect, il est possible de surteindre les fibres pâles ou encore blanchir les plus foncées. Chaque famille de fibres nécessite des produits chimiques spécifiques. Il est évidemment possible de trier les vêtements par couleur, tels les feutres CHROMA⁸, mais il est toutefois difficile de produire exactement la même couleur d'un lot à l'autre.

La toxicité : Plusieurs agents utilisés pour la coloration et la finition des textiles sont composés de métaux lourds et d'autres produits toxiques. Bien que ces polluants soient bannis dans les industries occidentales, ils peuvent être présents dans les produits importés et rester dans les fibres même après de nombreux cycles de lavage et de séchage. Certains contextes d'utilisation pourraient ne pas être viables s'ils laissent ces contaminants se répandre dans le sol, l'eau ou l'air (Fondation Ellen MacArthur, 2017).

La salubrité : Plusieurs vêtements peuvent contenir des sels et des graisses corporelles ainsi que des pathogènes issus de leur utilisation. Bien que la plupart des gens font don de vêtements propres, il est normal de présumer qu'ils ne le sont pas tous. Ni les quantités, ni les impacts potentiels sur la santé de ces derniers ne sont actuellement mesurés, ni régis par la loi. Puisque les vêtements sont principalement voués au réemploi, il est présumé que le nouveau propriétaire les nettoiera. Les autres débouchés actuels n'impliquent pas d'applications près du corps.

Qualité et performance : Tel que mentionné plus haut, les transformations de découpe, d'effilochage et de cardage que subissent les matières textiles lors du procédé de défibrage, ne parviennent pas encore à conserver la longueur originale des fibres. Les fibres courtes sont plus difficiles à filer et à aiguilleter, elles font des textiles de moins bonne qualité et doivent être jumelées à des fibres neuves plus longues. Il peut donc être plus difficile pour les entreprises de s'assurer que leurs produits rencontrent les spécifications techniques et les normes propres à leur secteur (Fondation Ellen MacArthur, 2017).

⁸ <https://chrrroma.ca/>

Réglementation : Au Québec, la *Loi sur les matériaux de rembourrage et les articles rembourrés* (Gouvernement du Québec, 2018) contrôle l'utilisation de fibres textiles usagées⁹. Cette loi fut implantée dans les années 1950 pour contrer l'usage de matériaux insalubres dans l'industrie du matelas. Elle restreint actuellement les débouchés possibles pour la valorisation des textiles postconsommation et, par conséquent, la recherche en économie circulaire au Québec.

Coût : Les matières issues de la transformation des textiles postconsommation sont sensibles aux fluctuations des marchés globaux. Si le coût du baril de pétrole baisse, ces matières deviennent plus dispendieuses que, par exemple, les fibres de polyester neuves.

Infrastructure : La transformation de vêtements en fibres demande des équipements spécialisés. Depuis la fermeture de Leigh Fibers en 2010 et du Centre textiles techniques Chaudière-Appalaches (CTTC-A) en 2016, il ne reste plus que deux entreprises au Québec qui possèdent les machines pouvant couper, défibrer et carder les étoffes. Il est possible que des équipements dorment dans des usines de la province, cependant leur remise en fonction peut être coûteuse et la main-d'œuvre qualifiée difficile à trouver. Ces investissements en machinerie ne seront rentables que s'il y a des débouchés viables pour les fibres issues de ce recyclage mécanique.

Les textiles

La présente section fait un survol des matières textiles afin d'en apprécier la diversité et la richesse, en plus de mettre en relief leurs particularités. Les textiles sont des matériaux souples et poreux faits à partir de fibres. Ces fibres, souvent très fines, sont assemblées par torsion pour former des fils avec lesquels les étoffes sont créées. Les tissés, les tricots et les non-tissés sont les trois structures les plus communes, qui elles-mêmes comportent plusieurs variantes. Les textiles subissent généralement des traitements de finition soit esthétique (teinture, impression, brossage, etc.), soit fonctionnelle (imperméabilisation, ignifugation, anti-feutrage, etc.) (Kadolph, 2017).

⁹ L'Ontario et le Manitoba ont une loi semblable.

Les matières textiles sont classées en deux grands groupes : les fibres naturelles — que l'on retrouve telles quelles dans la nature — et les fibres faites par l'homme. Les fibres naturelles sont séparées en deux sous-groupes, selon qu'elles soient d'origine végétale ou animale. Les fibres végétales sont composées de cellulose et, celles provenant du règne animal, de protéines. Les fibres faites par l'homme, quant à elles, se présentent aussi en deux sous-groupes : les fibres artificielles majoritairement faites à partir de pâte de cellulose et les fibres synthétiques obtenues par la polymérisation de dérivés pétrochimiques. Le tableau 3 présente les principales fibres textiles classées selon leur origine. Bien que les fibres appartenant à la même famille aient des caractéristiques distinctes dues à leur morphologie, elles ont néanmoins plusieurs propriétés en commun.

Tableau 3. Tableau général des matières textiles par termes génériques légaux.

Source : (Roy, 2016a)

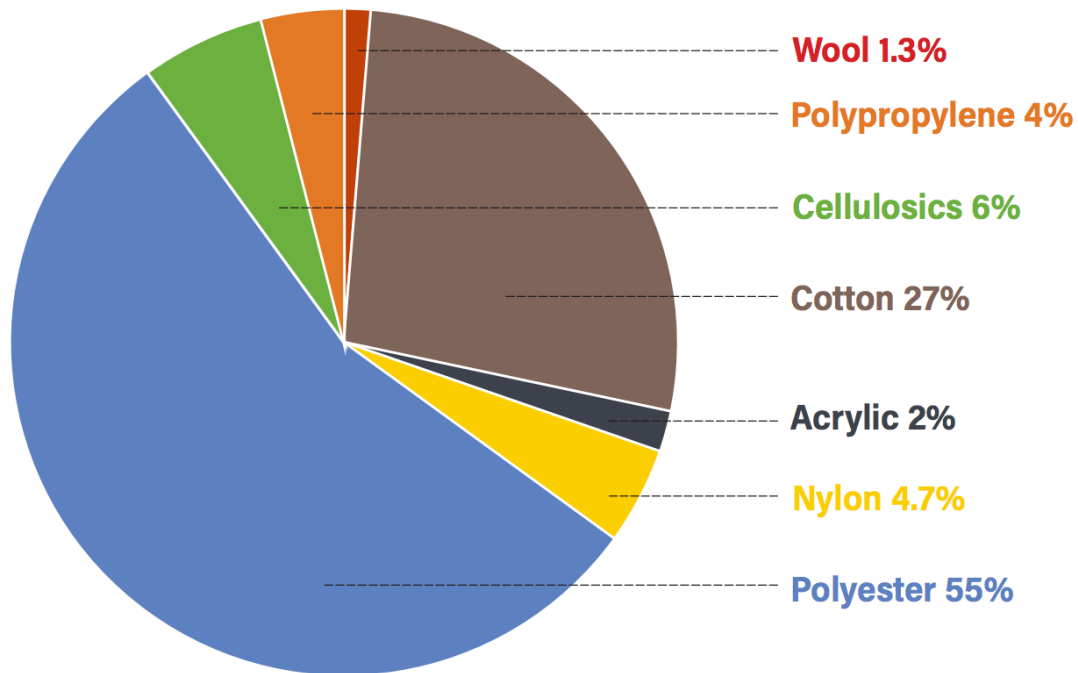
TABLEAU GÉNÉRAL DES MATIÈRES TEXTILES PAR TERMES GÉNÉRIQUES LÉGAUX

NATURELLES		EXTRUSIONS FAITES PAR L'HOMME	
ANIMALES	VÉGÉTALES	ARTIFICIELLES	SYNTHÉTIQUES
POIL	FRUIT	CELLULOSE	Polyester
Laine (mouton)	Coton	Rayonnes :	Nylon
Cachemire (chèvre)	Coir (noix de coco)	Viscose	Acrylique
Mohair (chèvre angora)	Kapok	Modal	Oléfines (PP et PE)
Angora (lapin)	Asclépiade	Lyocell	Poly lactate (PLA)
Alpaga, chameau, lama, vigogne (camélidés)	TIGE	Acétates	Élasthanne
SÉCRÉTION	Lin	PROTÉINES	Aramides
Soie (Bombyx Mori)	Chanvre	Azlon (Soya, arachide, lait, maïs)	Chlorofibre (PVC)
	Ramie		Fluorocarbone (PTFE)
	Jute	MINÉRALES	
	FEUILLE	Carbone	
	Sisal	Verre	
	Abaca	Céramique	
	Piña	Métaux	

© Denyse Roy,
Marianne-C. Mercier,
2017

La loi sur l'étiquetage dénombre une trentaine de fibres génériques. En revanche, tel que présenté à la figure 2, certaines de ces fibres dominent clairement le marché. Selon les données colligées dans le rapport *Preferred Fiber Market Report* (Textile Exchange, 2016), le polyester à lui seul présente près de 55 % de la production mondiale, le coton atteint 27%, alors que les rayonnes (*cellulosic* dans la figure 2) arrivent à peine à 2% et la laine représente un maigre 1,3%. **La tendance mondiale se dirige vers une augmentation des fibres synthétiques, principalement le polyester, une diminution de la production de coton, ainsi qu'une hausse de production des fibres artificielles à base de cellulose** (Fondation Ellen MacArthur, 2017).

Global Mill Consumption Share Of All Major Fibers For 2015²



As the chart shows, polyester consumption in 2015 is more than double that of its nearest rival - cotton. Polyester is the only fiber that has gained market share since 1990.

2. PCI Wood Mackenzie

3. Lenzing report, source ICAC, CIRFS, Fiber Economics Bureau, National Statistics, The Fiber Year, Lenzing Data

Figure 2. Pourcentage de la production des fibres textiles en 2015

Source : (Textile Exchange, 2016)

Chaque matière textile présente des propriétés distinctes qui en dictent les applications. Elles ont des avantages et des inconvénients les unes par rapport aux autres, que ce soit par rapport à leur coût de production, leur entretien, leur confort, leur apparence, leur durabilité ou encore les impacts environnementaux qu'elles génèrent tout au long de leur cycle de vie.

Fibres synthétiques

Les fibres synthétiques sont produites à partir de pétrole, une ressource non renouvelable. Certaines d'entre elles peuvent être faites de matières recyclées, tel le polyester fait de PET, d'autres tel le nylon 6 sont recyclées et recyclables. Leur entretien

demande peu d'eau et d'énergie puisque les fibres sont hydrophobes, c'est-à-dire qu'elles n'absorbent pas d'eau et sèchent rapidement.

L'attrait principal de l'acrylique est d'imiter l'apparence et certaines propriétés de la laine, tout en étant beaucoup moins dispendieuse. Cependant sa production demande beaucoup d'énergie et d'ajouts toxiques comparativement aux autres fibres synthétiques.

L'élasthane est une fibre élastique (jusqu'à 6 fois sa longueur initiale) et elle est omniprésente dans les produits textiles. Même en petites quantités, elle complique le défibrage en s'accumulant sans casser dans les machines.

Fibres naturelles végétales

Les fibres végétales sont extraites de plantes cultivées dans des champs. Le coût, la qualité et l'uniformité des fibres végétales sont influencés par les aléas de la nature (inondation, sécheresse, parasites animaux et végétaux), le rythme des saisons et des facteurs socio-économiques, comme les guerres. La culture du coton demande un climat chaud et exige beaucoup en termes de précipitations, de fertilisants, d'herbicides et de pesticides. L'irrigation des plantations cause l'assèchement de nappes phréatiques, de rivières et de lacs. En 20 ans, la mer d'Aral, située en Asie centrale, fut ainsi asséchée par le détournement des rivières l'alimentant. L'occupation des terres arables pour la culture du coton plutôt que pour de l'agriculture alimentaire est aussi une préoccupation grandissante à l'échelle mondiale.

Bien que la culture des fibres libériennes, tels le lin et le chanvre, soit beaucoup moins exigeante, les procédés de transformation (rouissage et peignage) sont dispendieux et requièrent beaucoup d'eau.

Fibres artificielles à base de cellulose

La cellulose utilisée pour produire les rayones¹⁰ est issue de bois d'arbres à croissance rapide, tels le bouleau et l'eucalyptus, ou encore de plantes comme le bambou. Bien que de source naturelle, les rayones sont tout de même des produits transformés chimiquement. Par exemple, pour fabriquer de la viscose, la cellulose doit être trempée dans la soude caustique pour être dissoute, puis mélangée avec du sulfure de carbone. Dans le cas de la viscose, les eaux acides du bain coagulant ne sont pas récupérées et, dans les pays peu réglementés, elles sont rejetées dans les cours d'eau. Cependant, le cycle de production de la lyocell, mis au point dans les années '90, recycle quant à lui 99% du solvant organique, la plaçant parmi les fibres les plus respectueuses de l'environnement.

Fibres animales

La laine est faite de kératine, la même protéine que l'on retrouve dans les sabots des animaux, mais aussi dans les ongles et les cheveux humains. La complexité de la composition et de la morphologie de la laine lui confère des propriétés techniques enviables, dont son excellente isolation thermique. Cependant le traitement de la laine demande beaucoup d'eau pour son nettoyage et l'élevage des bêtes en pâturage contribue à la diminution de la biodiversité.

On compte aussi la soie parmi les fibres animales. Elle est une sécrétion de la chenille du *Bombyx mori* et elle est composée de protéines semblables à la laine. Cette fibre luxueuse est produite uniquement dans les pays asiatiques.

Structures des étoffes

Afin de constituer une étoffe, les fils doivent être arrangés de sorte à former un tissage, un tricot ou encore un non-tissé. Seules les étoffes dites « non tissées » sont faites directement à partir de la fibre, c'est-à-dire qu'il n'est pas nécessaire de produire un fil.

¹⁰ En français, les fibres artificielles à base de cellulose sont appelées rayones. Alors qu'en anglais *rayon* est généralement associé à la viscose qui est un type de rayonne, au même titre que la modal et la lyocell.

Les tissus sont obtenus par le croisement à 90° des fils de chaîne et des fils de trame, alors que les tricots sont le résultat d'un enchaînement de mailles imbriquées les unes dans les autres. Les tissés sont réputés pour leur résistance à l'abrasion et leur force, alors que les tricots sont appréciés pour leur élasticité et leur coût de production moindre, grâce à la flexibilité des technologies de production.

Bien que la structure influence les propriétés des étoffes, ce sont tout de même les fibres qui en déterminent le plus les qualités.

Colorants, apprêts et finitions

Plusieurs types de colorants et de produits utilisés pour traiter les textiles sont à base de métaux lourds. Des produits de finition sont utilisés sur les textiles avant, pendant et après leur fabrication, ils permettent d'en améliorer l'apparence, la texture et la performance (Kadolph, 2017). Des produits nettoyants, des agents mouillants et des enduits sont ainsi ajoutés aux textiles, la majorité d'entre eux étant toxiques.

Impacts environnementaux

Les analyses du cycle de vie (ACV) permettent de mesurer les impacts environnementaux des produits à toutes les étapes de leur vie, de l'extraction des matières premières, à la transformation et la production de biens, jusqu'à leur usage et leur entretien, puis finalement leur traitement en fin de vie (enfouissement, incinération ou encore recyclage). Les résultats sont généralement livrés en termes de contributions à des indicateurs prédéfinis, comme par exemple la contribution aux changements climatiques (mesurée en CO₂ équivalent), la consommation et la pollution des eaux, et la quantité de déchets solides générés.

La culture du coton, la production de viscose ainsi que les traitements de finition et les teintures (de tous les types de fibres) sont les activités qui ont le plus d'impacts sur la consommation et la pollution des **eaux**. Lors de la phase d'usage, ce sont les fibres de coton et les rayonnées, très absorbantes, qui exigent le plus d'eau pendant le lavage. Les **résidus** de production sont estimés, à l'échelle mondiale, à 800 000 tonnes de fibres. La préparation pour la filature des fibres naturelles (coton, laine) génère une grande

quantité de perte, soit près de la moitié du tonnage total. Ceci est attribuable aux activités de nettoyage, de cardage et de peignage nécessaires à l'uniformisation des fibres. Des pertes de 10 % à 30 % sont aussi mesurables lors de la coupe des patrons. Il est important de souligner que ces résidus sont générés dans les pays producteurs. Ailleurs, la grande majorité des déchets solides sont les produits invendus et ceux en fin de vie. De récentes études identifient la dégradation des fibres synthétiques lors du lavage comme l'un des trois grands contributeurs aux microplastiques retrouvés dans les océans (Whitfield, 2018). La température de l'eau et le temps de séchage, lors de l'entretien des vêtements, ont un impact sur les **émissions de CO₂**. D'ailleurs, l'étude menée par WRAP montre que les changements de comportement des anglais ont eu un impact positif sur cet indicateur entre les années 2012 et 2016 (WRAP, 2017). Cependant, la récente étude environnementale *Measuring Fashion: Insights from the Environmental Impact of the Global Apparel and Footwear Industries study*, indique qu'au total, la production des textiles engendre 6,7 % des impacts sur les changements climatiques à l'échelle mondiale. Environ 66 % de ceux-ci sont dus aux procédés de finition et de teinture (38%) et à la filature (28%). Ceci est attribuable au fait que les principaux pays producteurs sont encore fortement dépendants du charbon et du gaz naturel pour la production d'électricité et de chaleur (Quantis & Climate Works Foundation, 2018).

Problématique

When textiles are wasted so too are the resources, both natural and human labor, which were invested and embedded into them.

— Timo Rissanen, Professeur adjoint, *Fashion Design and Sustainability, The New School of Design Parsons, New York*

Les matières textiles sont riches et complexes. Chaque famille de fibres a des caractéristiques qui lui sont propres. Elles peuvent être mélangées et mises en forme de plusieurs façons, en plus de recevoir différents traitements pour les embellir ou augmenter leur performance. Cependant, leur production engendre de multiples impacts négatifs sur l'environnement et leur recyclage présente plusieurs défis de taille.

Aujourd'hui 80% des vêtements, accessoires et des linges de maison (VALM) consommés au Québec sont importés de pays où la main-d'œuvre est moins dispendieuse. Ces produits sont rapidement jetés ou donnés à des organismes collecteurs. Pour les récupérateurs de VALM, le meilleur débouché est encore la revente aux friperies locales et sur les marchés internationaux. C'est pourquoi le tri est fait en fonction du réemploi. Malgré leurs efforts, des catégories entières de produits textiles ne trouvent pas preneurs et doivent être enfouies. Ainsi, le tri actuel ne permet pas de valoriser la totalité des produits récupérés.

Afin d'aborder le sujet de la valorisation des textiles postconsommation, le chapitre 1 présente une revue de la littérature explorant: la production de masse, en passant par le consommateurisme et l'obsolescence, la crise environnementale jusqu'aux mesures et outils mis en place et, pour finir, avec un regard éclairé, l'économie circulaire et l'application de ses stratégies à l'industrie textile. La question de recherche et les objectifs poussent à mener une étude quantitative basée sur la méthode inductive (chapitre 2), dont les résultats et l'analyse sont présentés dans les chapitres 3 et 4 sous forme de tableaux. En dernier lieu, un retour sur les écrits des principaux auteurs et les idées qu'ils supportent permettra de mettre en lumière les éléments marquants dévoilés dans cette recherche (chapitre 5).

1 Industrie, environnement et circularité

Afin de mieux saisir les enjeux liés au contexte présenté précédemment, il est primordial de s'intéresser aux thèmes qu'il soulève à travers les écrits et idées promues par des auteurs, chercheurs et institutions reconnues. De cette façon, nous explorerons le lien intime entre le cycle « production/consommation » et la durabilité des biens à travers les écrits du designer industriel Victor Papanek, ainsi que ceux de la docteure en philosophie de l'économie, Sophie Bernard. La dualité entre la mode et la durabilité ainsi que le consommateurisme sont dépeints tels que les expertes en textiles américaines Deborah Brodahl et Kate Fletcher les conçoivent. Le professeur d'économie au HEC, Paul Lanoie, et le directeur de l'institut EDDEC, Daniel Normandin, quant à eux, portent un regard limpide sur les limites du modèle linéaire pour les entreprises elles-mêmes.

Dans la section 1.2, nous étudierons, premièrement, les impacts de ce cycle « production/consommation » sur l'environnement à travers l'incontournable Rapport Meadows *Limits to Growth* (1973); deuxièmement, le discours apocalyptique soutenu par les environnementalistes, vu par la surprenante étude linguistique d'une étudiante à la maîtrise à l'Université de Sherbrooke, Michelle Loslier, et, finalement, les actions proposées lors des grandes conférences, tel le Plan d'action XXI de la Conférence de Rio de 1992. L'évolution des approches, telle que présentée par Sylvain Plouffe, professeur à l'école de design de l'Université de Montréal et chercheur au CIRAIG, permettra de positionner quelques mesures mise en place, telles les normes ISO, la REP et les 3RV). L'auteur Maxime Thibault nous guidera dans la définition de l'écoconception et Pascal Lesage, professeur à Polytechnique Montréal et, aussi, chercheur au CIRAIG, nous éclairera sur les particularités du recyclage dans les ACV.

Le cœur de cette recherche se trouve toutefois dans la tentative d'obtenir une compréhension approfondie du modèle d'économie circulaire (ÉC). C'est grâce au rapport du CIRAIG intitulé *Circular Economy : a Critical Literature Review of Concepts* que nous découvrirons les origines du concept et son positionnement par rapport au développement durable. L'étude des conceptions de trois organismes qui se réclament de l'ÉC, soit la fondation Ellen MacArthur qui est maintenant un organisme mondial,

l'ADEME en France et l'Institut EDDEC au Québec, permettra de mettre en relief les différentes définitions et représentations visuelles du modèle de l'ÉC. Les objectifs visés, les principes et les stratégies déployés par l'ÉC sont quant à eux analysés à partir des nombreux documents produits par la FEM. La section 1.4 de ce premier chapitre, qui s'appuie en partie sur le rapport *A new textiles economy: Redesigning fashion's future*, publié en novembre 2017, se penche sur les caractéristiques propres à l'industrie textile et comment y sont appliqués, à ce jour, les principes et stratégies de l'ÉC ainsi que leur schématisation.

Ainsi, l'étude de ces écrits combinée à une bonne connaissance du contexte permet d'appuyer l'énoncé de la question de recherche. Celle-ci vise à découvrir des informations sur les textiles encore inconnues à ce jour et cruciales pour une transition vers la circularité.

1.1 La production et la consommation

La mécanisation et l'automatisation des usines, amorcées lors de la grande révolution industrielle du 19^{ème} siècle, ont permis de décupler la capacité de production de biens de consommation. L'augmentation de l'offre favorise celle de la demande, la hausse de la demande fait croître les ventes, qui, à leur tour, génèrent davantage de profits. Une plus grande quantité d'unités produites permet de réduire le coût de revient, puisque les frais fixes sont répartis sur plusieurs items. De ce fait, la production de masse et la surconsommation sont intimement liées à la vitalité économique des entreprises, pour lesquelles la logique mercantile s'impose. Ce modèle a un impact direct sur la qualité et la durabilité des biens de consommation que ce soit de façon volontaire ou non.

Le terme « durabilité » employé ici ne fait pas référence à la « qualité d'un objet, d'une action ou d'une activité qui vise à satisfaire à des principes de respect à long terme de l'environnement physique, social et économique » tel que défini par l'OQLF, mais plutôt à la durée de vie d'un produit. Le modèle de consommation actuel est favorisé par le remplacement rapide des produits. Deux stratégies différentes sont mises en place, de façon plus ou moins consciente par les entreprises, soit l'obsolescence programmée et la durabilité artificielle. La définition généralement acceptée de l'obsolescence programmée

est lorsqu'un fabricant limite volontairement la durée de vie d'un appareil pour favoriser son renouvellement (Le petit Robert, 2015). Cependant, cette définition ne spécifie pas à quel moment du cycle de vie le fabricant agit sur la durée de ses produits.

Sophie Bernard, professeure d'économie à Polytechnique Montréal, apporte une nuance : la « durabilité artificielle » est lorsque la durée de vie d'un produit est planifiée avant même qu'il ne soit mis sur le marché (usure et détérioration prématurées dues à la mauvaise qualité des pièces, par exemple) ; alors que l'obsolescence programmée est lorsque la durée de vie est écourtée après la mise en marché. Selon cette stratégie, le manufacturier convainc les consommateurs de remplacer leur produit par un nouveau, même si le premier est encore fonctionnel (Bernard, 2016).

Dans son ouvrage *Design for the Real World*, paru pour la première fois en 1971 et plusieurs fois réédité, Papanek décrit trois types de produits regroupés en fonction de leur durée de vie. Le premier groupe est constitué d'objets pour lesquels il y a attachement personnel, soit parce qu'ils viennent d'un héritage familial, soit qu'ils sont appréciés pour la qualité de leur fabrication (*craftsmanship*) ou simplement pour leur beauté. Ce sont des objets dits « permanents » puisqu'ils seront conservés longtemps. Le deuxième groupe est composé de tout ce qui est utile pour un seul usage, comme par exemple les mouchoirs de papier et les contenants d'emballage des aliments. Bien évidemment, certains produits sont jetés après un seul usage, mais d'autres peuvent être réutilisés ou même être sujets à une consigne. Selon Papanek, le caractère éphémère de certains produits devrait se refléter dans leur conception et dans leur coût à l'achat. Le troisième groupe serait composé des produits « semi-permanents », que l'on garde plusieurs années sachant qu'ils seront remplacés au fil des avancées technologiques. Il est question ici des équipements électroniques, des voitures ou autres outils. Papanek associe à ce groupe les systèmes de location à moyen terme, très répandus dans le secteur de l'automobile (Papanek, 2009). Pour ce qui est des vêtements, ils pourraient être regroupés de façon semblable. On trouverait dans le premier groupe, les pièces *vintages*, qui rappellent une époque passée et dont la confection et les matériaux sont souvent considérés de meilleure qualité que ce que l'on retrouve aujourd'hui (Küchler & Miller, 2005). Quant aux vêtements « techniques », tels les vêtements de sport ou à usage spécifique, ils pourraient

être associés aux objets « semi-permanents » du troisième groupe de Papanek. Finalement, il y aurait un parallèle possible entre les produits « jetables » du deuxième groupe, tels les contenants d'emballage et les vêtements « mode ». Ceux-ci sont conçus et fabriqués à moindre coût puisque que de toute façon ils seront démodés et remplacés la saison suivante. C'est ce que Papanek décrit comme la « culture *kleenex* » (Papanek, 2009, p. 97), où les biens sont jetés peu de temps après avoir été acquis.

Selon Deborah J. C. Brosdahl, professeur adjointe au département *Apparel, Textiles and Interior Design* à la *Kansas State University*, la mode est fondamentalement en conflit avec le concept de durabilité. Les vêtements ont une double fonction. Certes ils protègent du froid, du soleil, de la pluie et parfois même des blessures, mais ils sont tout autant un médium d'expression personnel. Ils reflètent autant l'humeur et la personnalité que l'appartenance à un groupe social, ou encore servent à se distinguer des autres (Brosdahl, 2007).

Dress [le vêtement] is an essential part of human experience. Perhaps because of its closeness to the body, dress has a richness of meanings that express the individual as well as groups, organizations, and the larger society in which that person lives. (Damhorst, Miller-Spillman, & Michelman, 2000, p. XI)

Selon Dr. Kate Fletcher, consultante en design durable dans le secteur de la mode et des textiles, c'est dans un contexte de consommateurisme¹¹ que la population interagit (*engage*) désormais avec la mode. Celle-ci serait devenue synonyme de consommation et de matérialisme. Selon Fletcher, pour suivre les tendances, il est impératif d'acheter les produits *à la mode*. La mode ne serait plus une expression personnelle, mais plutôt une mise en scène des jeux de pouvoir entre les grandes marques portée par la commercialisation et le marketing, confirmant ainsi la dominance de la logique économique (Fletcher, 2012).

¹¹ Apparaît dans le texte original sous *Consumerist fashion*. Traduit librement par « consommateurisme ». Défini par l'OLFQ (2018) comme ceci : Idéologie selon laquelle une consommation élevée de biens et services est avantageuse pour l'économie.

Ainsi, la nature éphémère de la *fast-fashion* perpétuée par l'industrie globale de la mode est en conflit direct avec les valeurs environnementales de durabilité. L'effet inévitable de cette production perpétuelle d'objets neufs est l'extraction effrénée des ressources et l'accumulation grandissante de déchets. Le schéma ci-dessous (figure 3) illustre le modèle dit « linéaire » de la production industrielle actuelle, où les ressources sont extraites, transformées en produits, eux-mêmes vendus, distribués, utilisés et, finalement, jetés à la poubelle, afin que le cycle production/consommation se répète.

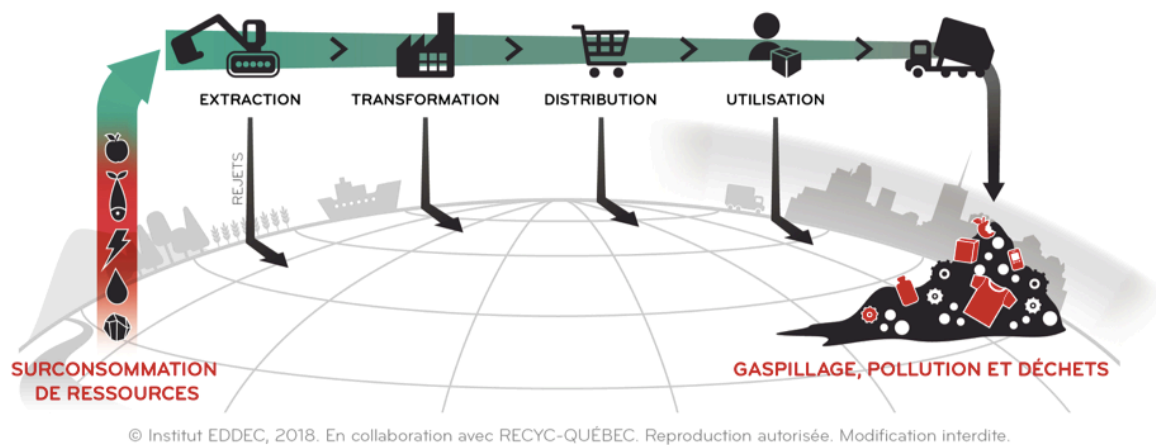


Figure 3. Modèle de production linéaire

Source : (Institut EDDEC, 2018)

Manufacturers and their designers are frightened by the idea of using less. It implies that less will be bought and that profits will shrink. Yet if we disengage ourselves from this linear thinking, we see that quite the reverse may happen. (Papanek, 1995, p. 47)

Selon le document *Towards the Circular Economy* (World Economic Forum, 2014), la quantité de matières premières extraite en 2010 s'élevait à 56 milliards de tonnes et les experts prévoient une augmentation d'ici 2020. Sachant que les ressources disponibles sur la planète sont limitées, leur raréfaction rend le coût de ces dernières de plus en plus volatil, ce qui crée de l'incertitude sur les marchés et une hausse des coûts de revient. Donc, à long terme, le modèle linéaire met en péril la rentabilité et la viabilité des entreprises. (Lanoie & Normandin, 2015).

1.2 Impacts sur l'environnement

1.2.1 La crise environnementale

L'impact négatif des activités humaines sur les écosystèmes fut présenté dans un format accessible au grand public pour la première fois lors de la parution du livre *Silent Spring* de Rachel Carson en septembre 1962 aux États-Unis. Dans cet ouvrage, la scientifique relate les effets négatifs de l'arrosage massif de pesticides sur les écosystèmes, tel le DDT¹² sur les champs agricoles. Bien que ce pesticide fût utilisé dans le but de contrôler la population de fourmis rouges (*Solenopsis invicta*), les populations d'oiseaux insectivores furent aussi touchées. Ainsi, les abords des champs tombèrent dans un silence morbide, sans chant d'oiseau.

Parallèlement, les sites de production industrielle furent tenus responsables de nombreux incidents catastrophiques pour les milieux naturels et la santé humaine — on pense notamment au déversement de mercure par une usine de fertilisants, dans la baie japonaise de Minamata en 1956 qui tua 900 personnes et en affligea plus de 2 000 autres (Juan, 2006).

De plus, avec les déchets qui s'accumulent dans les sites d'enfouissement, un problème d'espace commence à se faire sentir. Dès les années '90, la Suède impose aux entreprises sur son territoire de participer à l'effort collectif de réduction des déchets (CIRAIG, 2015). Suivie par d'autres pays européens, des lois et règlements basés sur le principe de « pollueur payeur » sont imposés. L'idée sous-jacente des politiques de responsabilité élargie des producteurs (REP) est que ces derniers soient responsables de la fin de vie des produits qu'ils mettent en marché. Au Québec, la première REP est appliquée en 2001 pour la valorisation des peintures et de leurs contenants ; aujourd'hui elle s'étend aux produits électroniques, aux piles et aux batteries, aux lampes au mercure, aux huiles et autres liquides assimilables. De plus, les fonds gérés par Éco Entreprise Québec (ÉEQ) permettent de financer la collecte sélective des contenants et emballages domestiques (Ministère du Développement durable Environnement et Parcs du Québec, 2008).

¹² Dichlorodiphényltrichloroéthane

Au cours des décennies, il apparaît de plus en plus clairement que les catastrophes locales peuvent avoir des impacts globaux ; nous sommes témoins de problèmes généralisés, tels les pluies acides, le stockage des déchets toxiques, les grandes sécheresses ; les activités individuelles, une fois combinées, concernent la planète entière, comme l'accumulation de CO² créant un effet de serre autour du globe. Les réactions furent d'abord locales avec la multiplication des partis écologistes et la mise sur pied de ministères de l'Environnement par les gouvernements. Ceux-ci se sont rencontrés pour la première fois à la conférence de Stockholm en 1972, dont sont issus plusieurs organismes internationaux créés pour prendre en charge les questions environnementales et porter des programmes de recherche. Ainsi, rendent-ils compte du caractère planétaire du « péril écologique » (Morin, 1993, p. 77).

La crise environnementale se cristallise par les prophéties apocalyptiques annoncées par Paul R. Ehrlich dans *The Population Bomb* en 1969 et le rapport Meadows, *Limits to Growth*, en 1972. Ils y tiennent un discours pessimiste en présageant rien de moins que la fin de l'humanité. L'idée de base de Donella et Dennis Meadows, ainsi que de leur collègue Jorden Randers, est que la croissance est intimement liée à l'exploitation des ressources. Il serait donc impossible de soutenir une croissance à l'infini dans un monde aux ressources finies. Non seulement la planète ne peut fournir les ressources nécessaires à la croissance actuelle, mais elle ne peut pas non plus assimiler tous les déchets qui en résultent. Selon ces auteurs, la seule façon de préserver l'environnement est de réduire la population mondiale et les activités économiques (Meadows, Meadows, & Randers, 2013).

Vingt ans plus tard, à la conférence de Rio, les défis se situent toujours dans la conciliation entre la sauvegarde écologique et la nécessité du développement économique, principalement dans les pays du tiers-monde. Le « développement soutenable »¹³, traduction de l'anglais *sustainable development*, est redéfini en 1987 dans le Rapport Brundtland, intitulé *Our Common Future*, comme un développement apte à « répondre aux besoins du présent sans compromettre la possibilité pour les générations à venir de satisfaire les leurs » (UNESCO, 2018).

