

Jun
2016

GUIDE TECHNIQUE

sur la mise en valeur
du polystyrène
post-consommation

GUIDE TECHNIQUE sur la mise en valeur du polystyrène post-consommation



FAITS SAILLANTS:

- 70% des Canadiens ont accès à un service de récupération du polystyrène rigide par l'entremise de la collecte sélective. Ce taux est cependant de seulement 18% au Québec, loin derrière l'Ontario (93%), la Colombie-Britannique (94%) et la Nouvelle-Écosse (100%);
- Des projets pilotes de récupération existent au Québec (notamment à Victoriaville, à Québec, à Granby et au Lac-Saint-Jean) grâce à une collaboration active entre les centres de tri et les municipalités;
- De nouvelles consignes touchant les opérations des centres de tri du Québec ou encore l'intégration de nouveaux équipements leur permettraient de trier le polystyrène;
- Des technologies existent ou sont en cours de développement, notamment au Québec, pour conditionner et recycler le polystyrène (ex. : les entreprises Polystyvert et Polyform);
- Le marché du polystyrène expansé (styromousse) pourrait profiter à l'industrie québécoise de la gestion des matières résiduelles (GMR);
- Le polystyrène rigide ne représenterait qu'un faible pourcentage du poids total des ballots de plastiques mixtes, ce qui lui confère un impact négligeable sur la valeur de ces ballots;
- Plusieurs conditionneurs du Québec et de l'Ontario récupèrent déjà le polystyrène.

En conclusion, **il est tout à fait possible de valoriser le polystyrène post-consommation en l'intégrant dans la collecte sélective**, car :

- Au cours dernières années, plusieurs acteurs de l'industrie de la GMR ont su innover afin de transformer la problématique de la récupération du polystyrène post-consommation en occasion d'affaires;
- Les avancées technologiques et la collaboration entre les centres de tri et les municipalités ont permis de trouver des solutions durables et innovantes;
- L'ajout du polystyrène dans la collecte sélective :
 - n'augmenterait pas de façon importante le volume de matière à gérer par les centres de tri;
 - représenterait pour le citoyen une occasion de contribuer à la diminution de l'enfouissement de cette matière;
 - s'inscrirait dans la hiérarchie des 3RV-E que prône le gouvernement du Québec.

La collecte du polystyrène pourrait aussi être intégrée en partie ou en totalité à la collecte des écocentres (points de dépôt). Elle l'est d'ailleurs présentement à certains endroits.

Pour en connaître davantage sur les aspects financiers des différents scénarios d'implantation, consultez les [pages 43 à 50](#) du Guide technique sur la mise en valeur du polystyrène post-consommation.

TABLE DES MATIÈRES

Faits saillants:.....	2
INTRODUCTION.....	7
1. APPROCHE.....	7
2. INVENTAIRE DES TECHNOLOGIES.....	8
2.1 TECHNOLOGIES DE TRI.....	9
2.1.1 Tri manuel.....	9
2.1.2 Tri optique.....	10
2.1.3 Tri robotisé.....	12
2.1.4 Comparaison des technologies de tri.....	13
2.2 TECHNOLOGIES DE CONDITIONNEMENT.....	14
2.2.1 Densification mécanique.....	15
2.2.2 Densification thermique.....	18
2.2.3 Densification chimique.....	20
2.2.4 Comparaison des technologies de densification.....	21
2.3 technologies de VALORISATION.....	22
2.3.1 Transformation chimique par dépolymérisation par micro-ondes.....	22
2.3.2 Gazéification.....	23
3. RECYCLAGE DU PS.....	24
3.1 UN MARCHÉ EN CROISSANCE.....	24
3.2 PS RIGIDE.....	25
3.3 LES CONDITIONNEURS DU QUÉBEC ET DE L'ONTARIO.....	26
4. RETOURS D'EXPÉRIENCE.....	27
4.1 CANADA.....	28
4.1.1 Québec.....	29
4.1.1.1 Victoriaville.....	30
4.1.1.2 Granby.....	30
4.1.1.3 Lac-Saint-Jean.....	30
4.1.1.4 Ville de Québec.....	31

4.1.2	Ontario.....	31
4.1.2.1	Markham.....	31
4.1.2.2	Orillia.....	31
4.1.2.3	Toronto.....	32
4.1.3	Colombie-Britannique.....	32
4.1.4	Nouveau-Brunswick.....	33
4.1.5	Nouvelle-Écosse.....	33
4.1.5.1	Comté de Kings.....	33
4.1.5.2	Comté de Colchester.....	34
4.2	ÉTATS-UNIS.....	34
4.3	EUROPE.....	36
4.4	CONSTATS DES RETOURS D'EXPÉRIENCE.....	37
4.4.1	PS rigide.....	37
4.4.2	PS expansé (EPS et XPS).....	37
4.4.3	Principaux facteurs de succès.....	38
4.4.4	Récapitulatif des retours d'expérience (Amérique du Nord).....	39
5.	SCÉNARIOS APPLICABLES AU CONTEXTE QUÉBÉCOIS.....	40
5.1	QUATRE DÉCLINAISONS EXPLORÉES.....	40
5.1.1	Besoins des centres de tri et des conditionneurs.....	40
5.1.2	Principes à la base des scénarios.....	41
5.2	ANALYSE COMPARATIVE DES SCÉNARIOS.....	47
5.3	GISEMENT POTENTIEL – SECTEUR RÉSIDENTIEL SEULEMENT.....	49
5.4	GISEMENT POTENTIEL – SECTEUR RÉSIDENTIEL ET ICI.....	49
	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS.....	50
	RÉFÉRENCES.....	53
	BIBLIOGRAPHIE.....	56
	ANNEXE 1 Technologies de tri – Fiches techniques.....	57
	ANNEXE 2 Technologies de densification – Fiches techniques.....	64
	ANNEXE 3 Technologie de valorisation – Fiche technique.....	85

ANNEXE 4 Retours d'expérience – Fiches synthèses	91
--	----

ANNEXE 5	104
----------------	-----

LISTE DES ACRONYMES

PEBD Polyéthylène basse densité

PP Polypropylène

EPS Polystyrène expansé

PS Polystyrène

XPS Polystyrène extrudé

TABLEAUX

TABLEAU 1 Type de tri par catégorie de PS	10
---	----

TABLEAU 2 Résumé des systèmes de trieurs optiques	11
---	----

TABLEAU 3 Capacité, rendement et pureté [9]	14
---	----

TABLEAU 4 Comparaison des technologies de tri automatisé par rapport au tri manuel	14
--	----

TABLEAU 5 Manufacturiers contactés pour obtenir des informations sur les technologies de densification	15
--	----

TABLEAU 6 Comparaison des technologies de densification	21
---	----

TABLEAU 7 Capacité et coût de quelques densificateurs	21
---	----

TABLEAU 8 Différence entre gazéification, incinération et pyrolyse	23
--	----

TABLEAU 9 Composition et valeurs des ballots de plastiques mixtes [36]	26
--	----

TABLEAU 10 Récapitulatif des retours d'expérience en Amérique du Nord [69, 70, 71]	39
--	----

TABLEAU 11 Valeur moyenne du PS utilisé dans les scénarios [1, 28, 72]	42
--	----

TABLEAU 12 Analyse comparative des quatre scénarios (avec densification)	47
--	----

TABLEAU 13 Scénario à privilégier selon les priorités	48
---	----

TABLEAU 14 Données de caractérisation du gisement de PS, secteur résidentiel, 2012-2013	49
---	----

TABLEAU 15 Revenus potentiels (secteur résidentiel)	49
---	----

TABLEAU 16 Revenus potentiels (secteur résidentiel et ICI)	50
--	----

FIGURES

FIGURE 1 Catégories de PS post-consommation	7
---	---

FIGURE 2 Catégories des technologies de tri, de conditionnement et de valorisation du PS post-consommation étudiées	8
---	---

FIGURE 3 Tri positif du PS [7]	9
--------------------------------------	---

FIGURE 4 Configuration du tri positif [8]	9
FIGURE 5 Estimation du gisement annuel de PS (kg/an).....	10
FIGURE 6 Détection des matériaux par tri optique, éjection vers le haut [10]	11
FIGURE 7 Détection des matériaux par tri optique, éjection vers le bas [10]	11
FIGURE 8 Tri robotisé IDEC-MEE-Osaka University [13]	12
FIGURE 9 Tri robotisé de ZenRobotics [15].....	13
FIGURE 10 Simulation du système de tri robotisé d'AMP Robotics [20]	13
FIGURE 11 Densificateur hydraulique [21]	16
FIGURE 12 Densificateur par vis d'entraînement [22]	17
FIGURE 13 Densificateur Scarabée PSE de KBM [23]	17
FIGURE 14 Densificateur thermomécanique [24]	18
FIGURE 15 Densificateur <i>FD-10</i> d'Avangard Innovative [25]	19
FIGURE 16 Densificateur à conduction [26]	20
FIGURE 17 Schéma simplifié du procédé de densification chimique par solvatation [29]	20
FIGURE 18 Procédé de Pyrowave simplifié [30]	22
FIGURE 19 Recyclage d'EPS domestique post-consommation aux États-Unis (millions de lb recyclées) [32].....	24
FIGURE 20 Répartition des plastiques rigides post-consommation non-bouteille (É.-U., 2014)	25
FIGURE 21 Retours d'expérience par pays	28
FIGURE 22 Proportion de citoyens ayant accès à un service de récupération du PS rigide par province au Canada (en pourcentage de la population)	29
FIGURE 23 Proportion de citoyens ayant accès à un service de récupération du PS expansé (EPS et XPS) alimentaire par province au Canada (en pourcentage de la population).....	29
FIGURE 24 Guide de recyclage des matières résiduelles, ville d'Orillia, Ontario [53]	32
FIGURE 25 Localisation des centres de recyclage du PS et des programmes de collecte sélective du PS aux États-Unis [61]	34
FIGURE 26 Localisation des points de dépôt et des recycleurs d'EPS aux États-Unis [62]	35
FIGURE 27 Principaux facteurs de succès.....	38
FIGURE 28 Besoins signifiés par les centres de tri et les conditionneurs	41
FIGURE 29 Charte des matières recyclables de la collecte sélective [77].....	52

INTRODUCTION

Par l'entremise du groupe de travail Collecte sélective du Regroupement Recyclage Polystyrène (RRPS), RECYC-QUÉBEC souhaite faire l'inventaire des technologies de tri, de conditionnement et de valorisation du polystyrène (PS) post-consommation issu de la collecte sélective. Cet exercice a pour but d'outiller les intervenants intéressés (ex. : centres de tri, conditionneurs, municipalités) dans leur prise de décisions concernant le meilleur scénario possible pour la mise en valeur du PS post-consommation.

En 2011, des projets pilotes [1] avaient déterminé des scénarios de tri, de conditionnement et de recyclage pour cette matière. Depuis, d'autres technologies, actuellement disponibles ou en développement, mériteraient d'être considérées afin de mettre à jour les travaux déjà réalisés.

Le PS post-consommation visé dans la présente étude est divisé en trois principales catégories (figure 1).

PS RIGIDE	XPS	EPS
POLYSTYRÈNE RIGIDE  Barquette pour champignons, barquette pour petits fruits, emballage transparent pour viennoiseries, pots de yogourt, etc.	POLYSTYRÈNE EXTRUDÉ  Barquette de différentes couleurs pour l'emballage des aliments en épicerie, contenants à pentures pour la restauration rapide, assiettes, etc.	POLYSTYRÈNE EXPANSÉ BLANC DE PROTECTION ET D'EMBALLAGE  Emballage pour les équipements électroniques, verres, contenants pour la livraison, etc.

FIGURE 1
Catégories de PS post-consommation

1. APPROCHE

VOLET 1

INVENTAIRE DES TECHNOLOGIES EXISTANTES OU EN DÉVELOPPEMENT DE TRI, DE CONDITIONNEMENT ET DE VALORISATION DU PS

Ce premier volet mentionne et présente les technologies existantes ou en développement de mise en valeur du PS post-consommation issu de la collecte sélective au Québec. Pour ce faire, une revue de littérature technique récente a été réalisée, des fournisseurs ont été contactés et une analyse comparative a été effectuée.

SOURCES D'INFORMATIONS CONSULTÉES ET COMPARÉES

- La banque de données de veille du Centre de transfert technologique en écologie industrielle CTTÉI.
- Le réseau de connaissances d'experts du CTTÉI.
- Les réseaux d'experts spécialisés dans le traitement du PS.
- Les sites Internet de fournisseurs d'équipements.
- Les articles scientifiques provenant des banques de données universitaires.
- Les brevets internationaux déposés sur le sujet.

Les fournisseurs d'intérêt ont été contactés pour mieux documenter les aspects techniques, ainsi que les avantages et les inconvénients des technologies étudiées. Des échanges par courriel, par téléphone et en personne ont également permis de rassembler les renseignements nécessaires à l'exécution du mandat. Finalement, une analyse comparative des technologies recensées précise les situations où chacune d'elle apparaît la plus appropriée.

VOLET 2

SCÉNARIOS D'IMPLANTATION AU QUÉBEC ET AIDE À LA PRISE DÉCISION

Un survol documentaire des initiatives américaines et européennes de collecte, de tri et de conditionnement du PS post-consommation issu de la collecte sélective a été réalisé. Les promoteurs responsables des différents projets et réalisations ont été contactés par téléphone ou par courriel. L'analyse de ces projets révèle les facteurs de succès, les obstacles, ainsi que les leçons à tirer pour une mise en valeur efficace et pertinente du PS.

Des scénarios d'implantation pour le Québec proposés dans cette étude et un outil de calcul de gains résultent de cette analyse.

2. INVENTAIRE DES TECHNOLOGIES

L'objectif de ce volet est de faire un survol des technologies courantes, émergentes ou en développement de tri, de conditionnement et de valorisation du PS post-consommation. Outre pour un bref aperçu de la demande en PS recyclé, le sujet du recyclage n'est pas exploré en détail, puisqu'il dépend des critères d'acceptation de chaque utilisateur. Une attention particulière a été apportée aux nouveaux procédés développés depuis l'étude réalisée en 2011 par le CTTÉI. Ces nouvelles technologies sont toutefois peu nombreuses, exception faite du tri robotisé, de la densification chimique par solvatisation et de la transformation chimique par dépolymérisation par micro-ondes.

L'importante quantité d'informations colligées lors de la revue de littérature technique permet d'élaborer un schéma global des technologies étudiées (figure 2). Ce schéma résume les différentes technologies applicables au tri, au conditionnement et à la valorisation du PS.

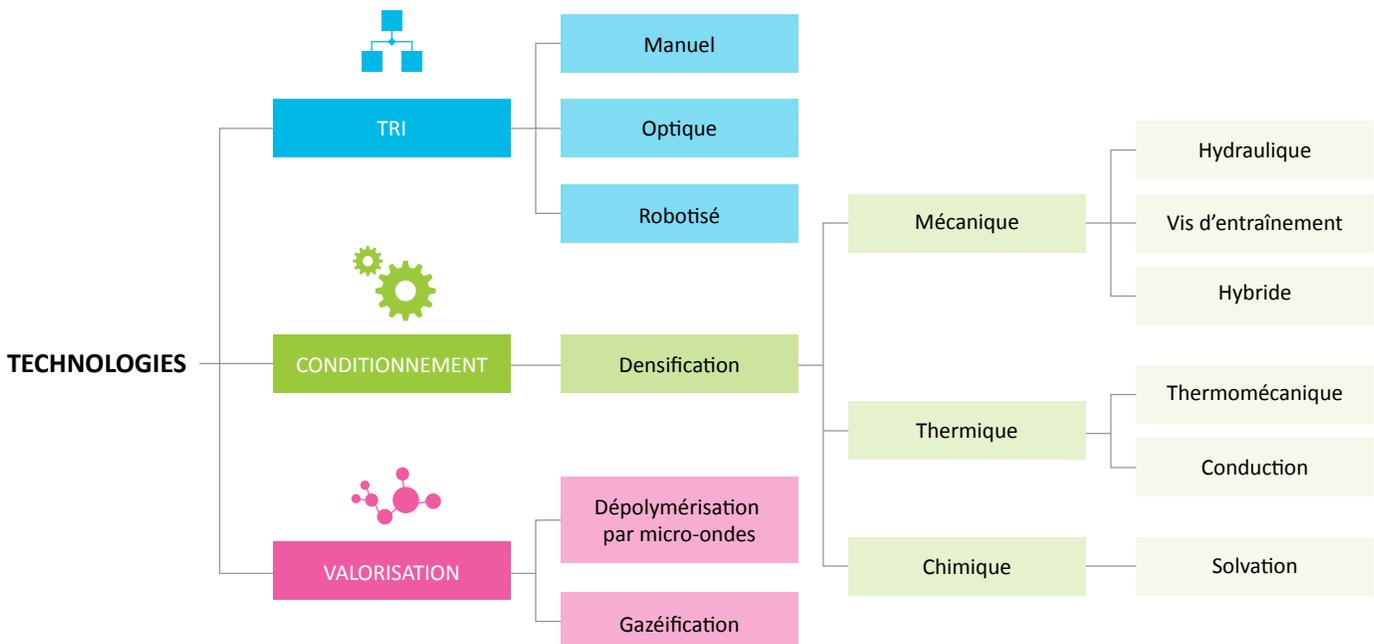


FIGURE 2

Catégories des technologies de tri, de conditionnement et de valorisation du PS post-consommation étudiées

2.1.1

Tri manuel

Dans la majorité des initiatives documentées de récupération du PS post-consommation, le tri manuel est le moyen privilégié pour séparer le PS des autres matières en centre de tri. Cette méthode est préférée aux technologies récentes de tri automatisé, comme le tri optique et le tri robotisé, des technologies qui requièrent des investissements en équipements supérieurs à 100 000 \$ [3].

La masse de PS représente actuellement environ 1% du flux de matières résiduelles récupérées en centre de tri [4, 5, 6]. Dans la plupart des cas, une simple modification des consignes aux trieurs manuels pourrait s'avérer suffisante pour séparer correctement le PS et constituer un gisement homogène [1, 7].

Selon les retours d'expérience colligés (section 4), le tri du PS, et plus spécifiquement celui de l'EPS et du XPS, est généralement réalisé en tri positif. Cette technique consiste à retirer le matériel désiré à travers le flux de matières mélangées défilant sur le convoyeur de tri.

Burrtec, un important centre de tri situé en Californie, utilise le tri positif pour retirer de son convoyeur de pré-tri l'EPS et le XPS (figure 3). Le PS ainsi retiré est déposé dans une chute située sous le convoyeur (figure 4). Cette chute est utilisée pour entreposer temporairement le PS ou pour alimenter directement le broyeur avec densificateur.



FIGURE 3
Tri positif du PS [7]

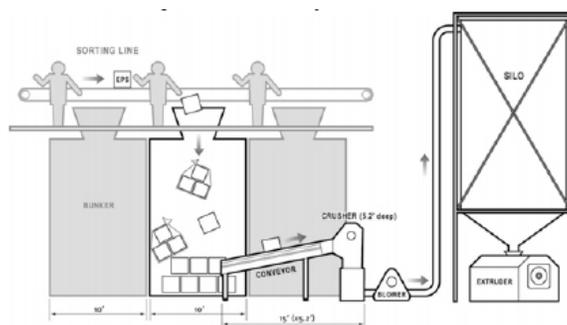


FIGURE 4
Configuration du tri positif [8]

Pour la majorité des matières, le tri manuel se fait habituellement à la fin de la chaîne de tri; cela minimise les mouvements du trieur et maximise l'efficacité de son travail. Le tableau 1 présente les meilleures pratiques pour le tri manuel du PS de tous types en centre de tri [9].