¹³ Aujourd'hui le terme « développement durable » est plus communément employé.

Le plan Action XXI, déposé à la suite de la conférence de Rio (1992), adopte des déclarations sur les forêts, une convention sur le climat et une autre sur la sauvegarde de la biodiversité. Bien que ce plan vise à faire travailler toutes les nations ensemble, des positions divergentes se font sentir. Les pessimistes y voient la poursuite irréversible de la dégradation de la biosphère causée par l'augmentation constante de la population, estimée à 10 milliards d'individus en 2020. À l'opposé, les optimistes croient que la biosphère possède en elle-même les moyens de s'autoréguler et que la croissance démographique se stabilisera à 8,5 milliards d'êtres humains. Peu importe la position, le devoir de précaution s'impose. (Morin, 1993).

À travers les décennies qui ont suivies *Silent Spring* de Rachel Carson, la crise environnementale est nourrie par un discours alarmiste, voire apocalyptique adopté par les environnementalistes. Pour son mémoire de maîtrise en rédaction et communication à l'Université de Sherbrooke (1998), intitulé « *Un discours environmentaliste de langue française dans le Canada de la fin du XX^e siècle : une vision apocalyptique du monde* », Michelle Loslier recense une centaine d'articles et d'éditoriaux tirés de magazines environmentalistes canadiens. Selon elle, dans les années 90, il s'opère littéralement un glissement de sens de la notion « environnement » vers la notion « apocalypse » (Loslier, 1998, p. i), soit la fin de l'humanité. Elle passe en revue différents mécanismes langagiers utilisés par les auteurs pour construire ce sentiment d'urgence et de responsabilité. Le *raisonnement par distanciation*, branche du raisonnement par fiction serait très utilisé comme tactique argumentative. Loslier cite l'exemple suivant : « Le mythe de la croissance quantitative indéfinie, fondé sur la destruction de la nature et de ses ressources, est bien mort. Si notre espèce ne veut pas le comprendre pendant qu'il est encore temps, elle périra avec lui » (p. 78).

Ainsi, les actions doivent être drastiques et le ton est donné pour énoncer les politiques environnementales : il faut **réduire** la consommation d'énergie, **diminuer** la quantité de matière utilisée, **restreindre** l'usage des produits toxiques, **minimiser** son empreinte écologique (Ministère de l'Éducation et de l'enseignement supérieur du Québec, 2018). Cependant, certains consommateurs perçoivent ces diktats comme un appel au sacrifice,

alors qu'on leur demande de se priver, en partie, de leur qualité de vie et de leur liberté (Maniates & Meyer, 2010).

1.2.2 Les actions et mesures mises en place

Les impacts observés sur l'environnement poussent les organismes mondiaux, les gouvernements et les entreprises à mettre en place des lois, règlements et lignes directrices dans le but de ralentir la dégradation de la planète et réduire les dangers sur la santé humaine. Les premières mesures mises en place sont strictement curatives, puis au fil du temps les niveaux d'intervention se sont approfondis, en débutant avec des mesures pour le traitement des polluants et de la gestion des matières résiduelles, puis en ajoutant la prévention sur les sites de production et, finalement, en prenant en considération plusieurs critères combinés.

1.2.2.1 Les approches

La saturation des sites d'enfouissement est l'un des premiers phénomènes qui pousse la remise en question des *modus operandi*. Le focus est alors mis sur la réduction du volume de déchets et la fin de vie des produits. Cette approche, nommée « bouclage des flux de matières », vise donc à promouvoir la valorisation et le traitement des déchets.

Cependant, ce conditionnement supplémentaire exige des infrastructures, des procédés et de l'énergie additionnels. Il faut s'assurer que la deuxième transformation ne génère pas plus d'impacts négatifs sur l'environnement que la production de matière neuve. Par exemple, nous savons que la production de l'aluminium recyclé génère 90% moins d'impacts négatifs que la transformation de la bauxite (minerai) en aluminium. Mais est-ce le cas pour tous les scénarios de fin de vie ? Le démontage et le nettoyage sont-ils nécessairement plus avantageux que la récupération de l'énergie contenue dans la matière lors de l'incinération ? (Plouffe, 2011)

L'approche « déchets », quant à elle, focalise moins sur la gestion des déchets, que sur leur réduction à la source, soit les usines manufacturières. L'objectif est d'optimiser les procédés existant pour limiter la quantité de résidus solides générés sur le site de production et les émissions toxiques dans l'environnement. Pour atteindre ce but, il faut réaliser un portrait de la production (procédés, quantité et qualité des déchets, mesures

déjà en place, etc.), puis chercher des méthodes et/ou matériaux alternatifs. La dernière étape est d'évaluer quelles solutions de gestion des déchets sont viables pour l'entreprise et mesurer les améliorations.

Ce n'est qu'en 1996 que l'Organisation internationale de normalisation met en place la série de normes environnementales ISO 14 000 qui obligent les entreprises à produire des déclarations de conformité et des audits. L'approche « déchets » est essentielle, mais son champ d'action est limité aux sites de production et ne tient pas compte des externalités et des effets à long terme.

Les principes courants en matière de limitation de l'impact environnemental « réduction, réemploi, recyclage et valorisation », aussi connus sous l'acronyme « 3RV », prennent racine dans ces deux approches. Cette proposition, largement promue par Recyc-Québec, vise autant les entreprises manufacturières et les décideurs que les individus, afin de les accompagner dans la lutte contre le gaspillage des ressources. Les quatre étapes font office de commandements à appliquer de façon hiérarchique, c'est-à-dire dans cet ordre précis. Il est plutôt difficile de définir ces termes, puisque leur sens varie selon les contextes dans lesquels on les applique. La **réduction à la source** invite à consommer moins de produits, à utiliser moins de matière pour les produire et à réduire les déchets de fabrication. La **réutilisation ou le réemploi** incite les consommateurs à utiliser leurs biens le plus longtemps possible et à donner les produits encore fonctionnels. Le **recyclage**, dans ce contexte, est l'étape où le produit est réduit en matière première dite « secondaire » afin d'être transformé en un nouveau produit. En ce qui concerne le sens du terme **valorisation**, celui-ci prend une forme différente selon l'organisme qui le décrit. Pour le Ministère du Développement durable, Environnement et Lutte contre les changements climatiques du Québec (MDDELCC), la « valorisation » inclut toute action visant à détourner les produits en fin de vie des sites d'enfouissement. Cette définition est aussi celle de l'Office de la langue française et du *Dictionnaire du développement durable* : « Réemploi, recyclage ou toute autre action visant à obtenir des matériaux réutilisables ou de l'énergie à partir des déchets » (Brodhag, 2004). Par contre, Recyc-Québec met plutôt l'emphase sur la valorisation énergétique (production d'électricité, de chaleur ou de bio-méthane) et biologique (le compostage des matières putrescibles

principalement), (Recyc-Québec, 2009). L'acronyme 3RVE est parfois utilisé afin d'inclure la dernière phase qu'est l'élimination.

Les deux premières approches présentées, soit « bouclage des flux de matières » et « déchets » ont de grandes faiblesses. Premièrement elles ne s'intéressent qu'à deux critères, les déchets solides et les émissions toxiques. Deuxièmement, leur champ d'action est limité à la production et à la fin de vie, qui ne sont que deux des cinq phases du cycle de vie global des produits (figure 4).

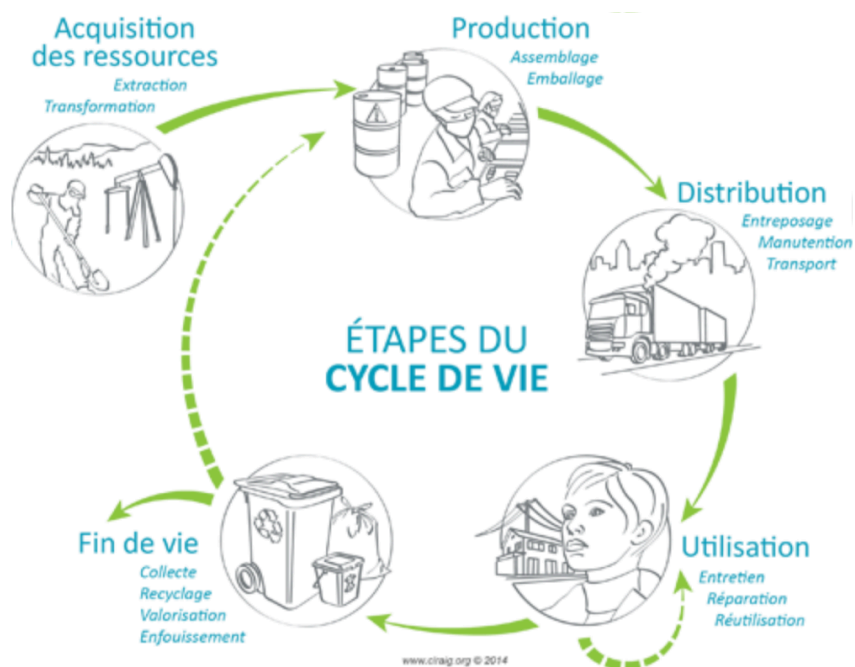


Figure 4. Cycle de vie des systèmes produit-service.

Source : (CIRAIG, 2014)

Il faut attendre le milieu des années '70 pour une troisième vague de conscientisation environnementale. Celle-ci se forge à la suite du premier choc pétrolier duquel surgit la menace de l'épuisement des sources d'énergie dont nous dépendons. Avec cette approche « énergétique », tout peut être mesuré en termes de quantité d'énergie utilisée et d'énergie perdue. Ici, les objectifs sont de réduire la consommation d'énergie pendant la production ainsi que pendant la phase d'usage du produit. Les sources d'énergie renouvelable sont préférées à celles produites par les ressources fossiles. Ce nouveau regard oblige à intervenir sur toutes les étapes du cycle de vie des produits.

La dernière approche dite « multicritères », qui s'est construite sur les bases jetées par les précédentes, prend en considération les impacts à toutes les phases du cycle, en plus de mesurer tous les entrants et les sortants. Dans *Traité d'écoconception*, ceux-ci sont définis comme suit : « Entrants : matière et énergie nécessaires à chacune des étapes du cycle de vie d'un produit. Sortants : rejets dans l'eau, l'air et le sol, déchets solides et produit final. » (Thibault, 2007, p. 24).

Les premières analyses d'impacts environnementaux publiées dans les années '80 permettent enfin une vue d'ensemble de la production industrielle, incluant tous les critères mentionnés plus haut. À cette époque, les façons de faire ne sont pas encore normalisées et ce n'est que 10 ans plus tard que la première méthode d'analyse de cycle de vie (ACV) est publiée (Plouffe, 2011). Bien que les bases de données¹⁴ ne soient pas encore complètes et que certaines méthodes d'analyse ne fassent pas l'unanimité, les ACV sont devenues un outil incontournable pour la conception de produits.

1.2.2.2 L'écoconception

Le designer industriel intègre plusieurs aspects dans sa discipline soit, les technologies, l'esthétique, la culture, l'usage, mais aussi les vecteurs économiques et, bien entendu, les enjeux environnementaux. L'écoconception est le nom donné à la branche du design qui se concentre sur ce dernier aspect. La compréhension du système global dans lequel s'inscrit un produit offre la possibilité de juxtaposer les enjeux environnementaux à la fonction d'usage, c'est-à-dire le besoin auquel le produit répond, sa finalité. En termes d'écoconception, les stratégies généralement favorisées sont les suivantes : concevoir des produits en utilisant le moins de matière possible, allonger leur durée de vie afin qu'ils évitent le plus longtemps possible l'enfouissement, réduire l'énergie nécessaire lors des phases de production et d'usage, faciliter le recyclage en permettant le désassemblage des pièces et, finalement, utiliser des matières recyclées dans la fabrication de nouveaux produits (Plouffe, 2011). Le processus d'écoconception remet en question la nécessité

¹⁴ Les bases de données d'inventaires pour les ACV regroupent les informations sur tous les matériaux et processus qui font partie du système produit-service étudié, sur un territoire donné, allant de procédés d'injection plastique au transport par avion en passant par l'utilisation d'un congélateur. Chacun d'eux est associé à la quantité d'énergie qu'il nécessite, d'eau utilisée, de matière et de gaz entrant ou sortant qui sont ensuite transformés en indicateurs d'impacts potentiels sur l'environnement (Lesage, 2015b)

même de produits tangibles et ouvre ainsi la porte aux « systèmes produit-service » où l'objet physique est remplacé par un ensemble de produits et services rencontrant les mêmes fonctions. Ce changement de paradigme est un vecteur important d'innovation pour les entreprises (Thibault, 2007).

1.2.2.3 Analyse du cycle de vie et recyclage

Depuis plus d'une quinzaine d'année, un débat fait rage au sein des analystes du cycle de vie concernant les systèmes comportant de la réutilisation ou du recyclage. Ceci est particulièrement vrai dans le cas du recyclage en **boucle ouverte**. Dans ce cas, les composants et les matériaux sont recyclés dans un autre système produit-service que celui dont ils sont issus et, donc, généralement à l'extérieur des frontières du système à l'étude (Gaudreault, 2012). *A contrario*, le recyclage en **boucle fermée** signifie que les matériaux sont réintroduits dans la même chaîne d'approvisionnement, pour fabriquer les mêmes produits. Le fait que plusieurs méthodes d'allocation des impacts existent, a pour conséquence que celles-ci, appliquées à un même système de produit, donnent des résultats d'analyse différents. Les défis viennent du fait que le recyclage peut modifier les caractéristiques de la matière et que les flux entrants et sortants peuvent être partagés entre plusieurs systèmes (ISO 14044 :2006(F), 4.3.4.3.2). Dans la pratique, il y a trois approches communément utilisées. La méthode dite « **contenu en recyclé** », aussi nommée « règle de coupure » ou « *cut-off* » en anglais, attribue les impacts du recyclage au cycle de vie qui utilise le matériel recyclé et exclut ceux du recyclage en fin de vie. L'approche « **recyclage en fin de vie** », aussi nommée « extension des frontières », tel que son nom l'indique, ne prend en considération que les impacts des matériaux recyclés en fin de vie. Les matériaux entrant dans le système y sont assimilés à des matières vierges, peu importe s'ils ont un contenu recyclé. La logique derrière cette approche est que le recyclage évite la production de nouvelle matière (Lesage, 2015a). La troisième approche nommée « **nombre d'utilisations** » considère le système de produit à l'étude tel qu'il se présente dans la réalité : elle tient compte des impacts du recyclage en amont et en aval, de ceux engendrés par la récupération en fin de vie et, également, du nombre de fois que la matière est recyclée. Ainsi la charge des impacts de tout le système sera partagée entre le produit initial et les cycles de vie subséquents, selon un facteur d'imputation déterminé par le nombre d'utilisations (ISO 14049 : 2000, 8.3.3.1 et 8,3,3,5).

La méthode « recyclage en fin de vie » encourage la conception pour le désassemblage et l'optimisation des processus de recyclage. Par contre, elle n'incite pas du tout à considérer l'utilisation de matière recyclée plutôt que neuve, comme le fait la méthode « contenu recyclé ». Cette dernière, par contre, n'accorde aucun crédit pour les efforts de récupération (Lesage, 2015a). Il est possible de combiner les deux approches afin de rendre compte des impacts et des bénéfices liés au recyclage en fin de vie, autant que de l'utilisation de matière recyclée en adoptant la méthode « 50/50 », tel que rapporté dans l'ACV sur les sacs d'emplettes réalisée par le CIRAIG pour Recyc-Québec (2017). Seule la méthode « nombre d'utilisations » tient compte de la dégradation/transformation des caractéristiques de certaines matières et du nombre de fois qu'il est possible de les recycler. Cette méthode est principalement utilisée pour analyser les systèmes dans l'industrie des pâtes et papiers, mais présente encore quelques limitations, tel que mentionné dans le rapport *Methods for open-loop recycling allocation in life cycle assessment and carbon footprint studies of paper products* (Gaudreault, 2012).

1.3 Modèles circulaires

1.3.1 Origines

C'est en 2009 que Mme Ellen MacArthur, jusqu'alors navigatrice détenant le record du tour du monde à la voile en solitaire en 2005, met sur pied sa fondation. Son objectif est d'inspirer les entreprises à adopter un modèle d'économie circulaire et inciter les gouvernements à les supporter. À première vue, la voile et l'ÉC n'ont rien en commun, mais il faut entendre Mme MacArthur raconter ses mois passés en mer avec comme seules ressources ce qui est à bord de l'embarcation. Ces aventures deviennent une métaphore pour la planète où notre survie dépend de la gestion des ressources disponibles en quantité limitée. Ceci n'est pas sans rappeler l'image du *Spaceship Earth* de Buckminster Fuller (Fuller, 1969). Ce dernier entrevoyait déjà la nécessité de faire l'inventaire de toutes les ressources disponibles sur la planète afin d'en faire un usage optimisé et efficace.

Donc, bien que le terme « économie circulaire » fut popularisé autour de 2010 par la Fondation Ellen MacArthur (FEM), les concepts qui le sous-tendent, eux, peuvent être

retracés aussi loin que dans les années 1940. La revue critique de l'approche d'économie circulaire publiée par le CIRAIG présente les dix concepts qui serviraient de pierres d'assise au modèle (CIRAIG, 2015). Le site officiel de la FEM cite, pour sa part, six écoles de pensée qui selon eux ont jetées les bases de l'ÉC (Fondation Ellen MacArthur, 2018b).

Le tableau 4 à la page suivante combine les 13 concepts fondateurs de l'ÉC nommés par les deux organismes. Ils sont présentés par ordre chronologique, du plus ancien au plus contemporain.

Tableau 4. Concepts précurseurs à l'économie circulaire
Sources : (CIRAIG, 2015) et (Fondation Ellen MacArthur, 2018b)

Concepts	Cité par		Origine
	CIRAIG	FEM	
Écologie industrielle Aussi appelée symbiose industrielle	X	X	Premiers exemples de symbiose industrielle remontent à 1940 Le concept a connu un renouveau en 1989, porté par Reid Lifset et Thomas Graedel.
Pensée cycle de vie et analyse du cycle de vie (ACV)	X		Premières études sur l'impact des produits de consommation (années 1960). Mise sur pied de la première initiative de cycle de vie en 2002
Cradle-to-cradle (Berceau-à-berceau)	X	X	1966 : <i>Spaceship Economy</i> ou <i>Closed Economy</i> 1970 : première utilisation du terme "berceau à berceau" 1976 : Première vision d'une économie en boucle fermée 2002 : parution de <i>Cradle-to-cradle : remaking the way we make things</i> , Braungart, M. et McDonough, B.
Écoconception	X		1971 : Premières considérations environnementales parues dans un ouvrage sur le design industriel 1990 : parution d'articles scientifiques traitant d'écoconception
Développement durable	X		1972 : <i>Limits to Growth</i> 1987 : Rapport Brundtland, <i>Our Common Future</i>
Économie de la performance Aussi nommée économie de fonctionnalité	X	X	Concept élaboré en 1976 par Walter R. Stahel
Économie régénérative		X	États-Unis vers la fin des années 1970 Élaboré par John T. Lyle
Économie verte	X		1989 : Acceptation du terme <i>Green Economy</i> Proposition de politiques, issues des Nations Unies Intérêt renouvelé en 2008
Responsabilité élargie des producteurs (REP)	X		Établie en Allemagne et en Suède dans les années 1990.
Biomimétisme		X	1997 : <i>Biomimicry : Innovation Inspired by Nature</i> par Janine M. Benyus
Transition écologique	X		Adoptée dans les années 2000 Principalement par le gouvernement français
Économie bleue		X	2010 : Gunter Pauli, homme d'affaires belge publie <i>The Blue Economy</i> .
Shared Value	X		2011 : Approche de gestion Crée par Michael Porter and Mark Kramer

Tous ces concepts forment le terreau d'où l'économie circulaire tire ses sources.

Néanmoins, trois d'entre eux sont cités autant par le CIRAIG que la FEM, ce qui porte à croire qu'ils sont les plus décisifs : l'écologie industrielle, qui favorise les échanges entre les entreprises, l'économie de performance, qui propose une façon de découpler les activités économiques des impacts environnementaux et, finalement, le concept *cradle-to-cradle*. Selon l'analyse du CIRAIG, l'approche élaborée par l'architecte américain William McDonough et le chimiste allemand Michael Braungart, correspond pratiquement en tous

points aux principes de l'ÉC définis par la FEM. Cette approche est basée sur la circularité des matériaux entrant dans la fabrication des produits. Ces flux sont séparés en deux catégories, soit les nutriments techniques et les nutriments biologiques, qui suivent des stratégies de valorisation différentes. De plus, cette approche mise sur l'éco-efficacité, plutôt que l'éco-efficience. Selon McDonough et Braungart, le principe de base de l'efficience, mis de l'avant par le développement durable, est de « faire plus de produits ou service en utilisant moins de ressources et d'énergie tout en diminuant la toxicité » (CIRAIG, 2015). Selon l'OLFQ, le terme « efficience » rappelle le « rapport entre les résultats obtenus et les ressources utilisées pour les atteindre. ». En d'autres mots il se concentre sur la *façon* de bien faire les choses. De l'avis des auteurs de *cradle-to-cradle*, cette approche mène au *statu quo*, freine l'innovation et le développement économique, en plus d'omettre les problèmes de toxicité des matériaux. Ils préconisent plutôt l'idée d'efficacité qui valorise d'avantage le *résultat* que la façon de faire : « rapport entre les résultats et les objectifs d'une action » (OLFQ). Plutôt que de réduire l'usage des ressources, l'idée est plutôt d'en assurer la pérennité en conservant et même en augmentant leur qualité au fil des cycles. Le modèle de l'ÉC, tel que promu par la FEM, adhère tout à fait à ce principe (CIRAIG, 2015).

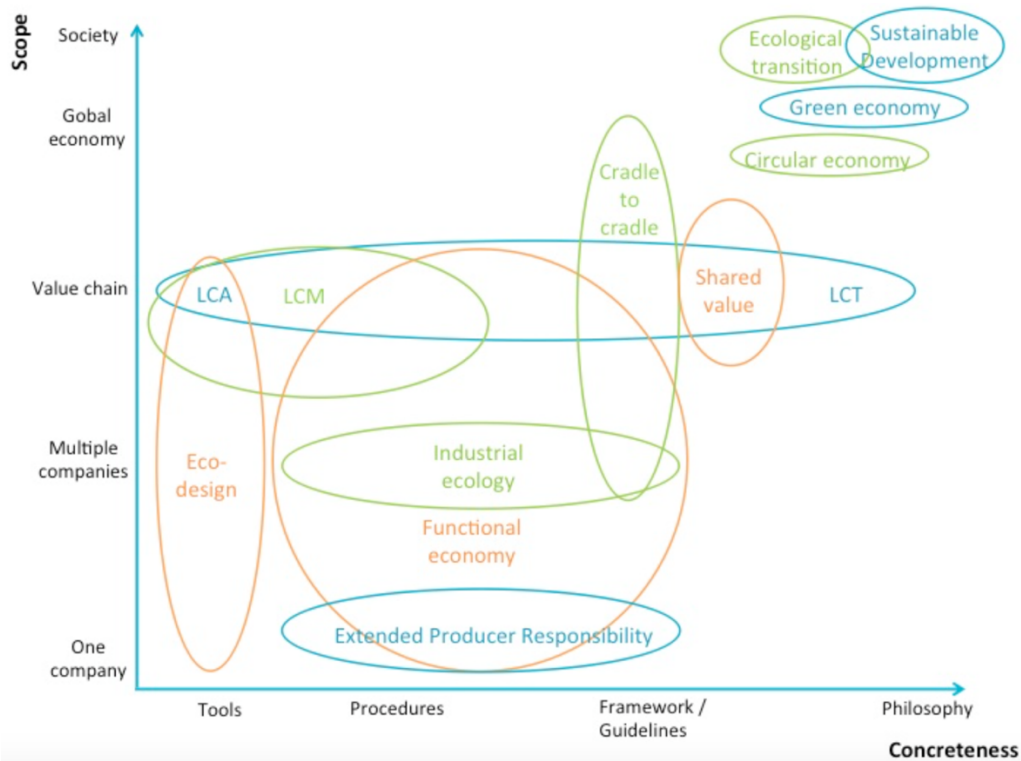
Certains des autres concepts présentés dans le tableau 4 sont cités comme principes de base, alors que d'autres ont été intégrés au modèle circulaire sous forme de stratégies ou d'outils (voir section 1.3.4).

1.3.2 Positionnement

La portée sociale de l'ÉC par rapport à celle acquise par le développement durable (DD) est encore débattue. Dans le rapport du CIRAIG, les concepts présentés dans la figure 5 sont organisés selon deux axes : sur l'axe des « Y », ils sont placés en fonction de la portée des activités, touchant une entreprise unique jusqu'à l'ensemble de la société; et sur l'axe des « X », ils sont organisés en fonction leur degré d'abstraction, allant des outils jusqu'au concept philosophique¹⁵. L'ÉC se situerait comme une ligne directrice sans être une

¹⁵ Bien que le positionnement des différents concepts les uns par rapport aux autres fut fait de façon objective, les auteurs du rapport préviennent tout de même qu'il est possible que certains jugements de valeur subjectifs s'y soit glissés.

philosophie et toucherait principalement l'économie globale, alors que le DD se positionne comme une philosophie sociétale, un concept englobant qui tente de concilier toutes les sphères, autant économiques, sociales qu'environnementales.



Source : (CIRAIG, 2015)

Bref, les visées globales des principaux adeptes de l'ÉC ne sont peut-être pas tout à fait rencontrées. En partie parce que le modèle est principalement mis en place au sein d'entreprises, alors que peu de pays, soit la Chine, le Japon, l'Allemagne et les Pays-Bas (Conseil du patronat du Québec & Éco Entreprises Québec, 2018) l'ont intégré à leurs législations. De plus, tel que souligné par les analystes du CIRAIG lors de leur revue de la littérature, le pilier « social » est souvent peu développé, voire manquant dans les définitions présentées par les principaux organismes (CIRAIG, 2015). Cependant, il est important de noter ici que le rapport date de 2015 et que, depuis, des efforts semblent

avoir été faits en ce sens. Cette observation se base sur les modifications qui ont été apportées aux définitions de l'ÉC de la FEM (Fondation Ellen MacArthur, 2012 & 2018a).

1.3.3 Définitions de l'économie circulaire

La fondation Ellen MacArthur (FEM), qui est sans équivoque le *leader* mondial pour le déploiement de l'ÉC, offre la définition suivante :

Looking beyond the current take-make-dispose extractive industrial model, a circular economy aims to redefine growth, **focusing on positive society-wide benefits**. It entails gradually decoupling economic activity from the consumption of finite resources, and designing waste out of the system. Underpinned by a transition to renewable energy sources, the circular model builds economic, natural, and **social capital**. (Fondation Ellen MacArthur, 2018a)

Cette définition a évolué depuis le premier rapport *Toward the circular economy* (2012), où il n'était nullement question du pôle social et où l'emphase était mise sur la réduction des impacts à travers une meilleure conception des matériaux, produits et systèmes, notamment les modèles d'affaires :

A circular economy is an industrial system that is restorative or regenerative by intention and design. It replaces the 'end-of-life' concept with restoration, shifts towards the use of renewable energy, eliminates the use of toxic chemicals, which impair reuse, and aims for the elimination of waste through the superior design of materials, products, systems, and, within this, business models (Fondation Ellen MacArthur, 2012).

Au Québec, c'est l'Institut Environnement, développement durable et économie circulaire (EDDEC), mis sur pied en 2011 avec le soutien de l'Université de Montréal, Polytechnique Montréal et HEC Montréal, qui a pris le rôle de diffuseur de l'ÉC. Cet institut agit au sein de différents groupes d'acteurs, que ce soit les chercheurs académiques, les gouvernements, les entreprises, les sociétés civiles ou encore les citoyens. Bien que les visées générales soient les mêmes, de petites divergences transparaissent par rapport à la définition de la FEM.

Système de production, d'échange et de consommation visant à optimiser l'utilisation des ressources à toutes les étapes du cycle de vie d'un bien ou d'un service, dans une logique circulaire, tout en réduisant l'empreinte environnementale et en contribuant au **bien-être des individus et des collectivités** (Institut EDDEC, 2018).

Cette définition est librement inspirée de celle offerte par l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME)¹⁶ en France. Ici, il n'est pas question de système « régénératif » mais bien d'optimisation des ressources. L'Institut EDDEC fait référence au cycle de vie, ce qui n'est pas le cas dans la définition de la FEM. À l'Institut EDDEC, il n'y a aucune mention directe de l'économie et l'emphase se fait plutôt sur l'aspect social des bénéfiques pour les individus et les collectivités. Ces différences dans les définitions ne sont pas nécessairement des signes de divergence fondamentale, mais simplement des variances sur les niveaux d'importance de certains principes.

1.3.4 Objectifs, principes, stratégies et outils de l'ÉC

Selon la FEM, les objectifs d'une ÉC sont d'optimiser les ressources déjà en circulation, de découpler la croissance économique et la consommation de ressources finies, d'éliminer les déchets et la pollution, de supporter la régénération des systèmes naturels, ainsi que de faire la transition vers les énergies renouvelables (Fondation Ellen MacArthur, 2018a). Pour sa part, l'Institut EDDEC cite des objectifs larges tels la réduction des impacts négatifs sur l'environnement et l'amélioration du « bien-être des individus et des collectivités » (voir définition de l'Institut EDDEC, plus haut). Pour sa part, l'ADEME vise un seul objectif qui est la « prévention et la gestion efficace des ressources » (2018). Afin d'illustrer comment l'ÉC peut augmenter la création de valeur, la FEM établit quatre principes de base (Fondation Ellen MacArthur, 2012).



Figure 6. Garder les produits en circulation

Les systèmes produits-services sont conçus pour garder les produits, leurs composants et les matériaux en usage le plus longtemps possible.

¹⁶ La définition de l'ADEME : « L'économie circulaire peut se définir comme un système économique d'échange et de production qui, à tous les stades du cycle de vie des produits (biens et services), vise à augmenter l'efficacité de l'utilisation des ressources et à diminuer l'impact sur l'environnement tout en développant le bien être des individus. » (ADEME, 2018)



Figure 9. Privilégier les boucles les plus courtes

Permet de conserver la valeur déjà investie dans les produits (matériaux, main-d'œuvre, énergie et capitaux) en opérant le moins de transformation possible afin qu'ils retournent rapidement en circulation.

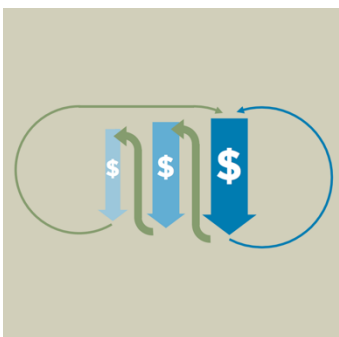


Figure 9. Application en cascade

Les produits, composants et matériaux sont récupérés dans des secteurs d'application variés pouvant profiter au maximum de la valeur résiduelle. Ceci leur assure une 2^{ème}, 3^{ème}, même une 4^{ème} vie mettant à profit les qualités intrinsèques des matériaux.

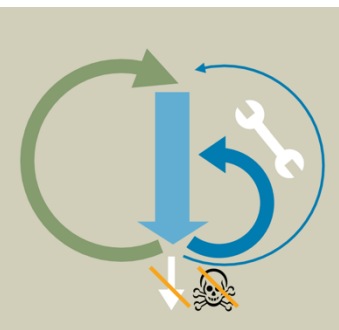


Figure 9. Intrants « purs »

Les matériaux biologiques ne doivent pas contenir de produits toxiques afin qu'ils puissent retourner à la terre. Les différents matériaux « techniques » doivent être faciles à séparer les uns des autres. Ceci assure la qualité des produits des cycles subséquents.

L'ADEME conçoit l'ÉC plutôt sur un mode de déploiement par territoire et mesure la transition par la création d'emplois qu'elle génère. L'organisme français présente l'ÉC à travers trois domaines où cette dernière intervient, d'abord l'offre des acteurs économiques, puis la demande et le comportement des consommateurs et, finalement, la gestion des déchets (figure 12).

L'Institut EDDEC, quant à lui, adhère plutôt à la triade réduction, réutilisation et recyclage (3R) réorganisée en deux pôles, soit « Repenser » pour réduire la consommation de ressources et « Optimiser ». Ce dernier pôle se décline en trois principes se succédant :

premièrement, « utiliser les produits plus fréquemment », deuxièmement, « prolonger la durée de vie des produits et des composants » et troisièmement, « donner une nouvelle vie aux ressources », c'est-à-dire toutes les activités liées à la valorisation (Conseil du patronat du Québec & Éco Entreprises Québec, 2018). Ces principes font écho aux trois premiers principes de la FEM vus précédemment, aux figures 6, 7 et 8. La question de la toxicité des matériaux n'est toutefois pas soulevée.

Dans le but d'atteindre ces objectifs, l'ÉC rassemble des **stratégies** concrètes pour mener des actions concertées à l'échelle globale, à travers un déploiement territorial ou encore par filière d'activités. Les stratégies partagées et mises de l'avant par les trois organismes (FEM, ADEME et Institut EDDEC) à l'étude sont : la symbiose industrielle, l'économie de fonctionnalité, l'économie collaborative et de partage et, finalement, la remise à neuf, le réusinage et le recyclage. La **symbiose industrielle** se concrétise par la création d'un écosystème entre les entreprises manufacturières sous la forme d'échanges de résidus, de sous-produits, d'énergie, de partage d'infrastructures et d'expertises. Ceci dans le but de minimiser les coûts d'exploitation et leur empreinte environnementale. L'**économie de fonctionnalité** est lorsque les producteurs conservent la propriété de leurs produits et vendent le service qu'ils offrent aux consommateurs/utilisateurs, tout en en assurant l'entretien. L'objectif est de découpler la croissance économique de l'exploitation des ressources. L'**économie collaborative et de partage** permet à des utilisateurs d'obtenir ou d'offrir, de façon temporaire, un produit ou un service, de façon directe ou par l'entremise d'un médiateur. Dans le cas de l'économie de partage, les échanges entre utilisateurs se font souvent via une plateforme numérique qui agit à titre d'intermédiaire entre ceux qui « offrent » et ceux qui « cherchent ». La **remise à neuf** implique le remplacement et la réparation des pièces principales d'un produit, ainsi que des changements cosmétiques, sans pour autant garantir la même qualité que le produit neuf. Cette stratégie s'applique aux produits de consommation et appareils électroniques. Le **réusinage**, quant à lui, concerne d'avantage les grandes infrastructures, pièces d'avion, moteurs, etc. Il implique que le produit soit complètement désassemblé en usine, que les pièces soient nettoyées et réparées. Le produit résultant est de qualité équivalente ou supérieure à l'originale. Le **recyclage** est une opération où les déchets sont transformés de manière à être réintroduits dans un cycle de production pour la

fabrication de nouveaux produits. Le recyclage peut se faire au niveau des matériaux, des molécules et des éléments chimiques (Spreutels, 2016). Des divergences de vision sont perceptibles lorsqu'il est question de nommer les procédés inclus dans le recyclage. Par exemple, le compostage est du recyclage (ADEME, Recyc-Québec, Dictionnaire DD), mais pas la valorisation énergétique (ADEME, FEM, Dictionnaire DD). Recyc-Québec inclut la biométhanisation alors que l'ADEME exclut la conversion des déchets en combustible.