TABLEAU 1

Type de tri par catégorie de PS

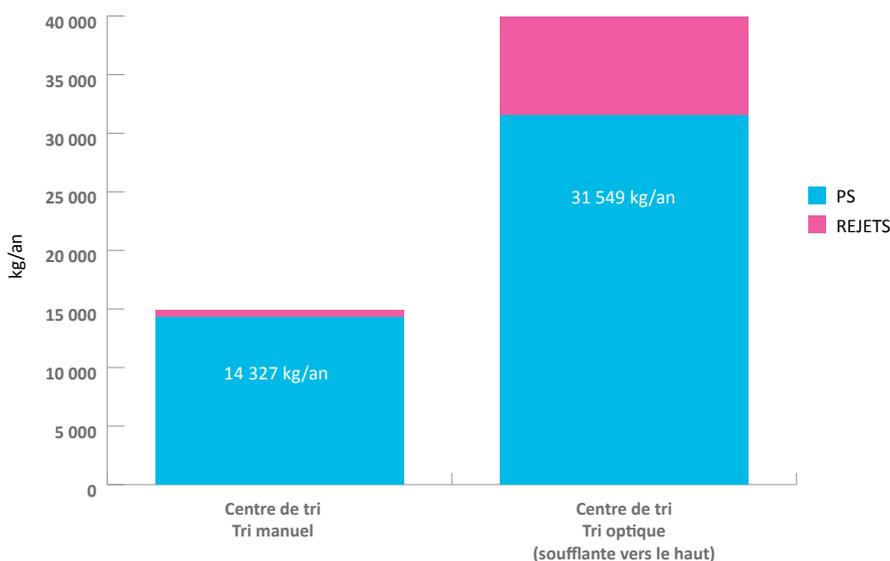
EPS ET XPS	PS RIGIDE	PS CONTAMINÉ
Pour l'EPS et le XPS, le tri doit être réalisé en pré-tri, c'est-à-dire en début de chaîne.	Le PS rigide est davantage récupéré par tri négatif.	Le PS jugé trop contaminé pour être recyclé est éliminé avec les déchets.
Ce tri en amont permet de récupérer un gisement de meilleure qualité, moins contaminé par les autres matières et moins fragmenté, un phénomène notamment causé par le passage du PS dans les séparateurs à fibres.	Ses propriétés physicochimiques et ses modalités de manutention sont similaires à celles des autres plastiques rigides. Il peut ainsi être trié ultérieurement par un conditionneur ou être mélangé avec d'autres plastiques rigides.	Les contaminants courants sont les poussières, les résidus alimentaires, les étiquettes, le film d'emballage et les tampons absorbants. Selon le niveau de contamination, les équipements de recyclage et les usages prévus, cela pourrait ne pas affecter de façon significative les propriétés de la matière recyclée.

CAS DE FIGURE

Au centre de tri Burrtec, le PS post-consommation est récupéré pêle-mêle parmi les autres matières de la collecte sélective. Un tri manuel positif du PS est effectué en centre de tri. Le taux de rejet du PS est d'environ 10%.

Un projet pilote réalisé au centre de tri de Gaudreau Environnement par le CTTÉI en 2011 [1] montre que les échantillons caractérisés issus du tri manuel en centre de tri contenaient un pourcentage moyen de 96% de PS (gisement potentiel d'environ 14 000 kg/an). Les échantillons issus du tri optique avec soufflantes vers le haut contenaient 79% de PS (gisement potentiel d'environ 32 000 kg/an).

La pureté du gisement récupéré par tri manuel est obtenue au détriment de la quantité totale de PS récupéré par tri optique.

**FIGURE 5**

Estimation du gisement annuel de PS (kg/an)

2.1.2**Tri optique**

Les équipements de tri optique trient les matières solides par spectroscopie proche infrarouge (*Near Infrared*

Spectroscopy – NIRS) de façon automatisée. Ce type de détection identifie le spectre de réflexion des matériaux en fonction de leur structure moléculaire unique. Les trieurs optiques sont principalement composés de quatre systèmes utilisés en séquence (tableau 2).

TABLEAU 2

Résumé des systèmes de trieurs optiques

SYSTÈME D'ALIMENTATION	SYSTÈME OPTIQUE	SYSTÈME DE TRAITEMENT DE L'IMAGE	SYSTÈME DE SÉPARATION
L'alimentation se fait par convoyeur, sur lequel les matériaux défilent sur une courroie à haute vitesse.	Le matériel est ensuite reconnu et détecté par le système optique. Ce système est composé de capteurs de détection infrarouge et de lampes halogènes permettant la distinction des longueurs d'onde de la portion de lumière réfléchie par le matériel. Les objets noirs ou de couleurs foncées ne sont pas reconnus, car ils réfléchissent peu la lumière.	Les capteurs transmettent un signal au système de traitement de l'image. Ce système de traitement est un spectromètre qui analyse les matières en quelques millisecondes selon leur propre courbe spectrale.	Selon le spectre détecté, le matériel est éjecté par des soufflantes dans différents compartiments ou contenants, triant ainsi les matières par catégorie de spectres. L'éjection du matériel peut se faire vers le haut ou vers le bas (figures 6 et 7) selon les propriétés des matières à trier : densité, forme, volume, taille, etc.

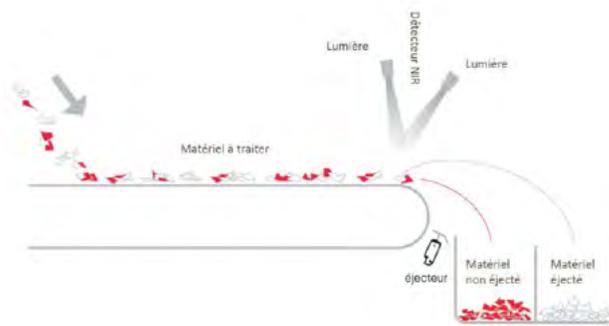


FIGURE 6

Détection des matériaux par tri optique, éjection vers le bas [10]

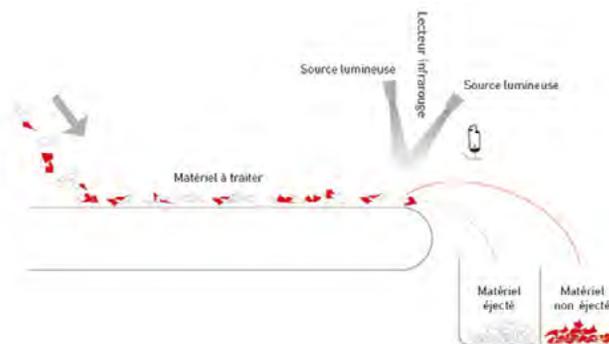


FIGURE 7

Détection des matériaux par tri optique, éjection vers le haut [10]

Le développement du tri robotisé est récent. Cette technologie vise à remplacer le tri manuel par un tri automatisé effectué par des bras robotisés. Elle est notamment utilisée dans l'industrie alimentaire pour trier les aliments et pour les emballer. Ce type de tri peut également détecter les objets noirs ou foncés, car la reconnaissance n'est pas basée sur la réflexion lumineuse. [11,12, 14]

M. Ryan Cournoyer, directeur commercial chez VAN DYK Recycling Solutions, une firme américaine spécialisée dans les équipements de centre de tri, mentionne que les centres de tri américains n'utilisent pas encore ce type de tri. Le tri robotisé des matières résiduelles n'en est toujours qu'au stade de recherche et développement, et les travaux en cours visent surtout les résidus du secteur de la construction, rénovation, démolition (CRD).

En 2010, les premiers prototypes de tri robotisé dédiés aux plastiques post-consommation ont été développés. Une collaboration d'équipes japonaises de l'IDEC, un fabricant des systèmes d'automatisation et de contrôle, de Mitsubishi Electric Engineering (MEE) et du Centre de recherche avancée en photonique (PARC) de l'Université d'Osaka ont collaboré pour concevoir un système de tri robotisé (figure 8). Ce système permet la détection des plastiques des codes N° 1 à 6 du système de codage SPI d'identification des résines par l'utilisation d'un seul capteur laser. [13]

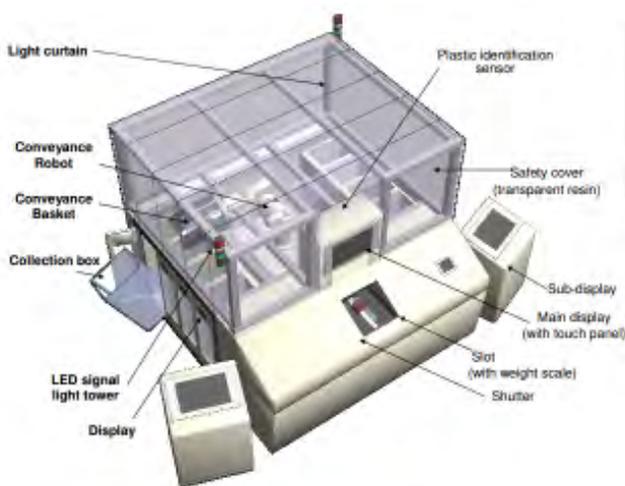


FIGURE 8

Tri robotisé IDEC-MEE-Osaka University [13]

Contrairement au tri optique, qui nécessite plusieurs systèmes et capteurs (tableau 2), le tri robotisé fonctionne à l'aide d'un seul capteur et d'un contrôleur qui détecte le signal laser des six différentes résines. Le prototype japonais n'a toutefois pas été conçu pour une application industrielle, comme les équipements utilisés habituellement en centre de tri. À l'heure actuelle, il a plutôt été utilisé dans des commerces de détail pour la réalisation de projets pilotes à propos desquels très peu d'informations sont disponibles.

En Finlande, ZenRobotics [15, 16, 17] développe également le marché du tri robotisé. Son premier système de tri robotisé lancé en 2009, le ZenRobotics Recycler (figure 9), diffère de celui développé par IDEC-MEE-Osaka University. L'entreprise se spécialise dans le tri des matériaux du secteur CRD, comme les métaux, les pierres, le béton, le carton et des fractions de plastiques rigides. La technologie de ZenRobotics est inspirée du cerveau humain. Son système d'intelligence artificielle lui permet d'apprendre de ses erreurs et de perfectionner ses opérations de tri. Le robot analyse en temps réel les données recueillies par une multitude de capteurs (détecteurs de métaux, caméra spectrale proche infrarouge, caméra spectrale de la plage visuelle, caméra 3D) couplés à l'utilisation d'algorithmes avancés d'intelligence artificielle. Des clients de la Finlande, des Pays-Bas et de la Suisse ont déjà fait l'acquisition d'une unité robotisée de ZenRobotics. Plusieurs ventes sont planifiées au cours des prochaines années pour des clients japonais.



FIGURE 9

Tri robotisé de ZenRobotics [15]

Depuis 2015, AMP Robotics [18, 19, 20], une entreprise située au Colorado, propose également un système de tri robotisé basé sur une technologie d'intelligence artificielle (figure 10). Selon le président de l'entreprise, M. Matanya Horowitz, la performance de ce système serait pratiquement la même que celle atteinte par l'humain. Jusqu'à présent, l'entreprise s'est spécialisée dans le tri du polyéthylène téréphtalate (PET), du polyéthylène haute densité (PEHD) et des cartons.

M. Horowitz mentionne également que la technologie de reconnaissance des objets est similaire à celle employée par Google et Facebook pour leur système de reconnaissance des visages. Ce système est composé de banques d'images auxquelles doivent être associées les catégories de matières à trier.

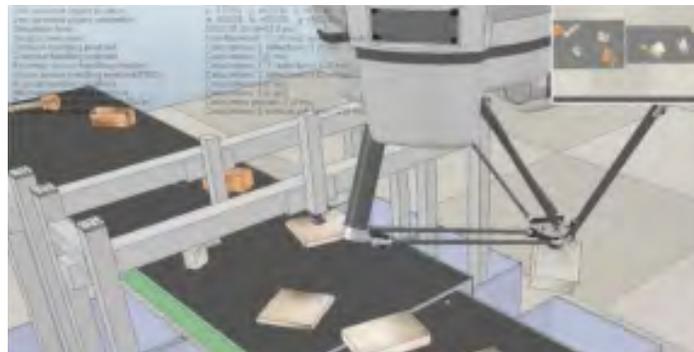


FIGURE 10

Simulation du système de tri robotisé d'AMP Robotics [20]

Bien que non adaptés au tri du PS, les systèmes de ZenRobotics et d'AMP Robotics semblent prometteurs. Les deux entreprises ont mentionné qu'il est possible de modifier la technologie actuelle pour permettre le tri de ce type de plastique si la demande et le marché le justifie.

2.1.4

Comparaison des technologies de tri

Au cours des dernières années, les développements en ce qui a trait aux technologies de tri ont surtout visé une amélioration de la performance de tri et de la reconnaissance des matières. Des systèmes robotisés pourraient permettre, lorsqu'ils seront arrivés à maturité et adaptés au traitement des plastiques, une meilleure qualité de tri que les systèmes optiques, puisque leur banque de données pourra constamment être enrichie de manière à raffiner le tri avec l'usage. La mécanisation du tri en général favorise la capture d'un plus grand volume de matières que le tri manuel. Un bon ajustement de l'équipement en fonction des caractéristiques du gisement et de la qualité de tri voulue limitera la proportion de matières indésirables contaminant les lots en sortie de procédé. Cette performance du tri automatisé par rapport au tri manuel a toutefois un prix que le tri du seul polystyrène ne

justifie pas, étant donné les tonnages impliqués (1% massique des matières acheminées en centre de tri, comme mentionné précédemment).

Pour caractériser le processus de tri, trois principales mesures sont utilisées : la capacité, le rendement, synonyme d'efficacité, et la pureté (tableau 3). Le tableau 4 présente quant à lui une comparaison des technologies de tri automatisées par rapport au tri manuel selon différents critères et basée sur les informations recueillies.

TABLEAU 3

Capacité, rendement et pureté [9]

CAPACITÉ	RENDEMENT / EFFICACITÉ	PURETÉ
Quantité massique de matières résiduelles pouvant être triée par unité de temps.	Taux (en pourcentage) de la quantité d'un matériau trié sur la quantité totale de ce même matériau initialement présent dans le flux intrant au tri.	Taux (en pourcentage) de la quantité d'un matériau trié sur la quantité totale de ce même matériau initialement présent dans le flux intrant au tri.

TABLEAU 4

Comparaison des technologies de tri automatisé par rapport au tri manuel

TYPE DE TRI	COÛT D'ACHAT (\$)	CAPACITÉ (kg PS trié/h)	EFFICACITÉ (kg PS capté/kg PS entrant)	PURETÉ (kg PS voulu/kg matière triée)	MATURITÉ
Manuel	N/A	•	•	•••	N/A
Optique	••	•••	•••	•	•••
Robotisé*	•••	•••	•••	•••	•

* Estimation seulement. Technologie non démontrée en centre de tri.

ANNEXE 1

Des fiches techniques détaillées abordant les aspects techniques, économiques et environnementaux de chacune des technologies de tri présentées dans cette section peuvent être consultées à l'annexe 1.

2.2

TECHNOLOGIES DE CONDITIONNEMENT

Cette section présente les différentes technologies de densification permettant de conditionner le PS en centre de tri ou chez les conditionneurs. Il ne s'agit pas d'un inventaire exhaustif, mais d'un portrait des équipements disponibles sur le marché, et des technologies et procédés en développement.

La densification est un procédé permettant d'augmenter la densité d'un matériau afin d'en réduire le volume et d'en diminuer les coûts de transport. Différents manufacturiers qui distribuent plusieurs types de technologies de densification ont été contactés (tableau 5).

TABLEAU 5

Manufacturiers contactés pour obtenir des informations sur les technologies de densification

TYPE	SOUS-TYPE	INTERVENANT	SITE INTERNET
Mécanique	Hydraulique	Matrix Manufacturing (PolyMax)	www.polymax5000.com
		Sebright Products	www.sebrightproducts.com
	Demand Products (Badger)	www.demandproducts.com	
Mécanique	Vis d'entraînement	Harden Machinery Ltd.	www.hardenmachinery.com
		Foam Equipment & Consulting Co (Heger)	www.foamequipment.com
		INTCO Recycling (GreenMax)	www.intcorecycling.com
		KBM	www.kbm.dk
Mécanique	Hybride	RUNI A/S	www.runi.eu
		Avangard Innovative	www.avaicg.com/products
Thermique	Thermomécanique	Avangard Innovative	www.avaicg.com/products
		INTCO Recycling (GreenMax)	www.intcorecycling.com
		Demand Products (Badger)	www.demandproducts.com
	RecycleTech Corp	www.recycle techno.com	
Thermique	Conduction	StyroPower	www.styropower.com
		StyroSmart Solutions	www.styrosmart.com
Chimique	Solvation	Polystyvert	www.polystyvert.com
		Polysolve	www.polysolve.eu

ANNEXE 2

Des fiches techniques détaillées abordant les aspects techniques, économiques et environnementaux de chacune des technologies de conditionnement présentées dans cette section peuvent être consultées à l'annexe 2.

2.2.1 Densification mécanique**Hydraulique**

Le densificateur hydraulique existe depuis un peu plus de 20 ans. Il utilise uniquement la pression hydraulique pour compresser le PS en blocs extrudés dont le ratio de densification varie généralement entre 40:1 et 60:1. Les densificateurs hydrauliques peuvent fonctionner en continu. La capacité de densification varie entre 36 et 590 kg/h selon les modèles.

Dans ce processus de compression « à froid », c'est-à-dire sans apport de chaleur de l'équipement, le PS est comprimé jusqu'à l'élimination de sa mémoire de forme. Le travail à froid évite les odeurs causées par le chauffage du matériel et l'émission potentielle de substances nocives. Les variations de la température ambiante peuvent toutefois affecter l'efficacité du procédé. Pour y remédier, un refroidisseur d'huile peut être ajouté dans un milieu très chaud et des ajustements de pression hydraulique peuvent être faits dans les environnements très froids. Pour éviter ces problèmes, il est recommandé d'installer le densificateur hydraulique à l'intérieur d'un bâtiment.

Les fournisseurs contactés ont spécifié que la densification hydraulique est conçue pour densifier le PS expansé et non le PS rigide ou les autres types de plastiques. L'impact de certains contaminants, comme les traces d'aliments et les tampons absorbants, sur la qualité du PS densifié est jugé négligeable par les intervenants contactés. Les sangles et les films étirables retrouvés sur certains emballages doivent toutefois être retirés, car ils peuvent s'enrouler autour de l'arbre mécanique du broyeur et ainsi réduire l'efficacité du procédé. De plus, pour assurer le bon fonctionnement du densificateur, le PS expansé doit être préalablement broyé avant sa densification. Pour

faciliter les opérations, un système de broyage peut être intégré au densificateur hydraulique (figure 11) ou être installé à proximité.

Les travaux de maintenance et d'entretien nécessaires sont considérés comme légers. Une maintenance préventive bisannuelle et un graissage mensuel des raccords du broyeur suffisent à maintenir l'équipement fonctionnel.

Dans des conditions normales d'utilisation, la densification hydraulique ne produit pas d'émissions ni de rejets pouvant affecter la qualité de l'environnement.

Des mesures simples de santé-sécurité et l'adoption de bonnes pratiques contribuent également à réduire les risques liés à l'utilisation de l'équipement.

Pour réduire le niveau sonore et l'exposition au bruit, le port d'une protection auditive est suggéré lorsque l'opérateur se trouve à proximité du broyeur en marche.



FIGURE 11
Densificateur hydraulique [21]

Vis d'entraînement

Les premiers densificateurs par vis d'entraînement ont été mis au point au début des années 1970, notamment chez l'entreprise danoise RUNI. Cette technologie est considérée comme très mature.

Comme la densification hydraulique, le densificateur par vis d'entraînement utilise la pression pour compresser à froid les matières à densifier. La compression est réalisée par une tarière qui pousse le matériel dans une chambre à compression. À la sortie du densificateur, le ratio de densification des blocs extrudés varie entre 30:1 et 50:1. Les densificateurs par vis d'entraînement peuvent fonctionner en continu. La capacité de densification varie entre 10 et 1 000 kg/h selon les modèles.

Les variations de la température ambiante peuvent affecter l'efficacité de la boîte d'engrenages de l'équipement. La plage de températures d'opération recommandée par les intervenants contactés varie entre 0 et 40 °C. Pour assurer le bon fonctionnement de l'équipement, le densificateur doit être maintenu à l'abri du froid.

La densification par vis d'entraînement peut densifier le XPS et l'EPS séparément ou en combinaison. D'autres types de plastiques (ex. : polyéthylène expansé, polypropylène expansé) peuvent aussi être densifiés par cette technologie. Le modèle Lion de Heger et certains densificateurs RUNI peuvent densifier le polyuréthane réticulé.



FIGURE 12

Densificateur par vis d'entraînement [22]

Le PS à densifier doit être préalablement broyé. Tous les modèles répertoriés sont par ailleurs dotés d'un broyeur intégré, ce qui facilite cette opération. Les intervenants contactés ont mentionné que les contaminants usuels ont peu d'impacts négatifs sur le procédé.

Des paramètres d'opération comme la vitesse et la pression doivent être ajustés en fonction des intrants. Par exemple, la matière chauffée pourrait ramollir au point de mener à un arrêt de fonctionnement ou encore le bloc extrudé à la sortie du densificateur pourrait être trop léger.

Les travaux de maintenance et d'entretien nécessaires sont considérés comme légers. Un simple graissage des roulements à billes et la vérification du niveau d'huile dans la boîte d'engrenages suffisent à maintenir l'équipement fonctionnel.

Dans des conditions normales d'utilisation, la densification par vis d'entraînement ne produit pas d'émissions ni de rejets pouvant affecter la qualité de l'environnement.

Le Scarabée PSE de KBM (figure 13) est le modèle répertorié ayant le plus faible encombrement.

L'équipement densifie l'EPS jusqu'à un ratio de 40:1 à raison de 10 à 15 kg/heure. En option, un bac récepteur permet de sectionner facilement et sans danger les briques de PS densifié.



FIGURE 13

Densificateur Scarabée PSE de KBM [23]

Thermomécanique

La densification thermomécanique combine un générateur de chaleur et des éléments mécaniques, comme un broyeur et une vis d'entraînement (figure 14).

Cette technologie existe commercialement depuis environ 10 ans. Elle fonctionne en continu et la capacité de densification varie entre 23 et 454 kg/h. Un chauffage adéquat permet de ramollir suffisamment le PS pour atteindre un ratio de densification de 90:1.

La qualité du PS extrant est considérée comme plus basse que celle obtenue par densification mécanique, car la chaleur nécessaire au procédé dégrade le polymère en modifiant l'arrangement moléculaire. Ce chauffage, même contrôlé, affecte les propriétés physicochimiques du PS et produit une matière de niveau inférieur. Cette qualité moindre peut avoir une importance minime et peu d'impact sur les usages du PS recyclé.

Ce type de densification est généralement conçu pour les plastiques expansés. Certains équipements sont plus flexibles et acceptent également les plastiques extrudés. D'autres types de plastiques expansés, comme le polyéthylène expansé et le polypropylène expansé, peuvent aussi être traités par cet équipement. Les plastiques rigides ne peuvent toutefois pas être traités par densification thermomécanique et un tri préalable est nécessaire pour assurer un contrôle des intrants.

Le PS à densifier doit être broyé. Tous les densificateurs répertoriés sont par ailleurs équipés d'un broyeur intégré.

Les contaminants usuels n'affectent pas le procédé de densification. Le filtre à travers lequel passe le PS ramolli doit toutefois être nettoyé régulièrement pour éliminer les impuretés retenues et éviter l'obstruction.

Le densificateur *FD-10* d'Avangard Innovative est le modèle de densificateur thermomécanique répertorié ayant le plus faible encombrement (figure 15). Sa capacité peut atteindre 23 kg/h.



FIGURE 14
Densificateur thermomécanique [24]



FIGURE 15
Densificateur *FD-10* d'Avangard Innovative [25]

Conduction

La densification par conduction est similaire à la densification thermomécanique, à la différence que l'équipement ne possède pas d'éléments mécaniques (figure 16).

Cette technologie n'est pas conçue pour une application industrielle. Elle est principalement utilisée pour densifier les plateaux alimentaires de PS (8,5" X 11") largement utilisés dans les écoles des États-Unis. Le ratio de densification est d'environ 95:1.

Cette densification fonctionne de façon discontinue, par lot (*batch*). La capacité de traitement est exprimée en nombre de plateaux densifiés par unité de temps. Par exemple, le modèle proposé par StyroPower densifie 1 400 plateaux en 5 h 15. Le *StyroSmart Solutions* densifie 1 200 plateaux en 4 h si le matériel est relativement propre ou en 7 h si le PS est souillé par des matières organiques. Au terme de l'opération, le PS densifié est retiré du tiroir de récupération par un opérateur.

La densification par conduction peut traiter tous les types de PS. Bien qu'elles soient conçues pour le PS, d'autres résines comme le polyéthylène et le polypropylène pourraient aussi être densifiées avec cette technologie. L'ordinateur de l'appareil devrait alors toutefois être reprogrammé en fonction des différents points de fusion des plastiques. D'autres réglages pourraient également être nécessaires pour adapter le densificateur. Le traitement du polyéthylène téréphtalate n'est pas recommandé : en effet, son point de fusion s'approche ou dépasse la température maximale d'opération de ce type de densificateur.

Les densificateurs de StyroPower tolèrent des températures variant entre -4 et 28 °C sans affecter la performance du procédé ni dégrader le matériel.

Contrairement à la densification thermomécanique, aucun broyage préalable n'est nécessaire avant la densification par conduction. Selon les intervenants contactés, la contamination usuelle n'affecte pas le procédé, mais pourrait avoir une influence sur la valeur de la matière.

L'appareil peut être installé à l'intérieur comme à l'extérieur. Si le bâtiment n'est pas ventilé adéquatement, une installation extérieure est recommandée. En effet, des émanations nocives de styrène pourraient survenir au cours du processus de densification, surtout s'il y a décomposition thermique.



FIGURE 16
Densificateur à conduction [26]

2.2.3

Densification chimique

La densification chimique consiste à dissoudre le PS expansé, extrudé et rigide à l'aide d'un solvant dans un équipement de dissolution (figure 17). Polystyvert, une entreprise québécoise, a mis au point un procédé utilisant le cymène, une huile essentielle, comme solvant.

Contrairement à la densification mécanique et thermomécanique, le broyage du PS à densifier n'est pas nécessaire. La taille des pièces et la température ambiante influencent toutefois légèrement la vitesse de dissolution. Cette technologie tolère aussi davantage la contamination que les procédés mécaniques (ex. : étiquettes, films plastiques, résidus alimentaires, autres plastiques) sans que cela affecte la qualité du PS sortant. Le coût de leur traitement à l'usine de Polystyvert fait en sorte que la tolérance de la contamination doit être limitée à 3%.

Le résultat de cette solvatisation est un mélange liquide visqueux contenant des polymères de PS dissous dans un solvant. Au cours de sa dissolution, le PS est totalement dégazé. En raison du dégazage, un conduit d'évacuation des gaz et des vapeurs de solvant est prévu. Cette diminution importante de volume permet d'atteindre un ratio de densification de 94:1, un aspect crucial pour réduire les coûts de transport.

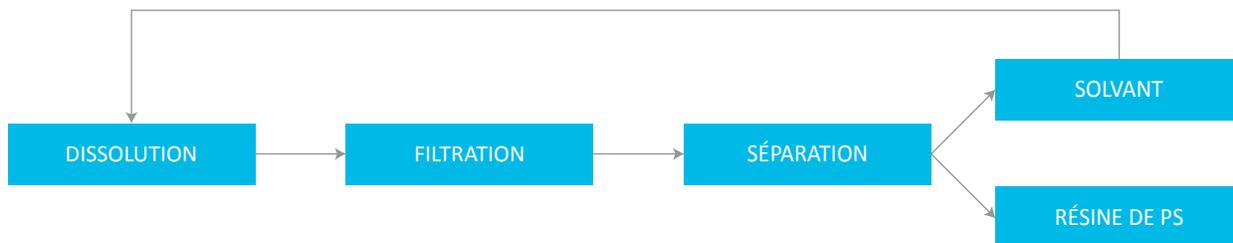


FIGURE 17
Schéma simplifié du procédé de densification chimique par solvatisation [29]

Un des avantages du procédé est de produire un mélange PS-solvant qui peut être transporté par camion et dont le solvant peut être séparé et régénéré en usine.

Pour récupérer le PS du mélange, Polystyvert utilise une méthode confidentielle de séparation du solvant. Le PS récupéré est ensuite extrudé et granulé. Ce conditionnement augmente la valeur du PS sur les marchés; le PS granulé se vend en général plus cher que le PS en flocons [30]. Étant donné l'élimination des contaminants en amont, ce PS s'avère plus pur que celui qui est densifié mécaniquement.

La technologie de Polystyvert est au stade de la démonstration. Sa commercialisation est prévue pour 2016. En conséquence, le procédé, les spécifications techniques et le modèle d'affaires ne sont pas définitifs et pourraient être modifiés. Des concentrateurs pilotes sont actuellement à l'essai dans certaines régions du Québec afin de peaufiner la technologie et le modèle d'affaires. Polystyvert recueille le mélange par un système de cartouche. On remplace le bac plein de mélange PS-solvant contre un bac de solvant vide prêt à l'emploi. Ce modèle sera certifié à la mi-2016.

Une autre initiative de densification chimique par solvatation du PS a été trouvée. Polysolve [29] est un projet de recherche européen financé par la Commission européenne dans le cadre du septième programme-cadre FP7 qui s'est tenu de novembre 2011 à novembre 2014. Le projet visait également la mise en solution du polycarbonate (ex. : CD, DVD). Le consortium de recherche paneuropéen était composé d'organisations de recherche, d'associations nationales, d'associations européennes basées en Belgique et d'entreprises industrielles. Les tests réalisés en laboratoire se sont avérés concluants et un extrait ayant un degré de pureté élevé aurait été obtenu. Le défi serait de reproduire les résultats à plus grande échelle. Aucun autre détail concernant cette étude n'a pu être obtenu.

2.2.4 Comparaison des technologies de densification

Plusieurs critères permettent de comparer les technologies de densification étudiées (tableaux 6 et 7).

TABLEAU 6

Comparaison des technologies de densification

TECHNOLOGIES DE DENSIFICATION	MÉCANIQUE	THERMIQUE	CHIMIQUE
Ratio de densification moyen	50:1	90:1	94:1
Performance affectée par la température ambiante	oui	non	oui
Modifie les propriétés du PS	non	oui	non
Sensible aux contaminants	oui	oui	non
Broyage préalable nécessaire	oui	oui	non
Besoin d'évacuation extérieure	non	oui	oui
Technologie mature et démontrée	oui	oui	non

TABLEAU 7

Capacité et coût de quelques densificateurs

TYPE DE DENSIFICATION	MANUFACTURIER		CAPACITÉ (kg/h)	COÛT	
				(\$ US)	(\$ Can)*
Hydraulique	Matrix Manufacturing (PolyMax)	Min	36	21 300	28 400
		Max	227	73 000	97 330
	Sebright Products	Min	408	85 000	113 330
		Max	590	125 000	166 660
	Demand Products (Badger)	Min	91	33 000	44 000
		Max	227	58 500	78 000

Par vis d'entraînement	Harden Machinery Ltd.	Min	15	7 500	10 000
		Max	180	25 000	33 330
	Heger	Min	10	14 000	18 660
		Max	1 000	350 000	466 650
	INTCO Recycling (GreenMax)	Min	100	N/D	N/D
	Max	300	N/D	N/D	
Thermomécanique	KBM	Min	10	8 800	11 730
		Max	130	42 700	56 930
	RUNI A/S	Min	20	12 550	16 730
		Max	204	55 000	73 330
	Avangard Innovative	Min	23	10 000	13 330
	Max	454	80 000	106 660	
Thermomécanique	INTCO Recycling (GreenMax)	Min	50	N/D	N/D
		Max	300	N/D	N/D
	Demand Products (Badger)	Min	68	25 530	34 040
		Max	363	81 975	109 300
RecycleTech Corp	Min	23	N/D	N/D	
	Max	181	N/D	N/D	

* 1\$ US = 1,33\$ CAN

2.3

TECHNOLOGIES DE VALORISATION

2.3.1

Transformation chimique par dépolymérisation par micro-ondes

La dépolymérisation par micro-ondes décompose chimiquement la matière organique grâce à la chaleur générée par des micro-ondes dans un environnement sans oxygène. Utiliser des micro-ondes dans le procédé de dépolymérisation permettrait un meilleur contrôle des paramètres de la pyrolyse et maximiserait la production de gaz et d'huile.

Pyrowave, une initiative québécoise, développe actuellement cette technologie (figure 18). L'entreprise propose de transformer des résidus de PS expansé, extrudé et rigide en trois types de produits valorisables :

- 75 % d'huile contenant des monomères de styrène, du brut léger, de l'éthylbenzène, des cires et d'autres hydrocarbures ;
- 15 % de gaz ;
- 10 % de solide carboné (charbon).

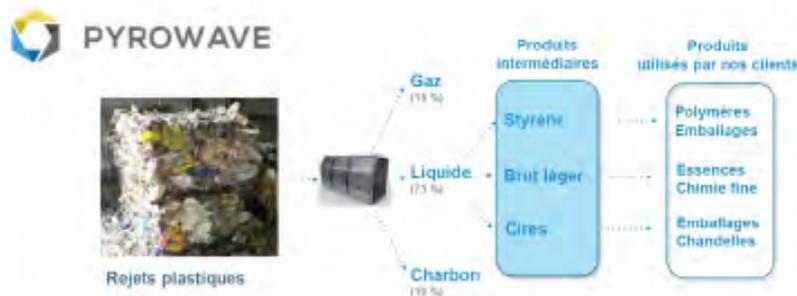


FIGURE 18

Procédé de Pyrowave simplifié [30]

Le modèle d'affaires préliminaire de l'entreprise prévoit l'installation d'un système de traitement en trois modules directement chez les clients devant disposer de résidus de PS. Un réservoir extérieur pour le stockage des produits transformés complète le système. Chacun des trois modules principaux (un réacteur, un module de puissance et une unité de refroidissement) mesure 2 m de longueur. Le client doit donc disposer de suffisamment d'espace pour accueillir le système en entier.

Toujours selon le scénario proposé par Pyrowave, le client est responsable de l'alimentation et de l'opération du réacteur de transformation. Le broyage préalable du PS est requis. Le PS est dépolymérisé chez le client. Le mélange obtenu après transformation est recueilli par Pyrowave par camion-citerne lorsque la capacité du système est atteinte. L'extrant serait ensuite traité et raffiné chez Pyrowave. Les produits obtenus pourraient être acheminés aux acheteurs par camion-citerne ou wagon-citerne.

La technologie de Pyrowave est en développement. Des projets pilotes lancés à l'automne 2015 ont pour objectifs d'optimiser les aspects techniques, de documenter les avantages économiques à grande échelle et de préciser le modèle d'affaires. En conséquence, le procédé, les spécifications techniques et le modèle d'affaires ne sont pas définitifs et pourraient être modifiés.

ANNEXE 3

Des fiches techniques détaillées abordant les aspects techniques, économiques et environnementaux de chacune des technologies de conditionnement présentées dans cette section peuvent être consultées à l'annexe 3.

2.3.2

Gazéification

Développée il y a plusieurs décennies, la gazéification consiste dans la transformation entière de la matière organique solide contenant du carbone en gaz combustible. Cette technologie décompose thermiquement les molécules organiques entre 1 300 et 1 600 °C. Un gaz de synthèse composé d'un mélange de monoxyde de carbone (CO) et d'hydrogène (H₂) résulte de cette réaction. La gazéification, l'incinération et la pyrolyse ne doivent pas être confondues (tableau 8).

TABLEAU 8

Différence entre gazéification, incinération et pyrolyse

TYPE DE RÉACTION	DÉCOMPOSITION	ATMOSPHÈRE
GAZÉIFICATION	Décomposition thermique partielle des molécules oxydables générant un mélange de monoxyde de carbone (CO) et d'hydrogène (H ₂).	La gazéification se produit dans une atmosphère très restreinte en oxygène, évitant la formation du dioxyde de carbone (CO ₂), d'eau (H ₂ O), de dioxyde de soufre (SO ₂) et d'oxyde d'azote (NO).
INCINÉRATION	Décomposition thermique totale des molécules oxydables si les conditions sont rigoureuses générant un mélange de dioxyde de carbone (CO ₂) et d'eau (H ₂ O).	L'incinération requiert de l'oxygène (O ₂) pour réaliser une combustion.
PYROLYSE	Décomposition thermique partielle sans oxydation produisant un mélange d'huiles pyrolytiques.	La pyrolyse se produit en anaérobie, c'est-à-dire en l'absence d'oxygène (O ₂).

Le gaz de synthèse peut être utilisé dans plusieurs applications : production de chaleur, production d'électricité par l'action du gaz sur des turbines, d'hydrogène, de méthanol ou de méthane par traitement chimique et de carburant par le procédé Fischer-Tropsch.

En 2004, des tests de gazéification des plastiques ont été réalisés par l'Institut des plastiques et de l'environnement du Canada en collaboration avec l'entreprise Enerkem. Ces essais ont démontré que le rendement énergétique du procédé est élevé et que la majorité de l'énergie est transférée au gaz de synthèse. Un mélange de plastiques post-consommation (codes N° 3 à 7, donc contenant du PS N° 6) provenant d'une municipalité ontarienne a été testé. Pour mesurer les émissions atmosphériques, cet échantillon a été gazéifié. Les résultats montrent que les émissions sont considérablement inférieures aux valeurs limites d'émission de contaminants de l'Ontario.

Un projet de gazéification porté par un entrepreneur est présentement en montage dans la région de Montréal. Le procédé vise tous les types de plastiques de codes N° 1 à 7. L'EPS et le PS rigide pourraient y être gazéifiés. Le PS

gazéifié doit toutefois être exempt de souillures, ce qui rend le traitement du XPS incertain selon le promoteur du projet. Un système de lavage, aussi prévu au projet, pourrait pallier ce problème. Un trieur optique sera également utilisé pour mieux contrôler les intrants.

La mise en opération de ce projet d'entreprise est prévue pour 2017. Sa capacité de traitement serait de 500 tonnes de plastiques par jour. Les matières seraient converties en diesel directement utilisable. Pour augmenter la capacité, des plastiques post-consommation provenant de l'Ontario et de l'Ouest canadien pourraient être ajoutés aux gisements québécois. Le PS récupéré dans les centres de tri pourrait aussi être acheminé à l'usine de gazéification à la condition que le taux de contamination soit toléré par le procédé. Le modèle d'affaires proposé par l'entrepreneur consiste en facturer un coût à la tonne de plastiques à gazéifier. Le coût et les modalités du service n'ont pas encore été déterminés.

3. RECYCLAGE DU PS

3.1

UN MARCHÉ EN CROISSANCE

Des données recueillies et analysées par différents intervenants de l'industrie du plastique démontrent que le marché du PS recyclé est en forte croissance et que les initiatives de collecte en cours peinent à répondre à la demande.

Aux États-Unis seulement, les tonnages recueillis de PS expansé auraient doublé de 2012 à 2013, atteignant environ 33 000 tonnes d'EPS post-consommation (73 millions de lb) et 25 000 tonnes d'EPS post-industriel (55 millions de lb) (figure 19). L'Association canadienne de l'industrie des plastiques (ACIP) estime la demande mondiale en PS recyclé à 120 000 tonnes par an. [31]

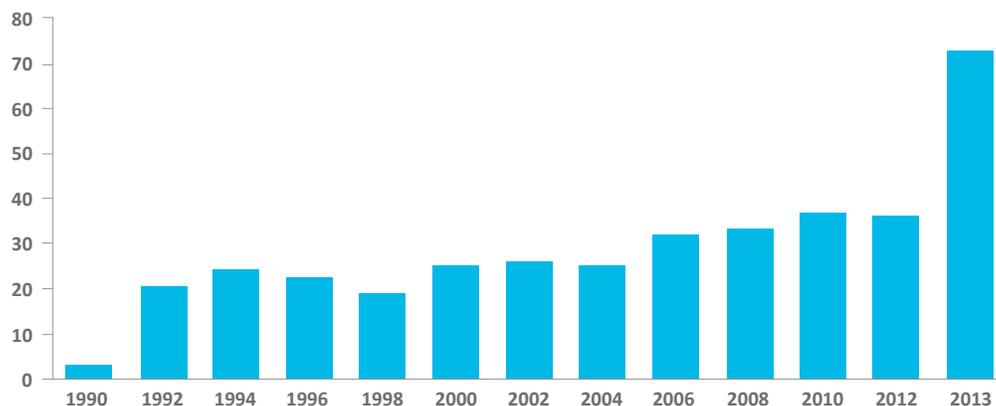


FIGURE 19

Recyclage d'EPS domestique post-consommation aux États-Unis (millions de lb recyclées) [32]

Selon la *Society of the Plastics Industry*, le manque d'informations et d'infrastructures pour soutenir la collecte d'EPS représente un frein significatif à la croissance de cette activité. [33]

L'ACIP mentionne néanmoins les progrès réalisés au Canada au cours des dernières années. La diminution des coûts d'achat des technologies de densification et des coûts d'expédition vers les utilisateurs de PS recyclé expliquent l'accès croissant des citoyens à des services de récupération du PS. L'augmentation des tarifs d'élimination et des redevances exigibles contribuerait également à accroître l'intérêt pour la mise en valeur du PS.

Les marchés usuels continuent d'exploiter une grande partie du gisement de PS recyclé. Avec une consommation mensuelle d'environ 5 000 tonnes d'EPS et de XPS, Intco, un des chefs de file internationaux du recyclage du PS, mentionne que l'approvisionnement limité en EPS post-consommation recyclé représente une contrainte

importante pour la croissance de l'entreprise. À Shanghai, en Chine, Intco fabrique des cadres photos. Ce marché domine la demande mondiale en PS post-consommation, suivi de la fabrication de moulures architecturales et d'emballages. Pour assurer son capital matière et sécuriser ses approvisionnements, Intco offre un programme de partenariat aux générateurs de PS post-consommation (c'est le cas du projet mis en place à Colchester (N.-É.) notamment). Il fournit un densificateur à coût réduit, garantit l'achat du PS densifié et prend en charge les frais de transport. [34] Il s'agit d'un exemple d'économie circulaire.