Les modèles d'ÉC encouragent l'utilisation **d'outils** d'analyse et de planification, tels que les analyses du cycle de vie (ACV), les analyses de flux de matières (AFM), l'écoconception et la logistique inversée. Les **ACV** visent à identifier les impacts environnementaux à chaque étape du cycle de vie des produits ou services. L'ensemble méthodologique permet de proposer des solutions pour réduire les impacts négatifs, sans toutefois les déplacer ailleurs dans la chaîne de valeur (CIRAIG, 2015). Les **AFM** utilisent des méthodes qui permettent de quantifier les ressources qui entrent, sortent ou sont stockées sur un territoire donné (CIRAIG, 2015). L'**écoconception** est une discipline visant à intégrer les aspects environnementaux dès la conception d'un produit ou service. Elle peut être perçue comme un outil pour appliquer les résultats des ACV ou, encore, un guide supportant le développement de systèmes produits-services « éco-efficients » (CIRAIG, 2015). La **logistique inversée** est une discipline rattachée au génie industriel visant la gestion et l'optimisation des procédés manufacturiers mis en œuvre pour traiter les matières et produits qui remontent la chaîne de valeur, c'est-à-dire provenant des consommateurs en direction des fabricants (Frayret, 2016). Cette activité se trouve facilitée si le produit est conçu dans cette optique (écoconception) (Fondation Ellen MacArthur, 2012).

Il est à noter que l'ADEME ne fait pas de différence entre les stratégies et les outils, les consolidant tous sous le terme de « pilier » (figure 12).

1.3.5 Représentations visuelles

L'économie circulaire se veut un modèle fédérateur et tente d'intégrer plusieurs concepts d'une façon cohérente en les organisant les uns par rapport aux autres. La représentation schématique d'un tel système est un exercice de communication visuelle

ardu. L'objectif est de favoriser une compréhension de l'économie circulaire autant pour les néophytes que les spécialistes de secteurs divers (Institut EDDEC, 2018). Le schéma développé par la FEM présente en détail toutes les stratégies possibles dans les modèles d'économie circulaire.

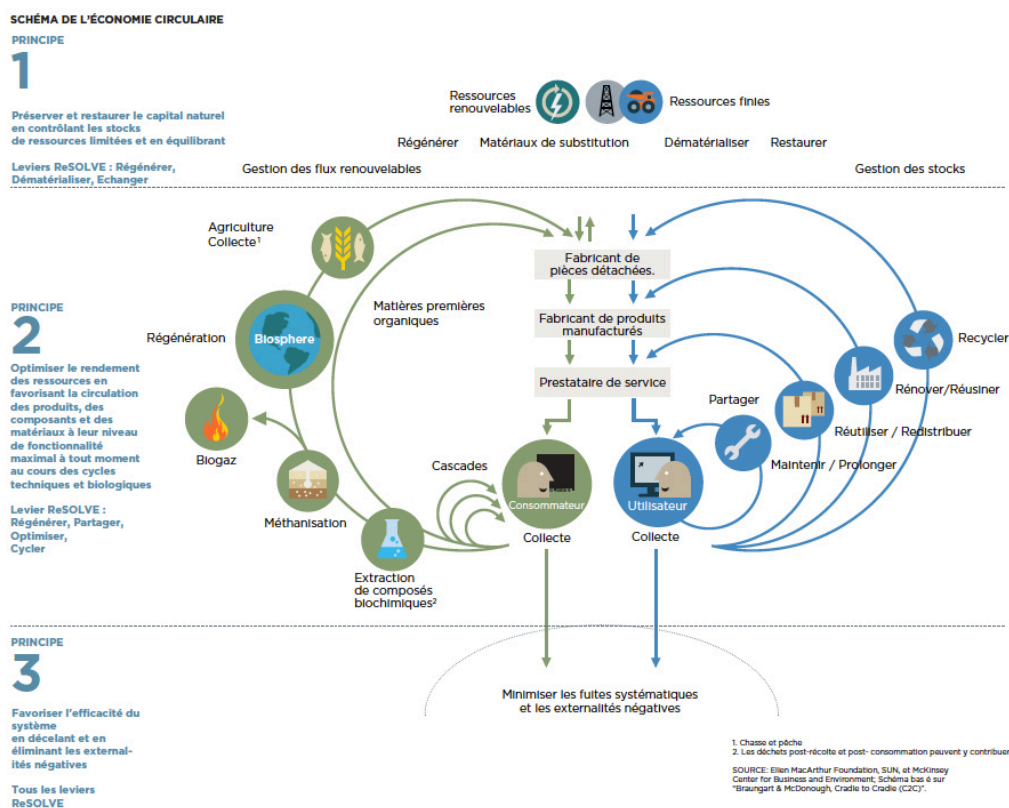


Figure 10. Schéma de l'ÉC par la Fondation Ellen MacArthur

Source : (Fondation Ellen MacArthur, 2018a)

Depuis sa constitution l'Institut EDDEC s'est donné la mission de rallier les chercheurs de trois institutions (Polytechnique, HEC, Université de Montréal), en plus des acteurs politiques, des entreprises privées et des organismes à but non lucratif du Québec, afin de faciliter les échanges entre ces derniers. Mais il est parfois difficile de se comprendre lorsqu'on utilise un vocabulaire différent pour parler des mêmes choses, ou encore, que le même terme soit employé pour décrire des concepts différents. La chercheuse, auteure du présent mémoire, fut de la première cohorte d'étudiants à l'école d'été en ÉC qui eut lieu du 23 au 28 mai 2016 à l'Université de Montréal. Le programme de cette semaine intensive était constitué de présentations de plusieurs intervenants, principalement du

milieu académique, regroupées par thèmes : stratégies, modes de déploiement, outils de mise en œuvre, cadre législatif, etc. Bien que tous les sujets se rapportaient à l'ÉC, le vocabulaire employé et les concepts sous-jacents variaient d'une présentation à l'autre. Ce fait exemplifie les défis que posent les ambitions globales et fédératrices des plus ardents promoteurs de l'ÉC.

En mars 2018, l'Institut EDDEC publiait une nouvelle version du schéma développé en collaboration avec Recyc-Québec et avec la participation d'acteurs d'horizons divers, ayant des degrés de connaissance variés sur le sujet (Conseil du patronat du Québec & Éco Entreprises Québec, 2018).

L'économie circulaire

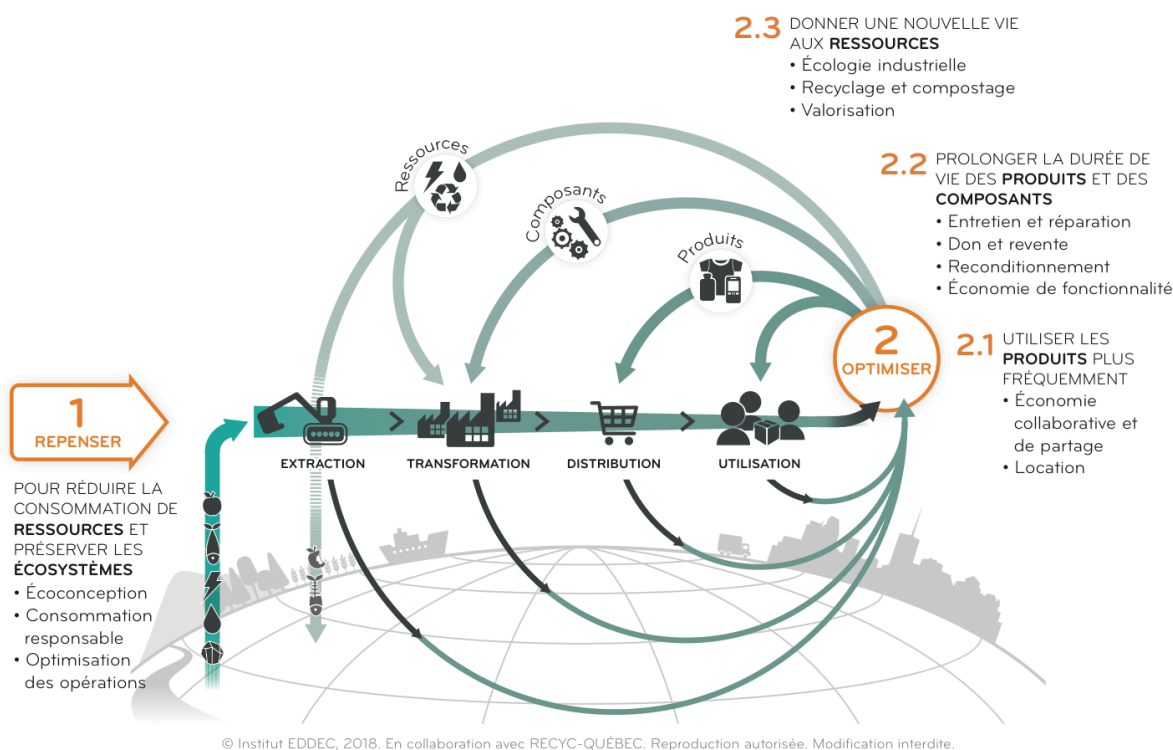


Figure 11. Schéma de l'ÉC par l'Institut EDDEC.

Source : (Institut EDDEC, 2018)

Les deux modèles (FEM, figure 10 et IEDDEC, figure 11) ont des points en commun : la présence de l'économie linéaire (extraction des ressources, transformation, distribution,

utilisation et fin de vie), comme une forme de colonne vertébrale, et la représentation des stratégies mises en œuvre par des boucles, qui viennent se greffer aux étapes du cycle de vie. Cependant, le schéma de l'Institut EDDEC ne sépare pas les flux de matériaux biologiques et technologiques.

La représentation visuelle de l'ÉC par l'ADEME (figure 12) se détache complètement du modèle linéaire et des étapes du cycle de vie des produits. Ici, il n'y a pas d'extraction, la production et la distribution sont associées aux « acteurs économiques », les phases de consommation et d'usage sont regroupées et la fin de vie est représentée par la gestion des déchets. Cette représentation épurée ne donne pas de détails quant à la mise en œuvre des piliers, mais les associe toutefois à l'un des trois domaines d'interventions déjà identifiés.

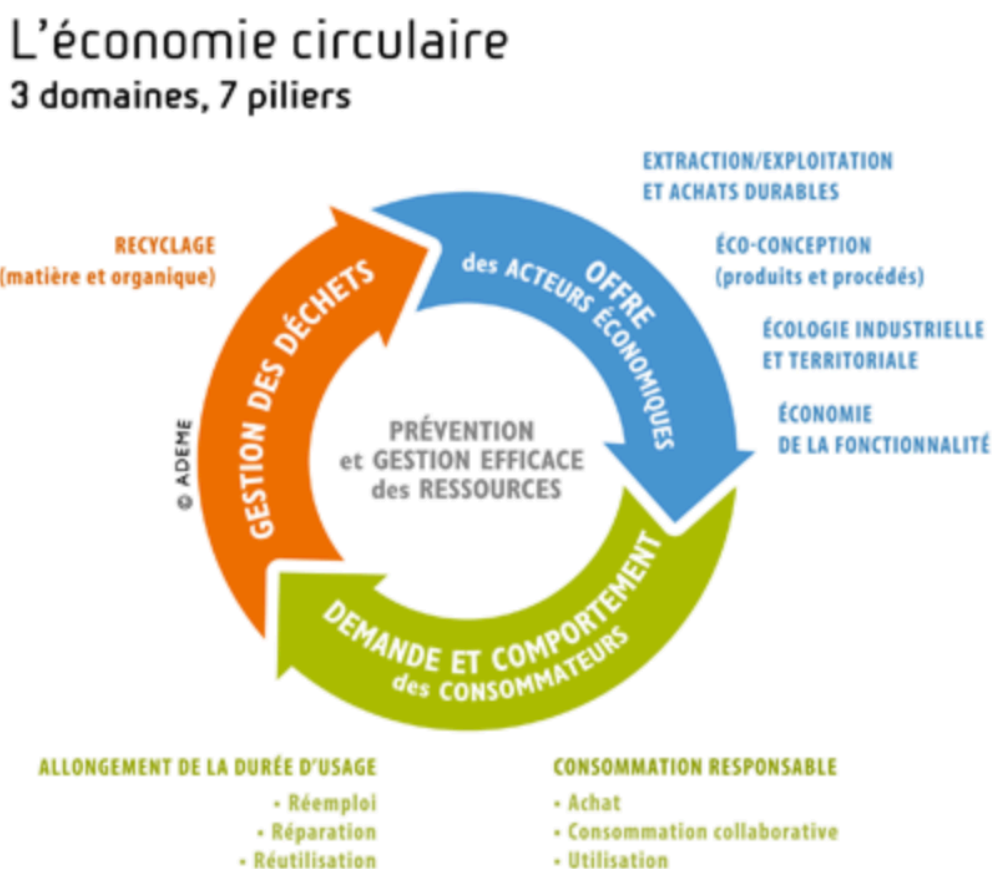


Figure 12. Schéma de l'ÉC par l'ADEME

Source : (ADEME, 2018)

Plusieurs autres organismes s'inspirent de la schématisation en cercle des phases du cycle de vie pour illustrer leur modèle d'ÉC (figures 13 à 15). Ils y ajoutent différents éléments selon leurs propres objectifs et les acteurs à qui ils s'adressent. Il est très intéressant de noter que les trois schémas ci-dessous font apparaître l'écoconception à même le cycle de vie, entre les ressources et la production. Cet ajout démontre l'importance portée à la planification en amont et au rôle crucial de la conception dans la mise en œuvre des modèles circulaires.

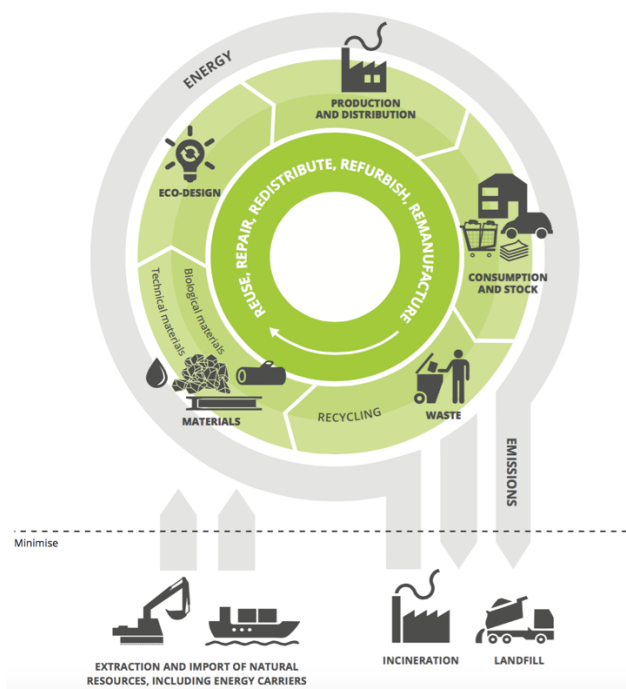


Figure 13. Schéma de l'ÉC par l'AEE
 Source : (AEE, 2016)

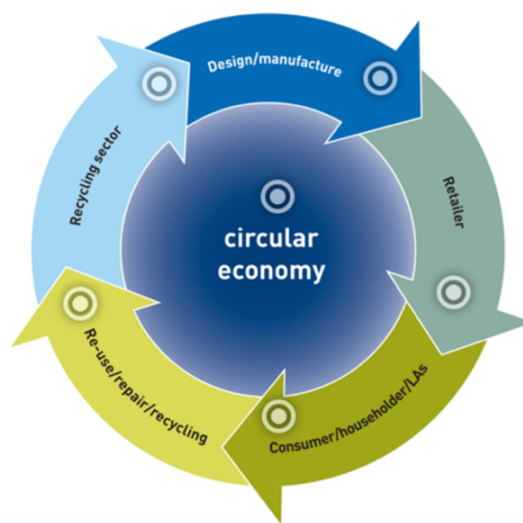


Figure 14. Schéma de l'ÉC par WRAP
 Source : (WRAP, 2018)

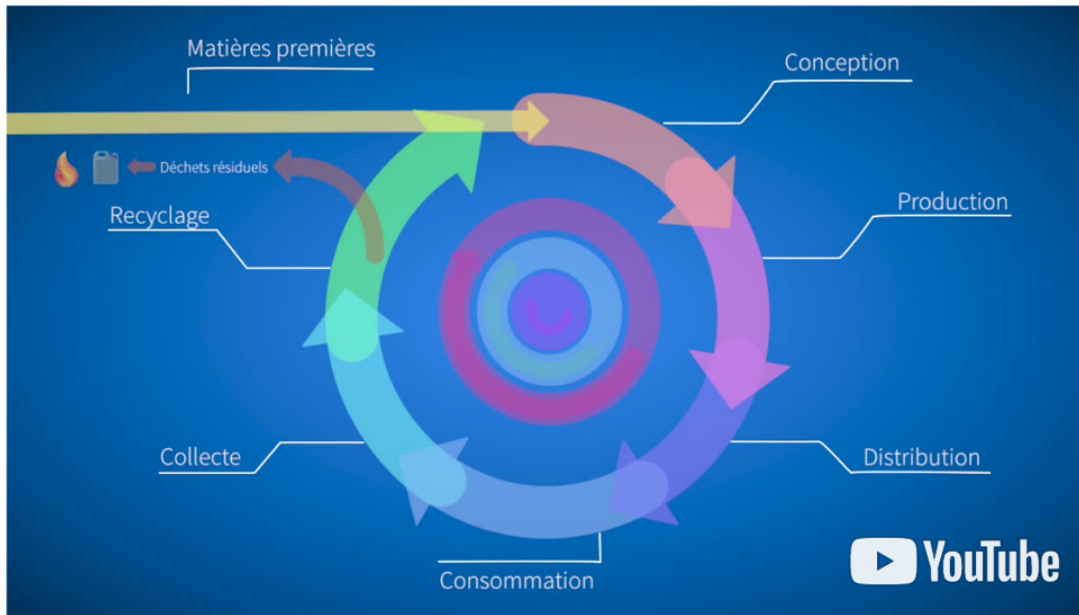


Figure 15. Schéma de l'ÉC par ReNew

Source: (ReNew, 2018)

1.4 Circularité dans l'industrie des textiles

Un des modes de déploiement de l'ÉC se fait avec une approche par filière, c'est-à-dire selon un secteur d'activité précis. Ceci permet de tenir compte des spécificités d'un secteur et d'affiner les stratégies : dans le cas qui nous intéresse, la filière des textiles.

L'industrie étant menée en grande partie par le secteur de la mode, les textiles se distinguent des autres filières de matériaux. Ils sont bien plus qu'un simple emballage de plastique ou du bois de construction, ils ont une valeur esthétique et sémantique. Bien que le vêtement ait un aspect fonctionnel lorsqu'il protège des intempéries, il est aussi reconnu comme un outil d'expression essentiel à la vie en société. (Eicher & Roach-Higgins, 1995).

1.4.1 Les principes

Les principes de base soutenant l'ÉC doivent donc être redéfinis en fonction des particularités de la filière textile. Par exemple, lorsqu'il est question de **garder en circulation** les produits et d'**intensifier leur usage**, les stratégies comme l'économie de

fonctionnalité et de partage sont mises de l'avant. Afin de répondre aux désirs changeants des usagers, tout en s'éloignant du « porter-jeter », des entreprises offrent des garde-robes partagées de vêtements tendance. Bien que la location de vêtements pour des occasions spéciales (costume d'Halloween, *smoking*, robe de bal, etc.) soit une activité bien implantée depuis longtemps, ces modèles d'affaires, pour des produits du quotidien, sont tout à fait nouveaux. Des entreprises manufacturières font un pas de plus en offrant non seulement l'achat et la location de leurs produits, mais aussi la collecte de ceux-ci. Les produits en bon état sont revendus comme des articles de deuxième main et ceux abimés sont recyclés pour refaire des vêtements ou accessoires (Filippa K, 2018; MUD Jeans, 2018). L'intensification de l'usage signifie un changement de paradigme important. Les entreprises ont tout avantage à offrir des produits durables¹⁷, afin de les garder dans le système le plus longtemps possible sans avoir à les réparer ou les remplacer. Ici, l'outil d'écoconception devient primordial dans le développement de produits conçus pour la circularité (Fondation Ellen MacArthur, 2017).

Le principe qui tend à privilégier les **boucles les plus courtes** signifie conserver le plus possible la valeur des VALM suite à sa « première vie ». Ces boucles se déclinent en plusieurs niveaux, en commençant par le produit lui-même puis par l'étoffe, jusqu'à la fibre et, finalement, aux molécules constituant les matières textiles. Au premier niveau, l'intégrité globale du produit est conservée (réemploi), et sa valeur peut même augmenter avec le temps dans le cas des morceaux *vintage* (Gregson & Crewe, 2003). Les étoffes qui constituent le produit portent, quant à elles, les qualités structurelles des tricots ou tissages, ainsi que la valeur esthétique et sémantique des couleurs et des motifs qu'ils présentent. Les fibres, de leur côté, apportent des propriétés physiques et chimiques (Annexe 1), induites par leur morphologie (longueur, surface, ondulation, etc.), leur composition chimique de base et les ajouts, tels les apprêts chimiques. Les dernières boucles sont les mêmes que pour les autres matériaux : le niveau des chaînes moléculaires (polymérique) est suivi par la récupération d'énergie ou de biomasse (dans le cas de fibres cellulosiques).

¹⁷ Ici, le terme « durable » est employé dans le sens « qui dure longtemps » et non celui associé au « développement durable ».

Dans le secteur des textiles, le principe d'**application en cascade** serait appliqué si un t-shirt en coton, par exemple, était transformé en chiffons, puis en panneaux isolants et, finalement, en pâte de cellulose pour refaire de la rayonne. Ce scénario presque parfait n'existe toutefois pas encore. Pour le moment, seulement 1% des produits textiles sont recyclés en boucle fermée. De plus, les chiffons et les non-tissés industriels ne sont pas des débouchés à haute valeur ajoutée. Il est nécessaire de tisser des liens avec d'autres industries où les textiles récupérés ont le potentiel d'augmenter leur valeur (Fondation Ellen MacArthur, 2017).

Le modèle général d'ÉC, tel que présenté par la FEM, sépare les matériaux en deux flux distincts (biologique et technique), puisqu'il suppose que le chemin le plus « profitable » pour les matières organiques est de récupérer les nutriments pour nourrir la biomasse. Ceci est probablement souhaitable pour les matières ayant subi peu de transformations, mais le cas des matières textiles est différent. Les méthodes de production actuelles demandent énormément de ressources et d'énergie, qui sont perdues si les produits sont compostés, alors qu'elles sont potentiellement conservées lors du recyclage. De plus, la cellulose (présente dans le coton et les rayonnées) a une très faible valeur « nutritive » pour les sols (Fondation Ellen MacArthur, 2017). La laine, quant à elle, est une fibre d'exception que les initiés à la science des textiles peuvent reconnaître. Elle atteint un niveau de complexité chimique et de technicité non égalé, même par les fibres synthétiques les plus performantes (Roy & Mercier, 2017), il est donc préférable de la considérer comme un nutriment technique.

Le manque de « **pureté** » des matériaux entrant dans le système est sans aucun doute l'un des plus grands défis de circularité spécifique aux textiles. Beaucoup de produits textiles sont faits d'un mélange de fibres différentes, puisque la combinaison des matières permet d'améliorer l'apparence, les performances, le confort, la facilité d'entretien, etc. Le nombre de matières et leur pourcentage varient d'un produit à l'autre, donnant lieu à un éventail presque illimité de combinaisons. Jusqu'à présent, la confection et le choix des textiles par les designers/entreprises tiennent compte principalement de facteurs économiques, esthétiques et fonctionnels, mais d'aucune façon de leur traitement en fin de vie. De ce fait, les matières entrantes dans le système sont

complexes et il est difficile de contrôler la composition du flux sortant. La FEM propose de développer une « palette » de matériaux capable de répondre à chaque fonction/besoin, selon l'application, tout en simplifiant la composition des matériaux (Fondation Ellen MacArthur, 2017).

1.4.2 Les stratégies

De plus, en ce qui concerne les stratégies d'ÉC énumérées plus haut, elles ne trouvent pas toutes écho dans le domaine des textiles. Par exemple, la « remise à neuf » ou le « réusinage » ne sont pas des concepts employés pour parler d'un vêtement usé que l'on répare ou modifie. On parle plutôt de faire des « retouches » ou des ajustements. Le tableau 5, à la page suivante, présente les dix stratégies ÉC reconnues dans le monde des textiles. Elles sont présentées selon leur position dans la chaîne de valeur.

Tableau 5. Stratégies ÉC spécifiques aux textiles

Source : (Mercier, 2016)

Symbiose industrielle	Les résidus industriels, tels les fins de bobines de fils et de rouleaux de tissus ainsi que les retailles générées après la coupe des patrons d'une entreprise peuvent devenir la matière première d'une autre.
Entretien	Le lavage et le séchage des vêtements se font généralement par l'utilisateur lui-même, ou encore chez le nettoyeur. Chaque vêtement porte une étiquette détaillant les instructions pour son entretien.
Réparation	Remplacer des pièces usées ou brisées (Ex: fermetures éclair, boutons-pression) ou réparer les trous et déchirures à l'aide d'empiècements afin que le produit soit à nouveau portable. Peut être réalisée par l'utilisateur, une tierce partie ou par le fabricant.
Retouche <i>Alteration</i>	Modifications du vêtement afin qu'il s'ajuste aux proportions de l'utilisateur. Par exemple, raccourcir un pantalon, rapetisser ou agrandir la taille d'une jupe. Il peut aussi s'agir d'actualiser le style en remplaçant les boutons, en ajoutant des appliqués ou encore en ajoutant une teinture.
Économie de fonctionnalité	Les producteurs conservent la propriété de leurs produits et vendent le service que celui-ci offre aux consommateurs/utilisateurs, tout en en assurant l'entretien. Par exemple, une entreprise de tapis à un contrat de 5 ans avec un local commercial où elle assure l'entretien et le remplacement des parties usées pendant la durée du contrat.
Économie de partage	Permet à des utilisateurs d'obtenir ou d'offrir, de façon temporaire, un produit ou un service, de façon directe ou par l'entremise d'un médiateur (plateforme numérique ou non). La location de costumes pour des événements spéciaux est un exemple de ce modèle. Récemment, des entreprises offrent des abonnements à des garde-robes où des vêtements de marque peuvent être empruntés pour une période variant d'une semaine à un mois. Exemples : stationservice.co et chicmarie.com
Réemploi	Action permettant aux produits textiles récupérés, dont l'utilisateur primaire s'est débarrassé (généralement sous forme de don), d'être réutilisés. Aucune modification n'est apportée aux produits. Le réemploi inclut la vente aux friperies ainsi que l'exportation des vêtements à l'international.
Redesign	Les vêtements sont retaillés, décousus et complètement modifiés par une tierce partie pour créer de nouveaux produits textiles.
Recyclage	<p>Mécanique : Les textiles sont déchiquetés afin de retourner à l'état de fibres à partir desquelles il est ensuite possible de faire un nouveau textile. Les vêtements contenant plus de 60% de coton sont découpés pour faire des chiffons.</p> <p>Dissolution : Les fibres de cellulose (naturelles ou artificielles) sont dissoutes à l'aide de solvants. Les contaminants peuvent être séparés. Jusqu'à présent seulement fait à partir de la récupération postindustrielle.</p> <p>Refonte : Les fibres de polyester ou de nylon 6 sont refondues. Conserve la couleur et les autres contaminants. Avantage : moins sujet à la volatilité du prix du pétrole (Fondation Ellen MacArthur, 2017).</p> <p>Biodégradation : Les étoffes faites à base de fibres naturelles (animales et végétales) ainsi que les fibres artificielles à base de cellulose peuvent théoriquement être compostées. Par contre, des tests complémentaires devraient être réalisés afin de mesurer la toxicité résiduelle des teintures présentes dans les fibres après plusieurs cycles d'entretien. Une souche de champignon est capable de dégrader les fibres synthétiques.</p> <p>Dépolymérisation : Défait les liaisons entre les molécules et permet de refaire des fibres de qualité identique aux produits neufs.</p> <p>Valorisation énergétique : Les déchets textiles sont broyés, puis mélangés avec d'autres détritiques pour être brûlés comme source d'énergie dans les cimenteries.</p>

1.4.3 La schématisation

Dans le rapport *A New Textiles Economy : Redesigning Fashion's Future* (2017), la FEM propose un schéma pour rendre compte des particularités du recyclage dans l'industrie textile. On aperçoit la chaîne de valeur au centre, mais avec les termes spécifiques à la filière. Contrairement au schéma ÉC générique (figure 10), les flux ne sont pas divisés par matière biologique ou technique. De plus, un élément nouveau apparaît : il y a une différenciation entre les boucles postindustrielles (en mauve) et celles postconsommation (en turquoise). Ceci relève un point critique puisque les gisements de ces deux sources ont des caractéristiques différentes et ne peuvent être traités de la même manière. Le schéma ci-dessous illustre uniquement les voies de recyclage et les stratégies pour allonger la durée de vie, tels le réemploi, l'économie de partage et de fonctionnalité. Les outils de planification, tel l'écoconception, facilitant la circularité n'y apparaissent pas non plus.

FIGURE 17: TEXTILES RECYCLING CAN CAPTURE VALUE AT VARIOUS LEVELS

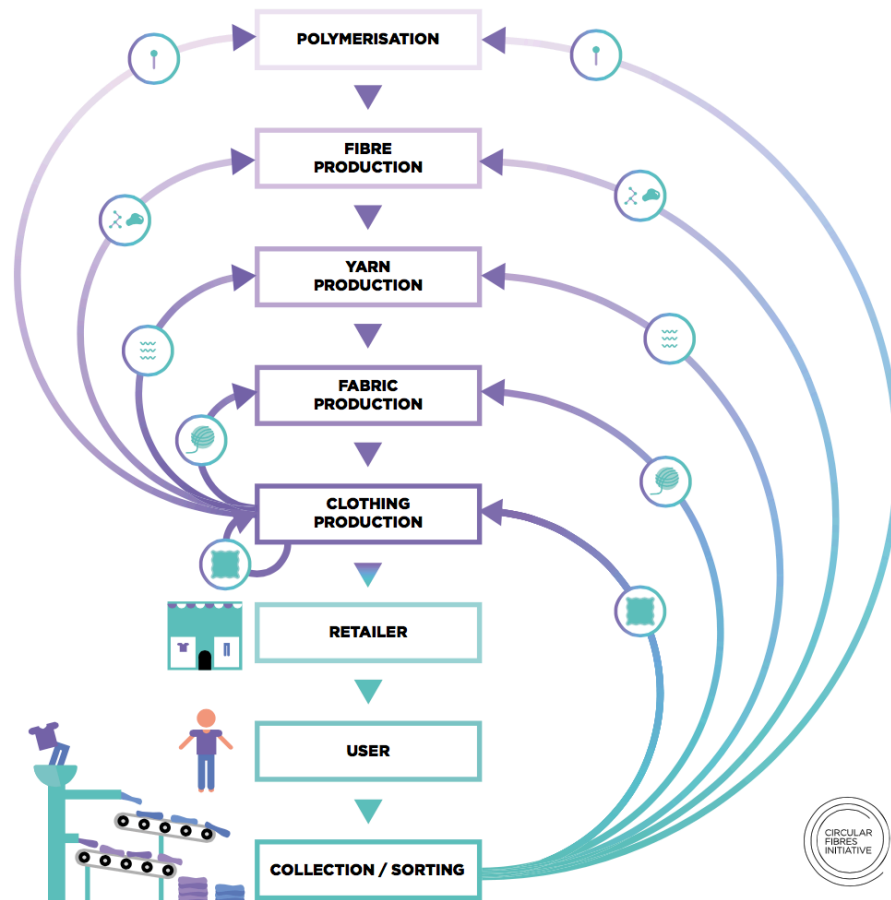


Figure 16. Schéma pour le recyclage des textiles
Source : (Fondation Ellen MacArthur, 2017, p. 95)

1.5 Résumé du chapitre 1

La vitalité économique des entreprises est intimement liée au cycle de production et de consommation. Pour s'assurer que la roue tourne, la durée de vie des biens de consommation est volontairement écourtée afin qu'ils soient remplacés fréquemment. Selon Fletcher (2012), la *fast-fashion* exemplifie à merveille ce consummateurisme.

Le modèle de production linéaire — où les ressources sont extraites, transformées, distribuées, consommées puis jetées — ne tient pas compte de la limite des ressources disponibles. De plus, selon Lanoie et Normandin (2015), il met en péril la rentabilité et la viabilité futures des entreprises.

La crise environnementale des années 70 est propulsée par le discours alarmiste, voire apocalyptique de certains environmentalistes, tel Meadows & Randers (2013). Ceci aura eu comme conséquence positive de mobiliser les grands organismes mondiaux et les gouvernements autour d'un plan d'action commun pour un développement durable. Cependant les mesures mises en place exigent des sacrifices et demandent de revoir les façons de faire. L'écoconception de produits et services occupe une place importante à ce niveau. Cette discipline, soutenue par l'analyse du cycle de vie, incite à une réflexion en amont sur toute la chaîne de valeur. Ce qui ouvre la porte à de véritables innovations dans les systèmes produits-services.

Toujours est-il qu'une multitude d'actions ont été déployées pour pallier aux enjeux socio-économiques et environnementaux au cours des dernières décennies. Tel que mentionné par l'Institut EDDEC (2018), l'économie circulaire tente de fédérer plusieurs de ces initiatives en les organisant en un tout cohérent dans la poursuite des mêmes objectifs. Malgré cela, les divergences entre les quelques organismes qui en font la promotion sont encore perceptibles. En effet, les définitions de ce qu'est l'ÉC, les stratégies mises de l'avant et les outils priorisés ne sont pas encore harmonisés. Il y a encore du travail à faire avant d'atteindre la portée et la reconnaissance du DD, si telle est l'ambition des protagonistes de l'ÉC.

Cela étant dit, certains principes de l'ÉC appliqués à l'industrie textile n'ont rien de vraiment nouveau, mais d'autres proposent un changement de paradigme important. Selon la FEM (2016), la combinaison de plusieurs des stratégies proposées à différents niveaux peut sans aucun doute conduire l'industrie globale vers une meilleure gestion des ressources, sans freiner ses activités économiques.

À la lumière des écrits présentés dans le présent chapitre, plusieurs directions sont envisageables pour la recherche. Il est possible de se questionner sur les façons de ralentir la consommation de vêtements, ou encore comment appliquer des principes d'écoconception au design de mode ou encore chercher à développer des modèles d'affaires découplant la vitalité économique de l'extraction des ressources. Cependant, force est d'admettre que tous ces principes ne font que repousser le moment où le produit textile atteindra sa fin de vie et où il devra inéluctablement être recyclé.

1.6 Questions de recherche

La recherche se penche donc sur le gisement de VALM lui-même et son potentiel de circularité. Contrairement aux emballages de produits de consommation courante, par exemple, les textiles récupérés postconsommation comportent un nombre incalculable de permutations : types de vêtements, genres, tailles, couleurs, compositions, structures des étoffes, apprêts, niveaux d'usure, contaminants, etc. Puisque le tri actuel est axé sur le réemploi, plusieurs de ces variables sont inconnues. Dans l'esprit de l'ÉC, aucune projection de deuxième vie ne peut se faire à l'aveugle, ni techniquement, ni en applications raisonnables.