La demande pour la fabrication de cadres photos croît également aux États-Unis, notamment chez Nepco en Californie et chez Princeton Molding Group LLC au New Jersey. D'autres marchés présentent également un besoin en PS recyclé. C'est le cas de Repac au Tennessee, un fabricant de divers produits en EPS et vendeur de résine, et chez Owens Corning, un fabricant de panneaux d'isolation.

Au Québec, plusieurs acteurs de l'industrie des plastiques ajoutent du PS recyclé à leurs formulations et produits. Dyne-A-Pak, Cascades et CKF fabriquent par exemple des barquettes utilisées dans le secteur alimentaire en XPS à contenu recyclé post-industriel. Polyform, situé à Granby, recueille également du PS dans plusieurs éco-centres et l'intègre à ses matériaux de construction.

3.2

PS RIGIDE

Une étude récente publiée par la firme américaine Moore Recycling Associates pour l'American Chemistry Council sur le marché des plastiques rigides non-bouteille (*non-bottle rigid plastic*) permet de chiffrer la quantité de PS dans les ballots de plastiques mixtes post-consommation [35]. Ces données ont été obtenues par sondage auprès de nombreux intervenants (conditionneurs, acheteurs, utilisateurs) de plastiques recyclés aux États-Unis et au Canada. Elles indiquent qu'en 2014, le PS rigide post-consommation récupéré aux États-Unis représentait 1,8 % de tous les plastiques, avec 10 234 tonnes (figure 20). Les tonnages de plastiques mixtes récupérés ont augmenté de 27 % en 2014 par rapport à 2013, une hausse pouvant être attribuée au secteur municipal et à la collecte sélective.

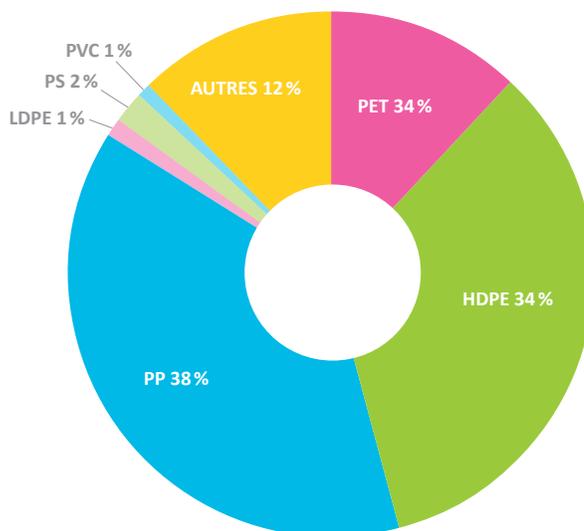


FIGURE 20

Répartition des plastiques rigides post-consommation non-bouteille (É.-U., 2014)

Soixante-quatre pour cent (64 %) des plastiques mixtes seraient conditionnés et utilisés en Amérique du Nord, les 36 % restants étant exportés outre-mer, en Chine tout particulièrement. Très peu de conditionneurs ont fourni des détails sur leurs marchés. En comparaison, des données internes de RECYC-QUÉBEC obtenues en 2012 [2] indiquent que 83 % des ballots de plastiques mixtes N° 2 à 7 étaient valorisés ici-même au Québec. Cette proportion augmentait à 94 % pour les ballots N° 3 à 7.

Notons que la valeur des ballots de plastiques mixtes varie en fonction de leur contenu (tableau 9).

TABLEAU 9

Composition et valeurs des ballots de plastiques mixtes [36]

PLASTIQUES RIGIDES AVEC ENCOMBRANTS (Rigid plastics with bulky)	POTS ET COUVERCLES (Tubs and lids)
Bouteilles, contenants domestiques non-bouteille (incluant les contenants et emballages thermoformés, verres, barquettes, clamshells) et les plastiques rigides encombrants (incluant des chaudières, paniers, jouets, mobilier de jardin). Souvent des plastiques de N°2 à 7.	Contenants domestiques non-bouteille, incluant des chaudières, principalement en PP et PE, sans encombrants. Souvent des plastiques N°3 à 7.
150 \$/t	300 \$/t

Le centre de tri effectue ses opérations de tri de façon à obtenir le meilleur prix possible, compte tenu du marché, des efforts à fournir et des bénéfices attendus. Les matières les mieux triées, sans contaminants et propres, sont celles ayant le plus de valeur.

Selon les experts du secteur des plastiques consultés, M. Patrice Clerc de Cascades Récupération, M. Dave Thomson de SAGE Consulting et M. Yves Noël de YNC, l'ajout du PS rigide dans les lots de plastiques mixtes aurait peu d'incidence sur la valeur des ballots de plastiques mixtes. Un impact possible est la diminution du poids des ballots, le PS étant plus léger que la plupart des autres plastiques récupérés dans la collecte sélective. La faible quantité de PS rigide dans les ballots plastiques mixtes limiterait cet effet.

Gaudreau Environnement accepte le PS dans la collecte sélective et le traite dans sa division Plastique depuis de nombreuses années. Selon l'entreprise, le PS ne représente que 5 à 8 % de la masse des ballots de plastiques mixtes et cette proportion fluctue très peu dans le temps. L'acheteur actuel de Gaudreau Environnement accepte cette variation puisqu'elle affecte peu son procédé et ses produits.

Dans le même ordre d'idées, un document interne de RECYC-QUÉBEC [2] produit en 2015 indique qu'on retrouve en moyenne 0,40 % de PS rigide et 0,54 % de PS expansé (XPS et EPS) dans les ballots de plastiques mixtes au Québec. Ces proportions sont plus faibles que celles observées chez Gaudreau Environnement, puisque le PS n'est pas accepté officiellement dans la collecte sélective. Ces informations permettent d'apprécier l'augmentation possible du PS dans les ballots advenant que le PS soit accepté dans la collecte sélective.

3.3

LES CONDITIONNEURS DU QUÉBEC ET DE L'ONTARIO

Afin de mieux documenter le conditionnement du PS post-consommation, les principaux conditionneurs de plastiques du Québec et de l'Ontario ont été contactés.

Plastimum

Plastimum [37]

Situé à Sherbrooke (QC), Plastimum est acheteur de ballots de plastiques mixtes. Le PS rigide représente environ 6 % de ces ballots. À l'heure actuelle, le PS est trié par tri optique et entreposé jusqu'à la mise en opération de ses lignes de lavage et d'extrusion. Plastimum est associé à Sherbrooke OEM, l'entreprise qui conçoit et fabrique les trieurs optiques Eagle Vizion. Selon Plastimum, des acheteurs québécois de leurs futures granules de PS pourraient se montrer intéressés, mais la plus grande proportion du marché actuel se situe aux États-Unis.



Soleno Recyclage [38]

Située à Yamachiche (QC), Soleno Recyclage a pour principal mandat d'alimenter la filiale Soleno en plastiques recyclés pour la fabrication de ses produits de gestion des eaux pluviales. Le polyéthylène haute densité est surtout utilisé pour le moment. Le PS pourrait toutefois être conditionné d'ici 2018 grâce à un projet d'entreprise en développement.



PFG Polymers [39]

À la suite de la signature d'un partenariat avec la division québécoise de l'entreprise Textile Rubber & Chemical Co. (TRCC) située à Saint-Jean-sur-Richelieu, PFG Polymers travaille sur un projet de mise en valeur d'un gisement annuel d'au moins 1 000 tonnes de PS toutes catégories confondues. PFG Polymers souhaite concrétiser ce projet de plusieurs millions de dollars en 2016.

Le modèle développé par PFG Polymers consiste en recueillir le PS directement chez les générateurs. Le PS sera lavé et extrudé à l'usine de TRCC. Une ligne de lavage devrait être utilisée pour les matières souillées, comme le polyéthylène basse densité et le PS.

Le PS recueilli lors de la collecte sélective et celui émanant des industries, commerces et institutions (ICI) seront acceptés. Le PS contenant des retardateurs de flamme sera aussi accepté, car l'entreprise disposera d'un réacteur chimique pour traiter ce contaminant. L'EPS et le XPS déjà densifiés contenant des contaminants (aliments, étiquettes, etc.) ne seront toutefois pas acceptés. En effet, la contamination induite par ces matières déprécierait de façon trop importante les lots à transformer pour la revente de la matière. Par ailleurs, le PS n'est pas le seul plastique visé par ce projet : l'objectif de PFG Polymers est de traiter l'ensemble des types de plastiques, sauf le PVC. PFG Polymers prévoit vendre son matériel sur le marché américain.



EFS-Plastics [40]

Située en Ontario, EFS-Plastics est une entreprise de conditionnement de plastiques post-consommation. Elle traite plus de 10 000 tonnes de plastiques mixtes par an. À partir de ballots de plastiques rigides mixtes (codes N° 3 à 7), EFS-Plastics trie manuellement les matières et ne conserve que le polypropylène (PP) et le polyéthylène basse densité (PEBD). Ces plastiques récupérés sont transformés en granules et vendus.

Pour EFS-Plastics, le PS est un contaminant. L'entreprise ne possède aucune donnée sur la proportion de PS contenue dans les ballots mixtes qu'elle reçoit.



Entropex [41]

Cette entreprise ontarienne de conditionnement de plastiques post-industriel et post-consommation achète des ballots de plastiques mixtes (codes N° 1 à 7) des centres de tri municipaux. Elle trie et conditionne les matières, mais ne revend que les plastiques N° 1, 2, 4 et 5.

Entropex considère le PS comme un contaminant. Il représente entre 1 et 3 % de la masse des ballots de rejets qui contiennent également du polychlorure de vinyle (PVC) et de l'acrylonitrile-butadiène-styrène (ABS). Les plastiques rejetés sont acheminés aux États-Unis pour valorisation énergétique.

Haycore Canada [42]



Ce centre de conditionnement ontarien achète des ballots de plastiques mixtes (codes N° 1 à 7) de la majorité des centres de tri québécois. L'entreprise retire le polyéthylène téréphtalate (N° 1) et le polyéthylène haute densité (N° 2). Les autres plastiques (N° 3 à 7) sont revendus sous forme de ballots mixtes généralement à Entropex (ON) ou à Buckeye Polymers en Ohio (É.-U.).

4. RETOURS D'EXPÉRIENCE

Une revue de littérature d'initiatives de gestion du PS post-consommation a été effectuée afin de relever les freins, les facteurs de succès et les meilleures pratiques. L'objectif de cet exercice est de cibler des modèles transposables au Québec, en tout ou en partie. Des entrevues et des échanges par courriel ont permis d'obtenir des informations plus détaillées sur ces retours d'expérience (figure 21).

La revue montre que le nombre d'initiatives menées au sujet de la gestion du PS post-consommation est élevé.

Une trentaine de projets ont été recensés, mais d'autres initiatives, moins documentées ou non diffusées sur le Web, existent ou ont probablement été réalisées par le passé.

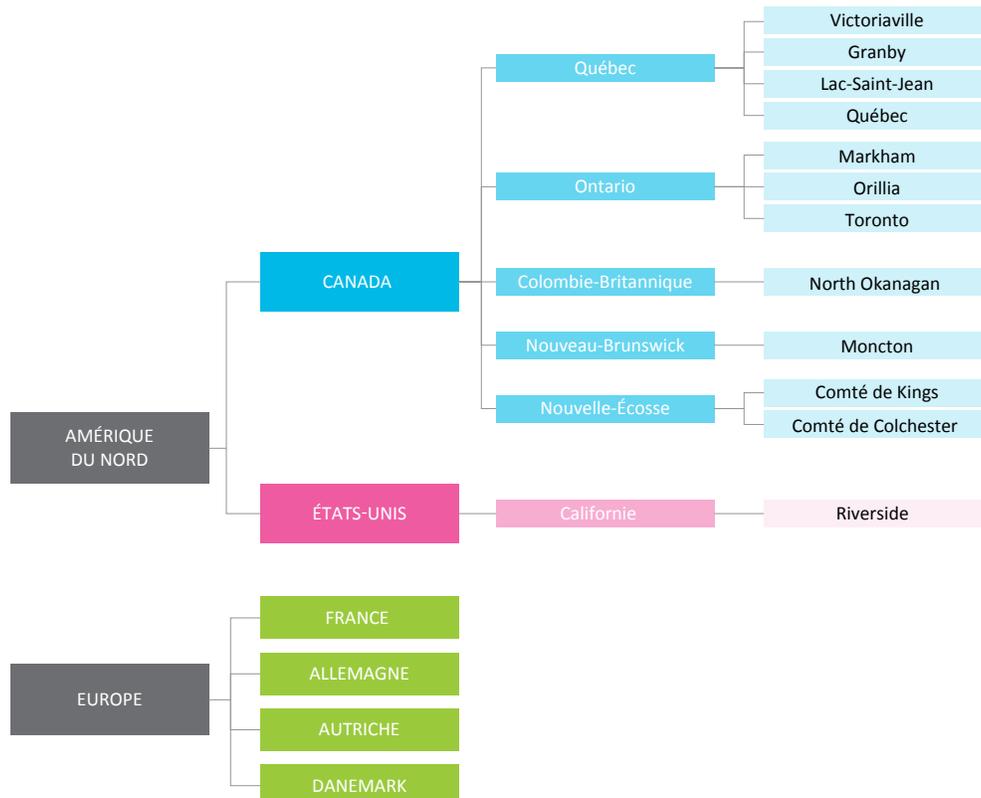


FIGURE 21
Retours d'expérience par pays

ANNEXE 4 – FICHES DE RETOURS D'EXPÉRIENCE

Tous les cas sont documentés, sauf ceux du Lac-Saint-Jean, de Victoriaville et de Toronto, pour lesquels moins de données étaient disponibles.

ANNEXE 5

Une liste des contacts effectués pour obtenir la documentation concernant les retours d'expérience est fournie.

4.1

CANADA

De nombreux projets de récupération du PS post-consommation ont cours au Canada. Selon une étude publiée par la firme CM Consulting en 2015 [43], plusieurs provinces récupèrent déjà le PS, particulièrement le PS rigide.

Près de 70 % des Canadiens ont accès à un service de récupération du PS rigide par l'entremise de la collecte sélective : ce taux est de seulement 18 % au Québec (figure 22).

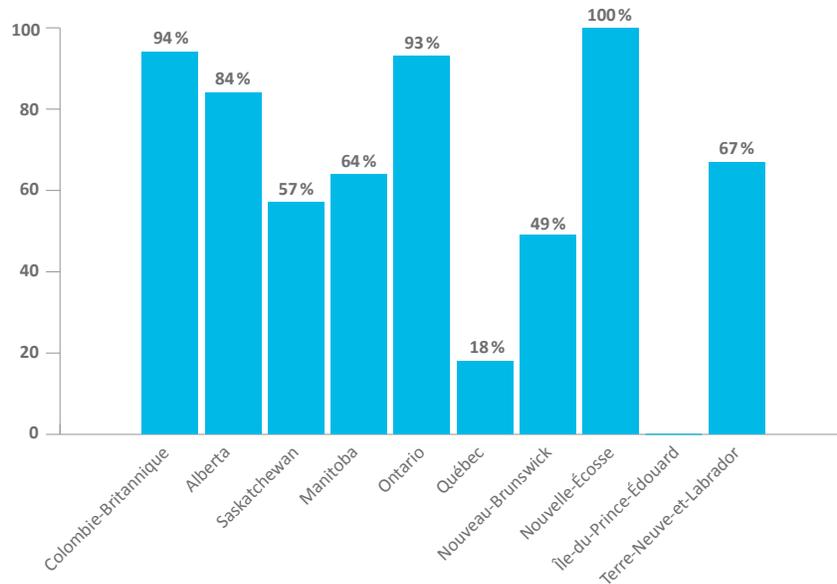


FIGURE 22

Proportion de citoyens ayant accès à un service de récupération du PS rigide par province au Canada (en pourcentage de la population)

La récupération de l'EPS et du XPS alimentaire est essentiellement implantée en Colombie-Britannique, en Ontario et au Nouveau-Brunswick (figure 23). Deux projets ont été initiés en Nouvelle-Écosse depuis l'étude de CM Consulting. La répartition est approximativement la même pour l'EPS d'emballage de protection.

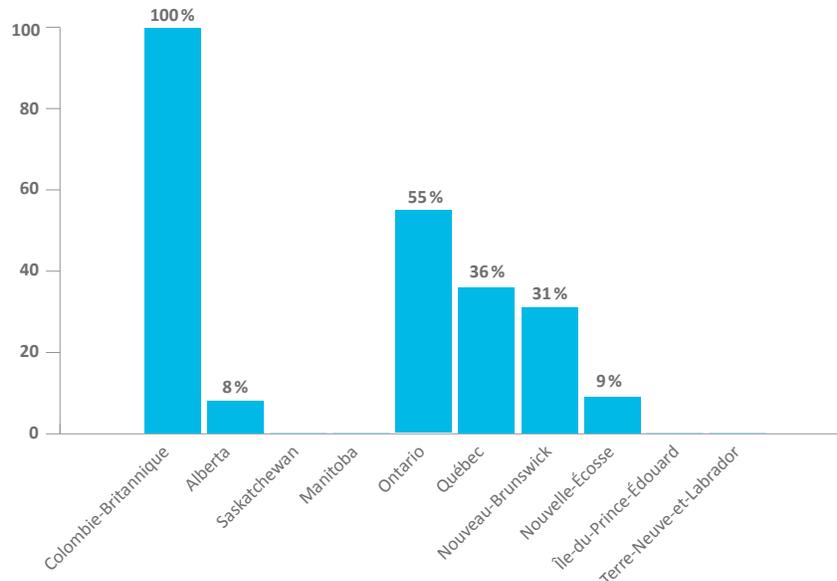


FIGURE 23

Proportion de citoyens ayant accès à un service de récupération du PS expansé (EPS et XPS) alimentaire par province au Canada (en pourcentage de la population)

4.1.1

Québec

Quelques projets ont été lancés au Québec depuis 2011, la plupart impliquant des membres du Regroupement Recyclage Polystyrène (RRPS). Ce regroupement, composé de représentants de l'industrie du PS, d'entreprises

contributeurs à Éco Entreprises Québec, d'associations de l'industrie des plastiques et d'intervenants municipaux et gouvernementaux, s'est donné pour mission d'assurer la récupération et le recyclage des contenants et emballages de PS post-consommation au Québec. Il a été créé dans la foulée des projets pilotes de 2011 impliquant ces mêmes membres en vue de pérenniser leurs actions.



4.1.1.1 Victoriaville

L'entreprise Gaudreau Environnement de Victoriaville accepte à son centre de tri le PS rigide et le XPS dans la collecte sélective depuis 2008. Trié optiquement, seul le PS rigide est toutefois mis en valeur. Il est ajouté aux plastiques mixtes avec d'autres résines de plastiques N° 2 à 7, où il représente entre 5 et 8 % de la masse totale du ballot.

Ces ballots sont acheminés chez un partenaire d'affaires québécois qui fabrique différents produits. L'EPS et le XPS sont quant à eux retirés manuellement par un tri positif à différents endroits de la ligne de tri, soit au début, au milieu et à la fin. Ce PS expansé est pour le moment dirigé à l'enfouissement. Gaudreau Environnement souhaite toutefois implanter un projet de récupération du PS expansé par apport volontaire de la matière par les citoyens à son éco-centre. L'entreprise envisage l'achat d'un densificateur par vis d'entraînement pour mieux gérer l'entreposage des matières et réduire les coûts de transport. [44]

4.1.1.2 Granby

Fabriquant plusieurs produits de flottaison, de rembourrage et d'isolation en PS, Polyform récupère depuis 2007 les rebuts d'EPS blanc et propre fournis par sa clientèle au retour de ses tournées de livraison.

En raison de ses besoins croissants en PS recyclé et pour accroître ses approvisionnements, l'entreprise recueille également le PS directement chez des ICI partenaires (ex. : centres de distribution de meubles et d'électroménagers). Le PS récupéré des ICI représente 90% du gisement recueilli par Polyform.

Polyform a également initié la collecte du PS à l'éco-centre de Granby. D'autres éco-centres sont aussi desservis par ses services de récupération du PS : il s'agit de ceux de Waterloo, Sherbrooke, Cowansville, Magog, Pointe-Claire et l'arrondissement LaSalle de Montréal. Dix pour cent (10%) du PS recueilli par Polyform provient donc des éco-centres. Les citoyens peuvent y déposer tous les types de PS propres et les disposer dans des boîtes de type Gaylords identifiées pour chaque catégorie de PS. Lorsque les quantités récupérées le justifient, les gestionnaires des éco-centres contactent Polyform qui vient les récupérer. Quatre-vingt-six pour cent (86%) du PS récupéré en éco-centres est de l'EPS blanc. Les 14% restants sont du PS rigide et du XPS; ces matières sont extrudées, granulées et vendues en Chine. [45]

L'EPS récupéré des ICI et des éco-centres est broyé, extrudé et granulé. La matière secondaire est réinjectée en remplacement de résine vierge pour la fabrication de Géofom ou de Nudura, deux produits de Polyform.