Afin de soutenir la transition des textiles vers la circularité, quelles sont les caractéristiques des vêtements, accessoires et linges de maison présentes dans le gisement postconsommation pouvant être mises en valeur dans de nouveaux produits? Afin d'identifier des débouchés potentiels pour les textiles postconsommation, le premier objectif est de quantifier les matériaux textiles disponibles dans le gisement et de déterminer les propriétés physico-chimiques qui leurs sont associées. Le deuxième objectif est d'identifier les caractéristiques du gisement qui peuvent freiner ou faciliter la valorisation.

2 Méthodologie

La démarche méthodologique privilégiée pour répondre aux objectifs de la question de recherche, s'inscrit dans une logique de recherche par induction, où le point de départ repose sur les observations faites sur le terrain et desquelles il est possible d'extraire des généralités qui pourront être extrapolées et appliquées à un contexte plus large.

L'approche choisie est quantitative et descriptive afin d'obtenir des données **empiriques** dont les résultats seront chiffrés et livrés sous forme de tableaux. La caractérisation des textiles rebutés prend la forme d'un recensement qui permet d'analyser les données recueillies de façon statistique (Creswell, 2003, pp. 13-21).

2.1 Terrain de recherche

La collecte de données s'est déroulée aux mois de juin et juillet 2015 dans le cadre d'un stage de recherche subventionné par MITACS et Certex. Le terrain de recherche se situe au centre de tri Certex à Saint-Hubert sur la rive sud de Montréal. Cet organisme à but non lucratif a deux missions distinctes, la première étant soutenue par Emploi-Québec pour l'insertion de personnes ayant des limitations fonctionnelles. La deuxième est une mission environnementale dont les visées sont de réduire les déchets en s'appuyant sur la philosophie des 3R-V. Certex a reçu en 2015 un soutien financier de Recyc-Québec pour l'ouverture d'une deuxième usine de traitement des vêtements, celle-ci à Terrebonne. Le centre emploie environ 100 personnes dans son usine de Saint-Hubert et une dizaine dans ses bureaux administratifs. Chaque année, le centre trie en moyenne 6 000 tonnes de VALM. Au moment de la collecte de données, Certex comptait environ 150 catégories de vêtements, allant de la blouse de femme jusqu'aux jeans d'enfant en passant par les t-shirts en coton. 60% des produits triés sont destinés aux marchés d'exportation, 10% aux chiffons et 30% vont à l'enfouissement.

2.2 Procédures

Avec l'aide de la direction de Certex, 18 catégories de VALM ont été identifiées comme n'ayant pas d'avenir sur le marché de la revente et qui sont donc vouées à l'enfouissement. Sur une période de deux mois, le bureau des opérations a fourni une

« cage » de chacune des 18 catégories de vêtements voués à l'enfouissement. Bien installée au cœur de l'usine et munie d'un enregistreur, la chercheuse a enregistré pour plus de 36 heures de commentaires vocaux, soit une moyenne de deux heures par catégorie. **Au total, plus de 10 250 items ont été caractérisés.**

L'obtention d'un certificat d'éthique n'a pas été nécessaire puisque la collecte de données n'implique pas de sujets humains, mais plutôt des vêtements, accessoires et autres linges de maison (VALM).

La collecte de données fut effectuée avec des équipements de base. Ont été mis à sa disposition :

- Un espace de travail dans les bureaux de l'administration
- Des panneaux de *foamcore* pour attacher les échantillons de tissus prélevés
- Une imprimante et du papier
- Un espace dans l'usine
- Une chaise et des boîtes de plastique
- Une balance
- Une cage de 200 kg remplie de vêtements pour chacune des 18 catégories

La chercheuse a fourni :

- Un ordinateur
- Un téléphone intelligent qui prend des photos et avec l'application « dictaphone »
- Des écouteurs munis d'un micro
- Une paire de ciseaux
- Du papier collant double face
- Des sacs de type *ziplock*

Les cages contenant les items à caractériser, identifiées par les codes de Certex, furent transportées et déposées dans la section de l'usine surnommée « la cage à poule » où les clients de l'entreprise, tels les friperies et les éco-designers, peuvent acheter des vêtements au poids. Cette section, un peu à l'écart, permet ainsi les activités de la recherche sans perturber celles des employés. Une deuxième cage vide est déposée à proximité. Chaque item se trouvant dans la cage est soulevé, manipulé pour bien le voir et finalement placé dans la deuxième cage. Tous les commentaires sont dits à voix haute

afin d'être enregistrés par le dictaphone. Il va sans dire que les passants s'étonnaient de voir quelqu'un parler à des vêtements...



Figure 17. Cage de 200 kg de vêtements dans l'usine de Certex
Crédits : M.-C. Mercier

2.2.1 Échantillonnage

Les 200 kg de vêtements de chacune des 18 catégories représentent un échantillon aléatoire par grappe. La quantité de vêtements triés chaque année varie selon la catégorie. Par exemple, le centre traite davantage de « tricotés mélangés » (372 123 kg) que de « pantalons mélangés » (1 780 kg). Néanmoins, 200 kg de vêtements par catégorie correspond à un échantillonnage probabiliste avec une marge d'erreur variant de ± 3 à 4% pour un intervalle de confiance de 95% (Dillman, Smith, & Christian, 2009) selon la catégorie (tableau 6).

Tableau 6. Échantillonnage (intervalle de confiance de 95%)

18 catégories de mal-aimés, Certex 2015

Code	Nom	Moyenne pour l'année 2015 (kg)	Taille de l'échantillon	Marge d'erreur
PT-TM	Tricots mélangés	372123	200	0,04
PT-LT	Lainages tissés	89055	200	0,04
R-PMM	Pantalons médium	87582	200	0,04
R-PF	Pantalons de femme	82015	200	0,04
R-CM	Coton mixte	60169	200	0,04
PT-HH	Linges de maison	56142	200	0,04
R-BB	Bébés & enfants légers	41556	200	0,04
R-MIX	Vêtements mélangés légers	31506	200	0,04
R-DM	Denim mixte	26966	200	0,04
PT-PL	Polar	25414	200	0,04
PT-PCORD	Pantalons <i>corduroy</i>	24006	200	0,04
PT-POM	Polyester mélangé	18191	200	0,04
PT-MP	Manteaux de printemps	10989	200	0,04
PT-VES	Vestons mélangés	9189	200	0,04
PT-VN	Vêtements de nuit	6457	200	0,03
R-CMED	Chemises médium	4449	200	0,03
PT-B	Blouses	1925	200	0,03
PT-PM	Pantalons mélangés	1780	200	0,03
TOTAL		949513		

La marge d'erreur est calculée à l'aide la formule suivante:

$$N_s = \frac{(Np) (p) (1-p)}{(Np-1) (B/C)^2 + (p) (1-p)}$$

$$C = \frac{B}{\sqrt{\left(\left(\frac{(Np) (p) (1-p)}{N_s} \right) - (p) (1-p) \right) / (Np-1)}}$$

N_s = taille de l'échantillon

Np = taille de la population

p = prévalence estimative (valeur par défaut 0.5 pour 50-50)

C = marge d'erreur

B = Intervalle de confiance (95% = Z écart type 1.96)

(Marchand, 2015)

2.2.2 Collecte des données

Deux types de données ont été collectées, d'abord les données qualitatives invoquées sont colligées à partir de la littérature sur la science des textiles ; ensuite les données quantitatives provoquées sont le type d'items, la structure des étoffes, la présence de contaminants, la présence d'une doublure et le contenu en fibres.

2.2.2.1 Données qualitatives invoquées

Cette étape consiste à faire une recherche dans la littérature sur la science des textiles afin d'invoquer les données sur les propriétés physiques et chimiques, ainsi que certaines qualités esthétiques et environnementales propres à chaque matière. Ces propriétés détaillées facilitent l'identification des matières textiles susceptibles de répondre aux exigences du cahier de charges de futures applications (Roy, 2016b). L'ouvrage de référence *Textiles* liste environ une quarantaine de propriétés (Kadolph, 2017), dont onze sont jugées pertinentes pour les textiles postconsommation :

- Taux d'absorption de l'eau (%)
- Affinité tinctoriale
- Toucher
- Isolation thermique
- Densité (g/cm³)
- Ténacité (g/denier)
- Entretien

- Comportement à la chaleur/flamme
- Résilience
- Résistances : UV, moisissure, base / acide
- Impacts environnementaux

2.2.2.2 Données quantitative provoquées

Pour chaque item présent dans la cage, les informations relevées sont les suivantes :

Type de vêtement : À l'intérieur d'une même catégorie il peut se trouver des types légèrement différents, par exemple un pantalon habillé, de sport ou décontracté. Les termes utilisés pour décrire les types sont tirés en partie du *Vocabulaire de l'habillement* (Office de la langue française, 1994) et des connaissances de la chercheuse, acquises durant ses années de travail dans l'industrie de la mode.

Structure de l'étoffe : Il existe trois grands groupes, soit le tricot, le tissé ou le non-tissé. Toutefois, les variations dans ces structures de base portent un nom distinct, par exemple « satin », « dentelle », « ratine », etc. Ces structures sont identifiables par un simple examen visuel, mais requiert une connaissance de base des matières textiles pour les différencier. Les termes utilisés pour décrire les étoffes sont basés sur l'ouvrage de référence *Textiles* (Kadolph, 2017) et des connaissances antérieures de la chercheuse.

Contaminants : Sur chacun des items analysés, toutes les composantes d'un vêtement qui ne sont pas en textile (boutons, fermetures éclair, perles, rivets, anneaux, etc.) ont minutieusement été relevées.

Contenu en matière textile (tel qu'indiqué sur l'étiquette) : L'étiquetage des textiles est défini légalement par des termes génériques basés sur leur composition chimique (tableau 3). Le pourcentage de chacune des matières contenues dans un vêtement est relevé à partir des informations trouvées sur les étiquettes à l'intérieur de chaque item. Plusieurs vêtements présentent un mélange de fibres. Les normes sur l'étiquetage n'obligent pas à faire la distinction entre les mélanges de fibres et de fils. Cependant, les parties du vêtement faites de différentes étoffes sont indiquées sur l'étiquette.

L'ordre dans lequel ces informations sont collectées est dicté par la facilité avec laquelle l'information est obtenue. Le type est déterminé au premier coup d'œil alors que la

structure de l'étoffe et les contaminants demandent un examen plus minutieux. La lecture des étiquettes est l'opération la plus fastidieuse, puisqu'elles ne sont pas toujours au même endroit ou peuvent simplement être absentes. Certains usagers préfèrent l'enlever au moment de l'acquisition et les produits de confection artisanale n'en ont que très rarement. Ces situations expliquent le pourcentage de « fibres inconnues » dans chacune des 18 catégories. De plus, les étiquettes sont parfois difficiles à lire parce que le lettrage s'est estompé avec le temps ou encore, elles sont repliées sur elles-mêmes, ce qui exige une manipulation supplémentaire.

Le temps de caractérisation est différent pour chaque catégorie puisque la quantité d'items qui s'y trouvent varie en fonction du volume de ces derniers. Par exemple, la cage de 200 kg de vêtements de bébé (PT-BB) comprend 1 339 items alors que celle des laines polaires (PT-PL) n'en contient que 231. Les vêtements de bébé sont petits tandis que les vestes en laines polaires sont volumineuses. La durée de l'enregistrement pour une cage est en moyenne de deux heures, variant entre une et quatre heures.

Afin de conserver une trace physique des vêtements analysés, des items représentatifs de leur catégorie ont été sélectionnés, pesés, puis photographiés et finalement coupés pour en extraire quatre échantillons de cinq pouces par cinq pouces (5" x 5") (figure 18). Chaque échantillon s'est vu attribué un code composé de lettres correspondant à sa catégorie ainsi qu'un numéro. De plus, le pourcentage des fibres de chaque échantillon est transcrit tel que lu sur l'étiquette d'origine du vêtement. La quantité d'items collectés par catégorie varie selon le niveau d'homogénéité de celle-ci. Par exemple, pour une catégorie où les types de vêtements et les étoffes sont très semblables, comme les denim (R-DM), onze échantillons ont été recueillis ; alors qu'une catégorie hétérogène, tel le « coton mixte » (R-CM), demande un prélèvement plus étendu afin de représenter les différents types. Un échantillon est collé sur un panneau de *foamcore* afin de faciliter la consultation visuelle, les trois autres sont conservés dans des sacs de type *ziplock*.



Figure 18. Échantillons d'étoffes et espace de travail dans les bureaux de Certex
Crédits : M.-C. Mercier

2.2.2.3 Traitement des données quantitatives

C'est au mois d'août 2015 que les données recueillies ont été transcrites dans un fichier de calcul Excel. Cette retranscription a demandé plus que les 36 heures d'enregistrement initiales à cause des pauses fréquentes et à l'écoute répétée de certains passages. Le débit de la chercheuse, souvent trop rapide pour l'entrée des données dans le fichier numérique, en est la cause.

L'en-tête des fichiers de calcul indique chacune des informations à inscrire. Par exemple, pour le type de vêtements, des termes comme « sport », « propre ou habillé » ou « *casual* ou décontracté » sont utilisés pour décrire les différents pantalons de femme. Sous « étoffe » on retrouve des descriptions telles que « tissé », « polar ou laine polaire », « satin », etc. Le pourcentage de chaque fibre est noté sous son nom générique : coton, polyester, rayonne, acrylique, nylon, laine, spandex, etc. En ce qui concerne les vêtements sans étiquette, leur composition est inscrite comme étant 100% inconnue. Sous le titre « accessoires » le chiffre correspondant au nombre d'ajouts non-textiles (contaminants) est inscrit (exemple : une fermeture éclair = 1, une fermeture éclair et des boutons = 2).

Pour les étoffes secondaires, telles les doublures, le pourcentage de chaque fibre est noté tout comme pour l'étoffe principale. Ceci est possible seulement lorsque ce pourcentage est mentionné sur l'étiquette (figure 19).

PT-VN Vêtements de nuit

Type	Étoffes	%	Coton	Nylon	Polyester	Élastane	Inconnu	Doublure	Accessoires
Bobette	fillet	100		100					0
camisole	fillet	100					100		0
camisole	fillet	100					100		0
camisole	fillet	100		100					0
veste	fillet	100			100				0
Bobette	dentelle	100		100					0
Boxer	fillet	100					100		0
Bobette	dentelle	100		100					0
camisole	filet	100					100		0
camisole	dentelle	100		50	50				0
Bobette	dentelle	100			100				0
Bobette	dentelle	100			100				0
Bobette	dentelle	100			100				0
P. de pyjamas	coton outté	100	35		65				0
Boxer	fillet	100					100		0
Jaquette	coton outté	100	65		35				0
Robe de chambre	satin	100	20	44	36				0
H. pyjamas	tricot	100	55		45				0
P. de pyjamas	tricot	100	55		45				0
Chemise de nuit	coton outté	100	50						0
camisole	fillet	100					100		0
TOTAL	1090	100	48	25	19	4	1		0

Figure 19. Exemple extrait d'un fichier de collecte de données

Au moment de traiter les données, les différentes étoffes ont été regroupées sous un des deux grands groupes, soit tissé ou tricot.

Les pourcentages de chaque matière contenue dans chaque item (tels qu'indiqués sur l'étiquette) sont additionnés ensemble, puis divisés par le nombre d'items dans la catégorie caractérisée. L'hypothèse est que les items d'une même catégorie sont de poids et de volume semblables, ce qui signifie qu'ils sont représentés également les uns par rapport aux autres au sein de leur catégorie. Le nouveau pourcentage ainsi obtenu donne le profil global du mélange de cette catégorie.

Le traitement des données met en relief les caractéristiques propres à chacune des 18 catégories. Les fichiers de calcul permettent de quantifier les données collectées telles

que le nombre exact d'items par cage de 200 kg caractérisée pour déduire le poids moyen de chacun d'eux ; les différents types de vêtements qui composent la catégorie étudiée ; le pourcentage d'items faits d'étoffe tissée ou tricotée ; le pourcentage de vêtements présentant des contaminants ainsi que ceux composés de plus d'une étoffe. De plus, il permet de tracer un « profil » général du contenu en fibre propre à chaque catégorie. Ce calcul est réalisé par l'addition des pourcentages recueillis puis par la division du résultat par le nombre d'items de la catégorie caractérisée.

2.2.3 Méthode d'analyse des données

Certaines catégories sont « hétérogènes » puisqu'elles sont composées de types de vêtements très différents les uns des autres. L'analyse ultérieure montre qu'il est possible d'identifier ces vêtements afin de former des « sous-catégories » dont les caractéristiques sont plus homogènes. La formation de celles-ci est une combinaison entre l'information fournie sur l'étiquette ainsi que la reconnaissance visuelle des types de vêtements.

2.2.3.1 Formations des sous-catégories (SC)

Lors de ce travail manuel, nous avons observé que plusieurs catégories sont « hétérogènes » puisqu'elles regroupent des types de vêtements différents. Par exemple, la catégorie de pantalons en velours côtelé (PT-PCORD) ne contient que ce type de pantalon, contrairement à la catégorie de vêtements légers (R-MIX) dans laquelle on distingue des chemises, des t-shirts, des maillots de bain et même des cravates. Ainsi, certaines catégories établies par Certex pourraient facilement être divisées en **sous-catégories (SC)** qui tiendraient compte du type du vêtement en même temps que du type de fibres qui le compose, puisque généralement un type d'étoffe correspond à un type de vêtement. Ces **SC** rassemblent non seulement les items d'un même type, mais aussi les **mêmes mélanges de fibres**. Bien que ceci s'explique aisément par la science des textiles — qui assigne des propriétés spécifiques aux fibres (ainsi qu'à leur mélange) à des contextes d'utilisation — **ceci représente une découverte qui n'était pas prévue dans le protocole de recherche**. Par exemple, au sein de la catégorie de Certex nommé « Manteaux de printemps (PT-MP) », on en distingue facilement trois types. Les manteaux de « sport » qui ont tous : un col montant, une ouverture devant avec

fermeture éclair, une doublure mais sans bourre, souvent un capuchon intégré ; ils sont faits d'un tissu imperméable et ils sont composés presque uniquement de fibres synthétiques. Alors que les manteaux de type « *trench coat* » sont faciles à reconnaître grâce au col tailleur, à l'ouverture devant avec boutons et des tissus dans une gamme de couleurs neutres allant du beige au brun en passant par le taupe. De plus, la fibre de coton domine largement leur composition. La troisième **SC** se différencie des autres puisqu'elle n'est pas composée d'une étoffe tissée, mais bien d'un tricot. Les cardigans ont généralement une fermeture éclair à l'avant, un capuchon ou un col cheminée et parfois une poche « kangourou » à l'avant. Ces tricots sont composés d'un mélange de fibres cellulosiques et de polyester.

PT-MP (100) coton1/poly1/nylon1

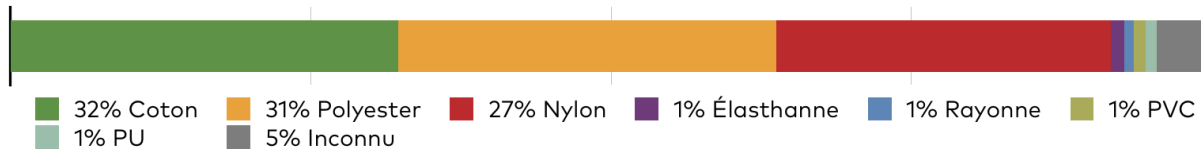


Figure 20. Profil du mélange de fibres de la catégorie manteaux de printemps (PT-MP)

PT-MP (61) Ti - Nylon1/poly1

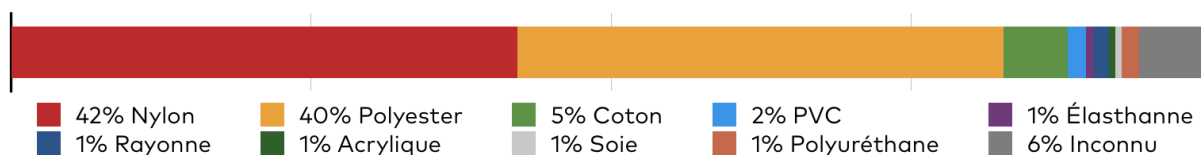


Figure 21. Profil du mélange de la sous-catégorie (SC) « sport »

PT-MP (25) Tr - Coton2/poly1

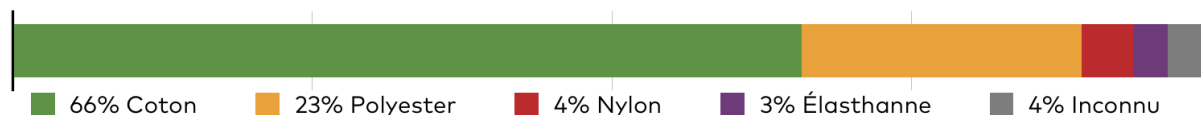


Figure 22. Profil du mélange de la sous-catégorie (SC) « cardigan »

PT-MP (14) Ti - Coton4/autre1

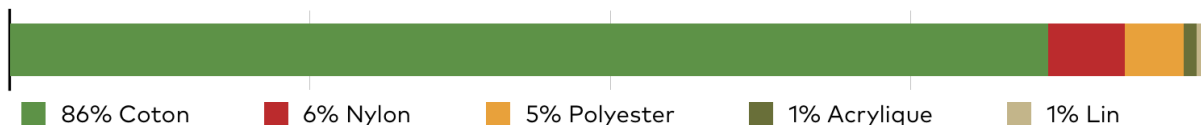


Figure 23. Profil du mélange de la sous-catégorie (SC) « trench coat »

Ces SC pourraient être facilement identifiées par la simple **reconnaissance visuelle** des types d'items et des étoffes. Les résultats montrent qu'il est possible d'assigner un

« profil de contenu » aux **SC** de vêtements sans avoir à lire les étiquettes ou encore investir dans de nouvelles infrastructures.

2.2.3.2 Codage des sous-catégories (SC)

Le traitement des données a fait apparaître une corrélation entre les types de vêtements identifiés et leur contenu en fibres. À même les catégories de Certex, il est possible de former des **sous-catégories (SC)** selon le type du vêtement. Chaque **SC** est identifiée par un code énonçant la structure de l'étoffe, son contenu, sa catégorie d'origine et sa proportion par rapport à sa catégorie d'origine.

Par exemple, à l'intérieur de la catégorie des « manteaux de printemps (PT-MP) », trois **SC** se distinguent :

Type « sport » : Tissé de polyester ou de nylon avec fermeture éclair, doublure, sans bourre, parfois des empiècements de filet, col cheminée, capuchon, taille ample.

Type « trench coat » : Tissé de coton avec des boutons, couleurs pâles dans les teintes de beige, col tailleur, taille ajustée, longueur mi-cuisse.

Type « cardigan » : Tricot de coton et polyester avec fermeture éclair, col cheminée, tricot côte 1x1 aux ourlets et poignets.

Prenons l'exemple de la **SC** « sport » des manteaux de printemps (PT-MP).

Le codage se présente alors comme ceci : **PT-MP (61) Ti - nylon1/poly1**

« **PT-MP** » est le code de la catégorie d'origine au centre de tri.

« **(61)** » indique que cette **SC** représente 61% de la quantité totale d'items de la catégorie d'origine.

« **Ti** » fait référence à l'étoffe tissée. « **Tr** » est utilisé pour les tricots.

« **nylon1/poly1** » indique les fibres majoritaires et les proportions dans lesquelles elles se retrouvent dans la **SC**. Ici les pourcentages réels sont de 42% nylon, 40% polyester, 12% autres et 6% inconnu.

2.2.3.3 Formation des nouvelles catégories (NC)

Une analyse plus poussée des données permet de reconnaître des profils de mélanges semblables entre des **SC** différentes. Par exemple, la **SC** de manteaux de printemps « cardigans » (PT-MP (25)) est composée des mêmes matériaux que la **SC** des pantalons « sport » de femme en tricot (PT-PM (20)).

Le diagramme suivant illustre les étapes de classification qui permettent de former les **nouvelles catégories (NC)**, regroupant les matériaux semblables à partir des catégories d'origine de Certex. De cette manière, les catégories d'origine sont divisées en **SC** en tenant compte du type de produits et des étoffes dans lesquelles ils sont fabriqués. Puis ces **SC** sont regroupées en de **NC** dont les profils de mélanges sont homogènes et dont les propriétés physiques et chimiques peuvent être déduites en se basant sur la science des textiles. Ces **NC** pourront répondre aux besoins de différents secteurs d'application.

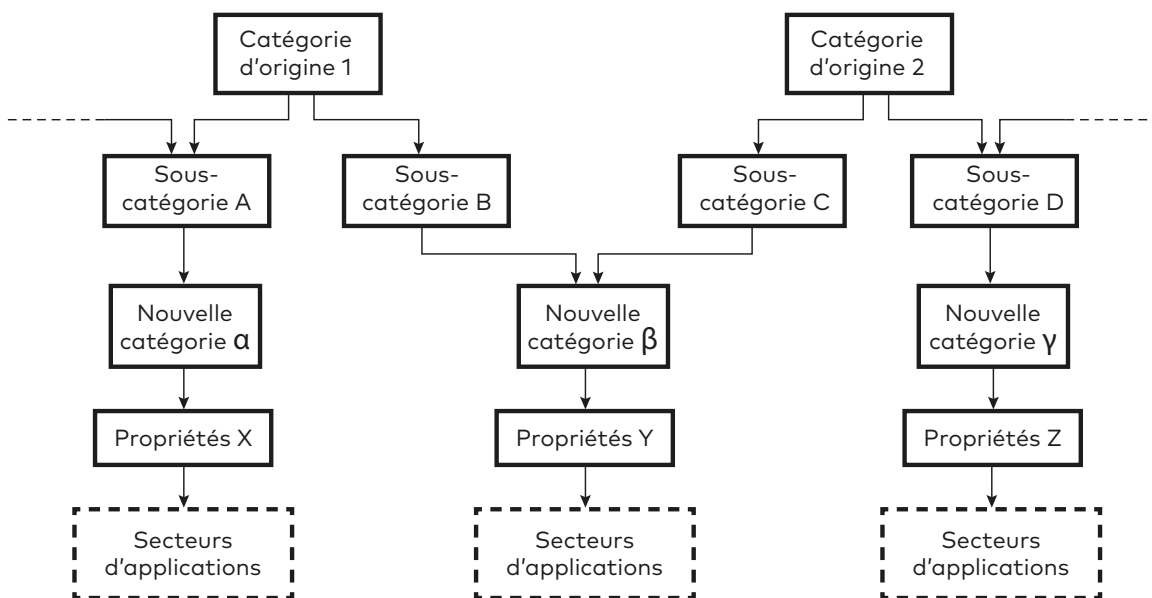


Figure 24. Diagramme de la formation des nouvelles catégories (NC)

2.2.3.4 Calculs des propriétés résultantes

Un profil du mélange de fibres est établi pour chacune des six **NC**. À l'aide des données invoquées dans la littérature sur la science des textiles, il est possible d'extrapoler les propriétés potentielles de ces **NC**.

Par exemple, si un mélange est composé de 50% coton et 50% de polyester, le calcul du taux d'absorption de l'humidité se fait sur une base proportionnelle. Le taux du coton se situe à 8,5 %, celui du polyester à 0,5 %. Le taux potentiel d'absorption de ce mélange est donc : $(8,5 \times 0,5) + (0,5 \times 0,5) = 4,5 \%$

Le tableau 7 ci-dessous montre le calcul du taux d'absorption potentiel pour un mélange 68% laine, 12% polyester, 4% acrylique, 3 % rayonne, 2 % nylon, 1% coton et 1 % soie. Le résultat est 13,48 %

Tableau 7. Exemple de calcul du taux potentiel d'absorption

Fibres	Absorption (%)	% de la fibre	% dans mélange
Laine	17,5	68	11,9
Polyester	0,5	12	0,06
Acrylique	1,45	4	0,058
Rayonne	12,5	3	0,375
Nylon	4	2	0,08
Coton	8,5	1	0,085
Soie	11	1	0,11
Total			13,48

Ces calculs sont effectués pour chaque **NC** pour le taux d'absorption, la densité et la ténacité. Le tableau 8 présente ces trois données pour chaque fibre.

Tableau 8. Taux d'absorption, densité et ténacité par matières textiles

Propriétés	Coton	Polyester	Viscose	Acrylique	Nylon	Laine	Lin	Soie	Acétate	PP/PE	Élasthanne
Absorption (%)	8,5	0,5	12,5	1,45	4	17,5	9	11	6,5	0,5	0,3
Densité (g/cm3)	1,54	1,37	1,52	1,16	1,14	1,32	1,49	1,25	1,31	0,91	1,25
Ténacité (sec) (g/d)	4,5	5,5	2	2,5	5	1,45	6	4	1,5	7	4,5

3 Résultats

Les informations présentées dans cette section sont le résumé du document *Boucler la boucle des textiles postconsommation. Caractérisation du gisement des mal-aimés de Certex* présenté à la direction de Certex en septembre 2017. Ce document de plus de 80 pages présente en détail le résultat de l'analyse des données pour chacune des 18 catégories pour lesquelles l'organisme cherche des débouchés. Des photos des items représentatifs de chaque catégorie peuvent être consultées à l'annexe 2.

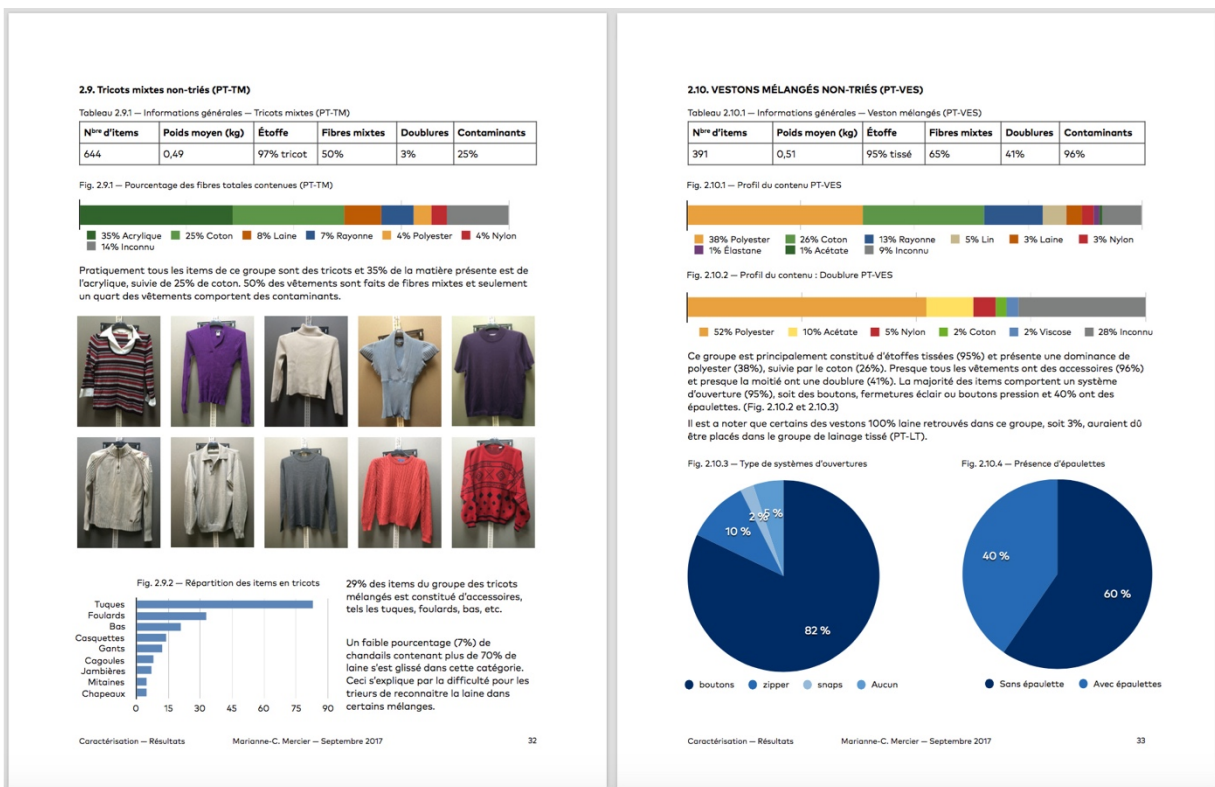


Figure 25. Extrait des résultats du document remis à Certex, septembre 2017

Source : (Mercier, 2015)

3.1 Profils des 18 catégories de « mal-aimés »

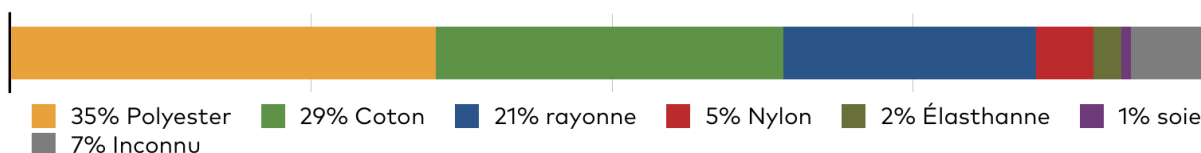
Pour chaque catégorie, les informations générales sont présentées dans un tableau. Le « N^{bre} d'items » indique combien d'items ont été caractérisés dans une cage. Le poids moyen est calculé en divisant 200 kg (poids moyen d'une cage) par le nombre d'items. Ensuite vient le pourcentage d'étoffes tissées par rapport à celles en tricot. Le pourcentage de fibres mixtes correspond au nombre d'items contenant plusieurs matières par rapport aux items avec un contenu « pur » (exemple 100% coton). Puis, se trouve le nombre d'items qui ont une doublure et, finalement, le nombre d'items qui ont des contaminants. Le profil du mélange de matières textiles de la catégorie est présenté sous forme de pourcentage. Chaque couleur est associée à une fibre différente.

3.1.1 Blouses non-triées (PT-B)

Blouses non-triées (PT-B) – Informations générales

N ^{bre} d'items	Poids moyen (kg)	Étoffe	Fibres mixtes	Doublures	Contaminants
931	0,21	56% tissé	63%	3%	58%

PT-B (100) poly1/coton1



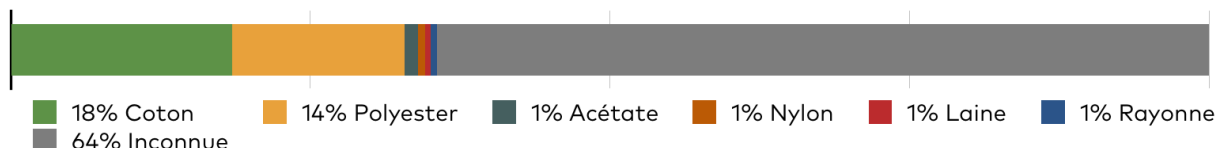
Les blouses de femme sont de poids léger, en moyenne 0,21 kg et sont très variées, peu importe le type d'étoffe (56% tissé, 44% tricot) ou le mélange de matériaux. Le groupe est dominé par le polyester (35%), suivi de près par le coton (29%) et la rayonne (21%). Ce groupe est aussi largement dominé, à 63%, par des étoffes faites de 2, 3 voire 4 fibres mélangées. Le mélange le plus commun est le polyester-élasthanne (22%), suivi par la rayonne-élasthanne (18%). Il est intéressant de noter qu'environ la moitié des PT-B sont soit 100% coton, 100% rayonne ou présentent un mélange avec plus de 60% de fibres de cellulose (coton et rayonne). Ces deux matières ont des propriétés absorbantes similaires.

3.1.2 Linges de maison non-triés (PT-HH)

Linges de maison non-triés (PT-HH) – Informations générales

N ^{bre} d'items	Poids moyen (kg)	Étoffe	Fibres mixtes	Doublures	Contaminants
691	0,29	95% tissé	69 %	0 %	6 %

PT-HH (100) inconnue



Ce groupe est difficile à caractériser puisqu'il est composé de types de produits différents les uns des autres, de tailles variables (passant de mouchoirs à de grands rideaux) et que les étiquettes de contenu sont rares, 64% des items n'ayant pas d'étiquettes

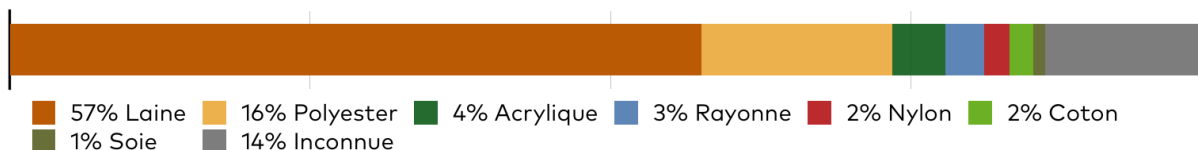
Une des caractéristiques de ce groupe est que chaque item est généralement plat et rectangulaire, offrant ainsi des surfaces textiles sans coutures et de contaminants. Ceci peut être une opportunité à exploiter. De plus, les taies d'oreiller et les draps que l'on retrouve en grande quantité sont généralement de format standard. Les taies font environ 50cm x 90cm, doubles, en toile légère ou en flanelle. Les draps de lit *Queen* (ou grand deux places) sont les plus communs et mesurent environ 240cm x 260cm (draps plats) et 150 cm x 200 cm (draps-housses).

3.1.3 Lainages tissés (PT-LT)

Lainages tissés (PT-LT) – Informations générales – Vêtements 80%

N ^{bre} d'items	Poids moyen (kg)	Étoffe	Fibres mixtes	Doublures	Contaminants
150	0,70	92% tissé	44 %	25%	71%

PT-LT (80) Ti - Laine2/poly1



Ce groupe doit être divisé en deux catégories distinctes, soit les vêtements (manteaux, vestons, vestes et pantalons) et les couvre-chefs (chapeaux, bérets, casquettes et tuques). Cette séparation est nécessaire lorsque l'on se penche sur le poids moyen des items. Bien que 53% des morceaux caractérisés soient des couvre-chefs, ils ne représentent que 20% du poids. Nous évaluons le poids moyen de ces derniers à 0,13 kg et les vêtements autour de 0,7 kg. Dans le groupe des vêtements de lainage, plus de 92% des étoffes sont des tissés et seulement 8% des tricots. Il n'est pas surprenant de constater que 71% des vêtements ont des contaminants, principalement des systèmes d'ouverture tels les boutons et fermetures éclair. Le pourcentage total de laine est de 57%.

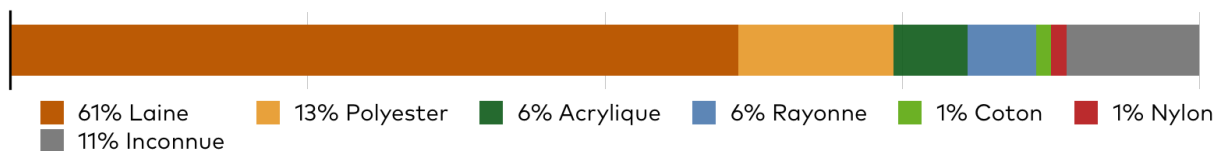
Dans le groupe des vêtements, nous retrouvons 35% de manteaux, 26% de vestons, 21% de pantalons et 17% de vestes. 40% d'entre eux sont 100% laine. 49% contiennent plus de 70% de laine.

Nous faisons une distinction entre les « vestons » et les « vestes », puisque ces dernières ne comportent généralement pas de col, peuvent être en tricot et n'ont pas toujours de doublure ou de manches.

Lainages tissés (PT-LT) – Informations générales – Couvre-chefs 20%

N ^{bre} d'items	Poids moyen (kg)	Étoffe	Fibres mixtes	Doublures	Contaminants
169	0,13	93% tissé	63%	85%	74 %

PT-LT (20) Ti - Laine2/poly1



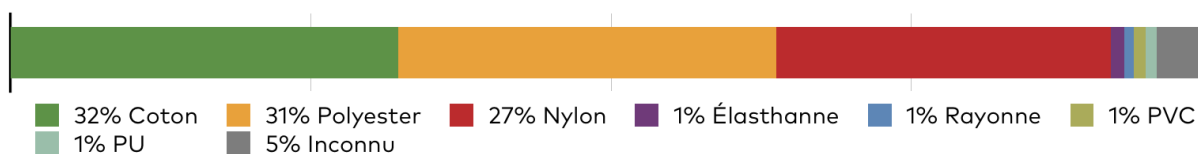
En ce qui concerne les chapeaux (54%), bérets (23%), casquettes (20%) et tuques (2%), 90% sont tissés et 85% comprennent une doublure. Le groupe est composé de 61% de laine, mais 65% des couvre-chefs sont faits de fibres mélangées.

3.1.4 Manteaux de printemps (PT-MP)

Manteaux de printemps (PT-MP) – Informations générales

N ^{bre} d'items	Poids moyen (kg)	Étoffe	Fibres mixtes	Doublures	Contaminants
329	0,61	78% tissé	43%	53%	94%

PT-MP (100) coton1/poly1/nylon1



Les manteaux légers de ce groupe pèsent en moyenne 0,61 kg et sont majoritairement faits d'étoffes tissées. Les 22% de tricot sont attribuables en majorité à la présence de vestes de type sport et de cardigans confectionnés de « French Terry ». Trois matières sont présentes dans ce groupe en proportions presque égales, soit 32% coton, 31% polyester et 27% nylon. Moins de la moitié (43%) des vêtements sont faits de fibres mixtes.

Pratiquement la totalité (94%) de ces manteaux ont des systèmes d'ouverture, tels des boutons et/ou fermetures éclair.

Le groupe ne comprend pratiquement aucune trace d'élasthanne, en revanche nous retrouvons dans les manteaux imperméables des enduits tels le chlorure de polyvinyle (PVC), le polyuréthane (PU), du PTFE (Gore-Tex) présents dans 5% des items du groupe.

53% des items comprennent une doublure dont les proportions sont de 2/3 polyester et 1/3 nylon. Ce groupe n'est pas homogène. Nous avons identifié au moins trois types de manteaux de printemps.

3.1.5 Pantalons en *corduroy* (PT-PCORD)

Pantalons en corduroy (PT-PCORD) – Informations générales

N ^{bre} d'items	Poids moyen (kg)	Étoffe	Fibres mixtes	Doublures	Contaminants
198	0,49	100% tissé	69%	2%	100%

PT-PCORD (100) Ti - Coton4/poly1



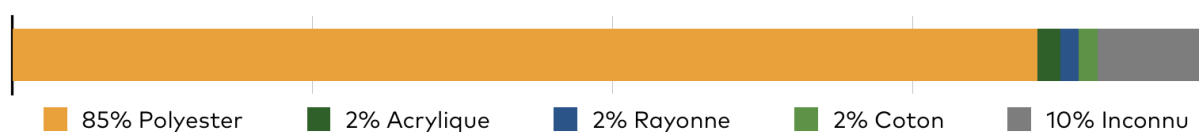
Ce groupe, très homogène, est dominé par des étoffes tissées, dont 91% de velours côtelé (terme français pour *corduroy*) et présente 83% de coton dans l'ensemble des matières présentes. Les mélanges comprennent principalement du coton avec un faible pourcentage d'élasthanne. Tous les pantalons ont un système d'ouverture et seulement 2% ont une doublure.

3.1.6 Polar non-trié (PT-PL)

Polar non-trié (PT-PL) – Informations générales

N ^{bre} d'items	Poids moyen (kg)	Étoffe	Fibres mixtes	Doublures	Contaminants
231	0,51	100% tricot	22%	8%	90

PT-PL (100) Tr - poly4/acry1



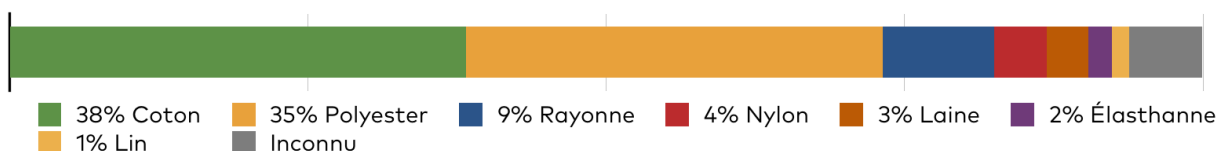
Ce groupe ne comprend que des étoffes tricotées et est dominé par le polyester. 78% des vêtements de ce groupe sont 100% polyester et seulement 8% présentent une doublure. Au moins 90% des items comportent des contaminants puisque la majorité des items sont des vestes avec une fermeture éclair.

3.1.7 Pantalons mélangés (PT-PM)

Pantalons mélangés (PT-PM) – Informations générales

N ^{bre} d'items	Poids moyen (kg)	Étoffe	Fibres mixtes	Doublures	Contaminants
652	0,31	80% tissé	67%	1%	94%

PT-PM (100) coton1/poly1



Le groupe des pantalons mélangés est composé de 38% de coton et 35% de polyester. 80% des pantalons sont faits d'étoffes tissées et 67% sont réalisés avec des fibres mixtes. Le groupe comprend peu d'élasthanne et de doublure. Par contre, presque tous les vêtements ont des contaminants.

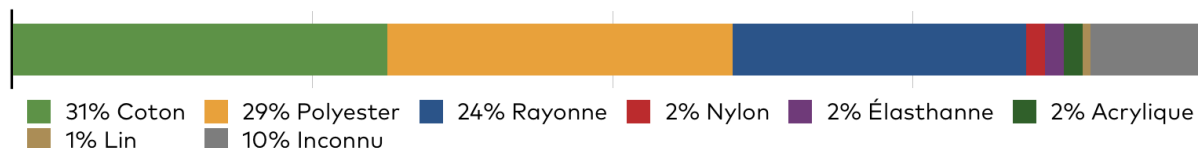
La majorité des pantalons tissés (82%), tels les pantalons « propres », les kakis, cargos et denims comportent un système d'ouverture (fermeture éclair et/ou boutons). En revanche, les pantalons de tricot, soient les joggings, leggings et pantalons de yoga, n'ont pas de système d'ouverture, mais un élastique à la bande de taille (80%).

3.1.8 Polyester mélangé (PT-POM)

Polyester mélangé (PT-POM) – Informations générales

N ^{bre} d'items	Poids moyen (kg)	Étoffe	Fibres mixtes	Doublures	Contaminants
231	0,38	85% tricot	74%	4%	33%

PT-POM (100) coton1/poly1/rayon1



Ce groupe est en équilibre entre trois matières principales soit le coton (31%), le polyester (29%) et la rayonne (24%). Une forte majorité des items de ce groupe sont réalisés dans une étoffe tricotée et 74% des items sont faits de fibres mélangées. Il y a peu de doublures et environ 1/3 des vêtements ont des contaminants, principalement des fermetures éclair et des élastiques.

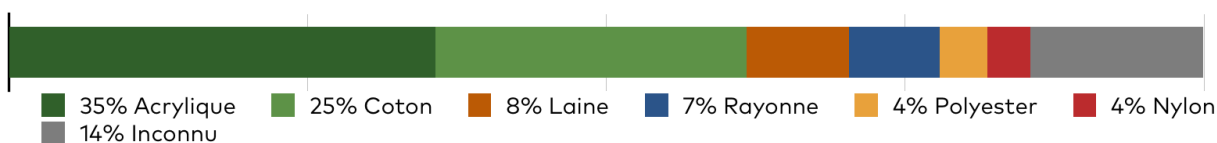
Il est intéressant de noter qu'environ la moitié des vêtements présents ont un mélange de plus de 60% de fibres de cellulose (coton et rayonne). Ces deux matières ont des propriétés absorbantes similaires. Ces items pourraient être ajoutés à ceux transformés pour l'industrie du chiffon.

3.1.9 Tricots mixtes (PT-TM)

Tricots mixtes (PT-TM) – Informations générales

N ^{bre} d'items	Poids moyen (kg)	Étoffe	Fibres mixtes	Doublures	Contaminants
644	0,49	97% tricot	50%	3%	25%

PT-TM (100) Tr - acry1/coton1



Pratiquement tous les items de ce groupe sont des tricots et 35% de la matière présente est l'acrylique, suivie du coton à 25%. 50% des vêtements sont faits de fibres mixtes et seulement un quart des vêtements comporte des contaminants.

29% des items du groupe des tricots mélangés sont constitués d'accessoires vestimentaires, tels les tuques, foulards, bas, etc.

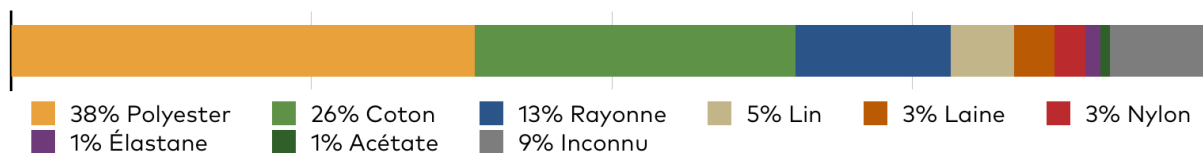
Un faible pourcentage (7%) de chandails contenant plus de 70% de laine s'est glissé dans cette catégorie. Ceci s'explique par la difficulté pour les trieurs de reconnaître la laine dans certains mélanges.

3.1.10 Vestons mélangés (PT-VES)

Vestons mélangés (PT-VES) – Informations générales

Nbre d'items	Poids moyen (kg)	Étoffe	Fibres mixtes	Doublures	Contaminants
391	0,51	95% tissé	65%	41%	96%

PT-VES (100) Ti - poly1/coton1



Ce groupe est principalement constitué d'étoffes tissées (95%) et présente une dominance de polyester (38%), suivi par le coton (26%). Presque tous les vêtements ont des contaminants (96%) et presque la moitié a une doublure (41%). La majorité des items comportent un système d'ouverture (95%), soit des boutons, fermetures éclair ou boutons-pression et 40% ont des épaulettes.

Il est à noter que certains des vestons 100% laine retrouvés dans ce groupe, soit 3%, auraient dû être placés dans le groupe de lainage tissé (PT-LT).

3.1.11 Vêtements de nuit (PT-VN)

Vêtements de nuit (PT-VN) – Informations générales

N ^{bre} d'items	Poids moyen (kg)	Étoffe	Fibres mixtes	Doublures	Contaminants
1090	0,18	78% tricot	46%	0%	—

PT-VN (100) coton2/nylon1



Dans son ensemble, ce groupe est majoritairement fait de tricot (78%) et il est dominé par le coton (48%). Moins de la moitié des vêtements sont faits de fibres mélangées. Les données sur les contaminants n'ont pas été relevées, ayant été omises involontairement.

Ce groupe est particulièrement hétérogène en ce qui concerne les types de vêtements qui s'y retrouvent. D'une part, il y a les vêtements de nuit (56%), mais d'autre part, il y a des sous-vêtements (31%) et des maillots de bain (14%).

3.1.12 Bébés et enfants (R-BB)

Bébés et enfants légers restant (R-BB) – Informations générales

N ^{bre} d'items	Poids moyen (kg)	Étoffe	Fibres mixtes	Doublures	Contaminants
1339	0,15	81% tricot	42%	<1%	11%

R-BB (100) coton3/poly1



Les vêtements de ce groupe sont de très petit format. Le poids moyen de chaque morceau est de 0,15kg. 80% d'entre eux sont des tricots et le groupe est dominé par le coton à 66%. La présence de doublure est négligeable et quelques contaminants tels que des boutons sont présents dans ce groupe. Presque la moitié des vêtements dans cette catégorie sont 100% coton. Cependant, presque autant sont faits d'un mélange de fibres. Environ 34% des vêtements de ce groupe sont en tricot 100% coton, sans doublure ni contaminant. Toutefois, le groupe comprend 6% de chemises pour adultes (ayant été, à tort, considérés comme des vêtements d'enfant), ce qui explique sans doute la forte présence de boutons dans les contaminants.

3.1.13 Coton mélangé (R-CM)

Coton mélangé (R-CM) – Informations générales

N ^{bre} d'items	Poids moyen (kg)	Étoffe	Fibres mixtes	Doublures	Contaminants
547	0,40	96% tissé	22%	2%	19%

R-CM (100) coton1/inconnu1



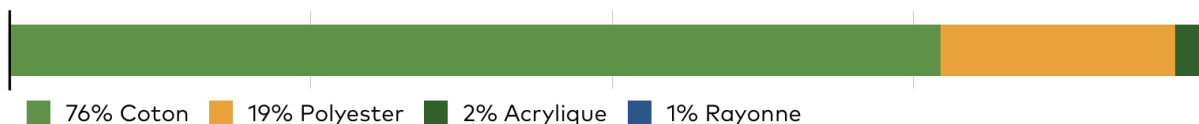
Ce groupe est un mélange de vêtements tissés (pantalons et chemises), de linges de maison et de vêtements de nuit de troisième qualité. Il est composé majoritairement d'étoffes tissées et il est dominé par le coton, bien que 44% des items soient de composition inconnue. Cette situation est en partie due à la forte présence de linges de maison, qui n'ont que très rarement d'étiquettes.

3.1.14 Chemises médium restantes (R-CMED)

Chemises médium restantes (R-CMED) – Informations générales

N ^{bre} d'items	Poids moyen (kg)	Étoffe	Fibres mixtes	Doublures	Contaminants
326	0,49	97% tissé	19%	7%	13%

R-CMED (100) Ti - coton4/poly1



Ce groupe est très homogène. Il est majoritairement composé de coton tissé et moins de 19% sont des fibres mélangées. On y retrouve quelques contaminants, principalement des boutons, les items étant des chemises d'homme. On y retrouve des tissus à carreaux, des denims, des velours côtelés et des faux suèdes. Quelques modèles sont doublés.

Cette forte proportion de chemises à carreaux est probablement typique des pays nordiques. Nous devons bien entendu tenir compte de l'effet de mode, mais plusieurs d'entre elles sont bel et bien des chemises de travail.

3.1.15 Denims mixtes (R-DM)

Denims mixtes (R-DM) – Informations générales

N ^{bre} d'items	Poids moyen (kg)	Étoffe	Fibres mixtes	Doublures	Contaminants
458	0,49	100% tissé	56%	1%	86%

R-DM (100) Ti - coton5/poly1



Ce groupe est fait entièrement de tissés et il est dominé par le coton. Par contre, plus de la moitié des tissus sont faits de fibres mélangées, soit du coton avec de l'élasthanne et/ou du polyester. 86% des items ont des contaminants, tels des boutons et fermetures éclair, en plus d'élastiques à la bande de taille pour la majorité des pantalons d'enfant (représentant 43% du groupe). Tous les denims ne sont pas bleus, 21% sont d'une autre couleur.

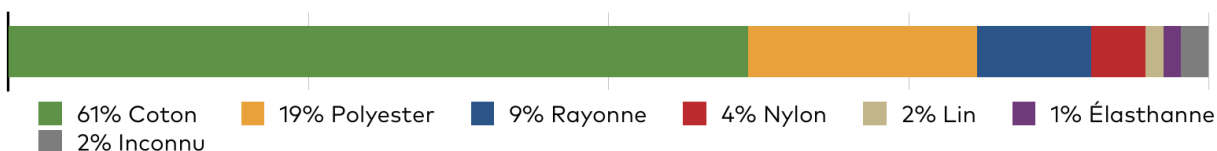
43% des items sont composés de coton à 100%, 28% de coton et d'élasthanne, 23% de coton, d'élasthanne et de polyester. 5% sont composés de coton et de polyester.

3.1.16 Vêtements mélangés légers (R-MIX)

Vêtements mélangés légers (R-MIX) – Informations générales

N ^{bre} d'items	Poids moyen (kg)	Étoffe	Fibres mixtes	Doublures	Contaminants
607	0,33	84% tissé	54%	1%	—

R-MIX (70) coton2/poly1 - sans maillot ni cravate



Ce groupe est un mélange de vêtements légers tissés (pantalons courts, hauts, jupes, etc., 70%), de hauts en tricot de troisième qualité (12%), de cravates (13%) et de maillots de bain (17%).

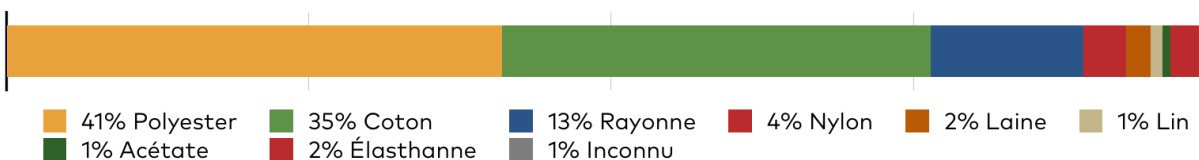
Les vêtements légers sont majoritairement faits d'étoffes tissées et la catégorie est dominée par le coton, mais présentent 54% de fibres mélangées. On n'y trouve que très peu de doublures. Les données sur les contaminants n'ont pas été relevées, elles ont été omises involontairement.

3.1.17 Pantalons femme (R-PF)

Pantalons femmes (R-PF) – Informations générales

N ^{bre} d'items	Poids moyen (kg)	Étoffe	Fibres mixtes	Doublures	Contaminants
657	0,23	86% tissé	69%	1%	87%

R–PF (100) poly1/coton1



Ce groupe est fortement composé d'étoffes tissées dominé par le polyester, suivi de près par le coton. 69% des items sont faits de fibres mixtes avec 87% de contaminants (les pantalons tissés ont généralement un système d'ouverture).

Environ la moitié des pantalons est composée soit de polyester ou encore d'un mélange de polyester et de rayonne, de l'élasthanne ou de coton.

Les pantalons tissés se divisent en deux sous-catégories, soit les pantalons habillés, dominés par le polyester, et les pantalons décontractés, à majorité de fibres de coton.

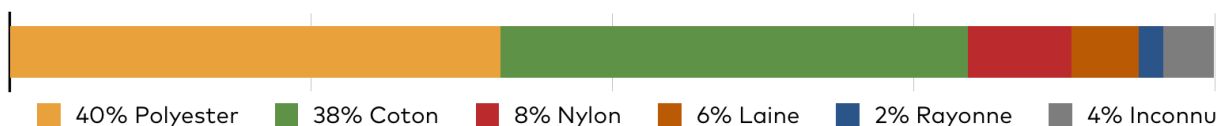
Les pantalons en tricot présentent un mélange à parts égales de coton et de polyester.

3.1.18 Pantalons mélangés médium (R-PMM)

Pantalons mélangés médium (R-PMM) – Informations générales

N ^{bre} d'items	Poids moyen (kg)	Étoffe	Fibres mixtes	Doublures	Contaminants
308	0,62	99% tissé	38%	37%	100%

R-PMM (100) Ti - poly1/coton1



Ce groupe est composé d'étoffes tissées dans des proportions presque égales entre le polyester et le coton. 38% des items sont faits de fibres mélangées. Ce sont principalement des pantalons d'homme, dont 37% sont doublés pour l'hiver. Les doublures contiennent environ 2/3 de polyester et 1/3 coton. Tous les items ont des contaminants, soit des systèmes d'ouvertures (fermetures éclair et boutons) ou d'autres types servant à l'ajustement. Il est possible de faire une sous-catégorie avec des « pantalons d'extérieur sport » qui sont généralement faits de nylon ou de polyester tissé avec une doublure.

4 Analyse

4.1 Portrait global du gisement des mal-aimés de Certex

Ces résultats globaux sont obtenus par la combinaison des résultats des 18 catégories de textiles postconsommation n'ayant pas de débouchés, en respectant leur proportion par rapport au volume annuel de 2015 fourni par le centre de tri.

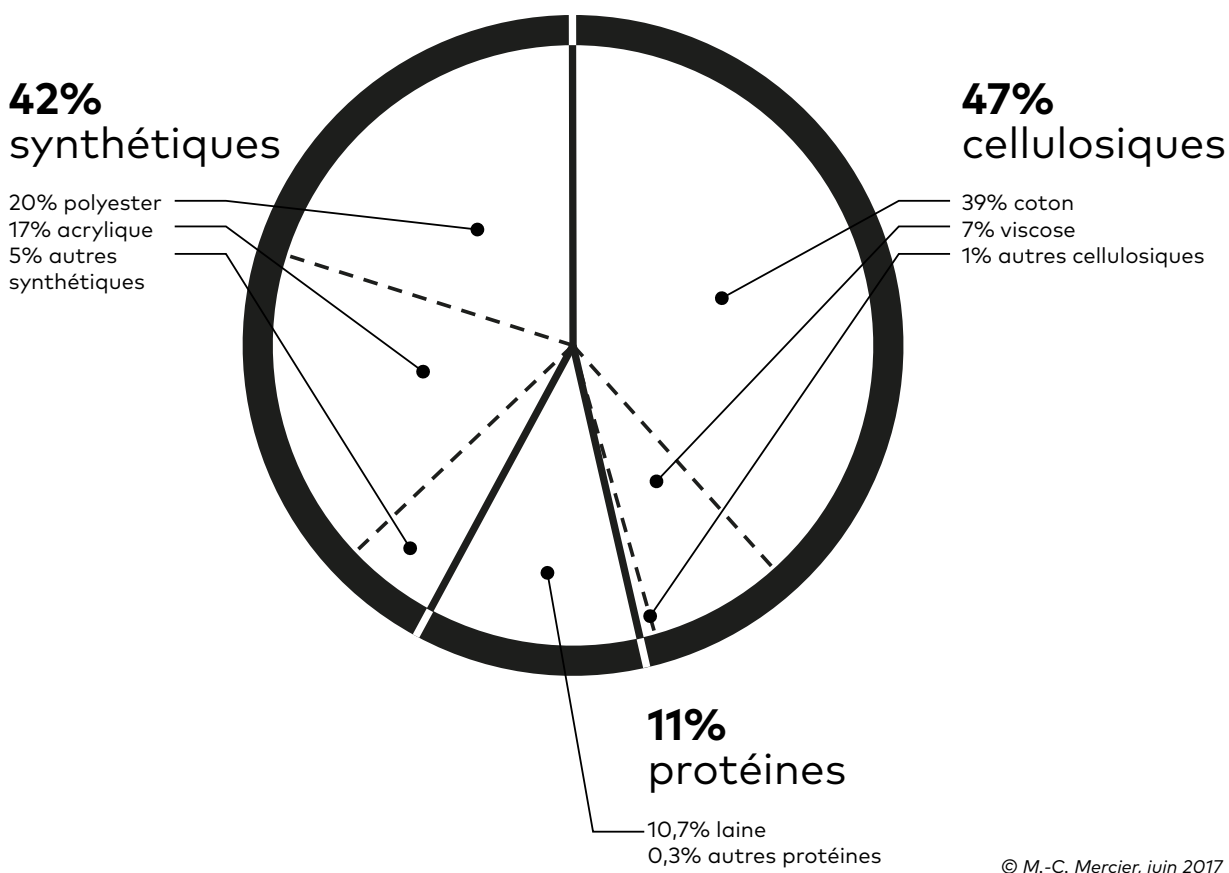


Figure 26. Répartition des matières textiles dans le gisement global

Le gisement étudié contient 42% de fibres synthétiques réparties comme suit : 20% de polyester, 17% d'acrylique et 5% d'autres fibres, comprenant par exemple le nylon et l'élasthanne. Le volume d'acrylique (17 % du volume total) s'explique par la très grande quantité de chandails en tricots (PT-TM) composés à 35% d'acrylique.

47% du gisement est composé de fibres à base de cellulose, dont 39% est du coton et 7% de la rayonne, une fibre artificielle produite à partir de cellulose. Les autres fibres végétales tels le lin, la ramie et le chanvre ne comptent que pour 1% du volume total.

Les fibres à base de protéines représentent 11% du contenu, dont 10,7% est de la laine. Le 0,3% restant est le mince apport de soie.

Ces chiffres sont très semblables à ceux obtenus à la suite de l'étude française *Bilan de l'état de l'art réalisé en 2009 sur le tri et la valorisation des textiles d'habillement et du linge de maison consommés par les ménages*. Cette étude rapporte environ 48% de fibres cellulosiques, 44% de fibres synthétiques et 8% de fibres à base de protéines (Eco TLC, 2012). Cependant, une différence majeure est visible : le taux d'acrylique est beaucoup plus élevé dans le gisement de Certex (17% contre 8%), cela s'expliquerait par l'apport de la catégorie de chandails en tricot de fibres mixtes comportant une quantité considérable d'acrylique.

4.1.1 Freins et facilitateurs

Certaines caractéristiques des vêtements facilitent leur transformation et d'autres représentent un défi. Environ 49% des items caractérisés présentent un contenu en fibres mixtes. À l'opposé, 51% des vêtements présentent un contenu homogène en fibre (exemple : 100% coton). Ce qui implique que la moitié des vêtements ne demande pas de séparation supplémentaire au niveau de la fibre. Les vêtements comprenant des doublures sont inclus dans cette catégorie et représentent 11% de tous les items étudiés.

Il est important de noter que les vêtements ne sont pas faits uniquement de matières textiles. 47% des vêtements analysés présentent des contaminants tels des boutons en plastique, des fermetures éclair en métal et même des perles en verre. Tous ces ajouts non-textiles doivent être enlevés afin de récupérer uniquement les matières textiles. Deux méthodes peuvent être employées : 1- Les contaminants positionnés de façon prévisible, telles les fermetures éclair sur des pantalons, peuvent être retirés par des employés. 2- Certaines installations industrielles de défibrage peuvent séparer les contaminants de plastique par gravité et ceux en métal à l'aide d'aimants.

Tableau 9. Pourcentage des items représentant un défi dans le gisement global

49% Fibres mixtes	47% Avec contaminants	11% Avec doublures
-----------------------------	---------------------------------	------------------------------

4.1.2 Caractéristiques générales

Afin de faciliter la lecture des tableaux 11 à 15 de cette section, le tableau ci-dessous résume les codes et la description qui leur sont associées.

Tableau 10. Codes des catégories d'origine de Certex

(par ordre alphabétique)

Codes	Descriptions
PT-B	Blouses
PT-HH	Linges de maison
PT-LT	Lainage tissé
PT-MP	Manteaux de printemps
PT-PCORD	Pantalons velours côtelé
PT-PL	Polar
PT-PM	Pantalons mélangés
PT-POM	Polyester mélangé
PT-TM	Tricot mélangé
PT-VES	Vestons mélangés
PT-VN	Vêtements de nuit
R-BB	Bébés & enfants légers
R-CM	Coton mixte
R-CMED	Chemises médium
R-DM	Denim mixte
R-MIX	Vêtements mélangés légers
R-PF	Pantalons femme
R-PMM	Pantalons médium

Les cinq tableaux suivants présentent la distribution des catégories d'origine de Certex par ordre de facilité à recycler, selon les informations relevées lors de la collecte. La couleur verte indique un « recyclage facilité » pour cette catégorie, la couleur orange des « défis pouvant être facilités » et le rouge des « défis lors du recyclage ».

Tableau 11. Poids moyen (kg) par catégorie

Items volumineux								
PT-LT	R-PMM	PT-MP	PT-PL	PT-VES	PT-TM	R-CMED	R-DM	PT-PCORD
0,70	0,62	0,61	0,51	0,51	0,49	0,49	0,49	0,49

Items légers								
R-CM	PT-POM	R-MIX	PT-PM	PT-HH	R-PF	PT-B	PT-VN	R-BB
0,40	0,38	0,33	0,31	0,29	0,23	0,21	0,18	0,15

Pour atteindre le même poids en fibre, il est nécessaire de transformer plus de petits items légers. Ceci augmentera le besoin de manipulation et, potentiellement, le temps de traitement des items. En revanche, moins de gros items lourds sont nécessaires. Les catégories les plus lourdes sont les lainages tissés (PT-LT), les pantalons mélangés moyens (R-PMM) et les manteaux de printemps. Les vêtements de bébés et d'enfants (R-BB), les sous-vêtements (PT-VN) sont les items les plus petits.

Tableau 12. Types d'étoffes par catégorie

Semblables						
PT-PL	PT-PCORD	R-DM	PT-TM	PT-POM	R-BB	PT-VN
100% tricot	100% tissé	100% tissé	97% tricot	85% tricot	81% tricot	78% tricot

Différentes										
PT-B	PT-MP	PT-PM	R-MIX	R-PF	PT-LT	PT-VES	PT-HH	R-CM	R-CMED	R-PMM
56% tissé	78% tissé	80% tissé	84% tissé	86% tissé	92% tissé	95% tissé	95% tissé	96% tissé	97% tissé	99% tissé

Le tri est facilité lorsque les étoffes sont semblables au sein de la catégorie (velours côtelé, laine polaire, denim) puisqu'elles sont rapidement repérées par les trieurs. Les étoffes tricotées sont plus faciles à défibrer puisqu'elles sont généralement moins denses et que les fils ont moins de torsion que dans les étoffes tissées. Les vêtements faits

d'étoffes tissées ont, règle générale, besoin de systèmes d'ouverture, tels les boutons, fermetures éclair et boutons pression, afin d'être enfilés.

Tableau 13. Fibres mixtes par catégorie

Mélanges plutôt homogènes								
R-CMED	R-CM	PT-PL	R-PMM	R-BB	PT-MP	PT-LT	PT-VN	PT-TM
19 %	22 %	22 %	38 %	42 %	43 %	44 %	46 %	50 %

Mélanges plutôt hétérogènes								
R-MIX	R-DM	PT-B	PT-VES	PT-PM	PT-HH	PT-PCORD	R-PF	PT-POM
54 %	56 %	63 %	65 %	67 %	69 %	69 %	69 %	74 %

Les pourcentages présentés dans ce tableau représentent la quantité d'items composés d'un mélange de fibres. Par exemple, seulement 19% des « chemises médium (R-CMED) » comporte plus d'une fibre. Les catégories dont les items présentent des contenus avec peu de mélange de fibres permettent l'obtention de groupes homogènes et facilitent l'identification des propriétés résultantes.

Tableau 14. Doublures par catégorie

Peu ou pas de doublures													
PT-HH	PT-VN	R-BB	R-DM	R-PF	PT-PM	R-MIX	R-CM	PT-PCORD	PT-TM	PT-B	PT-POM	R-CMED	PT-PL
0 %	0 %	<1%	1 %	1 %	1 %	1 %	2 %	2 %	3 %	3 %	4 %	7 %	8 %

Forte présence de doublures			
R-PMM	PT-VES	PT-LT	PT-MP
37 %	41 %	45 %	53 %

Les doublures ne sont pas faites des mêmes matières textiles que le reste du vêtement. Enlever les doublures peut s'avérer une manipulation fastidieuse.