Une unité de densification chimique du PS d'emballage alimentaire (EPS et XPS) par solvatation de Polystyvert est également en opération pilote à l'éco-centre de Granby depuis janvier 2015. [46]

4.1.1.3 Lac-Saint-Jean



La Régie des matières résiduelles du Lac-Saint-Jean (RMR) annonçait en septembre 2015 qu'elle accepte désormais l'EPS et le XPS dans ses huit éco-centres. Ce service, qui consiste en un apport volontaire, est offert aux citoyens, mais aussi aux entreprises de la région du Lac-Saint-Jean. Six dômes de toile et deux conteneurs ont été installés pour recueillir le PS et le garder à l'abri des intempéries.

Le gisement annuel attendu est estimé à 300 tonnes. Le PS expansé sera broyé puis densifié par un densificateur mécanique à vis. Installé sur une remorque, ce densificateur mobile desservira tous les éco-centres de la RMR. Les lingots de PS obtenus seront recyclés aux États-Unis et en Asie, notamment en accessoires de bureau et en moules décoratives.

La RMR a opté pour la récupération en éco-centres afin d'obtenir une matière plus propre et moins fractionnée. L'avantage des points de dépôt est d'être aussi accessibles au secteur ICI, donc d'augmenter la quantité de PS potentiellement récupéré.

Le projet a nécessité quatre ans de planification et un investissement de près de 250 000 \$. Il devrait permettre la

diminution des coûts d'enfouissement de 20 %. Un rapport de la première année d'opération du projet sera rendu public en septembre 2016. [47]



4.1.1.4 Ville de Québec

À la Ville de Québec, le PS rigide, l'EPS et le XPS sont acceptés dans la collecte sélective depuis automne 2014. Les citoyens ajoutent les différents types de PS pêle-mêle dans le bac de récupération avec les autres matières de la collecte sélective.

En centre de tri, opéré par la Société V.I.A., le PS n'est pas trié, mais récupéré en fin de convoyeur avec les autres rejets (bois, textiles, etc.). Ces rejets sont acheminés à la cimenterie Ciment Québec, où ils sont utilisés comme combustibles de remplacement au charbon dans le procédé de fabrication du ciment. Cette alternative à l'enfouissement permet de réduire les coûts d'élimination et d'augmenter le taux de mise en valeur des matières résiduelles de la Ville de Québec. Selon les responsables de la gestion des matières résiduelles à la Ville, cette solution est la seule viable pour le moment, faute de débouchés pour le PS et d'autres rejets du centre de tri. Aucun investissement important n'a été nécessaire pour mettre en place cette initiative. [48]

4.1.2

Ontario

La récupération du PS en Ontario est soutenue par un programme favorisant la récupération des contenants, des emballages et des imprimés, le *Blue Box Program Plan*. Ce programme a été développé en 2004 par deux organismes à but non lucratif, le *Waste Diversion Ontario* et le *Stewardship Ontario*. [49, 50]

Le *Blue Box Program Plan* est cofinancé par les municipalités et l'industrie, qui met en marché des contenants, des emballages et des imprimés. Il favorise la récupération du PS et l'augmentation du taux d'accès à des services de récupération du PS. Le PS rigide est ainsi accepté dans la collecte sélective de l'Ontario. L'EPS et le XPS sont même acceptés dans la collecte sélective de certaines villes. Des points de dépôt pour l'apport volontaire de l'EPS et du XPS sont mis à la disposition des citoyens dans certaines villes.

L'Association canadienne de l'industrie des plastiques suit de près ces démarches et les documente régulièrement pour en saisir tous les enjeux.



L'entreprise Canada Fibers opère six centres de tri et gère 60 % du gisement ontarien des matières résiduelles, dont celui des villes de Toronto, Hamilton, Sudbury et Orillia. [51] Les ballots de plastiques mélangés recueillis auprès des municipalités clientes peuvent être envoyés dans leur « usine de la deuxième chance » (*Second Chance Sorting Process*) pour un tri supplémentaire. Les matières sont ensuite dirigées vers divers marchés locaux, comme EFS Plastics en Ontario ou à l'étranger.

4.1.2.1 Markham

Le projet de récupération du PS expansé (EPS et XPS) de la ville de Markham se fait par l'entremise des écocentres depuis 2001. [52] Au début, le PS récupéré était mis en sacs, transporté à un centre de tri centralisé, chargé dans une remorque et acheminé par camion à Port Hope, où il était recyclé par le *Canadian Polystyrene Recycling Alliance*. La fermeture de ce site a forcé la Ville à envisager d'autres solutions. Par ailleurs, le transport par camion représentait 85 % des coûts de prise en charge du PS. Ces coûts devaient être réduits afin d'augmenter la rentabilité et pérenniser le projet.

En 2011, Markham s'est dotée d'un densificateur mécanique Polymax 500 de Matrix Manufacturing, ce qui a permis d'abaisser les coûts de transport à 37 %. En 2014, environ 30 tonnes de PS ont été recueillies, densifiées et dirigées vers des marchés locaux.

4.1.2.2 Orillia



Appuyé par un soutien financier provincial de 33 % lors de son démarrage en 1993, ce programme de récupération est toujours actif. Orillia recueille une dizaine de tonnes de PS par an, dont 90 % proviennent du secteur résidentiel et 10 % du secteur ICI. Ce PS est recyclé en isolant le PS de construction par Grace Canada, une entreprise d'Ajax, une ville située à une centaine de kilomètres d'Orillia.

Orillia opère le seul programme de collecte du PS en sacs dédiés au Canada (figure 24). Les citoyens placent l'EPS

et le XPS propres dans des sacs de plastique transparents. Ces sacs sont ajoutés au bac de récupération des fibres, alors qu'un deuxième bac est dédié aux contenants et aux emballages. Ce mode de collecte conserve le PS propre et facilite son tri. En centre de tri, au pré-tri, les sacs d'EPS-XPS sont retirés manuellement du flux de papier-carton. Les matières qui se trouvent en vrac dans des sacs sont ensuite transportées par camion chez Grace Canada. Le PS rigide est quant à lui ajouté pêle-mêle dans le bac dédié aux emballages et contenants de plastique, verre et métal. Avec les autres plastiques rigides, ils forment les ballots de plastiques mixtes destinés à EFS Plastics.

Le cas de la ville d'Orillia démontre que l'enjeu du succès d'un projet impliquant un transport en vrac est de trouver un acheteur situé à proximité.



FIGURE 24

Guide de recyclage des matières résiduelles, ville d'Orillia, Ontario [53]

4.1.2.3 Toronto

Initié en 2008 et toujours en vigueur, le programme de récupération du PS post-consommation de Toronto est majeur, notamment parce que cette ville est la plus peuplée du Canada. Toutes les catégories de PS sont acceptées dans la collecte sélective. Le PS, comme les autres matières résiduelles, est pris en charge par Canada Fibers.

Pour maintenir et accroître la participation des citoyens aux initiatives de récupération du PS post-consommation, des efforts constants doivent être faits pour rappeler que le PS est recyclable et qu'il peut être ajouté au bac de récupération. Ces efforts d'information, de sensibilisation et d'éducation doivent toujours être soutenus, même huit ans après le lancement du programme. Aussi, pour contribuer encore davantage au succès de l'opération, une responsable de la gestion des matières résiduelles à la Ville de Toronto affirme qu'il faut favoriser l'utilisation de bacs de plus grande taille (ex. : utiliser des bacs roulants de 240 ou 360 litres plutôt que des petits bacs bleus de 64 litres) afin de permettre aux citoyens d'y ajouter tout leur PS. Aucune information sur ce que devient le PS récupéré n'a été obtenue à temps pour respecter les délais du présent mandat.

4.1.3

Colombie-Britannique

L'accès à des services de récupération du PS pour les Britanno-Colombiens est élevé, notamment en raison d'un règlement provincial sur le recyclage favorisant la mise en place de points de dépôt pour la récupération de l'EPS et du XPS ainsi que l'ajout de PS rigide dans les programmes de collecte sélective. [54]

Le *British Columbia Recycling Regulation of the Environmental Management Act* (B.C. Reg. 449/2004) exige des manufacturiers de contenants, d'emballages et d'imprimés desservant le marché résidentiel de la province qu'ils opèrent ou qu'ils soient membres d'un plan approuvé de gestion de fin de vie de leurs produits depuis mai 2014. Ce cadre législatif mène à l'augmentation du nombre de matières acceptées dans les circuits de récupération, incluant le PS. Par voie de conséquence, les services et les infrastructures applicables au PS sont accrus. [55, 56]



L'optimisation de la chaîne de mise en valeur du PS est en partie soutenue par l'industrie mettant en marché des contenants, des emballages et des imprimés. En 2014, cette industrie crée *Multi Material BC*, un organisme à but non lucratif qu'elle finance entièrement. Avec son programme de recyclage du PS, cet organisme a mis en place 280 points de collecte du PS expansé à travers la province.

La région de North Okanagan témoigne du succès du programme. Près de 20 tonnes/an d'EPS et de XPS sont recueillies auprès des résidents et des ICI par l'entremise de deux points de dépôt. Ce mode de collecte a été choisi pour favoriser la récupération du PS le plus propre possible. La proportion de PS détourné de l'élimination depuis l'instauration du programme n'a toutefois pas été mesurée. L'EPS et le XPS sont densifiés séparément à l'un des deux points de dépôt avant d'être acheminés vers les marchés. Selon le responsable du programme, le succès du projet repose sur la sensibilisation des citoyens et une gestion efficace des volumes de PS, une matière qui exige beaucoup d'espace d'entreposage.

En 2012, une initiative importante réalisée par Entec Consulting [57] pour la ville de Langley avait pour objectif d'effectuer un projet pilote de trois mois pour tester la collecte du PS en sacs dédiés dans la collecte sélective. Deux groupes témoins ont alors été constitués pour mesurer la participation citoyenne. Dans le premier groupe, un nombre illimité de sacs dédiés à la récupération du PS était fourni. Dans le second groupe, les participants devaient se déplacer pour acheter les sacs dédiés à la même utilisation. Les sacs acheminés en centre de tri étaient vidés et caractérisés en fonction du groupe étudié. Malgré un premier bilan plutôt positif, le projet n'a pas eu de suite en raison de la politique provinciale mise de l'avant, soit celle impliquant les points de dépôt.

4.1.4

Nouveau-Brunswick

Au Nouveau-Brunswick, les matières résiduelles sont recueillies en sacs et non en bacs : les citoyens utilisent donc un sac bleu pour les matières « sèches » (recyclables et autres) et un sac vert pour les résidus « humides » destinés au compostage (organiques). Le PS de tous les types se retrouve donc dans le sac bleu.

La Commission de services régionaux du Sud-Est qui gère les matières de la ville de Moncton accepte le PS dans la collecte sélective depuis juin 2011 grâce à un partenariat avec la société privée NARS.

En centre de tri, les sacs bleus sont ouverts manuellement et leur contenu est vidé pêle-mêle sur le convoyeur principal. Le PS expansé (EPS et XPS) est dirigé vers des compartiments dédiés par un tri manuel positif, alors que le PS rigide se retrouve dans les ballots de plastiques mixtes par tri négatif. Les employés de la Commission trient le PS expansé et le densifient avec le densificateur mécanique par vis d'entraînement GreenMax. NARS, qui a défrayé le coût d'achat initial du densificateur, assure l'expédition du PS densifié vers les marchés, essentiellement en Corée du Sud, où il est recyclé en moules architecturaux. [58]

4.1.5

Nouvelle-Écosse

4.1.5.1 Comté de Kings

Depuis 2014, les résidents et les petites entreprises du comté de Kings peuvent ajouter le PS dans la collecte sélective. Les plus grandes entreprises peuvent également déposer leur PS aux stations de transfert de *Valley Waste Resource Management* (VWRM) moyennant des frais.

Un budget de démarrage de 60 000 \$, financé à 80 % par l'organisme à but non lucratif Resource Recovery Fund Board et à 20 % par VWRM et CKF Canada, a d'abord permis l'achat d'un densificateur mécanique de 40 000 \$. Des modifications au centre de tri de VWRM d'environ 20 000 \$ ont été nécessaires pour installer le système d'alimentation du densificateur et pour adapter l'entreposage. De plus, une campagne de sensibilisation et de promotion, visant notamment l'importance de nettoyer adéquatement le PS avant sa récupération, a nécessité des investissements similaires.

Tout comme au Nouveau-Brunswick, la collecte sélective en Nouvelle-Écosse se fait en sacs et non en bacs. Ainsi, tous les types de PS peuvent être ajoutés au sac bleu transparent dédié aux contenants de plastique, verre et métal. Au centre de tri de VWRM, l'EPS et le XPS sont séparés par un tri manuel positif, puis densifiés par un densificateur hydraulique. Le PS rigide, par tri négatif, rejoint les ballots de plastiques mixtes.

Initialement, les promoteurs ont estimé le gisement de PS détourné de l'enfouissement à 85 tonnes par an.

Toutefois, entre octobre 2014 et août 2015, seules 15 tonnes de PS ont été récupérées. Ce résultat pourrait être attribuable à la nouveauté du projet et devrait augmenter avec le temps.

4.1.5.2 Comté de Colchester

Dans le comté de Colchester, la collecte sélective municipale se fait en sacs et non en bacs. Par tri négatif, le PS rigide est ajouté aux ballots de plastiques mixtes. À partir du 1er avril 2016, le comté a également commencé à offrir à l'ensemble des résidents et des entreprises de son territoire un service de récupération de l'EPS et du XPS, qui devront être inclus dans les sacs bleus utilisés pour la collecte des plastiques, verres et métaux. Les développements récents des équipements de densification et la pression populaire envers un appui au recyclage du PS ont contribué à l'émergence de cette initiative. Premier récipiendaire hors États-Unis à recevoir une subvention de la *Foam Recycling Coalition* (FRC), le comté a utilisé les 50 000 \$ US reçus pour l'achat d'un densificateur GreenMax.

Au centre de tri, un tri manuel retirera l'EPS et le XPS. Ces matières seront densifiées thermiquement, puis exportées en Chine grâce à un partenariat avec GreenMax. Le gisement de PS expansé est estimé à 300 tonnes par an. Des économies annuelles de 120 000 \$ liées entre autres au détournement de l'enfouissement sont attendues et un retour sur investissement de trois (3) ans est prévu.

4.2

ÉTATS-UNIS

Tout comme au Canada, de nombreuses régions des États-Unis sont desservies par plusieurs programmes de récupération du PS post-consommation. Le taux d'accès à des services de récupération pour les différentes catégories de PS post-consommation est en croissance, tous types de collectes confondus. En 2012, les taux de récupération du PS étaient de 56,4% pour le PS rigide, de 31,1% pour le XPS et de 12,2% pour l'EPS. [59, 60]

Les programmes de collecte sélective qui acceptent l'EPS et le XPS sont principalement situés dans le sud-ouest des États-Unis, plus spécifiquement en Californie (figure 25). Certains programmes n'acceptent que le PS de couleur blanche.

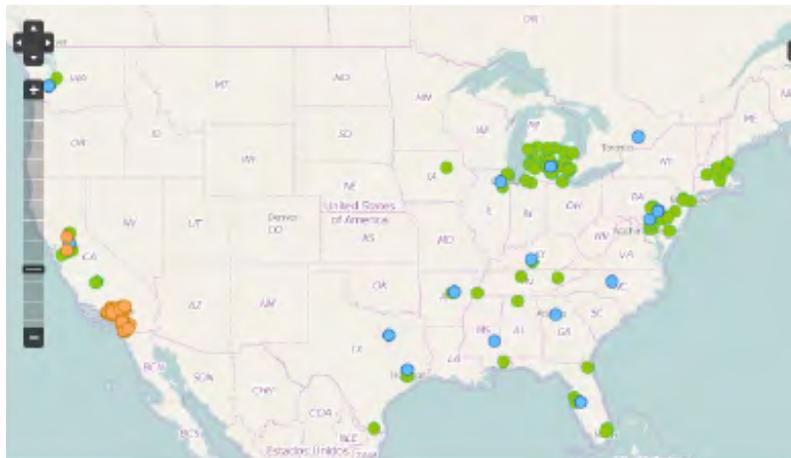


FIGURE 25

Localisation des centres de recyclage du PS et des programmes de collecte sélective du PS aux États-Unis [61]

Légende

- Centres de recyclage du PS expansé (N° 6) de Dart Container Corporation
- Autres centres de recyclage du PS expansé (N° 6)
- Collecte sélective

Le mode de collecte privilégié pour l'EPS aux États-Unis est le point de dépôt (figure 26). Les recycleurs d'EPS sont également directement sollicités pour la récupération de cette matière.



FIGURE 26

Localisation des points de dépôt et des recycleurs d'EPS aux États-Unis [62]

Légende

- Points de dépôt par apport volontaire
- Recycleurs d'EPS d'emballage

Riverside, Californie



Le cas le plus documenté des États-Unis est celui de Riverside en Californie. La ville est desservie par le centre de tri Burrtec, en partenariat avec le conditionneur Titus et l'entreprise Dart Container Corporation. Avec 300 000 habitants desservis et pas moins de 100 tonnes/an de PS récupéré, les démarches de tri et de conditionnement pouvaient être rentabilisées.

Depuis 2010, Burrtec récupère et trie l'EPS et le XPS provenant de la collecte sélective, des écocentres et des ICI. Burrtec dessert 18 des 65 villes californiennes qui récupèrent le PS post-consommation par collecte sélective. Il contribue ainsi directement à l'atteinte des objectifs de réduction des déchets de la Californie.

Le PS récupéré par les citoyens est ajouté pêle-mêle dans le bac de récupération dédié aux contenants et emballages de plastique, verre et métal. En centre de tri, l'EPS et le XPS sont séparés par tri manuel positif au pré-tri. Le PS jugé trop contaminé est retiré du convoyeur et placé avec les rejets (ce qui représente environ 10% de la quantité totale). L'EPS et le XPS blancs sont densifiés mécaniquement, puis mis sur palettes avant d'être acheminés vers différents marchés, essentiellement locaux. Selon Burrtec, le XPS de couleur ne peut pas être densifié seul puisque les barquettes ont un revêtement laminé empêchant l'adhérence. Un peu d'EPS doit être ajouté au mélange pour agir comme liant.

Le PS rigide et le XPS de couleur sont dirigés en vrac avec d'autres plastiques chez Titus, qui en fait le tri optique. Le mélange PS rigide-XPS de couleur est ensuite envoyé chez Dart, qui le broie, le lave, le sèche et le densifie thermiquement. Le PS rigide-XPS densifié est finalement vendu à Nepco, un fabricant de cadres photos situé également en Californie. Ce dernier ne parvient pas à alimenter toutes ses lignes de production : des 10 qu'il possède, deux (2) demeurent inutilisées faute de matériel.

Burrtec vend sans difficulté ses briques de PS densifié sur les marchés locaux. L'expérience montre donc qu'il est possible d'obtenir du PS recyclé de bonne qualité même si le PS post-consommation est récupéré pêle-mêle avec les autres matières dans le bac de récupération. Pour y parvenir, des efforts d'information et de sensibilisation sont faits régulièrement, notamment pour rappeler aux citoyens et aux entreprises l'importance d'éviter la contamination du PS récupéré. [7]

L'entreprise a documenté en détail les facteurs de succès qui assurent une opération optimale des infrastructures de gestion du PS post-consommation. Aucun trieur supplémentaire n'est nécessaire. La capacité du broyeur et

l'alimentation du densificateur sont optimisées pour assurer un usage efficient de la main-d'œuvre et des équipements. La trémie de stockage de PS broyé est munie d'un détecteur de niveau qui active automatiquement le densificateur lorsqu'elle est remplie. L'ajout du PS expansé dans la collecte sélective ne crée pas de surcharge et n'a pas eu d'impact négatif sur la capacité de traitement du centre de tri. La valeur des autres matières recueillies n'a pas non plus été affectée, car il n'y a pas de contamination notable.

Selon Plastics Europe, l'association européenne des fabricants de matières plastiques, le PS n'est généralement pas accepté dans les programmes européens de collecte sélective. Dans les rares cas où il est récupéré, il est surtout incinéré [63]. Malgré ce contexte peu favorable au recyclage du PS, un survol des pratiques qui ont cours dans certains pays européens a été réalisé.

France

En 2012, 56% des emballages en EPS ont été mis en valeur, soit environ 22 000 tonnes. De ce nombre, 13 000 tonnes ont été recyclées et 9 000 tonnes ont été valorisées énergétiquement. [64]

Les initiatives de recyclage ont débuté il y a plus de 20 ans, avec la création de l'organisme ECO PSE, un groupe d'intérêt économique qui fait la promotion des filières de recyclage des emballages en EPS auprès des secteurs utilisateurs et du grand public. L'EPS des industries et des commerces est surtout visé, car le gisement potentiel du secteur résidentiel est jugé trop faible pour assurer une filière de recyclage rentable (environ 300 g/an/habitant [64]). Selon ECO PSE, des gisements supérieurs à 100 tonnes/an sont requis pour garantir des solutions de recyclage économiquement viables. [65]

Pour Eco-Emballages, l'entreprise privée agréée par l'État pour organiser le dispositif national du tri et du recyclage, et Adelphi, une filiale d'Eco-Emballages, la valorisation énergétique du gisement résidentiel à pouvoir calorifique élevé demeure préférable à l'élimination. [66] Les gisements industriels et commerciaux peuvent également être valorisés énergétiquement lorsqu'aucune filière de recyclage viable ne se trouve à proximité ou que les gisements sont jugés faibles ou souillés. [67]

En 2012, l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) et Eco-Emballages ont lancé un appel à projets pour étudier les aspects techniques et économiques du tri et du recyclage des emballages de plastique, autres que les bouteilles et les flacons, se retrouvant dans la collecte sélective. Six projets totalisant un budget de 800 000 euros ont été réalisés. Quatre de ces projets se rapportent au PS, ce qui a permis d'établir certains constats [68] :

- Le tri optique du PS par des conditionneurs de ballots mixtes est possible. Pour récupérer un gisement maximal, propre et de qualité, le trieur optique doit être configuré et ajusté pour le tri de cette matière spécifiquement. Ce type de tri pourrait rendre l'opération rentable, car l'automatisation du processus de tri est une tendance forte en France.
- La faible densité du PS et sa fragilité causent des pertes de matériel tout au long de la chaîne de traitement, ce qui réduit le gisement disponible.
- La création d'un flux mixte PP, PE et PS en centre de tri permet d'augmenter la performance de récupération des emballages en PS issus de la collecte sélective. Il serait plus judicieux de faire la séparation des trois résines chez un conditionneur équipé pour traiter beaucoup de volume, et ce, dans de bonnes conditions techniques et économiques.

Allemagne

En Allemagne, le tri de la collecte sélective se fait par les citoyens depuis le domicile par un système de séparation des matières à quatre « voies ». Chaque catégorie de matières est récupérée dans un bac de couleur différente : noir pour les déchets ultimes ; bleu pour le papier ; jaune pour les contenants et emballages ; brun pour les matières organiques. Une fraction du PS post-consommation est placée dans le bac jaune, celui dédié aux contenants. Ces matières sont mises en ballots avec d'autres plastiques en centre de tri et dirigés vers le marché des recycleurs. Le PS est toutefois de moins en moins utilisé dans l'emballage alimentaire.

Autriche

En Autriche, l'EPS et le XPS sont soumis à une écotaxe. Leur récupération s'effectue par apport volontaire à des points de dépôt. Le PS rigide est recueilli dans la collecte sélective, dans un sac de couleur jaune dédié aux contenants et emballages. Cette récupération par catégorie de matière facilite la séparation en centre de tri. Aucune information sur ce que devient le PS récupéré n'a pu être obtenue.

Danemark

Au Danemark, le PS post-consommation est dirigé vers la valorisation énergétique pour le chauffage de maisons par l'intermédiaire d'un réseau de chaleur.

4.4

CONSTATS DES RETOURS D'EXPÉRIENCE

Les sections suivantes résument les constats des retours d'expérience colligés par catégorie de PS.

4.4.1

PS rigide

- Dans la majorité des cas étudiés, le PS rigide est accepté dans la collecte sélective.
- Le PS rigide trié par tri manuel négatif est dirigé vers :
 - Un utilisateur situé à proximité (cas de Victoriaville/Gaudreau Environnement, Granby/Polyform);
 - La valorisation énergétique en cimenterie (cas de la Ville de Québec);
 - Les ballots de plastiques mixtes (tous les autres cas étudiés).
 - Les ballots sont re-triés par un conditionneur ou acheminés chez un utilisateur situé à proximité.
- Le PS rigide est recueilli en points de dépôt seulement dans les projets québécois impliquant Polyform et l'Association canadienne de l'industrie des plastiques. Ce PS est également granulé et utilisé par Polyform.
- Gaudreau Environnement accepte le PS rigide dans la collecte sélective depuis plusieurs années. Lorsque le PS rigide est combiné aux plastiques mixtes, il ne représente pour Gaudreau que 5 à 8% de la masse de ses ballots. Cette proportion est stable et les faibles fluctuations n'influencent pas les débouchés pour cette matière.

4.4.2

PS expansé (EPS et XPS)

PS expansé récupéré dans la collecte sélective :

- Dans les provinces maritimes, la collecte sélective se fait en sacs et non en bacs. En centre de tri, les sacs sont ouverts, puis le PS expansé est trié positivement au pré-tri. Cette opération ne nécessite pas de personnel additionnel.
- Le PS expansé est récupéré dans certaines régions de la Californie desservies par Burrtec.
- La Ville de Québec achemine le PS expansé récupéré vers la valorisation énergétique en cimenterie.
- La Ville d'Orillia (ON) est le seul cas où le PS expansé est recueilli en sacs dédiés et acheminé en vrac par un centre de tri vers un utilisateur situé à proximité.
- Il y aurait peu de perte de PS expansé lors des opérations en centre de tri.
- La contamination induite par le PS expansé sur les autres flux de matières serait limitée.
- L'ajout du PS dans la collecte sélective n'augmenterait pas de façon importante le volume de matières à gérer par les centres de tri selon les retours de la Société V.I.A. (Québec), Gaudreau Environnement (Victoriaville) et Burrtec (Riverside).

PS expansé récupéré en écocentres ou en points de dépôt :

- Les points de dépôt représentent le mode de collecte privilégié aux États-Unis, en Colombie-Britannique et en Ontario.
- Ces projets sont soutenus par des associations d'industriels du secteur des plastiques et les industries utilisatrices (ex. : Dart aux États-Unis).
- Le Québec compte quelques initiatives de collecte en écocentres.
- Densification du PS expansé (XPS ou EPS)
- La densification se fait essentiellement sur place, en centre de tri, à l'écocentre ou au point de dépôt.
- Les densificateurs mécaniques sont les plus utilisés.
- L'achat d'un densificateur est généralement financé par un partenaire privé ou l'obtention d'une subvention.
- La conformité réglementaire et l'installation du densificateur doivent être budgétées afin d'internaliser les coûts et d'éviter les dépenses imprévues.
- L'utilisation de l'équipement doit être optimisée pour limiter les frais de main-d'œuvre et d'opération (ville de Riverside).

Coûts d'opération

- Peu d'informations sont disponibles concernant les coûts réels de ces initiatives, à l'exception du projet en point de dépôt de Markham (Ontario). Cela peut être attribuable au fait que le PS est géré avec l'ensemble des autres matières réceptionnées par le centre de tri et qu'il n'est pas aisé d'isoler le coût associé spécifiquement à sa gestion.

4.4.3

Principaux facteurs de succès

L'analyse des retours d'expérience met en évidence des facteurs de succès pour la mise en place rentable et pérenne du PS post-consommation (figure 27).

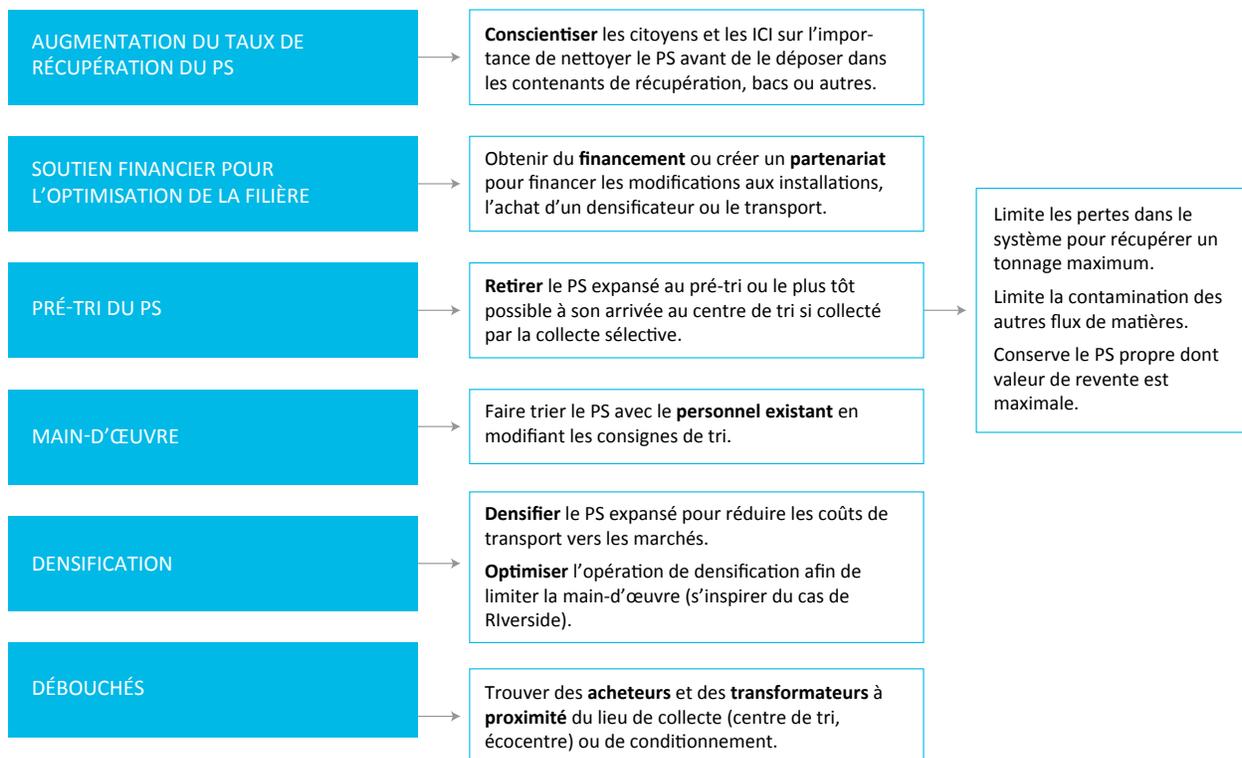


FIGURE 27

Principaux facteurs de succès

4.4.4

Récapitulatif des retours d'expérience (Amérique du Nord)

Chacun des retours d'expérience étudiés est la combinaison d'un ensemble de critères desquels il convient de s'inspirer pour développer des modèles applicables au contexte québécois (tableau 10).

TABLEAU 10

Récapitulatif des retours d'expérience en Amérique du Nord [69, 70, 71]

PROJET	N ^{BRE} D'HABITANTS DESSERVIS*	TYPE DE PS	COLLECTE	TRI	CONDITIONNEMENT	DÉBOUCHÉ	DÉBUT DU PROJET	GISEMENT ANNUEL* (T)
Ville de Granby Québec	63 500	PS rigide	Écocentre	Manuel par les citoyens	Déchetage, extrusion	Produits de construction	2013	N/D
		EPS	Écocentre	Manuel par les citoyens	Broyé	Produits de construction	2013	N/D
		XPS	Écocentre	Manuel par les citoyens	Densifié par solvatisation	Granules extrudées	2015	N/D
Ville de Québec Québec	516 600	PS rigide EPS XPS	Collecte sélective	Manuel négatif	Compacté avec d'autres rejets (bois, textiles, etc.)	Valorisation énergétique en cimenterie	2014	200
Ville de Markham Ontario	302 000	PS rigide	Collecte sélective	Manuel positif	Ballots de plastiques mixtes	N/D	2005	N/D
		EPS XPS	Points de dépôt	Manuel par les citoyens	Densifié mécaniquement	Cadres photos Mouleurs	2001	20 à 40
Ville d'Orillia Ontario	30 600	PS rigide	Collecte sélective	N/D	Ballots de plastiques mixtes	N/D	1993	14
		EPS XPS	Collecte sélective en sacs transparents dédiés au PS	Manuel positif (en sacs)	En sacs	Isolant de construction		
North Okanagan Colombie-Britannique	73 000	PS rigide	Collecte sélective	N/D	Ballots de plastiques mixtes	N/D	N/D	N/D
		EPS XPS	Point de dépôt	Manuel par les citoyens	Densifié thermiquement	N/D	2010	20
Ville de Moncton Nouveau-Brunswick	69 000	PS rigide	Collecte sélective	Manuel négatif	Ballots de plastiques mixtes	N/D	2011	N/D
		EPS XPS	Collecte sélective en sacs transparents en mélange avec autres matières	Manuel positif	Densifié mécaniquement	Exportation	2011	150

PROJET	N ^{BRE} D'HABITANTS DESSERVIS*	TYPE DE PS	COLLECTE	TRI	CONDITIONNEMENT	DÉBOUCHÉ	DÉBUT DU PROJET	GISEMENT ANNUEL* (T)
Comté de Kings Nouvelle-Écosse	85 000	PS rigide	Collecte sélective en sacs transparents, en mélange avec autres matières	Manuel négatif	Ballots de plastiques mixtes	N/D	2014	15
		EPS XPS		Manuel positif	Densifié mécaniquement	N/D		
Comté de Colchester Nouvelle-Écosse	50 000	PS rigide	Collecte sélective	Manuel négatif	Ballots de plastiques mixtes	N/D	2016	300
		EPS XPS	Collecte sélective en sacs transparents en mélange avec autres matières	Manuel positif (en fin de convoyeur)	Densification thermique	Exportation		
Ville de Riverside Californie	317 000	PS rigide XPS couleur	Collecte sélective	Manuel négatif en ballots mixtes	Tri optique des ballots (Titus) Broyage, lavage, séchage et densification thermique (Dart)	Cadres photos	2010	N/D
		EPS blanc XPS blanc		Manuel positif (en pré-tri)	Densifié mécaniquement	Marchés locaux divers	2010	N/D

5. SCÉNARIOS APPLICABLES AU CONTEXTE QUÉBÉCOIS

5.1

QUATRE DÉCLINAISONS EXPLORÉES

5.1.1

Besoins des centres de tri et des conditionneurs

La première partie de cette étude a recensé des technologies de tri, de conditionnement et de valorisation pour la mise en valeur du PS. Dans la seconde partie, l'analyse de plusieurs retours d'expérience de gestion du PS post-consommation a permis de cibler les meilleures pratiques.

Afin d'établir dans quelle mesure ces technologies et initiatives peuvent être transposées au Québec à court terme, il importe de prendre en considération les infrastructures, les pratiques actuelles et la capacité d'investissement des intervenants de la chaîne de valeur. La présente section vise à présenter différents scénarios de collecte, de tri et de conditionnement du PS post-consommation issu de la collecte sélective.

L'objectif est d'aider les centres de tri et les conditionneurs à sélectionner l'option la plus rentable dans leur contexte afin de favoriser le recyclage du PS. Ce contexte varie d'un centre à l'autre : capacité de traitement à

l'entrée, type d'équipements en place, espace disponible, tolérance au risque, volonté de développer ce marché, etc.

Les quatre scénarios proposés tiennent compte des besoins signifiés par les centres de tri et les conditionneurs (figure 28).

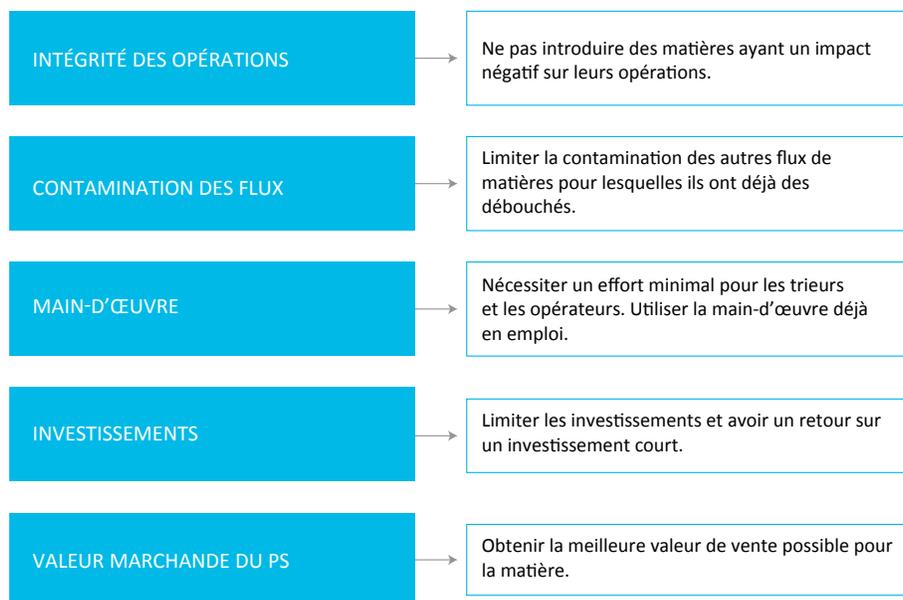


FIGURE 28

Besoins signifiés par les centres de tri et les conditionneurs

5.1.2

Principes à la base des scénarios

Chacun des quatre scénarios développés pour la collecte, le tri et le conditionnement du PS post-consommation est basé sur des principes fondateurs :

- Tous les types de PS sont acceptés dans un scénario idéal.
- Dans tous les scénarios proposés, le PS rigide est accepté dans la collecte sélective. En centre de tri, il est ajouté aux ballots de plastiques mixtes par tri négatif.

Seuls le tri et le conditionnement du PS expansé (XPS et EPS) distinguent les scénarios.

- Aucun lavage du PS n'est effectué en centre de tri.
- La densification est optionnelle, mais elle permet de réduire les coûts de transport, donc d'accéder à des marchés plus éloignés.
- Le PS expansé pourrait aussi être mis en sacs ou en ballots légèrement compactés et livré tel quel à l'utilisateur. Pour rendre cette option rentable, l'utilisateur doit être localisé à proximité et prendre en charge le transport, en tout ou en partie. Autrement, la densification doit être privilégiée.

Un mémo interne de l'ACIP sur des audits de ballots de PS expansé provenant de trois sources différentes (deux centres de tri et un éco-centre) a démontré que l'étape de mise en ballots pouvait compromettre la qualité finale du PS recyclé. En effet, une contamination est possible si une seule presse est utilisée pour faire des ballots de différentes matières d'un centre de tri et que le convoyeur n'est pas tout à fait nettoyé entre chaque chargement. Un contrôle qualité et un second tri si nécessaire doivent alors être effectués par l'utilisateur final qui reçoit ces ballots.

- Le tri manuel a été sélectionné dans tous les scénarios, car l'acquisition d'une unité de tri optique pour le tri du PS uniquement n'est pas rentable. Les centres de tri qui possèdent déjà un trieur optique pourraient l'utiliser pour augmenter les quantités récupérées et diriger le PS vers les lots de plastiques mélangés.

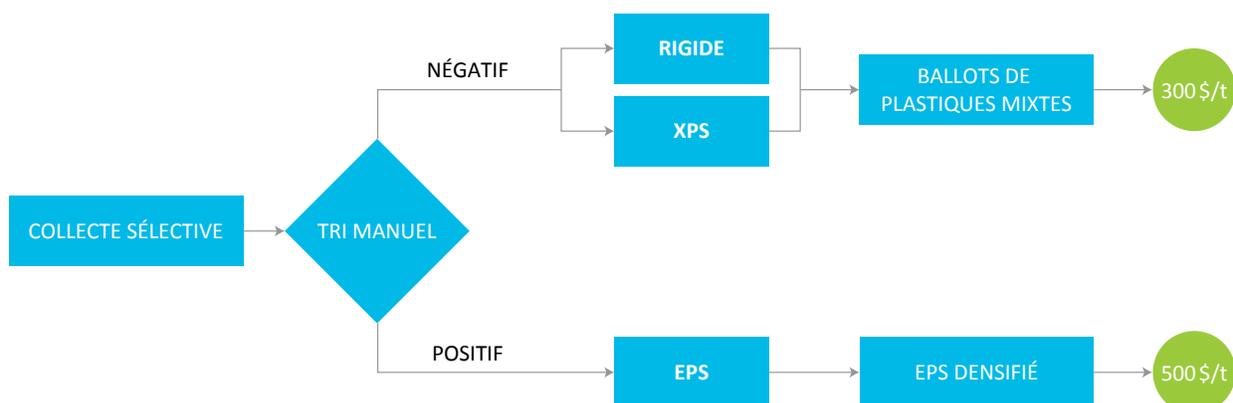
Le projet pilote réalisé en 2011 par le CTTÉI a montré que le tri optique permet de recueillir un volume plus élevé de matières que le tri manuel, puisqu'il distingue la résine et sépare les contenants et emballages plus efficacement que l'humain.