Tableau 15. Contaminants par catégorie

Peu ou pas de contaminants					Contaminants similaires					
PT-HH	R-BB	R-CM	PT-TM	PT-POM	R-PMM	PT-PCORD	R-CMED	PT-VES	PT-MP	R-DM
<1%	11 %	19 %	25 %	33 %	100 %	100 %	100 %	96 %	94 %	86 %

Forte présence de contaminants					Non compilé	
PT-B	PT-LT	R-PF	PT-PL	PT-PM	PT-VN	R-MIX
58 %	71 %	87 %	90 %	94 %	—	—

Les items ayant peu ou pas de contaminants sont plus faciles et rapides à traiter. Bien qu'il existe plusieurs façons d'extraire les contaminants, manuellement ou de façon mécanique, cela implique du temps et des infrastructures supplémentaires. Par contre, la présence de contaminants semblables et placés aux mêmes endroits d'un item à l'autre peut faciliter leur extraction, comme dans le cas des pantalons d'homme (PT-PMM et PT-PCORD) — les pantalons de femme ont parfois le système d'ouverture sur le côté ou en arrière.

4.1.3 Caractéristiques notables

Grandes surfaces : Le linge de maison (table, literie, toilette, rideaux) présente de grandes surfaces rectangulaires, sans couture, souvent de formats standards. Ces caractéristiques peuvent être exploitées lors d'une première transformation mécanique normalisée. Les chemises d'homme et les robes de chambre présentent aussi de grandes surfaces de tissu, par contre, leur géométrie est plus complexe et demande plus de manipulations.

Catégories homogènes : Les pantalons de velours côtelé et les laines polaires sont des catégories très uniformes. Ils ne demandent pas de tri supplémentaire. Les étoffes sont faciles à reconnaître et la composition est semblable d'un item à l'autre. Il serait facile de compléter la catégorie « laine polaire » avec les quelques pantalons de même étoffe retrouvés dans les pantalons mélangés (PT-PM) et les vêtements de nuit (PT-VN).

Esthétique et sémantique : Certains motifs faciles à reconnaître (rayures, floraux, Paisley, etc.), peuvent être associés à une culture distincte ou une époque précise. Les tissus à carreaux, souvent nommés « carreaautés » au Québec en sont un bon exemple. Ces appartenances sémantiques sont cycliques et ont le pouvoir d'ajouter une valeur à ce genre d'étoffes.

Les iconiques jeans, ces pantalons classiques en denim, font aujourd'hui partie de la garde-robe de pratiquement tous les habitants de la planète. Bien que leur contenu ne soit plus exclusivement en coton — on y ajoute aujourd'hui de l'élasthanne, pour le confort et pour que le pantalon moule le corps, et du polyester pour sa résistance à l'usure et son faible coût — le denim est pratiquement toujours bleu. Cette couleur distinctive peut facilement être exploitée dans de nouveaux produits.

Enduits imperméables : Afin d'imperméabiliser des manteaux ou encore des pantalons d'extérieur, les textiles (polyester ou nylon) sont laminés avec un film de polyuréthane ou encore du PVC (chlorure de polyvinyle). Bien que ces matériaux laminés ne soient pas présents en grande quantité, il est important de noter qu'il est impossible de séparer ces matières. Ces laminés peuvent être considérés comme des contaminants ou peuvent être exploités pour leurs propriétés imperméables et coupe-vent.

Élasthanne : L'élasthanne est une fibre élastique omniprésente dans les produits textiles. Même en très petites quantités, elle complique le défibrage en s'accumulant dans les machines sans se casser.

Fibres inconnues : En moyenne, la composition en fibre de 11% des items de chaque catégorie ne peut être identifiée. Cette proportion varie énormément d'une catégorie à l'autre: de 0% pour une catégorie homogène, comme les pantalons de velours côtelé, à 64% dans le cas du linge de maison. Bien que certains employés aient développé d'extraordinaires habilités de reconnaissance des textiles, lorsqu'un item n'a pas d'étiquette de contenu, il est difficile de confirmer quel type de fibres le compose. Techniquement, il est possible par spectrométrie de déterminer la composition d'une matière grâce à sa densité, mais les infrastructures de tri appuyées par cette technologie ne sont pas encore au point lorsqu'il s'agit de mélanges de fibres ou de plusieurs étoffes.

4.2 Sous-catégories (SC)

Le tableau ci-dessous présente la formation des sous-catégories (SC) à partir des catégories d'origine (CO). Ces dernières sont présentées par ordre décroissant selon leur quantité annuelle. Chaque CO est divisée en fonction des types de VALM identifiés lors de la collecte de données. Le chiffre entre parenthèse dans le nom de la SC indique le pourcentage qu'elle représente par rapport à sa CO. Le chiffre « 100 » signifie que la CO est homogène et n'a pas été divisée.

La description détaillée des types de VALM combinée avec le type d'étoffe qui les compose est la clé qui permet d'identifier les mélanges de fibres.

Tableau 16. Formation des sous-catégories (SC)

Catégories d'origine CERTEX	% du total	Sous-catégories identifiées	Types de VALM	Types d'étoffes	Profil des mélanges
Tricotés mixtes (PT-TM)	39,19 %	PT-TM (100) chandails	Chandails en tricot	Tricot moyen (TrM)	Acry1/coton1
Lainage tissé (PT-LT)	9,38 %	PT-LT (100) lainages	Manteaux, vestes, vestons, col chemisier ou tailleur, ouverture au devant, boutons ou fermeture éclair, avec/sans doublure. Pantalons propres, bande de taille avec ou sans plis, ouverture au devant, côté ou dos, boutons et fermeture éclair.	Tissé moyen (TiM)	Laine1/poly1
Pantalon médium (R-PMM)	9,22 %	R-PMM (66) moyen	Pantalons épais, ouverture à l'avant Avec ou sans doublure	Tissé moyen (TiM) Denim, toile, velours côtelé, faux suède	Coton2/poly1
		R-PMM (34) sport extérieur	Pantalons de sport extérieur, avec ou sans élastique à la taille Avec ou sans doublure/bourre	Tissé léger (TiL) Synthétique	Poly3/Nylon1
Pantalons femme (R-PF)	8,64 %	R-PF (43) habillés	Pantalons habillés Fermeture éclair, boutons	Tissé moyen (TiM)	Poly2/coton1
		R-PF (44) décontractés	Pantalons de femme, décontractés Fermeture éclair, boutons, élastique à la taille, cordons	Tissé léger (TiL)	Coton2/poly1
		R-PF (13) tricot	Pantalons de sport, jogging, yoga, leggings Élastique à la taille	Tricot léger (TrL)	Coton1/poly1

Coton mélangé (R-CM)	6,34 %	R-CM (45) linges	Draps, taies, linges à vaisselle, serviettes	Tissé léger (TiL)	Inconnu3/coton1
		R-CM (40) tissé	Chemises, vestes Vêtements de travail Pantalons décontractés et cargo Homme/femme	Tissé moyen (TiM)	Coton2/poly1
		R-CM (15) Vêt. nuit	Vêtements de nuit : chemises de nuit, pantalons de pyjamas, boxers, robes de nuit.	Tissé léger (TiL)	Coton2/inconnu1
Linges de maison (PT-HH)	5,91 %	PT-HH (50) autres	Nappes, napperons, rideaux, housses de coussin, retailles de tissus	Tissé moyen (TiM)	Inconnu (Poly1/coton1)
		PT-HH (50) literie	Literie : Draps et taies	Tissé léger (TiL)	Coton1/poly1
Enfants (R-BB)	4,38 %	R-BB (81) tricot	Vêtements de bébés et d'enfants : t-shirts, cache-couches, kangourous, pyjamas	Tricot léger (TrL)	Coton3/poly1
		R-BB (19) tissé	Pantalons décontractés, shorts, manteaux légers, imperméables	Tissé léger (TiL)	Coton2/poly1
Vêtements légers (R-MIX)	3,32 %	R-MIX (58) tissé	Chemises, blouses, shorts Homme/femme	Tissé léger (TiL)	Coton3/poly1
		R-MIX (12) tricot	T-shirts, chemises, blouses, camisoles, avec/sans manches, bretelles Femme	Tricot léger (TrL)	Rayon1/poly1/coton1
		R-MIX (17) maillots	Maillots de bain, une ou 2 pièces	Tricot léger (TrL)	Nylon3/elast1
		R-MIX (13) cravates	Cravates	Tissé léger (TiL)	Poly2/soie1
Polar (PT-PL)	2,68 %	PT-PL (100) polar	Hauts en laine polaire	Tricot moyen (TrM) Laine polaire	Poly4/acry1
Denim (R-DM)	2,84 %	R-DM (100) denim	Pantalons en denim	Tissé moyen (TiM) Denim	Coton5/poly1
Pantalons velours côtelé (PT-PCORD)	2,53 %	PT-PCORD (100) Velours côtelé	Pantalons en velours côtelé	Tissé moyen (TiM) Velours côtelé	Coton4/poly1
Polyester mélangé (PT-POM)	1,92 %	PT-POM (58) hauts tricot	Hauts, t-shirts, blouses, camisoles, avec/sans manche, bretelles	Tricot léger (TrL)	Rayon1/coton1/poly1
		PT-POM (17) cardigans	Cardigans, cols cheminée, capuchon, ouverture devant, fermetures éclair	Tricot moyen (TrM)	Coton1/poly1
		PT-POM (10) pantalons tricot	Pantalons de sport, jogging, yoga, leggings Élastique à la taille	Tricot léger (TrL)	Coton1/poly1
		PT-POM (13) tissé	Chemises, vestes Vêtements de travail	Tissé moyen (TiM)	Poly1/coton1

			Pantalons décontractés et cargo Homme/femme		
		PT-POM (3) linges de maison	Linges de maison : Nappes, napperons, rideaux, housses de coussin, retailles de tissus	Tissé moyen (TiM)	Poly1/coton1
Manteaux de printemps (PT-MP)	1,16 %	PT-MP (61) sport	Manteaux sport, cols montants, ouverture devant, fermeture éclair, doublure (sans bourre), capuchons intégrés, imperméable.	Tissé léger (TiL) Synthétique	Nylon1/poly1
		PT-MP (14) trench-coats	Trench-coats : Manteaux, vestes, cols tailleur, cols chemisier, ouverture devant, boutons, couleurs neutres (beige, brun, taupe)	Tissé moyen (TiM)	Coton4/autre1
		PT-MP (25) cardigans	Cardigans, cols cheminée, capuchon, ouverture devant, fermeture éclair	Tricot moyen (TrM)	Coton2/poly1
Vestes (PT-VES)	0,97 %	PT-VES (100) vestes	Vestes, vestons, cols tailleur, cols chemisier, ouverture devant, avec/sans manche, fermeture éclair, boutons	Tissé moyen (TiM)	Poly1/coton1
Vêtements de nuits (PT-VN)	0,68 %	PT-VN (50) tricot coton	Vêtements de nuit : Pantalons de pyjamas, t-shirts, camisoles, shorts Sous-vêtements, boxers, bobettes, bas, soutiens-gorge (sans armature),	Tricot léger (TrL)	Coton3/nylon1
		PT-VN (22) tissé	Vêtements de nuit : chemises de nuit, pantalons de pyjamas, boxers, robes de nuit.	Tissé léger (TiL)	Coton2/poly1
		PT-VN (14) maillots	Maillots de bain, une ou 2 pièces	Tricot léger (TrL)	Nylon3/elast1
		PT-VN (9) tricot nylon	Robes de nuit, camisoles, pantalon de pyjamas, jupons	Tricot léger (TrL) Tricot chaîne, filet, dentelle	Nylon3/poly1
		PT-VN (5) laine polaire	Pantalons en laine polaire	Tricot moyen (TrM)	Poly1
Chemises médium (R-CMED)	0,47 %	R-CMED (100)	Chemises d'homme, ouverture devant boutons ou fermeture éclair, doublures	Tissé moyen (TiM) Denim, toile, velours côtelé, velours, faux suède	Coton4/poly1
Blouses (PT-B)	0,20 %	PT-B (56) tissé	Chemises, blouses, avec/sans manches, bretelles Femme	Tissé léger (TiL)	Coton1/poly1

		PT-B (44) tricot	Hauts, t-shirts, blouses, camisoles, avec/sans manche, bretelles	Tricot léger TrL)	Rayon1/poly1
Pantalons mélangés (PT-PM)	0,19 %	PT-PM (80) tissé	Pantalons décontractés et habillés Homme et femme	Tissé moyen (TiM)	Coton1/poly1
		PT-PM (20) tricot	Pantalons de sport, jogging, yoga, leggings Élastique à la taille Femme	Tricot moyen (TrM)	Coton1/poly1

4.3 Nouvelles catégories (NC)

Le tableau ci-dessous présente la formation des six nouvelles catégories (NC), obtenues par le regroupement des **SC** selon le profil de leur mélange de fibres. Tous les profils comprenant plus de fibres cellulosiques (représentées par le coton et la rayonne) que de fibres synthétiques (polyester et nylon) ont été regroupés pour former la **NC** « mélange cellulose » ; les profils contenant une part égale de fibres cellulosiques et synthétiques sont groupés sous « mélange poly/coton » ; les profils composés uniquement de fibres synthétiques (polyester, nylon, acrylique et élasthane) forme la **NC** « mélange synthétique ». Puisque la **CO** des chandails en tricot (PT-TM) présente un profil uniforme, elle forme à elle seule la **NC** « mélange acrylique/coton ». Il en va de même pour les lainages (PT-LT), formant la **NC** « mélange lainage ». Finalement, toutes les cravates (polyester et soie), sont mises ensemble pour former la **NC** « mélange soyeux ».

Tableau 17. Formation des nouvelles catégories (NC)

Sous-catégories (SC)	Profils des mélanges	Nouvelles catégories (NC)	Volume annuel des « mal-aimés »
PT-TM (100) chandails	Acry1/coton1	Acrylique/coton	39,19 %
R-DM (100) denim	Coton5/poly1	Cellulose	30,81 %
PT-PCORD (100) <i>corduroy</i>	Coton4/poly1		
R-CMED (100)	Coton4/poly1		
PT-MP (14) trench-coats	Coton4/autre1		
R-MIX (58) tissé	Coton3/poly1		
R-BB (81) tricot	Coton3/poly1		
PT-VN (50) tricot coton	Coton3/nylon1		
R-PMM (66) moyen	Coton2/poly1		
R-PF (44) décontractés	Coton2/poly1		

R-CM (15) Vêt. nuit	Coton2/inconnu1				
R-BB (19) tissé	Coton2/poly1				
PT-VN (22) tissé	Coton2/poly1				
PT-MP (25) cardigans	Coton2/poly1				
R-CM (40) tissé	Coton2/poly1				
R-CM (45) linges	Inconnu3/coton1				
R-MIX (12) tricot	Rayon1/poly1/coton1				
PT-POM (58) hauts tricot	Rayon1/coton1/poly1				
PT-B (44) tricot	Rayon1/poly1				
R-PF (13) tricot	Coton1/poly1				
PT-POM (17) cardigans	Coton1/poly1				
PT-PM (20) tricot	Coton1/poly1				
PT-POM (10) pantalons tricot	Coton1/poly1				
PT-HH (50) autres	Inconnu (Poly1/coton1)				
PT-POM (13) tissé	Poly1/coton1	Poly/coton	12,98 %		
PT-POM (3) linges de maison	Poly1/coton1				
PT-VES (100)	Poly1/coton1				
PT-PM (80) tissé	Coton1/poly1				
PT-HH (50) literie	Coton1/poly1				
PT-B (56) tissé	Coton1/poly1				
R-PF (43) propres	Poly2/coton1				
PT-LT (100) Lainages	Laine1/poly1			Lainage	9,38 %
PT-PL (100) polar	Poly4/acry1				
R-PMM (34) sport ext.	Poly3/Nylon1				
PT-VN (5) polar	Poly1				
R-MIX (17) maillots	Nylon3/elast1	Synthétique	7,27 %		
PT-VN (14) maillots	Nylon3/elast1				
PT-VN (9) tricot nylon	Nylon3/poly1				
PT-MP (61) sport	Nylon1/poly1				
R-MIX (13) cravates	Poly2/soie1	Soyeux	0,43 %		

Le graphique suivant illustre la quantité disponible annuellement pour chaque **NC**. Les deux groupes les plus volumineux sont le mélange acrylique/coton et le mélange cellulose (39% et 31% respectivement). Viennent ensuite le mélange polyester/coton (13%), puis lainage (9%), synthétique (7%) et finalement le mélange soyeux (<1%).

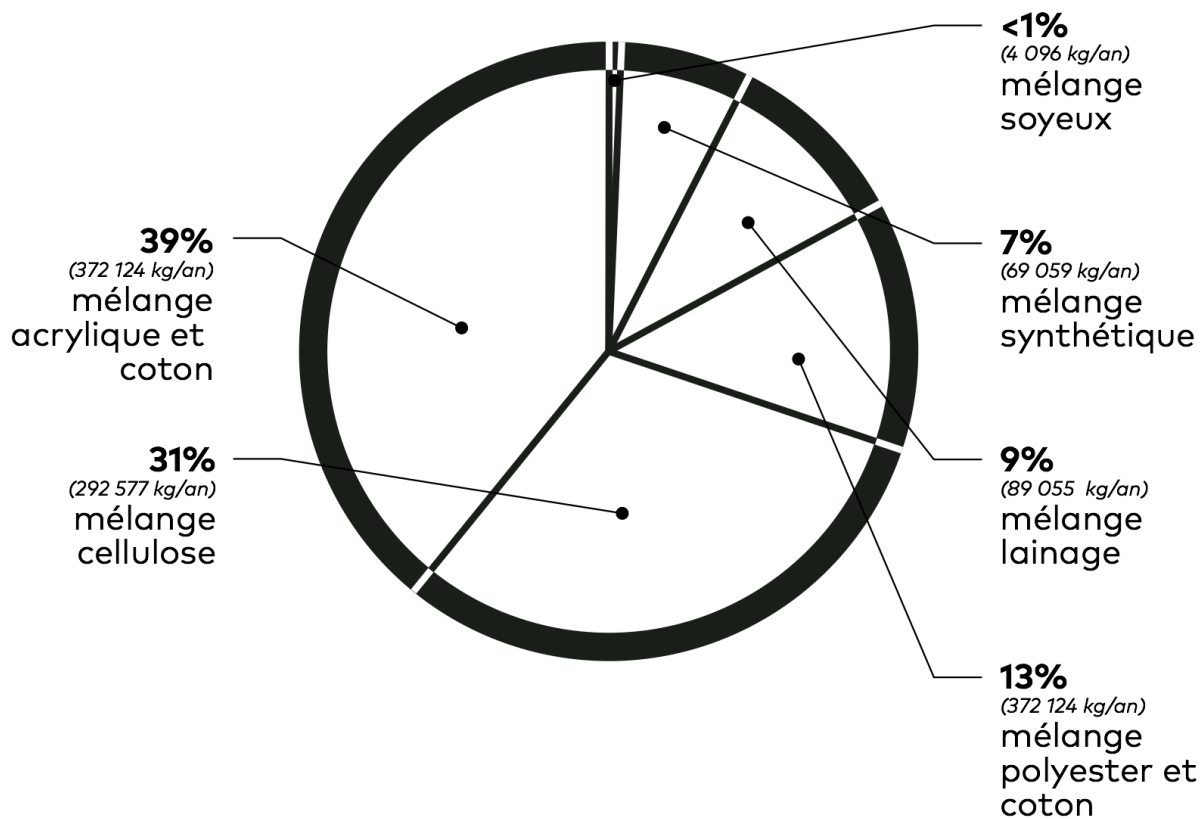



Figure 27. Répartition des **NC** selon le volume annuel de Certex en 2015

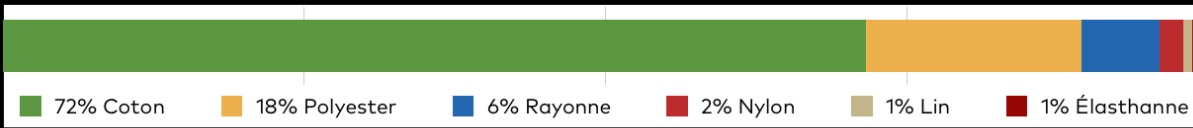
4.3.1 Profil des nouvelles catégories

La clé d'identification des mélanges permet de former six nouvelles catégories (NC) dont le contenu en fibres et les propriétés résultantes sont présentés dans les tableaux suivants. Les propriétés sont basées sur les données invoquées tirées de l'ouvrage de référence *Textiles* (Kadolph, 2017). Les propriétés indiquées d'un astérisque (*) sont calculées en fonction des valeurs propres à chaque fibre et de leur pourcentage dans le mélange. Ces propriétés résultantes sont théoriques et servent à donner une approximation. Pour connaître les valeurs réelles, elles doivent être mesurées sur des échantillons de fils ou d'étoffes confectionnés avec un mélange de fibres obtenu grâce à la clé d'identification.


4.3.1.1 Mélange acrylique/coton

 45% Acrylique 34% Coton 10% Rayonne 5% Polyester 4% Nylon 2% Laine	
% du poids total	39%
Composition	54% synthétique, 44% cellulose et 2% protéine
Absorption*	5,33%
Coloration	Possibilité de décoloration partielle (par peroxyde) et d'ajout de teinture (36% de fibres naturelles). Acrylique teinte dans la masse, donc ne se décolore pas ni ne se teint.
Toucher	Toucher très doux
Isolation thermique	Bon isolant
Densité*	1,34 g/cm ³
Ténacité*	3,36 g/denier. Légèrement plus fort que l'acrylique, le mélange aide à augmenter la force de l'acrylique. À l'état mouillé, c'est pratiquement égal. Attention : Boulochage possible
Entretien	Séchage assez rapide, bonne résistance à l'état mouillé
Comportement à la chaleur/flamme	54% qui fond 44% qui brûle
Résilience	Très bonne résilience
Résistance UV	Bonne, sans être exceptionnelle
Résistance biologique	54% bonne résistance aux moisissures
Résistance chimique	Petite faiblesse aux acides
Exemples d'applications	<u>Jetées et couvertures</u> L'acrylique est un très bon isolant thermique. Le mélange acrylique/coton donne un toucher doux. La présence du coton minimise l'accumulation d'électricité statique.


4.3.1.2 Mélange cellulose

	
■ 72% Coton ■ 18% Polyester ■ 6% Rayonne ■ 2% Nylon ■ 1% Lin ■ 1% Élasthane	
% du poids total	31%
Composition	79% cellulose, 21% synthétique
Absorption*	7,13%
Coloration	Bonne affinité tinctoriale et peut facilement être blanchi.
Toucher	Doux et frais
Isolation thermique	Faible isolation thermique (à moins d'une étoffe en volume)
Densité*	1,5 g/cm ³ , sensiblement la même que le coton (1,54).
Ténacité*	4,56 g/denier, légèrement supérieur au coton grâce à l'apport des fibres synthétiques
Entretien	Gagne en force une fois mouillé. Ne sèche pas rapidement, tolère les hautes températures.
Comportement à la chaleur/flamme	Brûle comme du papier
Résilience	Se froisse facilement
Résistance UV	Oxyde au soleil
Résistance biologique	Très sensible
Résistance chimique	Résiste bien aux bases, mais réagit mal aux acides tels le vinaigre, le citron et la sueur.
Exemples d'applications	<p><u>Literie commerciale</u></p> <p>Le coton permet le lavage sanitaire à haute température.</p> <p>Les fibres cellulosiques sont absorbantes et laissent un effet de fraîcheur sur la peau, des qualités recherchées dans le secteur de la literie.</p> <p>La présence de fibres synthétiques ralentit l'usure due à l'usage et l'entretien fréquent.</p>


4.3.1.3 Mélange polyester/coton

	
 43% Polyester 43% Coton 5% Nylon 3% Laine 3% Rayonne 1% lin 1% Élasthanne 1% Acétate	
% du poids total	13%
Composition	50% synthétique, 47% cellulose, 3% protéines
Absorption*	5,04%
Coloration	Environ la moitié des fibres réagiront bien à la teinture ou au blanchiment.
Toucher	Plutôt doux
Isolation thermique	N'a pas de propriété isolante marquante (à moins d'une étoffe en volume)
Densité*	1,42 g/cm ³
Ténacité*	4,71 g/denier. Moins que le polyester, mais augmentera légèrement mouillé.
Entretien	Sèche relativement vite.
Comportement à la chaleur/flamme	Brûle ou fond en présence de flamme.
Résilience	Intéressante
Résistance UV	Réagira faiblement en s'oxydant
Résistance biologique	Moyenne
Résistance chimique	Réagira légèrement aux acides (vinaigre, citron, sueur)
Exemples d'applications	<u>Uniformes de travail</u> Entretien facile (sèche rapidement) et résistant à l'usure grâce au polyester. Confortable sur le corps grâce au coton et coloration possible


4.3.1.4 Mélange laine

 75% Laine 13% Polyester 4% Acrylique 3% Rayonne 2% Nylon 2% Coton 1% Soie	
% du poids total	9%
Composition	76% protéine, 19% synthétique et 5% cellulose
Absorption*	13,98%, légèrement moins que la laine
Coloration	Blanchiment avec le peroxyde et peut se teindre plus foncé
Toucher	Piquant comme la laine
Isolation thermique	Excellent isolant thermique
Densité*	1,33 g/cm ³ , semblable à la laine
Ténacité*	2,19 g/denier, légèrement plus que la laine
Entretien	Perd beaucoup de force mouillé Attention au feutrage (humidité, friction, chaleur) Sèche lentement
Comportement à la chaleur/flamme	Bonne résistance potentielle à la combustion (presque 60% de laine) Thermoformable
Résilience	Très bonne, infroissable (75% laine)
Résistance UV	Bonne à acceptable
Résistance biologique	Bonne à la moisissure ATTENTION très fragile aux mites
Résistance chimique	sensible aux bases
Exemples d'applications	<u>Vêtements chauds</u> La laine est une matière rare et a une bonne valeur commerciale (3 fois plus que le coton) : elle peut être récupérée et mise en valeur dans des produits haut de gamme. Elle est un excellent isolant thermique en plus d'être confortable prêt du corps puisqu'elle absorbe l'humidité.

4.3.1.5 Mélange synthétique

	
 65% Polyester 14% Nylon 13% Rayonne 3% Élasthanne 2% Coton 2% laine 1% Acrylique 1% Acétate	
% du poids total	7%
Composition	84% synthétique, 15% cellulose et 2% protéine
Absorption*	3,12%, très bas.
Coloration	Presque inaltérable
Toucher	Variable puisque les fibres synthétiques peuvent prendre toutes les formes.
Isolation thermique	Très bon isolant
Densité*	1,37 g/cm ³ , très léger.
Ténacité*	4,83 g/denier, fort
Entretien	Lavage facile et séchage rapide.
Comportement à la chaleur/flamme	Thermoplastique (peut être formé grâce à la chaleur)
Résilience	Excellente
Résistance UV	Moyenne, nylon régulier ne résiste pas bien aux UVs.
Résistance biologique	Excellente
Résistance chimique	Très bonne, mais légèrement sensible aux acides
Exemples d'applications	<u>Accessoires de plein air (sacs, abris, manteaux, etc.)</u> Mélange très tenace tout en étant léger. Ne retient pas l'humidité et peut facilement être imperméabilisé.

4.3.1.6 Mélange soyeux

	
 58% Polyester 36% Soie 2% Rayonne 1% Acrylique 1% Laine 1% Coton 1% Acétate	
% du poids total	<1%
Composition	60% synthétique, 37% protéine, 3% cellulose
Absorption*	4,84%, beaucoup moins que la soie
Coloration	Coloration difficile
Touché	Filaments = doux et soyeux
Isolation thermique	Très isolant
Densité*	1,33 g/cm ³ , très léger
Ténacité*	4,77 g/denier, fort
Entretien	Pas de blanchiment, sèche très rapidement
Comportement à la chaleur/flamme	Brûle et fond. Partiellement thermoplastique dû au polyester
Résilience	Très bonne
Résistance UV	Bonne
Résistance biologique	Parfaite
Résistance chimique	Soie très sensible aux bases
Exemples d'applications	<p><u>Accessoires d'intérieur</u></p> <p>La soie est une fibre luxueuse et noble appréciée pour sa douceur et son lustre. Ce mélange soie/polyester est très résistant. Il est idéal pour la réalisation de tissus d'ameublement et d'accessoires d'intérieurs tels des rideaux, coussins, etc.</p>

5 Discussion

Cette recherche s'est faite simultanément à deux niveaux de réflexion. La compréhension du système global dans lequel s'inscrit l'industrie des textiles a mené à des considérations « méta », alors que la recherche terrain se situe décidément à l'échelle « micro » des fibres et des matériaux. Dans un premier temps, le présent chapitre fait un retour sur les méthodes et les procédures employées pour la collecte de données, leur traitement et les résultats de l'analyse et, finalement, la mise au point d'une clé d'identification des mélanges de fibres dans les VALM en fin de vie. En second lieu, il sera question du système complexe dans lequel s'inscrit cette étude, l'industrie textile au Québec, sa circularité potentielle et, finalement, la représentation schématique de cette dernière.

5.1 Retour sur la méthode

La méthode a été mise au point sans modèle préalable. Elle est basée principalement sur les connaissances antérieures du sujet, notamment le vêtement et les matériaux textiles.

Le calcul du pourcentage de matière représentée dans les 18 catégories de vêtements mal-aimés se base sur les informations données sur les étiquettes. Cependant, nous savons que ces informations ne sont pas toujours justes et encore moins précises. Par exemple, lors d'un projet réalisé par l'artiste Christien Meindertsma, avec la participation de l'entreprise qui développe la ligne *Fibersort*, il a été révélé que plusieurs chandails en tricot étiquetés 100% laine comprenaient en réalité moins de 40% de cette précieuse fibre (Rhoades, 2017). De plus, puisque les lois sur l'étiquetage n'obligent pas l'identification des matières présentant moins de 5% du poids total du produit, les petits empiècements, les broderies et les fils qui servent à faire les coutures ne sont pas identifiés ou encore sont inclus dans le pourcentage de fibres dites « inconnues ». Ceci signifie que dans la réalité, les informations sur l'étiquette ne sont pas réellement précises.

La collecte et le traitement des données ont été réalisés en deux temps. D'abord les caractéristiques des items à analyser ont été enregistrées à l'aide d'un micro sur le téléphone intelligent. Il a alors été nécessaire de réécouter les 36 heures d'enregistrement

après avoir terminé la collecte de données chez Certex, afin de les entrer dans les fichiers de calcul Excel. Il aurait été bénéfique d'avoir deux personnes à l'usine lors de la collecte, plutôt qu'une seule. Cet assistant aurait entré les données sur place et directement dans les fichiers de calcul — évitant ainsi le besoin de réécouter les enregistrements. Cet assistant aurait été à même de déceler les oublis, comme dans le cas des contaminants pour les catégories « vêtements de nuits (PT-VN) » et « vêtements mélangés légers (R-MIX) ». Ces omissions ont eu un impact sur le résultat des caractéristiques générales (section 4.1.2) au niveau des contaminants (voir tableau 14, « Non compilé »). Ces deux catégories ne représentent que 0,68% et 3,32% (respectivement) du volume total. Ces omissions n'ont donc qu'un faible impact sur le pourcentage total d'items nécessitant une « décontamination ».

Les échantillons d'étoffes 5" x 5" collectés sont conservés uniquement à titre de référence. Toutefois, ils pourraient servir de témoins pour les groupes esthétiques et sémantiques des textiles — abordés rapidement dans la section 4.1.3 (Caractéristiques notables du gisement) — en vue d'une poursuite du projet en ce sens.

La liste des termes à employer pour décrire les types de vêtements, d'étoffes et de matières, n'a pas pu être établie préalablement à la collecte de données en raison de la méconnaissance du gisement. Ce qui impliquait que des connaissances antérieures pointues sur les produits textiles étaient nécessaires pour réaliser la collecte de données de cette façon. Il n'aurait pas été envisageable de devoir consulter un ouvrage de référence pour chaque item sorti de la cage. Maintenant, la liste des termes employés dans cette recherche peut être extraite des fichiers de calcul et utilisée pour normaliser le vocabulaire en préparation d'une future collecte.

Les 18 catégories analysées à l'été 2015 chez Certex ont été identifiées comme n'ayant pas de débouché pour leur entreprise à ce moment-là. Ceci signifie qu'il est possible que ces catégories changent si l'entreprise démarque de nouveaux clients ou que ceux-ci modifient leurs demandes. Avant de débiter le projet, la direction de Certex nous a présenté d'autres catégories de résidus pour lesquels ils ne trouvaient pas de preneurs, nommément les manteaux de cuir et de fourrure, ainsi que les rouleaux de tissu neufs. Celles-ci ont été exclues de l'étude puisque les cuirs et les fourrures ne sont pas composés

de fibres textiles et que les rouleaux de tissu sont considérés comme étant postindustriels.

Plusieurs catégories de VALM n'ont pas été caractérisées puisqu'elles ont un débouché. Par exemple, la sélection étudiée ne comprend pas de jupes, ni de shorts puisqu'ils se vendent bien sur les marchés d'exportation. La majorité des t-shirts, des cotons ouatés, des serviettes de ratine et des draps en flanelle sont coupés pour en faire des chiffons. De plus, chez Certex, tous les soutiens-gorge sont donnés à la Fondation pour le cancer du sein. Toutes ces catégories pourraient toutefois être analysées de la même façon que les « mal-aimés » pour ainsi les inclure dans la clé d'identification.

Quelques mois après la fin de la collecte de données, Certex a revu sa logistique de tri et a éliminé le tri par catégorie. L'ancienne méthode préconisait le tri de chaque item placé sur le convoyeur vers une catégorie, dont les items étaient retriés selon leur niveau d'usure. L'objectif de la nouvelle méthode est d'extraire uniquement ce qui a de la valeur pour l'entreprise. Plutôt que de tout traiter, les trieurs sortent les items de bonne qualité et ceux qui sont requis par les friperies locales, l'exportation et la fabrication des chiffons. Ceux qui restent sont les mêmes « mal-aimés » identifiés préalablement, la seule différence est qu'ils ne sont pas triés. Ceci n'a donc pas d'incidence sur la taxonomie des mélanges proposée dans ce mémoire, puisqu'elle est basée non pas sur les catégories d'origine de Certex, mais bien sur les sous-catégories (SC) des types de vêtements et leurs étoffes. Ainsi, plutôt que de séparer les catégories d'origine en **SC**, il suffit de former les **SC** à partir du gisement non-trié.

L'avantage ici est que la clé d'identification proposée dans cette recherche n'est pas tributaire des anciennes catégories de Certex. Il est donc tout à fait envisageable de l'utiliser au sein d'autres organismes qui récupèrent des VALM.

Bien que la mode change rapidement, les types de vêtements identifiés par les **SC** sont suffisamment génériques et peu susceptibles de changer. Cependant, les matières qui les composent peuvent quant à elles changer. Ces modifications ne se feront pas du jour au lendemain, mais il est prévu qu'à long terme l'usage du coton diminue au profit des rayonnées et que les fibres de polyester s'immiscent de plus en plus dans des produits où

ils étaient autrefois rares. Par exemple, à l'origine, les jeans étaient fabriqués d'une étoffe 100% coton, puis de l'élasthanne y a été ajouté — pour un peu d'élasticité — et aujourd'hui on retrouve du polyester dans 28% du gisement caractérisé (section 3.1.15).

5.2 Retour sur l'analyse

On remarque que la répartition des pourcentages des matières textiles identifiées dans le gisement postconsommation (figure 26) est différente de celle qui est donnée pour la production globale des matières textiles (figure 2). Il y a plus de fibres de polyester produites mondialement qu'il ne s'en trouve dans le gisement postconsommation et le taux de fibres animales qui s'y trouvent est plus élevé que ce qui est estimé pour la production globale. Ceci peut s'expliquer par le fait que toutes les fibres produites ne sont pas destinées au secteur des VALM. Il est aussi possible que les produits faits de fibres synthétiques soient moins nombreux puisque les fibres sont plus résistantes à l'usure. Il est aussi possible que les fibres synthétiques se retrouvent en grande quantité dans les catégories ayant des débouchés, réduisant ainsi leur présence dans les catégories non valorisées.

Il est aussi à noter que la composition du gisement peut varier suivant le rythme des saisons. Les vêtements d'été, par exemple, sont des habits légers, souvent faits de matières cellulosiques qui laissent une sensation de fraîcheur sur la peau et absorbent l'humidité du corps causée par la sueur. Les vêtements d'hiver, quant à eux, ont comme fonction de protéger le corps contre le froid et doivent être de bons isolants thermiques. La laine est la matière la plus prisée, mais puisqu'elle est dispendieuse, elle est souvent mélangée avec de l'acrylique. Il est donc envisageable que le gisement d'été contienne plus de fibres cellulosiques et celui d'hiver plus de fibres synthétiques et de laine.

Le traitement de certaines données recueillies pourrait être réévalué. C'est le cas des informations sur les doublures, présentes dans 11% des items caractérisés. Puisque la loi sur l'étiquetage oblige à communiquer le contenu en fibre des doublures, ces données ont été relevées lors de la collecte. Toutefois, seule l'information rapportant la présence ou non de doublure a été comptabilisée. Cette information est pertinente puisque les doublures sont généralement d'une autre matière que l'étoffe principale et devraient, en

théorie, être retirées. Ce conditionnement requiert des manipulations supplémentaires. Cependant, les informations collectées auraient pu servir à créer une catégorie « doublure » dont le profil en contenu aurait pu être présenté. Cette catégorie aurait probablement été très homogène puisque les doublures sont généralement confectionnées dans les mêmes fibres, soit le polyester, l'acétate, ou parfois le nylon.

L'analyse effectuée répond à la question de recherche, mais d'autres informations peuvent encore être extrapolées des données brutes. Par exemple, nous savons combien d'items sont faits de matières mélangées, et il serait possible de savoir quels sont ces mélanges et de calculer lesquels sont les plus courants. Il serait intéressant de comparer nos résultats avec ceux avancés par la fondatrice de l'entreprise Worn Again, soit que les mélanges de polyester et de coton compteraient pour 35% de tous les mélanges (Rhoades, 2017).

Les freins et les facilitateurs présentés à la section 4.1.1, sont évalués en fonction du conditionnement qu'il serait nécessaire de faire en prévision du défibrage. Les fibres ainsi obtenues peuvent être utilisées pour faire des non-tissés ou encore des fils pour la fabrication de tissés ou de tricots. Cependant, pour d'autres procédés de valorisation ces freins pourraient ne pas en être. Par exemple, les contaminants peuvent faire partie du redesign d'un produit récupéré ; les tricots ne sont pas avantageés si les étoffes sont seulement broyées ou coupés ; le niveau d'homogénéité n'aura pas beaucoup d'incidence si le procédé implique un solvant qui dissout tous les polymères.

5.3 Le tri : séparation versus identification

Plusieurs entreprises de récupération offrent des emplois qui demandent peu de qualifications. Ainsi, Certex emploie des personnes ayant des limitations fonctionnelles (physiques ou mentales) et Renaissance est une plateforme d'insertion sociale pour les gens vivant des situations précaires. Ces deux entreprises ont donc une mission sociale autant qu'environnementale. Toutefois leur modèle économique est tributaire du financement qui leur est accordé par Emploi-Québec. Cette recherche prend justement le pari de proposer un tri manuel qui pourrait facilement être réalisé par les employés actuels des centres de tri et, ainsi, perpétuer leur vocation sociale.

La technologie de tri assistée par un lecteur optique est très précise, elle peut déterminer sans erreur la composition de certains produits¹⁸. Cependant, elle ne « voit » qu'une très petite surface et ne peut évaluer si cette surface est représentative de tout l'item. Par exemple, les doublures ou les empiècements ne sont pas détectés. À l'opposé, les trieurs peuvent évaluer l'ensemble de l'item qu'ils ont sous les yeux et dans les mains. Ils combinent ainsi les informations visuelles et tactiles pour déterminer dans quel groupe l'item doit se retrouver.

Il est important de faire la distinction opérationnelle entre l'identification des matières et la séparation de ces dernières. Même si le lecteur optique identifie avec précision les mélanges, il n'est pas en mesure de séparer les fibres qui le compose. Des recherches pour séparer chimiquement la cellulose des plastiques sont en cours, mais aucun procédé n'est encore déployé à l'échelle industrielle.

Cette recherche soutient qu'il n'est pas nécessaire de faire cette séparation des fibres pour le recyclage mécanique. Grâce à la connaissance des propriétés des quatre grandes familles de fibres, il a été possible de former les nouveaux groupes et de développer une clé d'identification des mélanges pour le gisement des mal-aimés. Tel que démontré à la section 4.1.1, les fibres sont régulièrement utilisées en mélange : dans le cadre de cette caractérisation, 49% des vêtements sont composés de plusieurs matières. Les vêtements sont confectionnés d'étoffes choisies en fonction de l'usage que l'on en fera. Une étoffe est le résultat d'une combinaison précise d'un type de fibre, de fil, de structure et parfois de couleur ou de finition. Ces mélanges d'origine offrent les performances jugées utiles pour remplir la fonction d'usage du produit qu'ils constituent. Les **NC** profitent de ces propriétés déjà programmées dans les mélanges d'origine et rendent inutile la séparation des matériaux. Les mélanges résultant de cette clé d'identification peuvent être utilisés tels quels dans de nouveaux produits — en supposant que ceux-ci acceptent un certain taux « d'impureté ». Les profils présentés pour chacune des **NC** contiennent entre 6% et 25% d'autres fibres que celles mentionnées dans le nom de la **NC** (acrylique/coton : 21%,

¹⁸ À ce jour, *Fibersort* peut reconnaître toutes les matières « pures » et quelques mélanges.

cellulose : 21%, polyester/coton : 14%, laine : 25%, synthétique : 18% et le groupe soyeux : 6%).

Cette recherche offre une nouvelle perspective sur le gisement des textiles postconsommation. **Plutôt que de percevoir le mélange des matières comme un défi et s'affairer à développer des technologies pour les séparer, l'étude suggère de conserver ces mélanges et de profiter de leurs propriétés.** Ceci est possible grâce à l'identification des compositions les plus communes par type de produits. Dorénavant, il est possible de savoir dans quels types de produits extraire un maximum de fibres synthétiques, cellulosiques ou de laine, par exemple.

Cependant, il y a une ombre au tableau. À l'heure actuelle, les lois internationales régissant les textiles présentent un frein réel à l'usage des fibres recyclées, au-delà de leur interdiction dans les produits rembourrés. La loi sur l'étiquetage stipule que toutes les matières contenues dans le produit doivent être identifiées ainsi que le pourcentage du poids qu'elles représentent. Bien que le pourcentage de chaque fibre contenue dans les nouvelles catégories (NC) soit clairement identifié dans la section 4.3.1, différents facteurs pourraient avoir un impact sur ces proportions, tel que mentionné à la section 5.1. Afin de contourner ce frein majeur, nous croyons que **les technologies de reconnaissance optique des matériaux devraient être déployées pour identifier avec précision les fibres contenues dans les nouveaux matériaux fait des mélanges résultants**, soit le flux sortant, plutôt que le flux entrant que sont les items à trier.

5.4 Le système circulaire

Le modèle de l'économie circulaire est un méta-système liant plusieurs stratégies qui jusqu'à maintenant étaient indépendantes. Les artisans de l'ÉC ont organisé chacune des stratégies dans une séquence précise, suivant la chaîne de valeur. Cette organisation des éléments fait apparaître des interactions qui n'étaient pas apparentes auparavant ou qui n'existaient simplement pas.

Le fait de favoriser les **boucles les plus courtes** à travers de nouveaux modèles d'affaires, telle l'économie de fonctionnalité et de partage, intensifie l'usage et aura un impact sur

les boucles subséquentes de valorisation. Ces modèles d'affaires misent sur la location des produits et en assurent l'entretien. Il est réaliste de croire que des services de réparation, de retouches et d'ajustements seront communément offerts par les entreprises afin d'allonger la durée de vie du vêtement. De cette façon, seuls les produits usés, tachés ou troués, qui ne peuvent pas être nettoyés ou réparés, seront donnés pour la récupération. Ainsi, le marché du réemploi pour les récupérateurs en serait grandement affecté, peut-être même éliminé. Il est donc du devoir des récupérateurs de se concentrer dès maintenant sur le recyclage des matières textiles, plutôt que sur le réemploi. Il va sans dire que ces nouveaux modèles perturbent grandement la conception des produits. Ces derniers devront dorénavant résister à plus de cycles de lavage, s'ajuster facilement aux différentes morphologies et en plus de permettre le remplacement des composantes susceptibles à l'usure.

Les procédés pour le recyclage en cascade des textiles sont organisés suivant une hiérarchie de transformations. La première boucle ne demande aucune altération (réemploi), puis les suivantes concernent la transformation mécanique des étoffes (découpe, défibrage), puis la transformation polymérique (dissolution et refonte) et finalement les dernières boucles se situent au niveau des éléments primaires (biodégradation et dépolymérisation). Cette organisation permet de placer les transformations mécaniques dans une zone du schéma peu occupée. Ceci ouvre toute grande la porte à l'exploration de nouveaux procédés de transformation qui viseraient la conservation de la valeur déjà investie dans les matériaux textiles. Cette zone représente un nouvel espace pour l'innovation à travers le développement d'une gamme d'interventions originales et la création de nouvelles familles de textiles de deuxième vie.

Dans une perspective à long terme, l'augmentation de la quantité de matière recyclée dans la chaîne de valeur fera diminuer la demande pour des matériaux neufs. Parallèlement, les stratégies comme l'économie de fonctionnalité feront diminuer la demande pour des produits neufs, faisant du même coup diminuer la production de biens et la demande pour des matériaux. Ceci aura aussi comme résultat de réduire l'apport de matière à recycler et recyclée. À quel moment l'équilibre sera-t-il atteint entre l'apport de matières recyclées et la production de biens? Est-ce utopique de croire qu'un jour les

matières issues du recyclage seront en quantité et de qualité suffisantes pour soutenir les activités humaines?

La taxonomie des mélanges appliquée au modèle d'économie circulaire pourrait, avec le temps, **assainir le gisement**. La formation des nouvelles catégories (NC) nous révèle que c'est la combinaison des trois grandes familles de fibres qui forment l'ensemble de tous les mélanges que l'on retrouve dans le gisement. Les compositions les plus courantes sont, soit constituées majoritairement d'une seule des grandes familles, comme c'est le cas des **NC** « mélange cellulosique » et « mélange synthétique », soit, elles sont un mélange moitié/moitié de synthétique et de cellulose, comme les **NC** « mélange acrylique/coton » et « mélange polyester/coton ». Donc, au total trois « méta catégories » (cellulosique, synthétique ou moitié/moitié) permettent de rencontrer toutes les propriétés fonctionnelles des textiles. Ces **NC** font écho à la proposition par la FEM de développer une « palette » de matériaux (section 1.4.1).

Si l'on se fie aux informations prospectives au sujet de la production mondiale des matières textiles, seulement deux types de fibres devraient dominer. D'abord, le polyester puisque c'est la fibre synthétique la plus polyvalente et qu'elle se recycle en boucle fermée sans perte de qualité grâce à la dépolymérisation (on peut en refaire des huiles pour produire des fibres d'aussi bonne qualité que les neuves). Puis la lyocell (ou tout autre version améliorée qui lui succèdera), puisque cette rayonne est produite avec des ressources renouvelables, soit la cellulose de n'importe quelle plante à croissance rapide et même à partir de fibres végétales comme le coton, le lin, le chanvre, la ramie, etc. Il est concevable d'imaginer que l'approvisionnement de cellulose ne soit plus lié aux plantes vivantes, mais plutôt au recyclage par dissolution des fibres en fin de vie. Par ailleurs, il serait pertinent de savoir si cette cellulose perd de la qualité après chaque cycle. À elles seules ces deux fibres, séparées ou en mélange et mises en forme de diverses façons, colorées et imprimées, pourraient répondre à la plupart des critères de performances de base.

5.5 Écoconception

La recherche a porté son regard principalement sur la fin de vie des vêtements. Toutefois, nous sommes conscients qu'il faut aussi agir en amont, afin d'aligner la conception des produits avec les procédés de valorisation en fin de vie. Bien que le design de mode soit à l'extérieur du champ de cette recherche, des observations peuvent orienter certains choix.

5.5.1 Fin de vie

Plusieurs recommandations sont déjà formulées pour réduire les impacts lors de la production et de la phase d'usage, qui sont les points chauds identifiés par les ACV. Cependant, bien que la fin de vie ne génère pas autant d'impacts, le recyclage des matières est primordial pour la transition vers une industrie circulaire.

Grâce aux freins et aux facilitateurs identifiés lors de l'analyse des résultats, nous pouvons extrapoler des principes d'écoconception de vêtements qui faciliteraient leur recyclage. Certaines de ces recommandations sont en lien direct avec les procédés de transformation.

De façon générale, il serait recommandé de choisir des étoffes composées d'une seule matière et n'utiliser qu'une seule étoffe dans le produit. Dans le cas où une deuxième étoffe est nécessaire, par exemple pour les doublures, elle devrait être facile à séparer. Nous recommandons de limiter la diversité de fibres choisies et recommandons l'utilisation du polyester et de la lyocell.

Dans le cas de l'extraction manuelle des contaminants, il serait préférable d'éviter les contaminants sur les petits items, puisque cela signifie beaucoup de manipulation par rapport au poids de textile récupérable. Dans tous les cas, permettre aux contaminants d'être détachés, ou encore en réduire la quantité, en plus de les concentrer dans une zone du vêtement et de s'assurer qu'ils sont faciles à trouver.

Pour l'extraction mécanique, dans le cas où la ligne de défibrage est assortie d'une centrifugeuse et d'aimants pour la décontamination, les contaminants en métal seraient préférables puisque qu'ils sont lourds et peuvent être aimantés. Cependant, si les

procédés visés sont la dissolution de la cellulose, la refonte ou la dépolymérisation des synthétiques, alors la stratégie à privilégier serait plutôt de choisir des ajouts de ces mêmes matières. Par exemple, des boutons en bois avec les fibres cellulosiques et des fermetures éclair en PET pour les fibres de polyester.

Nous recommandons de choisir des étoffes tricotées pour les vêtements près du corps, qui demandent une légère élasticité, et des tissés pour ceux qui n'en demandent pas. Ce qui permettrait de limiter l'usage de l'élasthanne. De plus, les tricots ont l'avantage d'être plus faciles à défibrer et pourraient éventuellement être détricotés si le produit est fait en tricot proportionné (*full fashioned*).

5.5.2 Durée de vie

Le concept du niveau de permanence des objets de Papanek (section 1.1) pourrait être extrapolé à la conception de vêtement. Celui-ci favoriserait trois systèmes de produits distincts, basés sur la durée de vie anticipée : éphémère pour les vêtements d'expression ; semi-permanent pour les vêtements fonctionnels et permanent pour les pièces auxquelles nous sommes attachées et qui se conservent de génération en génération. Les fibres faciles à recycler en boucle fermée, tels le polyester et la lyocell, seraient privilégiées pour les produits aux cycles de vie courts. Les fibres performantes (tel le nylon, la modal, le modacrylique, etc.) seraient du deuxième niveau « semi-permanent », réservées aux vêtements et produits techniques conçus pour être séparés en fin de vie pour faciliter la réparation. Les fibres comme la laine et la soie, mais aussi les fibres végétales — qui seront éventuellement elles aussi considérées comme un luxe — seront réservées aux vêtements « permanents » (tableau 18).

Tableau 18. Durabilité des vêtements, les matières associées et leur fin de vie

Durabilité	Vêtements	Matières	Fin de vie
Éphémère	D'expression	Polyester et lyocell	Dissolution/refonte
Semi-permanent	Fonctionnels	Fibres performantes	Désassemblage
Permanent	D'attachement	Fibres de luxe	Conservés

5.6 Schéma ÉC pour l'industrie textile

La réflexion sur le système global fait partie intégrante de la recherche afin de bien saisir le contexte dans lequel elle s'inscrit. De plus, à l'exception du schéma partiel de la FEM (figure 16) présenté dans le rapport *A New Textiles Economy : Redesigning Fashion Future* (2017), aucun schéma spécifique à la filière textile n'était disponible à notre connaissance. Il est impératif d'illustrer ce système afin de mettre en relief ses particularités. Le premier schéma (figure 28) est basé sur les étapes du cycle de vie des produits et indique les spécificités des textiles. Il dépeint de façon précise les voies de valorisation connues. Le suivant (figure 29) ajoute certaines stratégies mises de l'avant par l'économie circulaire et déjà bien implantées dans le secteur, soit la symbiose industrielle, la réparation, la location et les échanges. La figure 30 marque une grande évolution dans la compréhension de l'économie circulaire de la chercheuse. Il fut élaboré en juillet 2016, soit juste à la fin de l'école d'été en économie circulaire où elle participait en tant qu'étudiante. Le vocabulaire associé à l'ÉC est pleinement assumé et la représentation se rapproche de celle proposée par la FEM. On peut voir la chaîne de valeur linéaire verticale et les boucles de rétroactions sur la droite. La différence notable est que les flux ne sont pas séparés en « biologique » ou « technologique », puisque les matières textiles ne s'y prêtent pas bien. À ce schéma s'est ajouté une phase qui n'apparaissait pas encore, mais qui s'avère primordiale pour la valorisation des textiles : la récupération. Celle-ci se place après l'usage et inclut toutes les activités tels la collecte et le tri. Les boucles représentant les stratégies liées à la consommation sont placées à gauche pour faciliter la lecture (figure 31). La figure 32 est pratiquement semblable en tout point à l'exception de l'orientation. La chaîne de valeur n'est plus à la verticale, mais bien à l'horizontale. Les raisons qui ont soutenu ce changement ne sont pas d'ordre théorique, mais plutôt pratique. Le schéma fut présenté au Salon des technologies de l'environnement du Québec (TEQ) à Québec, le 14 mars 2018, lors d'une table ronde organisée par l'Institut EDDEC. Le format horizontal se présente mieux dans un écran orienté « paysage ». De plus, l'Institut présentait en même temps son nouveau schéma de l'ÉC (figure 11) et il semblait pertinent qu'ils soient harmonisés.

Les outils de planification, tels l'écoconception et la logistique inversée, les outils, tels l'ACV et l'AFM, ne sont pas représentés dans le schéma. De plus, ce modèle représente une circularité en boucle fermée et ne tient pas compte des entrants et des sortants venus de/allant vers d'autres systèmes, comme dans le cas de fibres textiles récupérées des vêtements, mais utilisées dans un autre secteur, comme dans celui des tapis.

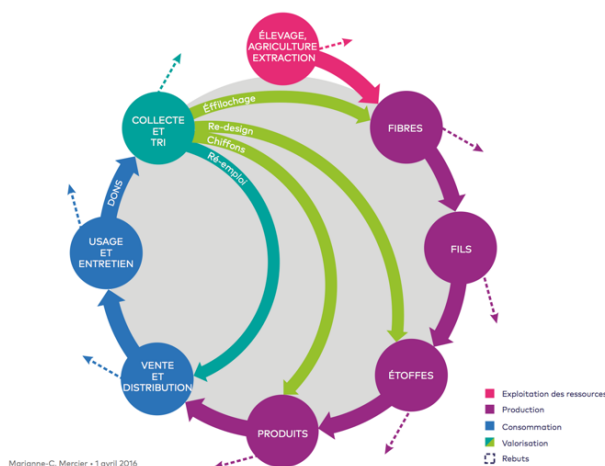


Figure 28. Schéma de l'ÉC des textiles, avril 2016

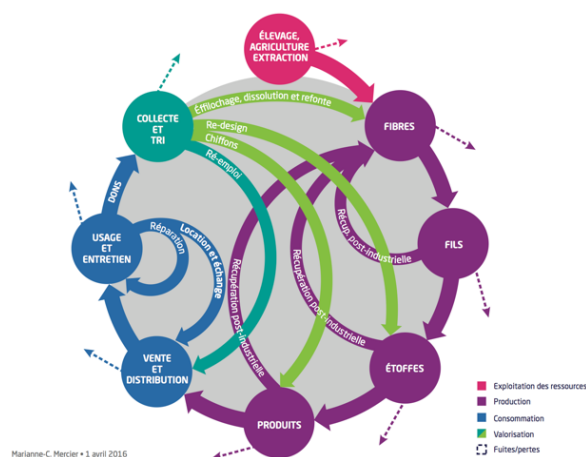


Figure 29. Schéma du cycle de vie des textiles, avril 2016

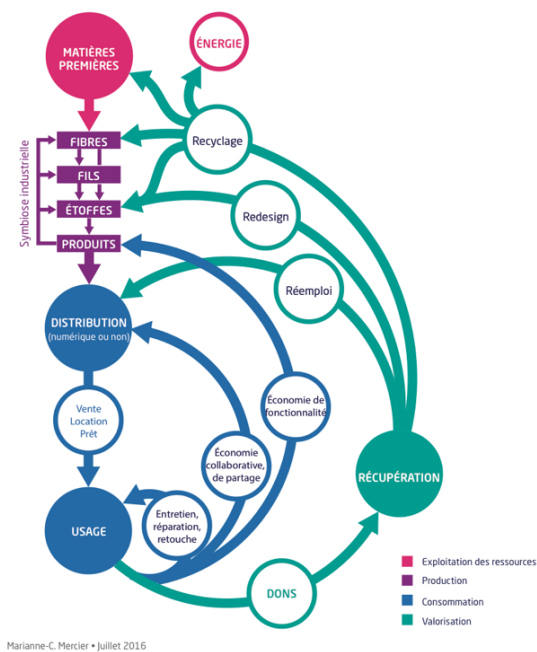


Figure 30. Schéma de l'ÉC des textiles, février 2018

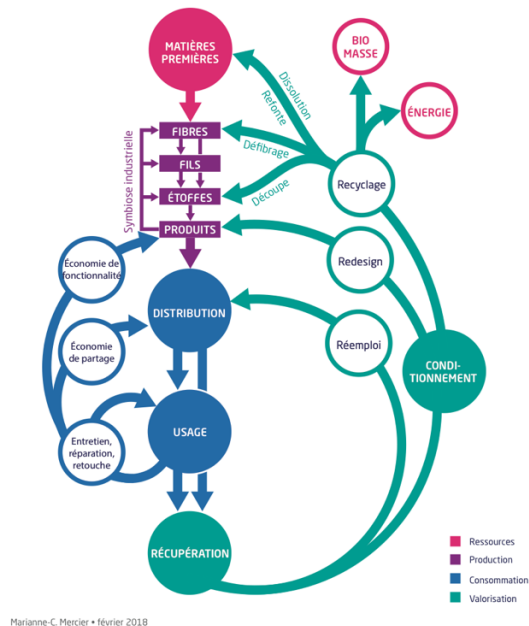


Figure 31. Schéma de l'ÉC des textiles, juillet 2016

STRATÉGIES DE CIRCULARITÉ APPLIQUÉES À L'INDUSTRIE TEXTILE

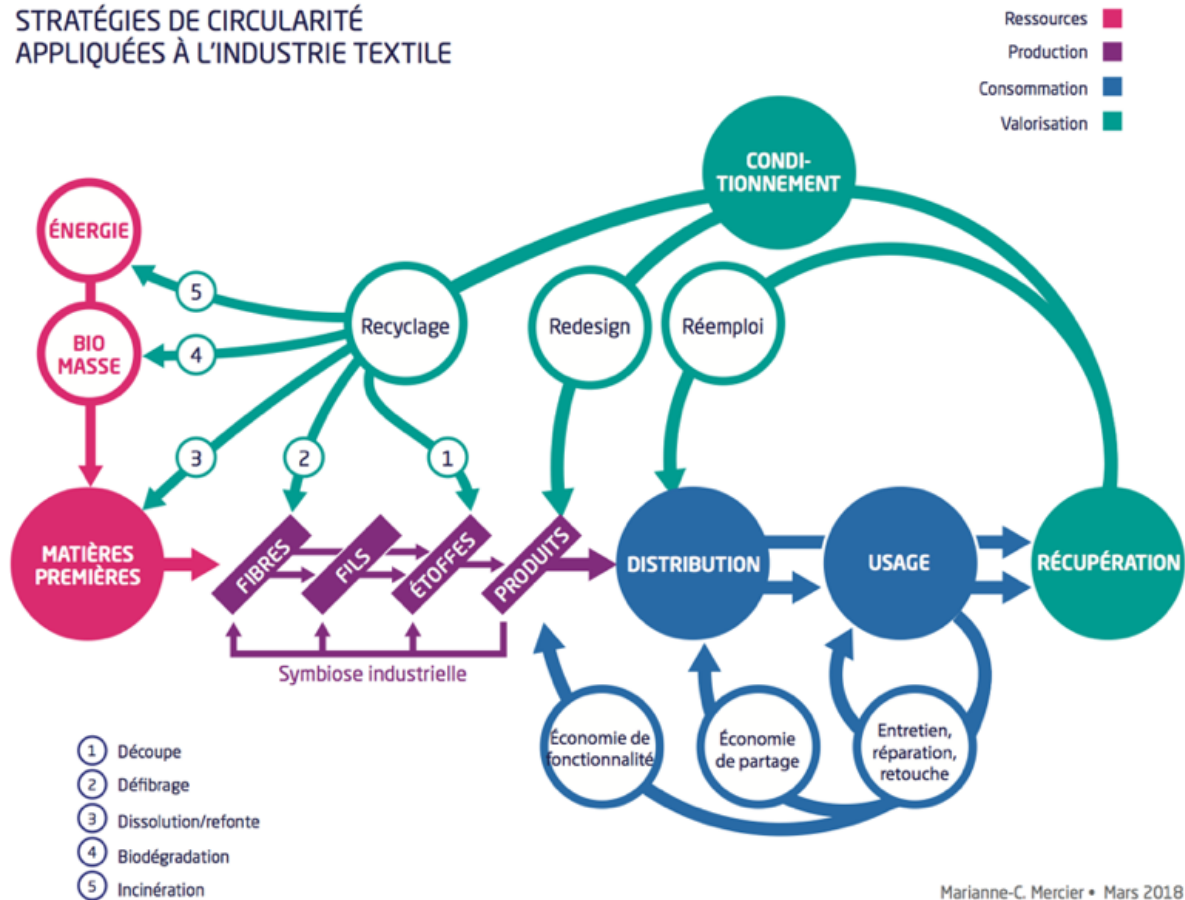


Figure 32. Schéma ÉC textiles, mars 2018

L'évolution de ces modèles montre, en quelque sorte, celle de la compréhension du modèle d'ÉC et de ses applications dans le contexte observé. Cela étant dit, son évolution se poursuit encore.

5.7 Vers une circularité des textiles au Québec

Tel que mentionné dans la problématique (p. 22), le Québec est dépendant des importations de textiles, que ce soit celles de vêtements pour vêtir la population ou encore des fils et des étoffes pour la production locale de produits techniques. Dans ce système, les sortants sont les exportations de produits manufacturés au Québec, ainsi que les vêtements usagés vendus aux pays étrangers. Les chutes de production et les vêtements enfouis sont des ressources inexploitées.

Tel que mentionné dans *Over-Dressed* (Cline, 2012), il est peu probable que la production de vêtements revienne s'installer dans les pays industrialisés, dont le Québec fait partie. Cependant, la fabrication de textiles techniques et de produits à haute valeur ajoutée a le vent dans les voiles et présente un nouveau moteur économique pour la province (MESI, 2014). **Serait-il possible de considérer le gisement de textiles postconsommation comme ressource dans la chaîne d'approvisionnement de cette industrie montante?**

La présente recherche s'est penchée principalement sur le gisement de VALM postconsommation et nous n'avons colligé aucune information sur le secteur manufacturier. Il va sans dire qu'une connaissance approfondie de la réalité de cette industrie serait stratégique pour la poursuite du projet. Nous considérons qu'il était primordial de d'abord connaître la composition et le potentiel du gisement des textiles postconsommation avant de solliciter les acteurs manufacturiers.

5.8 Les données manquantes

La caractérisation est basée sur des mesures directes prises sur le terrain. Afin d'extrapoler à l'ensemble de la province les informations recueillies, des données globales, spécifiques au territoire, fiables et récentes sont essentielles.

5.8.1 Consommation

La problématique de cette recherche est basée sur le ratio des VALM consommés, puis jetés ou donnés, ainsi que sur le ratio des VALM valorisés ou non valorisés par les récupérateurs. Cependant, les dernières statistiques disponibles sur la récupération des VALM remontent à l'étude menée par Jérôme Cliche pour Recyc-Québec il y a plus de 10 ans. Il est probable que la quantité consommée annuellement ait augmenté, tel qu'il a été observé au Royaume-Uni entre 2012 et 2016 (WRAP, 2017). Nous sommes aussi en droit de nous questionner sur l'impact des campagnes de sensibilisation qui incite les citoyens à donner plutôt que jeter les VALM dont ils souhaitent se débarrasser. Du côté des récupérateurs, il est possible que les changements sur les marchés d'exportation et les débouchés locaux (on pense ici à la fermeture de Leigh Fibers en 2010), ont pu avoir un impact sur les statistiques depuis 2008. De plus, le taux d'élimination chez les

récupérateurs est différent entre les chiffres de RQ de 2008 (40%), ceux de Certex en 2015 lors de la collecte de données (30%) et ceux de Certex en 2018 (10%). Certex est une entreprise modèle, qui s'est donné les moyens pour améliorer sa performance au fil des années (changement de méthode de tri, démarchage de nouveaux partenaires en Afrique, ouverture de leur propre friperie, soutien à la recherche et entente avec une cimenterie pour l'incinération). En présentation au Salon des TEQ de Québec en 2018, le directeur actuel de Certex, Stéphane Guérard, affichait comme suit les performances de son organisme : 60% à l'exportation, 15% de chiffons, 10% aux friperies locales, 5% en valorisation énergétique et 10% à l'enfouissement. Mais ces chiffres sont-ils représentatifs de tous les récupérateurs sur le territoire?

En ce qui concerne les données de Recyc-Québec, elles laissent entendre que la quantité de vêtements consommée annuellement correspond à la quantité qui est donnée ou jetée. Malheureusement, ces données ne tiennent pas compte des « stocks », c'est-à-dire des produits que les citoyens possèdent et qui sont conservés pour plus d'une année. Les données pour le Royaume-Uni présentées dans le rapport de WRAP (2017), illustrent cette réalité : 1 130 000 tonnes de vêtements ont été consommées en 2016, 3 600 000 tonnes étaient en usage (*active use*) et 300 000 tonnes ont été jetées par les consommateurs.

5.8.2 Flux de matières territoriales

Cette recherche porte sur la circularité potentielle des textiles sur le territoire québécois. Nous savons que des fournitures, comme des fibres, des fils et des étoffes, ainsi que des produits finis, principalement des vêtements, sont importés. Les fournitures sont utilisées par les manufacturiers locaux pour fabriquer des produits finis (principalement dans le secteur des textiles techniques), une partie étant vendue localement et l'autre exportée. Il est important de ne pas omettre que ces manufactures engendrent des chutes de productions et que les inventaires ne sont pas nécessairement tous vendus. Il en est de même pour les vêtements importés ; certains ne sont pas vendus.

Dans le rapport *Caractérisation des matières résiduelles du secteur résidentiel 2012-2013* (Recyc-Québec, 2015), on rapporte que les textiles usagés composent seulement 3% des

déchets domestiques. En comparaison, les déchets de matières organiques représentent 47%. Cette juxtaposition peut induire l'impression que les textiles ne représentent pas un volume suffisant pour qu'on s'y attarde. En extrapolant les données sur la valorisation des textiles de Recyc-Québec (Cliche, 2011), il apparaît que 62% des textiles postconsommation sont jetés, une portion par les consommateurs et l'autre par les récupérateurs. Cette donnée semble conservatrice si elle est comparée avec le 84% publié dans le rapport *Advancing Sustainable Materials Management: 2014 Fact Sheet* (U.S. Environmental Protection Agency, 2016). Alors, qu'en est-il réellement du tonnage de matière textile enfoui dans la province ?

Les données sur les tonnages entrants et sortants sur le territoire québécois sont inconnues. Les informations rendues disponibles par Statistique Canada sont en dollars et il est très périlleux de tenter d'y associer des valeurs en poids. Une des raisons en est que les produits textiles ont des valeurs monétaires très différentes si l'on compare une bobine de fils de coton à un pantalon de la même matière. Les informations relatives aux chutes de production peuvent être extrapolées de la littérature, mais, tel que le rapporte la FEM, elles varient considérablement, soit entre 10% et 20% pouvant facilement atteindre 40% (Fondation Ellen MacArthur, 2017). Les volumes d'inventaires non vendus sont un sujet tabou au sein des entreprises et de leurs distributeurs, peu enclins à diffuser ce genre d'informations craignant de nuire à leur image de marque (Recer, 2017).

5.8.3 Mesures d'impacts

L'objectif du recyclage est de détourner les matières de l'enfouissement, ce qui, en soi, est valable d'un point de vue environnemental. Cependant, nous sommes en droit de nous demander si la transformation des matières textiles récupérées au Québec génère plus ou moins d'impacts que celle des matières neuves effectuées ailleurs sur le globe. Quels sont les gains environnementaux des produits faits de fibres recyclées par rapport aux produits existants? Les ACV sont des études reconnues pour répondre à ce type de question. Cependant, il semblerait que les méthodes d'allocation des crédits pour le recyclage ou l'usage de matière recyclée ne fassent pas l'unanimité (section 1.2.2.3). Le point litigieux étant que, selon la méthode choisie, les résultats varient. Le système décrit dans cette recherche en est justement un en boucle ouverte, où les matières seraient

récupérées du système « VALM postconsommation » et seraient réintroduites dans le système « textiles techniques ». Afin de peindre un portrait juste, il semble urgent et approprié de réaliser des projets de développement de produits, en collaboration avec les manufacturiers, afin de prendre des mesures directes, plus fiables que les données d'inventaires génériques. Ces mesures pourraient ensuite alimenter une base de données spécifique à l'industrie textile.