- Les technologies retenues dans les scénarios sont celles disponibles commercialement et dont la fiabilité était démontrée au moment de l'étude. Les procédés de solvataion et de dépolymérisation par micro-ondes ont donc été exclus des scénarios.
- En fonction du marché final visé et de la valeur estimée attendue du PS sortant (tableau 11), différentes avenues peuvent être empruntées.

TABLEAU 11

Valeur moyenne du PS utilisé dans les scénarios [1, 28, 72]

XPS et EPS en mélange densifié	Ballots de plastiques mixtes	EPS blanc densifié
200\$/tonne	300\$/tonne	500\$/tonne



DESCRIPTION

- Tri négatif du PS rigide et du XPS qui sont dirigés vers les ballots de plastiques mixtes.
- Tri manuel positif de l'EPS au pré-tri pour limiter la contamination des autres flux.
- EPS blanc transporté en vrac à des utilisateurs situés à proximité ou densifié sur place.

ÉQUIPEMENT REQUIS

- Densificateur (optionnel).

AVANTAGES

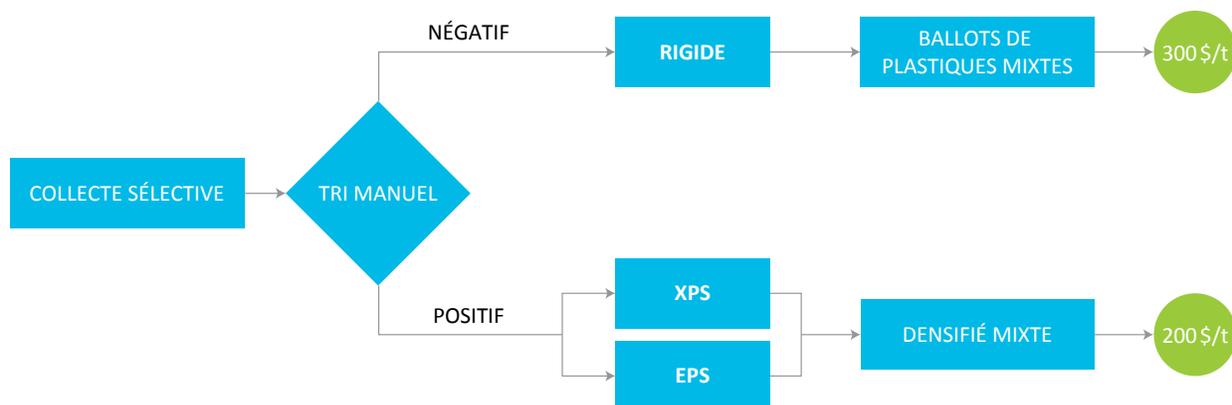
- Consigne simple de récupération pour la collecte sélective : « Tous les types de PS peuvent être mis dans le bac de récupération. »
- Le tri positif de l'EPS dès l'entrée limite la fragmentation du matériel et la contamination des autres flux.
- EPS aisément reconnaissable, donc facile à identifier et à séparer pour les trieurs.
- Ne nécessite pas de personnel supplémentaire pour le tri, seulement une modification de la consigne de tri.
- Consigne simple pour les trieurs manuels : « Trier seulement l'EPS ».
- Meilleure valeur de vente de l'EPS, car il demeure propre, non fractionné et non contaminé.

LIMITES

- L'inclusion du XPS dans les ballots mixtes n'est pas documentée par les retours d'expérience. Impact possible sur la valeur des ballots selon les tonnages impliqués.
- Requiert un opérateur occasionnel si la densification est effectuée.
- Le volume recueilli est moins élevé que si le XPS était aussi densifié.

POUR PLUS D'INFORMATION

- Fiches techniques sur la densification – Annexe 2
- Fiche de retour d'expérience – Orillia (transport en vrac)
- Fiche de retour d'expérience – Riverside (densification sur place)



DESCRIPTION

- Tri négatif du PS rigide qui est dirigé vers les ballots de plastiques mixtes.
- Pré-tri manuel positif du PS expansé (EPS et XPS) pour limiter la contamination des autres flux.
- PS expansé (EPS et XPS) acheminé en vrac à des utilisateurs situés à proximité ou densifié, séparément ou en mélange.

ÉQUIPEMENT REQUIS

- Densificateur (optionnel).

AVANTAGES

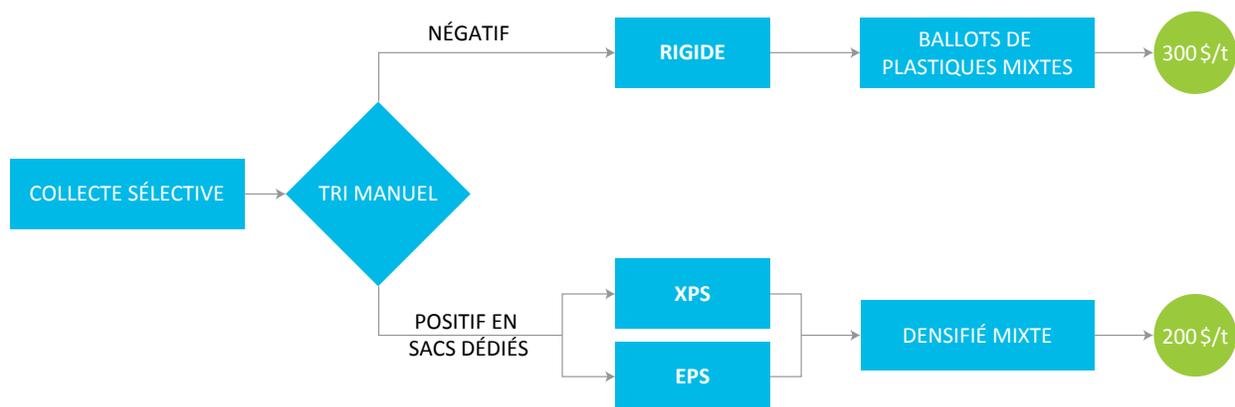
- Consigne simple de récupération pour la collecte sélective : « Tous les types de PS peuvent être mis dans le bac de récupération. »
- Le tri positif du PS expansé limite la contamination des autres flux.
- Ne nécessite pas de personnel supplémentaire pour le tri, seulement une modification de la consigne de tri.
- Consigne de tri simple pour les trieurs manuels : « Trier seulement le PS expansé et non le PS rigide ».
- Volume recueilli plus élevé que si l'EPS seul était accepté dans la collecte sélective.

LIMITES

- Une fraction du gisement peut échapper aux trieurs en raison de la reconnaissance des matières, de la vitesse des convoyeurs, de l'inattention, etc.
- Requier un opérateur occasionnel si la densification est effectuée.
- La valeur du PS densifié en mélange EPS/XPS est moindre que pour l'EPS pur.

POUR PLUS D'INFORMATION

- Fiches techniques sur la densification – Annexe 2
- Fiche de retour d'expérience – Moncton
- Fiche de retour d'expérience – Comté de Kings
- Fiche de retour d'expérience – Comté de Colchester



DESCRIPTION

- Mise en sacs dédiés du PS expansé (EPS et XPS) dans le bac de récupération de la collecte sélective.
- Tri négatif du PS rigide, qui est dirigé vers les ballots de plastiques mixtes.
- Pré-tri manuel positif des sacs de PS expansé (EPS et XPS).
- Le PS expansé est transporté en vrac vers des utilisateurs situés à proximité ou densifié sur place.

ÉQUIPEMENT REQUIS

- Densificateur (optionnel).

AVANTAGES

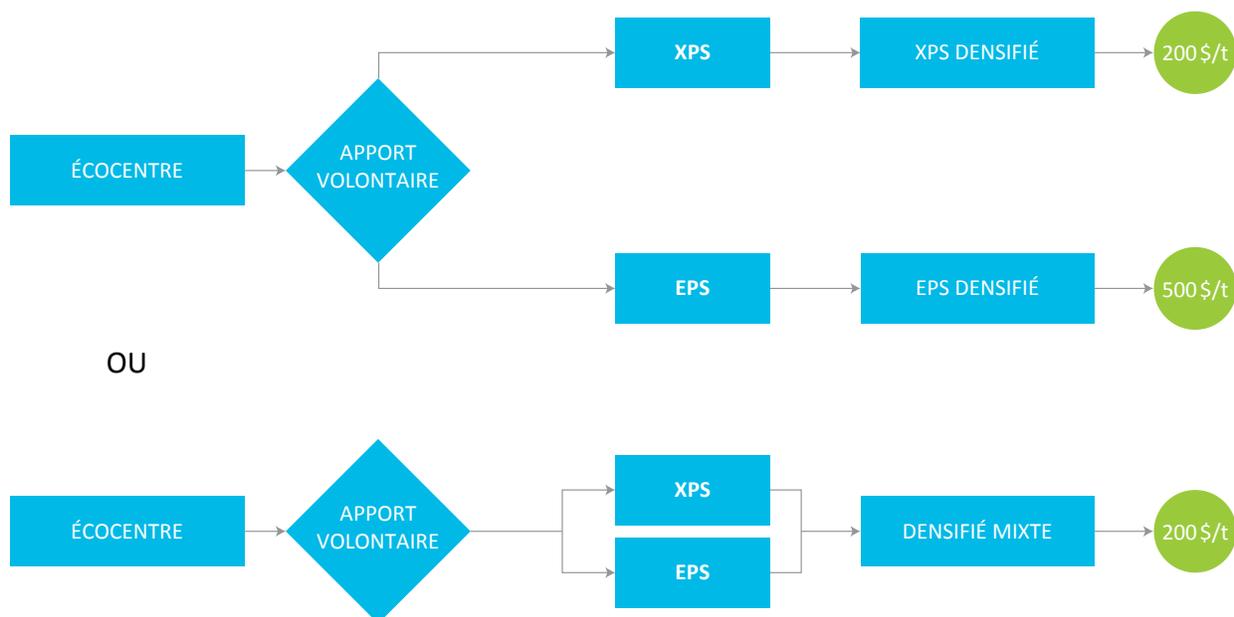
- L'utilisation de sacs facilite le tri du PS expansé à son arrivée en centre de tri et limite la contamination des autres flux.
- Le PS expansé demeure propre lors du transport et lors des manutentions en centre de tri.
- Le tri est plus facile à effectuer pour les trieurs. Il nécessite moins de mouvements et d'attention.
- Volume recueilli plus élevé que si l'EPS seul était accepté dans la collecte sélective.

LIMITES

- Si les sacs sont ouverts et vidés de leur contenu pour densifier le PS sur place, ces manipulations doivent être sécuritaires et optimisées.
- L'utilisation de sacs génère de nouvelles matières résiduelles à gérer.
- Effort à fournir par le citoyen pour l'achat des sacs et pour la mise en sacs du PS.
- Requier un opérateur occasionnel si la densification est effectuée.
- La valeur du PS densifié en mélange EPS/XPS est moindre que pour l'EPS pur.

POUR PLUS D'INFORMATION

- Fiches techniques sur la densification – Annexe 2
- Fiche de retour d'expérience – Orillia



DESCRIPTION

- Le PS expansé propre est rapporté par les usagers à des points de dépôt (ex. : éco-centres) où ils trient le XPS et l'EPS selon les directives.
- Le PS peut être transporté en sacs chez des utilisateurs situés à proximité.
- La densification est effectuée 1) sur place, 2) dans un lieu centralisé (le PS est alors transporté en sacs par camion) ou 3) avec une unité mobile qui dessert plusieurs points de dépôt.

ÉQUIPEMENT REQUIS À L'ÉCOCENTRE

- Espace couvert pour la récupération et le tri par les usagers de l'éco-centre.
- Signalisation pour aider les usagers à faire le tri (pictogrammes, exemples des matières recueillies).
- Densificateur (optionnel).

AVANTAGES

- Le PS recueilli en éco-centres est plus propre et moins fractionné que celui qui est récupéré par la collecte sélective.
- Meilleure valeur de vente du PS si l'EPS et le XPS sont séparés.
- Récupération du PS du secteur ICI permettant de générer des revenus supplémentaires.

LIMITES

- Les usagers doivent se déplacer à l'éco-centre et faire le tri sur place.
- La quantité récupérée de PS est moins élevée qu'avec la collecte sélective, car un déplacement des usagers est nécessaire.
- Nécessite une vérification régulière de la contamination par le personnel opérant l'éco-centre.
- Requiert un opérateur occasionnel si la densification est effectuée et un espace abrité/chauffé.

POUR PLUS D'INFORMATION

- Fiches techniques sur la densification – Annexe 2
- Fiche de retour d'expérience – Granby (transport en vrac, sans densification)

- Fiche de retour d'expérience – North Okanagan (densificateur centralisé)
- Fiche de retour d'expérience – Markham (densificateur centralisé)

5.2

ANALYSE COMPARATIVE DES SCÉNARIOS

Chacun des quatre scénarios présente des avantages et des inconvénients. Pour les comparer sur une base relative, cinq critères ont été utilisés (tableau 12).

TABLEAU 12

Analyse comparative des quatre scénarios (avec densification)

SCÉNARIOS	1 EFFORT DES USAGERS	2 EFFORT DES CENTRES DE TRI OU DES ÉCOCENTRES	3 QUANTITÉ POTENTIELLE RECUEILLIE	4 PROPRETÉ DU PS	5 VALEUR DU PS DENSIFIÉ
COLLECTE SÉLECTIVE					
1 EPS seulement	•	•••	••	••	••
2 EPS et XPS	••	••••	••••	•	•
3 EPS et XPS en sacs dédiés	•••	••	•••	•••	•••
ÉCOCENTRE					
4 EPS et XPS	••••	•	•	••••	••••

Légende des critères

1. EFFORT REQUIS DE LA PART DES USAGERS POUR RÉCUPÉRER LE PS POST-CONSOMMATION

- Le déposer dans le bac de collecte sélective
- Le nettoyer et le déposer dans le bac de collecte sélective
- Le nettoyer et le déposer dans un sac transparent dédié à l'intérieur du bac récupération. Acheter des sacs.
- Le nettoyer et se déplacer vers un écocentre. Faire le tri sur place.

2. EFFORT REQUIS DE LA PART DES CENTRES DE TRI OU DES ÉCOCENTRES POUR TRIER ET MANUTENTIONNER LE PS

- Tri fait par les citoyens en écocentres
- Retrait des sacs de PS au pré-tri en centres de tri
- Tri manuel positif de l'EPS en début de ligne de tri
- Tri manuel positif de l'EPS et du XPS en début de ligne de tri

3. QUANTITÉ POTENTIELLEMENT RÉCUPÉRABLE DU GISEMENT TOTAL

- Basse
- Moyenne
- Élevée
- Maximale

4. PROPRETÉ DU PS RÉCUPÉRÉ

- Basse
- Moyenne
- Élevée
- Maximale

5. VALEUR DU PS DENSIFIÉ (BASÉE SUR LA PROPRETÉ ET LE MÉLANGE OU NON D'EPS ET XPS)

- Basse
- Moyenne
- Élevée

• • • • Maximale

Cette comparaison permet de dégager certains constats :

- La collecte sélective rend la récupération du PS accessible à un plus grand nombre d'utilisateurs et limite l'effort de récupération à fournir.
- La collecte en sacs dédiés garde le PS propre et limite son fractionnement, mais entraîne une nouvelle matière résiduelle à gérer (sacs).
- La collecte en éco-centre permet de recueillir du matériel plus propre qu'en centre de tri, mais en moins grande quantité.
- Le tri optique permettrait de recueillir plus de matières que le tri manuel. Les paramètres de l'équipement doivent toutefois être optimisés pour le tri du PS. L'efficacité de l'éjection des contenants et des emballages dans les bons compartiments est notamment un enjeu d'efficacité.
- La récupération mixte de l'EPS et du XPS permet de récupérer plus de matières, mais en diminue la valeur de vente si les deux PS expansés sont densifiés ensemble.
- Le tri par catégories homogènes de PS augmente la valeur. Ainsi, l'EPS et le XPS post-consommation se vendent plus cher conditionnés séparément que mélangés. Ce n'est pas tant la couleur qui réduit la valeur d'un lot mixte EPS-XPS, mais le mélange des différentes résines.

Les centres de tri, les récupérateurs et les conditionneurs peuvent choisir le scénario qui leur convient le mieux en fonction des moyens dont ils disposent et de leurs priorités (tableau 13).

TABLEAU 13

Scénario à privilégier selon les priorités

PRIORITÉS DES CENTRES DE TRI OU DES ÉCOCENTRES	SCÉNARIO À PRIVILÉGIER
Je souhaite déployer un effort minimal et ne récupérer que l'EPS facilement identifiable par mes trieurs.	Scénario 1
Je souhaite récupérer la plus grande quantité de PS possible, toutes catégories confondues.	Scénario 2
Je souhaite limiter les risques de contamination des autres flux par le PS. Le PS récupéré doit être propre et avoir une forte valeur de vente. La gestion de sacs n'est pas une contrainte pour moi.	Scénario 3
Un utilisateur de PS situé à proximité de mon centre de tri peut recueillir mon PS en vrac et en assumer le transport.	Scénario 1, 2 ou 3 sans densification
Je ne souhaite pas que le PS expansé transite vers mon centre de tri.	Scénario 4



L'EPS Packaging Industry Alliance a publié un guide sur l'implantation d'un projet de collecte, de tri et de conditionnement du PS [73]. Il présente les grandes étapes à suivre et les facteurs à considérer pour effectuer une opération rentable et obtenir un retour sur investissement rapide.

Des données provenant du document Caractérisation des matières résiduelles du secteur résidentiel 2012-2013 [74], commandé par RECYC-QUÉBEC et Eco Entreprises Québec, estime les gisements de PS auxquels les municipalités et les centres devraient s'attendre (tableau 14).

TABLEAU 14

Données de caractérisation du gisement de PS, secteur résidentiel, 2012-2013

TYPES DE PS	MIS AUX DÉCHETS (t/an)	COLLECTE SÉLECTIVE (t/an)	TOTAL GÉNÉRÉ (t/an)	MIS AUX DÉCHETS (kg/pers/an)	COLLECTE SÉLECTIVE (kg/pers/an)	TOTAL GÉNÉRÉ (kg/pers/an)
XPS	9 959	770	10 729	1,25	0,10	1,35
EPS	3 107	1 516	4 623	0,39	0,19	0,58
Rigide	4 707	2 155	6 863	0,59	0,27	0,86
Total	17 773	4 441	22 214	2,23	0,56	2,79

À partir de ces données, il est possible d'estimer des revenus potentiels pour une population de 50 000 habitants dont le secteur résidentiel seulement est desservi par la collecte sélective (tableau 15).

Il apparaît qu'avec un taux de récupération conservateur de 20 % du gisement total de PS, les activités de collecte, de tri et de conditionnement généreraient des revenus de l'ordre de 5 525 \$ à 6 445 \$ selon que l'EPS est densifié avec le XPS ou non. Par ailleurs, le tonnage combiné des deux types de PS expansé compense la valeur plus faible du mélange sur les marchés; les revenus sont plus élevés pour la vente d'EPS et de XPS densifiés ensemble que pour la vente de l'EPS seul.

TABLEAU 15

Revenus potentiels (secteur résidentiel)

HYPOTHÈSE COLLECTE SÉLECTIVE, SECTEUR RÉSIDENTIEL	
Population	50 000 habitants
PS généré par habitant	2,79 kg PS/hab/an
Répartition	48 % XPS 21 % EPS 31 % PS rigide
VALEUR DES MATIÈRES	
XPS et EPS densifiés ensemble	200 \$/tonne
PS rigide, dans les plastiques mixtes	300 \$/tonne
EPS densifié seul	500 \$/tonne
REVENUS	
Taux de récupération	20 % de tout le flux généré
Gisement recueilli	13 t XPS/an 6 t EPS/an 9 t PS rigide/an
EPS densifié seul	2 930 \$/an
XPS et EPS densifiés ensemble	3 850 \$/an
PS rigide, dans les plastiques mixtes	2 595 \$/an

Pour les récupérateurs et les centres de tri desservant les ICI en plus du secteur résidentiel, il est possible d'estimer l'apport supplémentaire en PS en utilisant les données d'élimination. Selon un rapport interne de RECYC-QUÉBEC

[75] sur la caractérisation des déchets municipaux en 2011-2012, la proportion massique d’emballages de PS expansé est de 0,79 % et de 0,26 % pour les emballages de PS rigide, soit 1,06 % des déchets éliminés.

En appliquant ce taux aux tonnages éliminés des secteurs résidentiel et ICI pour les municipalités desservies, le tonnage de PS récupérable pour une population donnée et les revenus potentiels peuvent être estimés (tableau 16).