Conclusion

Le développement technique et l'automatisation ont permis de produire des biens de consommation en grande quantité et à un rythme toujours plus rapide. Cette production de masse alimentée par une consommation débridée supporte la croissance économique des pays industrialisés. L'industrie mondiale de la mode est un exemple éloquent de ce consommateurisme. Les grandes marques proposent de nouveaux styles qui sont désirés par le consommateur jusqu'à ce qu'ils soient remplacés par la prochaine nouveauté. Ce modèle de consommation est basé sur l'extraction des ressources qui, une fois transformées en matériaux, servent à faire des produits vendus à des consommateurs qui ne les utilisent que pendant un certain temps avant de s'en débarrasser. Les impacts environnementaux liés à la consommation et à la production des produits textiles sont multiples et touchent, autant les déversements de polluants dans l'environnement, que l'usage excessif d'eau potable et d'énergie, et l'accumulation de déchets solides.

Depuis l'ouverture des frontières aux importations, la production de vêtements s'est déplacée vers les pays où la main-d'œuvre est moins dispendieuse que dans les pays développés, tel le Canada. Aujourd'hui 80% des vêtements vendus sur le territoire sont importés. Bien qu'ils ne soient pas fabriqués ici, ces produits textiles sont toutefois collectés par des organismes locaux qui en font le tri. Contrairement à la croyance populaire, une très faible partie des vêtements donnés est effectivement distribuée aux plus démunis. Le tri actuel sépare les produits par type (chemise, pantalon, manteau, etc.) et par niveau d'usure en vue d'être vendus sur le marché du réemploi.

Ce tri ne parvient pas à valoriser l'ensemble des items récupérés, puisqu'il est basé sur la valeur de revente du produit lui-même et est donc tributaire des besoins des clients. Ceux-ci étant situés dans des pays au climat plus clément et ayant des cultures différentes, plusieurs catégories de VALM ne trouvent pas preneurs et ces mal-aimés sont enfouis.

L'approche de l'économie circulaire (ÉC), popularisée en 2010 par l'entremise de la Fondation Ellen MacArthur (FEM), demande qu'on s'y attarde afin de saisir les opportunités qu'elle peut offrir au sein de la filière des textiles. Elle propose de revoir les

méthodes de production et les modes de consommation afin d'atténuer les impacts sur l'environnement, ceci tout en soutenant la croissance et le développement. Quatre principes de base énoncés par la FEM permettent de voir la problématique sous un nouvel angle, soit : garder les produits et matériaux en circulation, privilégier les boucles les plus courtes, favoriser les applications en cascade et l'usage d'entrants « purs ». La vision globale de ce modèle permet de fédérer plusieurs stratégies et outils, ayant fait leurs preuves par le passé, et de les diriger vers un objectif commun. Presque toutes les stratégies de l'ÉC peuvent être appliquées au contexte de l'industrie textile. Cependant, quelques termes et définitions doivent être ajustés, comme c'est le cas pour la remise à neuf et le réusinage, que l'on pourrait plutôt associer aux activités de retouches et d'ajustements. L'étude approfondie du modèle circulaire a permis de développer un schéma représentatif des spécificités de l'industrie des textiles.

Pour soutenir la transition des textiles vers la circularité, quelles sont les caractéristiques des vêtements, accessoires et linges de maison présents dans le gisement postconsommation pouvant être mises en valeur dans de nouveaux produits ?

Afin de trouver des débouchés potentiels pour les textiles postconsommation, le premier objectif est de quantifier les matériaux textiles disponibles dans le gisement et d'en déterminer les propriétés physico-chimiques. Le deuxième objectif est d'identifier les caractéristiques du gisement qui peuvent freiner ou faciliter la valorisation.

La démarche méthodologique s'inscrit dans une logique de recherche par induction, où le point de départ repose sur l'observation. L'approche choisie est quantitative et descriptive afin d'obtenir des données empiriques, transposables en statistiques et pouvant être généralisées. La collecte de données a eu lieu au Centre de tri Certex où 10 250 items ont été analysés. Pour chacune des 18 catégories analysées, le profil du mélange de fibres a été établi ainsi qu'un tableau résumant les informations suivantes : le poids moyen de chaque item, le pourcentage d'étoffes en tricot ou tissées, le pourcentage d'items ayant un mélange de fibres, de doublure et de contaminants. Les résultats globaux extrapolés permettent d'affirmer que le gisement total de textiles postconsommation est composé de 47% de fibres cellulosiques qui sont dominées par le coton (39%), de 42% de fibres synthétiques, dominées par le polyester (20%) et

l'acrylique (17%) et de 11% de fibres animales. Cela signifie qu'il y a pratiquement autant de fibres celluloses que synthétiques et que les fibres animales sont rares. Ces résultats peuvent sembler surprenants sachant que la production mondiale de fibres place le polyester à environ 63%, alors que le coton représenterait seulement 24%. Au total, 49% des vêtements sont faits de fibres mélangées, 11% comprennent des doublures faites d'une autre étoffe et 47% ont des contaminants qui doivent être enlevés afin de récupérer uniquement les fibres.

L'observation du gisement lors de la collecte et le traitement des données ont permis de développer une clé d'identification qui permet de regrouper les mélanges de matières les plus courants et ce sans technologie ou infrastructure supplémentaire. Celle-ci se base sur la reconnaissance visuelle et tactile des types de vêtements et des étoffes dans lesquelles ils sont confectionnés. Grâce à l'analyse des données, nous avons pu constater que chaque type de vêtements est généralement composé de matières très semblables. Il a ensuite été possible de regrouper ces sous-catégories de type en fonction de leur mélange de fibres et de former six nouvelles grandes catégories au profil unique. Appuyé par la science des textiles, il est possible d'extrapoler les propriétés pour chacune de ces nouvelles catégories et de proposer des secteurs d'application où ces propriétés seraient mises à profit.

Limites de la méthode :

Les informations collectées à l'aide des étiquettes ne sont pas précises et ce pour plusieurs raisons. Premièrement, environ 11% des items n'ont pas d'étiquette ; deuxièmement, il a été démontré par d'autres chercheurs que les informations sur les étiquettes ne sont pas nécessairement justes ; troisièmement, jusqu'à 5% d'autres matières peuvent légalement ne pas être divulguées. Ceci s'ajoute au fait que le profil des six nouvelles catégories contient entre 6 et 25% de fibres minoritaires. Afin d'évaluer l'importance de ce décalage, il serait intéressant de développer un protocole où la lecture optique serait effectuée sur le résultat du mélange plutôt que sur chaque matière qui le compose. À l'heure actuelle, un des freins à l'usage des fibres recyclées postconsommation au Québec dans de nouveaux produits est le règlement M-5, qui exige l'identification des fibres. Le 19 avril 2018, Martine Ouellette, députée de Vachon

présentait à l'Assemblée nationale le projet de loi n° 1095, visant à modifier cette loi. Il est donc à espérer que celui-ci soit adopté pour encourager et faciliter l'usage des matériaux recyclés.

Les propriétés résultantes des nouvelles catégories sont théoriques. Il serait essentiel de procéder à la fabrication d'échantillons sur lesquels les propriétés réelles pourraient être mesurées.

Il est possible que les proportions de chaque catégorie par rapport à la quantité totale annuelle varient. Les critères suivants pourraient avoir un impact : le moment de l'année où la collecte de données est effectuée, les nouveaux marchés développés par l'organisme récupérateur et les changements dans la demande pour les exportations. Afin de vérifier la concordance des données et les ajuster, il serait concevable d'établir un tri test avant chaque production.

Apports de la recherche :

Aucune caractérisation du gisement de textiles postconsommation n'avait été réalisée à ce jour au Québec. Ces informations sont représentatives des particularités sociales et climatiques de la province et peuvent être transférées à d'autres organismes locaux. De plus les résultats peuvent être comparés avec ceux obtenus par d'autres recherches ailleurs dans le monde, par exemple celle réalisée en France par Eco TLC (2012).

La séparation des VALM en nouvelles catégories (NC) basées sur le contenu en fibres — plutôt que sur leur réemploi — montre la voie vers une valorisation de 100% des items traités par les centres de tri. Il est concevable que le recours à l'enfouissement ne soit plus nécessaire, ce qui aura un impact positif sur la rentabilité des entreprises en plus d'allonger la durée de vie des sites d'enfouissement. Un outil de type « aide à la décision » pourrait être développé pour accompagner les employés dans la reconnaissance des items et la formation des NC. Puisque la clé d'identification des mélanges ne demande aucune infrastructure supplémentaire, celle-ci peut être implantée dès maintenant, dans n'importe quel centre de tri. Évidemment, l'intérêt pour cette taxonomie est fortement lié au développement de nouveaux produits qui tirent profit des propriétés résultantes des NC présentées à la section 4.3.

Bien que l'objectif de la recherche se situe à la fin de la boucle, l'identification des freins et des facilitateurs pour chacune des 18 catégories d'origine a permis de formuler des recommandations pour la conception de produits textiles, dans le but d'améliorer leur circularité.

En parallèle de la caractérisation du gisement, la recherche a aussi porté un regard sur le système global dans lequel elle s'inscrit. Un schéma illustrant les principales stratégies de l'économie circulaire appliquées à l'industrie textile a donc été développé. Celui-ci a d'ailleurs déjà été diffusé lors du panel au sujet de l'approche ÉC déployée dans la filière textile, organisé par l'Institut EDDEC lors du Salon des TEQ 2018.

Dans une perspective élargie sur la question, non seulement la schématisation permet-elle d'organiser des éléments et leurs interactions, elle peut aussi faire apparaître des liens qui n'étaient pas visibles auparavant et de percevoir l'évolution possible d'un système. Ainsi, ce mémoire présente un regard prospectif sur l'avenir de l'industrie textile dans un contexte circulaire. Premièrement, les produits textiles devront être conçus en fonction de leur usage et de leur fin de vie, et les fibres avec lesquelles ils seront confectionnés reflèteront ces visées. Deuxièmement, dans un modèle circulaire, seuls les produits qui ne peuvent être réemployés, ajustés ou réparés seront envoyés à la récupération. Ce qui veut dire que les récupérateurs actuels doivent se détourner graduellement de la revente de produits tels quels, au profit de la récupération des matériaux qui les constituent. Troisièmement, éventuellement, seules les fibres recyclées à partir de cellulose et de polyester seront produites. Les fibres naturelles (végétales et animales) seront rarissimes et considérées comme un luxe. Quatrièmement, une gamme de nouveaux procédés de transformation des textiles en vue de leur valorisation sera déployée, afin de préserver le plus longtemps possible la valeur qu'on y a déjà été investie.

Suites :

Cette étude laisse entrevoir plusieurs pistes de recherches qu'il serait pertinent d'approfondir dans le cadre de travaux futurs.

Comment transformer les textiles postconsommation tout en conservant un maximum de leur valeur intrinsèque ?

Les principes de l'ÉC ouvrent la porte au développement de nouveaux procédés de transformation des textiles, dont l'objectif est de préserver le plus possible l'intégrité des matériaux. À travers un processus de développement de produits étudié par des designers et soutenu par l'industrie, il serait pertinent de produire différents prototypes afin de dresser la liste de leurs spécifications et de valider la faisabilité, les coûts de production, les impacts environnementaux ainsi que l'intérêt du marché.

Est-ce que l'utilisation de fibres recyclées postconsommation dans des textiles techniques mène à de réels gains environnementaux ?

Peu d'ACV ont été réalisées sur les produits textiles et encore moins sur l'usage de fibres recyclées en boucle ouverte. Sachant que les méthodes de calcul d'allocation des crédits pour les matières recyclées/recyclables sont un enjeu, il serait intéressant de réaliser davantage d'ACV. Les résultats serviraient à compléter les bases de données locales.

Est-ce que les quantités de produits textiles usagés pourraient combler les besoins en matériaux primaires de l'industrie locale des textiles techniques ?

Les chiffres concernant les quantités de matières textiles entrant et sortant du territoire ne sont pas connus. Afin d'évaluer leur potentiel de circularité, il serait pertinent de mener une analyse de flux de matière.

Une économie circulaire dans l'industrie textile au Québec permettrait de freiner l'épuisement des ressources en évitant la production de fibres neuves, de diminuer les émissions de GES grâce à une transformation locale alimentée par l'hydroélectricité, de contribuer aux savoirs collectifs par l'acquisition de nouvelles connaissances et de participer au développement économique de la province par la création d'emplois et le développement de produits innovants.

Bibliographie

- ADEME. (2018). Nos expertises : Économie circulaire. Repéré à <http://www.ademe.fr/expertises/economie-circulaire>
- AEE. (2016). Circular economy in Europe. Developing the knowledge base. Repéré à <http://www.eea.europa.eu1publications/circular-economy-in-europe>
- Bernard, S. (2016). Économie de fonctionnalité, maintenance et durabilité. École d'été en Économie circulaire. Institut EDDEC
- Bouchard, M.-P. (2017). Radio-Canada Estrie. *Le principal client des producteurs d'asclépiade fait faillite*. Repéré à <http://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1061543/asclepiade-soyer-producteurs-industries-encore3-faillite-monark>
- Brodhag, C. (2004). Valorisation des déchets. Dans *Dictionnaire du développement durable* (pp. 279). Sainte-Foy, Québec : Éditions Multimonde.
- Brosdahl, D. J. C. (2007). The Consumption Crisis. Dans *Future Fashion White Papers* (pp. 7-16). New York : Earth Pledge.
- Certex. (2018). Repéré à <http://certexcanada.com/fr/>
- CIRAIG. (2014). Repéré à <http://www.ciraig.org/fr/>
- CIRAIG. (2015). Circular Economy : a critical literature review of concepts. Repéré à http://www.ciraig.org/pdf/CIRAIG_Circular_Economy_Literature_Review_Oct2015.pdf
- CIRAIG, & Recyc-Québec. (2017). Analyse du cycle de vie des sacs d'emplettes au Québec. Repéré à <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/acv-sacs-emplettes-rapport-complet.pdf>
- Circle economy. (2018). Repéré à <https://www.circle-economy.com/>
- Cliche, J. (2011). Les produits de textile et d'habillement — Fiches informatives. Repéré à <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/Fiche-info-textile.pdf>
- Cline, E. L. (2012). *Over-dressed, the shockingly high cost of sheap fashion*. New York: Portfolio/Penguin.
- Conseil du patronat du Québec, & Éco Entreprises Québec. (2018). Économie circulaire au Québec. Opportunités et impacts économiques. Repéré à <https://www.cpq.qc.ca/wp-content/uploads/2018/03/economie-circulaire-au-quebec.pdf>
- Creswell, J. W. (2003). *Research design : qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (2 ed.). Californie : Sage.
- Damhorst, M. L., Miller-Spillman, K. A., & Michelman, S. O. (2000). *The meanings of dress*. New York : Fairchild.
- Dillman, D. A., Smith, J. D., & Christian, L. M. (2009). Coverage and sampling. Dans *Internet, mail and mixed-mode surveys : The tailored design method* (pp. 41-64). San Francisco : John Wiley & Sons.

- Eco TLC. (2012). Bilan de l'état de l'art réalisé en 2009 sur le tri et la valorisation des textiles d'habillement et du linge de maison consommés par les ménages. Repéré à http://www.ecotlc.fr/ressources/Dossiers_Etudes/Etat_de_lart_Textiles.pdf
- Filippa K. (2018). Repéré à www.filippa-k.com
- Filspec. (2018). Repéré à <http://filspec.com/>
- Fletcher, K. (2008). *Sustainable fashion and textiles : design journeys*. London : Earthscan.
- Fletcher, K. (2012). Consumerist Fashion : Innovation Repressor. [Billet de blogue] Repéré à <http://katefletcher.com/consumerist-fashion-innovation-repressor/>
- Fondation Ellen MacArthur. (2012). Toward the circular economy, Vol. 1. Repéré à <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/Elle n-MacArthur-Foundation-Towards-the-Circular-Economy-vol.1.pdf>
- Fondation Ellen MacArthur. (2016). Vers une économie circulaire : Arguments économiques pour une transition accélérée. Repéré à https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Executive_summary_FR_10-5-16.pdf
- Fondation Ellen MacArthur. (2017). A New Textiles Economy : Redesigning Fashion's Future. Repéré à <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications>
- Fondation Ellen MacArthur. (2018a). Économie circulaire : Concept. Repéré à <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/fr/economie-circulaire/concept>
- Fondation Ellen MacArthur. (2018b). Économie circulaire : Écoles de pensée. Repéré à <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/fr/economie-circulaire/ecoles-de-pensee>
- Frayret, J.-M. (2016). Production et logistique propres et écologie industrielle. École d'été en Économie circulaire. Institut EDDEC.
- Fuller, R. B. (1969). *Operating Manual For Spaceship Earth*. États-Unis : Southern Illinois University Press.
- Gaffiot, F. (1934). *Dictionnaire Latin-Français*. Paris : Hachette.
- Gaudreault, C. (2012). Methods for open-loop recycling allocation in life cycle assessment and carbon footprint studies of paper products. *National Council for Air and Stream Improvement*(Technical Bulletin no. 1003).
- Gittleson, K. (2018). BBC. Used clothes: Why is worldwide demand declining? BBC. Repéré à <http://www.bbc.com/news/business-42777804>
- Gouvernement du Canada. (2017). Portrait sectoriel du Québec 2015-2017 : Fabrication de vêtements, de produits en cuir et de produits analogues. Repéré à https://www.guichetemplois.gc.ca/content_pieces-eng.do?cid=11266
- Gouvernement du Québec. (2018). M-5 : Loi sur les matériaux de rembourrage et les articles rembourrés. Repéré à <http://legisquebec.gouv.qc.ca/fr/ShowDoc/cs/M-5>
- Gregson, N., & Crewe, L. (2003). *Second-hand cultures*. Oxford : Berg.
- Groupe CTT. (2008). *Carte routière technologique de l'industrie canadienne des textiles*. Repéré à [https://www.ic.gc.ca/eic/site/trm-crt.nsf/vwapj/textile-textiles_fra.pdf/\\$file/textile-textiles_fra.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/trm-crt.nsf/vwapj/textile-textiles_fra.pdf/$file/textile-textiles_fra.pdf)

- Hudon, P.-H. (2007). La première manufacture de coton a existé à Chambly entre 1841 et 1849, *Association québécoise pour le patrimoine industriel*, 18(1), 12-13.
- Institut EDDEC. (2018). Thème de recherche : Économie circulaire. Repéré à <http://institutedec.org/themes/economie-circulaire/>
- Eicher, J. B. & Roach-Higgins, M. E. (1995). Dress and Identity. Dans *Dress and Identity* (pp. 7-18). États-Unis : Fairchild.
- Juan, S. (2006). The Register. *The Minamata disaster - 50 years on. Lessons learned?* Repéré à https://www.theregister.co.uk/2006/07/14/the_odd_body_minimata_disaster/
- Kadolph, S. J. (2017). *Textiles* (Douzième ed.). États-Unis: Pearson.
- Küchler, S., & Miller, D. (2005). *Clothing as material culture*. New York : Berg.
- Lanoie, P., & Normandin, D. (2015). Au-delà de ses vertus environnementales, un modèle d'affaires : L'économie circulaire. *Gestion, HEC Montréal*, 40(3), 90-95. doi:10.3917/riges.403.0090
- Le petit Robert de la langue française. (Ed.) (2015). Paris : Le Robert.
- Leclerc, P., Doucet, J., & Chaoukia, J. (2018). Development of a microwave thermogravimetric analyzer and its application on polystyrene microwave pyrolysis kinetics. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 130, 209-215.
- Lenzing. (2018). Refibra. Repéré à <http://www.lenzing-fibers.com/en/tencel/refibra/>
- Lesage, P. (2015a). DDI 8003 — Analyse du cycle de vie. Semaine 4 — Systèmes multifonctionnels. Polytechnique Montréal.
- Lesage, P. (2015b). DDI 8003 — Analyse du cycle de vie. Plan de cours. Polytechnique Montréal.
- Lesage, P. (2015b). DDI 8003 — Analyse du cycle de vie. Plan de cours. Polytechnique Montréal.
- Loslier, M. (1998), *Un discours environnementaliste de langue française dans le Canada de la fin du XX^e siècle : une vision apocalyptique du monde*, Faculté des lettres et sciences humaines, Département des lettres et communications, Université de Sherbrooke.
- Maheu, M.-E. (2017). RAD (Radio-Canada). *Décomposer un t-shirt avec des racines de champignons*. Repéré à <https://www.rad.ca/dossier/recyclage-textile/57/decomposer-un-t-shirt-avec-des-racines-de-champignons>
- Maniates, M., & Meyer, J. M. (2010). *The Environmental Politics of Sacrifice*. Boston : MIT Press.
- Marchand, A. (2015). AME6503 — La recherche en Design : Enjeux et Méthodes. Séminaire 7. Université de Montréal.
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., & Randers, J. (2013). *Les limites à la croissance (dans un monde fini) : le Rapport Meadows, 30 ans après*. Montréal : Écosociété.
- Mercier, M.-C. (2015). Boucler la boucle des textiles postconsommation — Caractérisation du gisement des mal-aimés de Certex. Analyse & Résultats de la collecte de données. Document inédit. Montréal.
- Mercier, M.-C. (2016). Petit glossaire de l'économie circulaire appliqué à l'industrie textile. AME 6420 — Unité de Recherche. Séminaire de lecture. Université de Montréal.

- MESI. (2014). Créneaux d'excellence - Matériaux textiles techniques. Repéré à <https://www.economie.gouv.qc.ca/objectifs/informer/creneaux-dexcellence/page/creneaux-dexcellence-18044/>
- Ministère de l'Éducation et de l'enseignement supérieur du Québec. (2018). Les 16 principes de développement durable. Repéré à <http://www.education.gouv.qc.ca/enseignants/references/developpement-durable/principes/>
- Ministère du Développement durable Environnement et Parcs du Québec. (2008). La responsabilité élargie des producteurs (REP). État de la situation, enjeux et perspectives. Repéré à <http://www.mddep.gouv.qc.ca/matieres/valorisation/0803-REP.pdf>
- Morin, E. (1993). *Terre-patrie*. Paris : Éditions du Seuil.
- MUD Jeans. (2018). Repéré à <https://mudjeans.eu/>
- Museum of American Heritage. (2010). History of Sewing Machine. Repéré à <http://www.moah.org/virtual/sewing.html>
- Office de la langue française. (1994). *Vocabulaire de l'habillement* (3 ed.). Québec : Les publications du Québec.
- Office québécois de la langue française. *Le grand dictionnaire terminologique*. Repéré à <http://www.granddictionnaire.com/>
- Organisation mondiale de normalisation. (2000). ISO\TR 14049. Dans *Management environnemental – Analyse du cycle de vie – Exemples d'application de l'ISO 14041 traitant de la définition de l'objectif et du champs d'étude et analyse de l'inventaire*. Genève : ISO.
- Organisation mondiale de normalisation. (2006(F)). ISO 14044. Dans *Management environnemental – Analyse du cycle de vie – Exigences et lignes directrices*. Genève : ISO.
- Papanek, V. J. (1995). *The green imperative : natural design for the real world*. New York : Thames and Hudson.
- Papanek, V. J. (2009). *Design for the real world : human ecology and social change* (2 ed.). Chicago : Academy Chicago Publishers.
- Plouffe, S. (2011). DIN2332 – Introduction à l'écoconception. Université de Montréal.
- Quantis, & Climate Works Foundation. (2018). Measuring Fashion: Insights from the Environmental Impact of the Global Apparel and Footwear Industries study. Repéré à https://quantis-intl.com/wp-content/uploads/2018/02/measuring_fashion_report_quantis.pdf
- Recer, H. S. (2017). The Cost of Dead Inventory: Retail's Dirty Little Secret. *The Business of Fashion*. Repéré à <https://www.businessoffashion.com/articles/opinion/the-cost-of-dead-inventory-retails-dirty-little-secret>
- Recover. (2018). Repéré à <http://www.recovertext.com/products/>
- Recyc-Québec. (2009). Les 3RV. Ici on recycle ! Engagement, mise en œuvre, performance. Repéré à

- <http://www.rncreq.org/images/UserFiles/files/3RV%20ICI%20juin%202009%20P1-6.pdf>
- Recyc-Québec. (2015). Caractérisation des matières résiduelles du secteur résidentiel 2012-2013. Repéré à <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/carac-2012-2013-rapport-synthese.pdf>
- Recycling today. (2017). Aquafil invests \$10M in US carpet recycling facility. Repéré à <http://www.recyclingtoday.com/article/aquafil-phoenix-carpet-recycling-plant/>
- ReNew. (2018). Resource Innovation Network for European Waste. Repéré à <http://www.renew-network.eu/>
- Repreve. (2018). Repéré à <http://repreve.com/>
- Rhoades, C. (2017). A new dawn for textiles recycling. *Fashion Revolution Fanzine*, Volume #2, 81-85.
- Rogers, C. (2018). Cost-Effective Chemical Methode for Waste Textiles and Plastics Recycling. *International Fiber Journal*, 32(22-24).
- Roy, D. (2016a). DIN3333 — Introduction aux matériaux textiles. Cours 1 : introduction. Université de Montréal.
- Roy, D. (2016b). DIN3333 — Introduction aux matériaux textiles. Fiches de propriétés. Université de Montréal.
- Roy, D., & Mercier, M.-C. (2017). DIN3333 — Introduction aux matériaux textiles. Cours 4 : La laine. Université de Montréal.
- Répertoire du patrimoine culturel du Québec. (2013). Dominion Textile. Repéré à <http://www.patrimoine-culturel.gouv.qc.ca/rpcq/detail.do?methode=consulter&id=22501&type=pge#.WsuJ3tPwbRO>
- Spreutels, L. (2016). Recyclage, compostage et valorisation énergétique. École d'été en économie circulaire. Institut EDDEC.
- Textile Exchange. (2016). Preferred Fiber Market Report. Repéré à <http://textileexchange.org/wp-content/uploads/2017/02/TE-Preferred-Fiber-Market-Report-Oct2016-1.pdf>
- Thibault, M. (2007). *Traité d'écoconception*. Montréal : Université de Montréal, Faculté de l'aménagement.
- U.S. Environmental Protection Agency. (2016). Advancing Sustainable Materials Management: 2014 Fact Sheet. Repéré à États-Unis: https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-11/documents/2014_smmfactsheet_508.pdf
- UNESCO. (2018). Le développement durable. Repéré à <http://fr.unesco.org/themes/education-au-developpement-durable/comprendre-edd/developpement-durable>
- Valvan Inc. (2018). Fibersort. Repéré à <http://www.valvan.com/products/equipment-for-used-clothing-wipers/sorting-equipment/fibersort/>

Whitfield, T. (2018). Norwegian project explores fate of microfibers. *Ecotextile News*, 84, 37-38.

World Economic Forum. (2014). Towards the Circular Economy: Accelerating the scale-up across global supply chains. Repéré à http://www3.weforum.org/docs/WEF_ENV_TowardsCircularEconomy_Report_2014.pdf

WRAP. (2017). *Valuing Our Clothes, the cost of UK fashion*. Repéré à http://www.wrap.org.uk/sites/files/wrap/valuing-our-clothes-the-cost-of-uk-fashion_WRAP.pdf

WRAP. (2018). WRAP and the circular economy. Repéré à <http://www.wrap.org.uk/about-us/about/wrap-and-circular-economy>

Annexe 1 : Liste des propriétés

Les propriétés sont tirées du livre de références Textiles (Kadolph 2007).

Résistance à l' abrasion	Capacité de la fibre à résister aux dommages causés par le frottement.
Absorption , taux d'humidité retenue (<i>commercial moisture regain CMR</i>)	% d'humidité absorbé par une fibre sèche, à une température et humidité relative standardisées.
Affinité tinctoriale (<i>dyability</i>)	Type de teinture ou colorant utilisés
Allongement (<i>elongation</i>)	% allongement avant rupture
Apprêts standards (<i>finishing</i>)	Traitement des fibres ou des étoffes afin d'améliorer leur propriété, faciliter la production
Aspect visuel	Couleur, lustre, toucher, effet de drapé
Résistance au boulochage (<i>pilling</i>)	Formation de boules de fibres sur la surface du tissu
Blanchiment (<i>bleaching</i>)	Agent permettant de décolorer la fibre
Capillarité (<i>wicking</i>)	Capacité de la fibre à laisser l'eau se déplacer sur sa surface.
Conduction de la chaleur (<i>heat conductivity</i>)	Capacité à transférer la chaleur à travers l'étoffe. Une bonne conduction de la chaleur donne une sensation de fraîcheur sur la peau. S'il n'y a pas de conduction de chaleur, la fibre ou l'étoffe est considéré comme un bon isolant thermique.
Conduction de l'électricité statique	Capacité à transférer les charges électriques.
Densité	Poids de la fibre en gramme par centimètre cube (g/cm ³)
Élasticité	% de reprise après l'allongement
Entretien (<i>care</i>)	Lavage et séchage à la machine, quantité d'eau, temps de séchage et repassage.
Force (gramme/denier)	Résistance à la traction de l'état sec (<i>dry tensile strength</i>) ou mouillé (<i>wet tensile strength</i>)
Hydrofuge (<i>water-repellent</i>)	Propriété d'une étoffe qui, après avoir subi un traitement avec de la résine, de la cire, ou un apprêt devient imperméable à l'eau.
Hydrophile	Décrit les fibres qui absorbent l'eau.
Hydrophobe	Décrit les fibres qui n' absorbent pas l'eau.
Impacts environnementaux	Points chauds selon les analyses de cycle de vie des textiles
Oléophile	Décrit les fibres qui absorbent les huiles et les graisses.
Résistance à la chaleur	T* de ramollissement (<i>sticking</i>) et/ou T* de combustion
Résistance aux Ultra Violet (UV)	Dégradation après exposition aux rayons du soleil
Résilience	Capacité à reprendre sa forme après déformation (compression, pliage, torsion)
Résistances biologiques :	Insectes (<i>moths</i>) / moisissures (<i>mildew</i>)
Résistances chimiques :	Bases (alcalines) / Acides / solvant spécifique
Stabilité dimensionnelle	Capacité à garder sa grandeur et sa forme après l'entretien et l'usage.

Annexe 2 : Photos de vêtements caractérisés

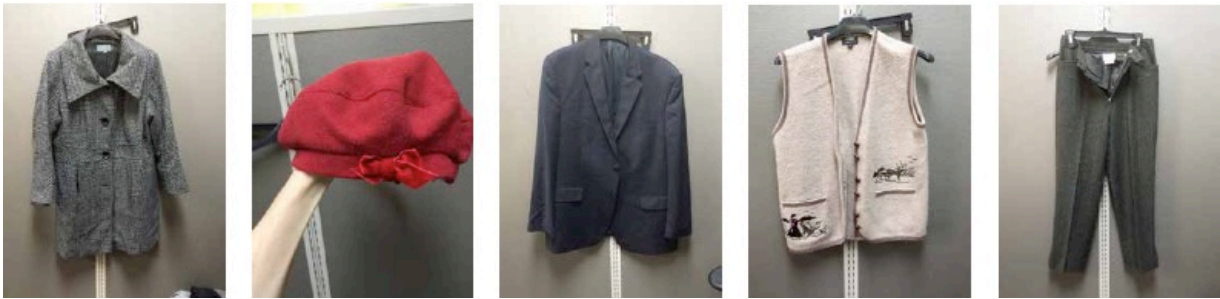
PT-B



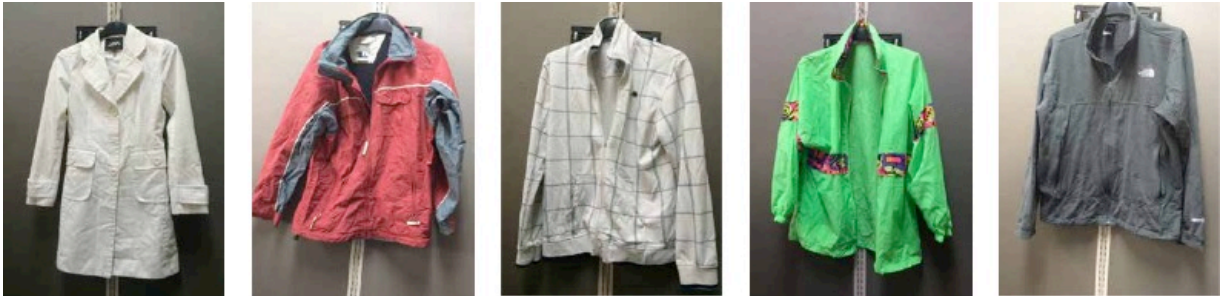
PT-HH



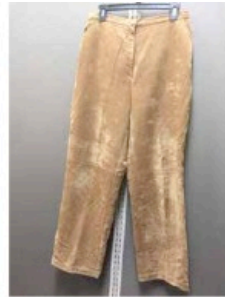
PT-LT



PT-MP



PT-PCORD



PT-PL



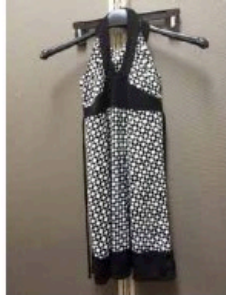
PT-PM



PT-POM



PT-TM



PT-VES



PT-VN



R-BB



R-CM



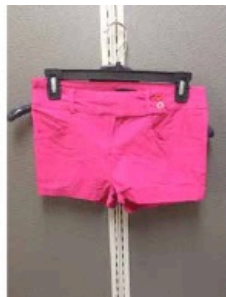
R-CMED



R-DM



R-MIX



R-PF

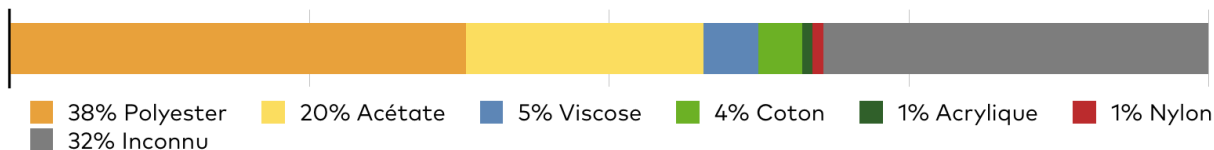


R-PMM

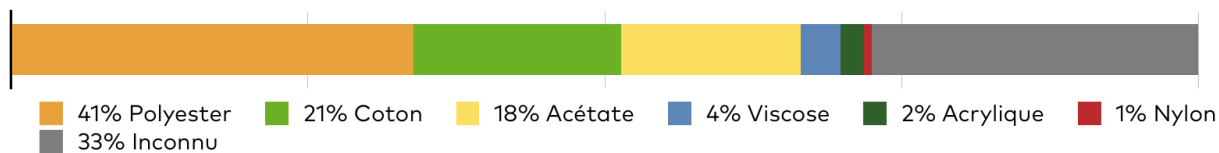


Annexe 3 : Profil des doublures

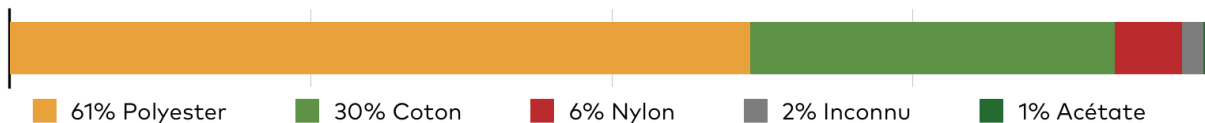
PT-LT (80) Ti - poly2/ace1 - doublure



PT-LT (20) Ti - laine2/coton1 - doublure



R-PMM (100) Ti - poly2/coton1 - doublures



PT-MP (100) Ti - poly2/nylon1- doublures



PT-VES (100) Ti - poly2/inconnue1 - doublure