DONNÉES D’ÉLIMINATION DES MATIÈRES RÉSIDUELLES AU QUÉBEC

Les données d’élimination des municipalités sont publiques et sont disponibles sur le site du ministère du Développement durable, de l’Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques (MDDELCC)

www.mddelcc.gouv.qc.ca/matieres/donnees-elimination.htm

TABLEAU 16

Revenus potentiels (secteur résidentiel et ICI)

HYPOTHÈSE COLLECTE SÉLECTIVE, SECTEUR RÉSIDENTIEL ET ICI	
Exemple Ville de Boucherville	
Population	41 466 habitants
Quantité de déchets éliminés	10 452 t/an du secteur résidentiel 23 540 t/an du secteur ICI 33 992 t/an total des secteurs résidentiel et ICI combinés
Répartition PS dans les déchets	0,79 % PS expansé (XPS et EPS) 0,26 % PS rigide
VALEUR DES MATIÈRES	
XPS et EPS	200 \$/tonne
PS rigide, dans les plastiques mixtes	300 \$/tonne
REVENUS ESTIMÉS	
Taux de récupération	20 % de tout le flux généré
Gisement recueilli	54 t XPS/an et EPS/an 18 t PS rigide/an
XPS et EPS densifiés ensemble	10 741 \$/an
PS rigide, dans les plastiques mixtes	5 303 \$/an

Cet exercice démontre que le secteur ICI peut contribuer de façon importante aux tonnages de PS récupérés. Ce secteur inclut en effet de nombreux commerces devant disposer d’emballages de protection (EPS).

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

L’objectif de cette étude était de faire l’inventaire des technologies de tri, de conditionnement et de recyclage du PS post-consommation issu de la collecte sélective. Cet exercice avait pour but le développement d’un outil d’aide à la décision permettant de choisir le meilleur scénario possible pour la mise en valeur du PS post-consommation.

PS rigide

Les informations recueillies dans le cadre de cette étude confirment d’abord que rien ne s’oppose à ce que le PS rigide soit récupéré dans la collecte sélective, puis ajouté aux ballots de plastiques mixtes. Le développement des marchés pour cette matière pourrait inciter les conditionneurs à le trier séparément afin d’offrir aux recycleurs une matière de qualité plutôt que de le considérer comme un contaminant à éliminer. L’intégration de l’XPS dans les ballots de plastiques mixtes n’a pas été documentée dans ce rapport, car cette avenue a été, jusqu’à maintenant,

très peu explorée. Présentement, il n'existe pas encore de solution tranchée. Par contre, un éventuel projet pilote sur l'intégration de l'XPS dans les ballots de plastiques mixtes permettrait de mieux documenter ce cas et de lever les incertitudes.

PS expansé

Capter le PS expansé au début de la ligne de tri limite son fractionnement, les souillures, sa perte de qualité et la contamination des autres flux de matières. Le tri manuel positif permet aussi de retirer l'EPS blanc, la matière ayant la plus grande valeur, ou l'ensemble du PS expansé (EPS et XPS). Dans les deux cas, ces matières sont facilement reconnaissables par les trieurs, sans qu'ils aient à repérer le code d'identification des résines.

Technologies de densification

Pour tout système de densification, le contrôle des intrants est un aspect important dans la qualité des extrusions produites. La baisse de performance en période hivernale demeure également une contrainte importante à gérer. Le stockage temporaire pour densification en saison chaude est une alternative. Le recours aux services d'une tierce partie pour la prise en charge ou l'installation de l'équipement dans un bâtiment chauffé sont d'autres options pour densifier le PS toute l'année.

L'arrivée sur le marché de densificateurs de petite taille peut faciliter l'accès à la densification pour ceux qui disposent de moins d'espace et de moyens ou dont la quantité de PS à traiter est faible.

Tri optique

Un centre de tri disposant d'un trieur optique peut récupérer un gisement maximal de PS rigide et le XPS si souhaité. Les experts consultés estiment que l'impact de l'ajout d'une plus grande quantité de PS dans les ballots de plastiques mixtes ne devrait pas affecter leur valeur marchande de façon significative.

Nouvelles technologies de tri

De nouvelles technologies de tri rendront plus efficaces les opérations des centres de tri, mais ces technologies peuvent être coûteuses et tous les acteurs du domaine ne sont pas prêts à investir. Le tri du PS ne justifie pas à lui seul le changement de procédé ou l'achat d'une technologie de tri sophistiquée, qu'elle soit optique ou robotisée.

Collecte en écocentres

La collecte en écocentres (ou points de dépôt) a également ses avantages et plusieurs initiatives et projets pilotes sont en cours au Canada. C'est d'ailleurs le mode de collecte privilégié par l'Ontario, la Colombie-Britannique et par quelques projets au Québec. La formule permet d'obtenir une matière de meilleure qualité, triée sur place par les usagers, mais en moins grande quantité. Elle peut aussi offrir un service de récupération aux ICI n'ayant pas accès à la collecte sélective, une occasion pour les points de dépôt de récupérer plus de matières et de générer des revenus.

Retours d'expérience

Le manque de données économiques complètes sur les retours d'expérience représente une lacune. La mise en œuvre, au Québec, des scénarios par les centres de tri et les conditionneurs avec le soutien financier d'instances gouvernementales pourrait y pallier. Ces projets permettraient de documenter des cas en fonction du contexte québécois et de rassembler des données sur les coûts d'opération, les coûts de collecte dans les secteurs urbains et ruraux, les débouchés, etc.

Créer des partenariats et des nouveaux modèles d'affaires

Les initiatives de collecte du PS recensées démontrent que la création de partenariats impliquant tous les acteurs de la chaîne de valeur (citoyens, municipalités, centres de tri, conditionneurs, acheteurs, recycleurs, usagers) est une formule gagnante, chacun s'engageant envers le succès de la démarche. L'entreprise américaine Avangard Innovative est d'ailleurs intéressée à développer de tels partenariats avec les acteurs québécois du PS pour garantir un débouché nord-américain et prémunir la filière contre les fluctuations trop marquées du marché.

Les procédés et modèles d'affaires développés par Polystyvert, Pyrowave, PFG Polymers et d'autres projets de gazéification pourraient changer le contexte du marché à moyen terme. La possibilité d'acheter un service plutôt

qu'un bien (matière ou équipement) s'inscrit dans l'économie de fonctionnalité prônée par le concept d'économie circulaire. Les projets pilotes en cours et à venir fourniront plusieurs informations sur les enjeux techniques, économiques et réglementaires de ces solutions intégrées.

ÉCONOMIE DE FONCTIONNALITÉ

L'économie de fonctionnalité consiste à remplacer la notion de vente du bien par celle de la vente de l'usage du bien, ce qui entraîne le découplage de la valeur ajoutée et de la consommation d'énergie et de matières premières. [76]

Succès des filières

Le succès de la mise en valeur du PS post-consommation dépend des marchés : en effet, sans acheteurs, pas de rentabilité possible. Pour créer de la valeur, tous les intervenants de la chaîne de valeur de la collecte, du tri, du conditionnement, du recyclage et des usagers du PS doivent travailler de concert pour développer des filières pérennes, voire des nouveaux modèles d'affaires.

Des efforts doivent également être investis dans la sensibilisation des citoyens et des ICI, dont la participation est essentielle pour maximiser le taux et de récupération du PS et constituer des gisements de qualité. Des outils, comme la Charte des matières recyclables de la collecte sélective développée par RECYC-QUÉBEC en partenariat avec Comité conjoint sur les matières recyclables de la collecte sélective, peuvent être utilisés pour soutenir les campagnes de sensibilisation et uniformiser les outils de communication.



FIGURE 29

Charte des matières recyclables de la collecte sélective [77]

RÉFÉRENCES

- [1] REGROUPEMENT RECYCLAGE POLYSTYRÈNE (2015). *Sommaire des projets pilotes de récupération et de recyclage du polystyrène et travaux du Regroupement Recyclage Polystyrène (RRPS)*, <https://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/projets-pilotes-recup-recyc-polystyrene.pdf>, consulté en avril 2016.
- [2] RECYC-QUÉBEC. *Caractérisation des ballots dans le cadre du programme Performance des centres de tri des matières recyclables (PACT)*, document interne, avril 2015.
- [3] ASSOCIATION CANADIENNE DE L'INDUSTRIE DES PLASTIQUES (ACIP) (2016). www.plastics.ca/files/file.php?fileid=itemxdzErpTzRg&filename=file_one_pager_on_automated_sorting.pdf, consulté en juin 2015, n'est plus disponible.
- [4] MOORE RECYCLING ASSOCIATES (2014). *Recycling Polystyrene and Expanded Polystyrene*, www.youtube.com/watch?v=UAYl8zrQQZo, consulté en avril 2016.
- [5] DART (date inconnue). *A case for foam recycling (Proceed to section II if you are ready to implement a program)*, www.dartcontainer.com/media/1528/municipal-foam-recycling.pdf, consulté en avril 2016.
- [6] MOORE RECYCLING ASSOCIATES (2015). *EPS Foam Recycling Works at MRFs*, http://moorerecycling.com/7.16.15_Burrtec_CaseStudy_TS1_V'09.pdf, consulté en avril 2016.
- [7] MOORE RECYCLING ASSOCIATES (2014). *Recycling Polystyrene and Expanded Polystyrene*. <https://www.youtube.com/watch?v=UAYl8zrQQZo>, consulté en avril 2016.
- [8] WASTE DIVERSION ONTARIO (date inconnue). *Continuous improvement fund project # 130. Densification and recycling of post-consumer polystyrene (PS # 6) packaging in Ontario municipalities - Feasibility of mobile PS recycling system and other processing opportunities*, http://cif.wdo.ca/pdf/reports/130/130_report.pdf, consulté en avril 2016.
- [9] ADEME (2003). *Enquête sur l'état de l'art et les perspectives des techniques de tri automatique des déchets*, www.enviroplast.org/images/guides/Tri-automatique-dechet-rapport.pdf, consulté en avril 2016.
- [10] TRUONG, Linda Van-Anh, Vecteur environnement (2014), cité par Gaïa Presse. *Le recyclage du plastique L'innovation révolutionne le domaine*, <http://gaiapresse.ca/images/nouvelles/38613.pdf>, consulté en avril 2016.
- [11] PLASTEUROPE (2010). *PLASTICS RECYCLING, Laser robot can sort six different plastics / European - Japanese cooperative effort*, www.plasteurope.com/news/PLASTICS_RECYCLING_t215738, consulté en avril 2016.
- [12] LA TRIBUNE (2010). *Un robot japonais capable de trier les différentes catégories de plastiques*, www.latribune.fr/journal/edition-du-2203/green-business/388409/un-robot-japonais-capable-de-trier-les-differentes-categories-de-plastiques.html, consulté en avril 2016.
- [13] IDEC (2010). *Plastic recycling system*, <ftp://ftp.idec.com/PressRelease/Plastic%20Recycling%20System.pdf>, consulté en avril 2016.
- [14] WASTE MANAGEMENT WORLD (2011). *Rise of the Machines: Robot Recycling*, www.waste-management-world.com/articles/print/volume-12/issue-5/features/rise-of-the-machines-robot-recycling.html, consulté en avril 2016.
- [15] ZENROBOTICS. <http://zenrobotics.com>, consulté en avril 2016.
- [16] SUEZ EMAG (2013). *Robotic sorting: a model for the future?*, www.emag.suez-environnement.com/en/robotic-sorting-model-future-9798, consulté en avril 2016.
- [17] FINSMES (2012). *ZenRobotics Raises €13M*, www.finsmes.com/2012/09/zenrobotics-raises-e13m.html, consulté en avril 2016.
- [18] RESOURCE RECYCLING (2015). *Tech firm hopes MRFs are ready to do the robot*, www.resource-recycling.com/node/5939, consulté en avril 2016.
- [19] AMP ROBOTICS, <http://amprobotics.com>, consulté en avril 2016.
- [20] HOROWITZ, Matanya, AMP ROBOTICS. (2015). *2015 Recycling Innovators Forum The AMP Robotic Recycling System*, <http://static1.squarespace.com/static/551ece63e4b0060e0a3826c9/t/55c245c5e4b068d751047e05/1438795205349/The+AMP+Robotic+Recycling+System.pdf>, consulté en avril 2016.
- [21] POLYMAX (date inconnue). *PolyMax Series. Extruded Polystyrene Densifiers*. <http://polymax5000.com/PolyMax%20Line%20Brochure.pdf>, consulté en avril 2016.

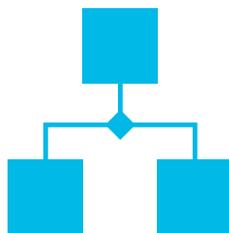
- [22] GREENMAX (2015). *APOLO C200, Compactor/Polystyrene Foam*, www.intcorecycling.com/Styrofoam-Recycling-Machine-GREENMAX-APOLO-C200.html, consulté en avril 2016.
- [23] PDM : PRODUITS DE LA MER (2015). *Le scarabée PSE : malin - Pour recycler les caisses de marée*, <http://pdm-seafoodmag.com/services-et-equipements/detail/items/le-scarabee-pse-malin.html>, consulté en avril 2016.
- [24] STYRENE SYSTEMS (2014). *Foam Densifiers Series FD-25*, www.styrenesystems.com/foam-densifiers-series-fd-25/, consulté en avril 2016.
- [25] AVANGARD INNOVATIVE (date inconnue). *FD Series Foam Densifiers*, www.avaicg.com/products/fd-series-foam-densifiers, consulté en avril 2016.
- [26] STYROPOWER. www.styropower.com, consulté en avril 2016.
- [27] POLYSTYVERT (date inconnue). *Technologie*, www.polystyvert.com, consulté en avril 2016.
- [28] PLASTICS NEWS (2016). *Current Resin Pricing*, www.plasticsnews.com/resin/recycled-plastics/current-pricing, consulté en avril 2016.
- [29] POLYSOLVE. www.polysolve.eu, consulté en avril 2016.
- [30] PYROWAVE (2016). *Technologie*, http://pyrowave.com/?page_id=14, consulté en avril 2016.
- [31] ACIP (2016). *PS Foam Processors Buyers*. www.plastics.ca/files/file.php?fileid=itemyqcHpuRxYW&filename=file_PS_Foam_Processors_Brokers_Buyers_June_26_2013_v9.pdf, n'est plus disponible.
- [32] EPS INDUSTRY ALLIANCE (2013). *EPS RECYCLING RATE REPORT 2013*, www.epspackaging.org/images/stories/2013_EPS_Recycling_brochure_small.pdf, consulté en avril 2016.
- [33] SPI : THE PLASTICS INDUSTRY TRADE ASSOCIATION (2014). *Unlocking the EPS Recovery Potential: Technologies Enabling Efficient Collection and Recovery*, <http://plasticsindustry.org/files/EPS%20Paper%20v%202.pdf>, consulté en avril 2016.
- [34] GREENMAX (2015). *INTCO guarantees to purchase back your EPS/Styrofoam logs*, www.intcorecycling.com/Waste-EPS-Buyer.html, consulté en avril 2016.
- [35] MOORE RECYCLING ASSOCIATES (2016). *2014 National Post-Consumer Non-Bottle Rigid Plastic Recycling Report*, <https://plastics.americanchemistry.com/Education-Resources/Publications/2014-National-Report-on-Post-Consumer-Non-Bottle-Rigid-Plastic-Recycling.pdf>, consulté en avril 2016.
- [36] Discussion téléphonique avec un conditionneur désirant conserver l'anonymat, 18 mars 2016.
- [37] Discussion téléphonique avec M. Yanick Fréchette, coordonnateur logistique et acheteur, Plastimum.
- [38] Échanges par courriel avec M. Carl Diez, directeur R&D, Soleno.
- [39] Discussion téléphonique avec M. Pierre Gervais, président, PFG Polymers.
- [40] Discussion téléphonique avec M. Martin Vogt, président, EFS-Plastics.
- [41] Discussion téléphonique avec M. Paul Trainor, représentant des ventes et du marketing, Entropex.
- [42] Discussion téléphonique avec M. Michel Jacob, président, Haycore.
- [43] Association canadienne de l'industrie des plastiques (2015). *Access to Residential Recycling of Packaging and Packaging Materials in Canada*. Préparé par CM Consulting, novembre 2015, 100 p.
- [44] Discussion téléphonique avec M. Nicolas Gaudreau, coordonnateur des achats et ventes chez Gaudreau Environnement.
- [45] Discussion par téléphone le 28 septembre 2015 avec M. François Beauchesne, vice-président ventes et développement des affaires, Polyform.
- [46] Discussion téléphonique avec M. Gilles Pelletier, responsable de l'écocentre de Granby (450 378-9976, poste 3363) le 12 août 2015.
- [47] RÉGIE DES MATIÈRES RÉSIDUELLES DU LAC-SAINT-JEAN (2015). *Nouvelle matière acceptée dans les écocentres du Lac-Saint-Jean*, <http://rmlac.qc.ca/article/nouvelle-matiere-acceptee-dans-les-ecocentres-du-lac-saint-jean>, consulté en avril 2016.

- [48] Discussion téléphonique avec M. Mathieu Fournier, conseiller en environnement à la Ville de Québec.
- [49] STEWARDSHIP ONTARIO (2016). *The Blue Box Program Plan*, <http://stewardshipontario.ca/service-providers-municipalities-bluebox/the-blue-box-program-plan>, consulté en avril 2016.
- [50] STEWARDSHIP ONTARIO (2014). *BACKGROUND - The Blue Box Program*, http://stewardshipontario.ca/wp-content/uploads/2013/01/Blue_Box_Program_Backgrounder_June-20142.pdf, consulté en avril 2016.
- [51] CANADA FIBERS Ltd. (2016). *Municipal services*. www.canadafibersltd.com/solutions/public-services, consulté en avril 2016.
- [52] Association canadienne de l'industrie des plastiques, rapport interne, Markham (date inconnue). *Markham. Final Report*, May 7, 2012.
- [53] ORILLIA (date inconnue). *Curbside Recycling Program*. www.orillia.ca/en/livinginorillia/resources/collectionguide-recycling.pdf, consulté en avril 2016.
- [54] MULTI MATERIAL BC (2016). *MMBC Materials list*. <http://recyclinginbc.ca/program/mmhc-materials-list/>, consulté en avril 2016.
- [55] MULTI MATERIAL BC (2016). *Stewards*. www.multimaterialbc.ca/stewards, consulté en avril 2016.
- [56] MULTI MATERIAL BC (2016). *Program Overview*. <http://recyclinginbc.ca/program>, consulté en avril 2016.
- [57] Association canadienne de l'industrie des plastiques, rapport interne, *City of Langley, Blue + 2 Pilot*, juin 2012.
- [58] CBC NEWS (2011). *Styrofoam recycling program begins in Moncton*. www.cbc.ca/news/canada/new-brunswick/styrofoam-recycling-program-begins-in-moncton-1.981965, consulté en avril 2016.
- [59] MOORE RECYCLING ASSOCIATES (2011). *Plastic Recycling Collection: National Reach Study*. <http://plastics.americanchemistry.com/national-reach-study>, consulté en avril 2016.
- [60] MOORE RECYCLING ASSOCIATES (2013). *Plastic Recycling Collection National Reach Study: 2012 Update*. <http://plastics.americanchemistry.com/Education-Resources/Publications/Plastic-Recycling-Collection-National-Reach-Study-2012-Update.pdf>, consulté en avril 2016.
- [61] HOME FOR FOAM (2014). *Foam Recycling Programs (Drop-offs and Municipal Programs)*, www.homeforfoam.com/foam-101/foam-recycling-centers, consulté en avril 2016.
- [62] EPS INDUSTRY ALLIANCE PACKAGING (date inconnue). *Loose Fill Recycling Drop-off, EPS Packaging Recyclers Location*. www.epspackaging.org/index.php?option=com_content&view=article&id=32&Itemid=33, consulté en décembre 2015, consulté en avril 2016.
- [63] PLASTICS EUROPE (date inconnue). *Polystyrene (PS)*. www.plasticseurope.org/what-is-plastic/types-of-plastics-11148/polystyrene.aspx, consulté en avril 2016.
- [64] ECO PSE (date inconnue). *Le PSE et l'environnement. Chiffres actualisés*. www.ecopse.fr/page.asp?IDp=11, consulté en décembre 2015, n'est plus disponible.
- [65] ECO PSE (date inconnue). *Le PSE et l'environnement. Le recyclage matière*. www.ecopse.fr/page.asp?IDp=12, consulté en décembre 2015, n'est plus disponible.
- [66] ADELPHÉ (date inconnue). *Qui sommes-nous*. www.adelphé.fr/adelphé/qui-sommes-nous, consulté en avril 2016.
- [67] ECO PSE (date inconnue). *Le PSE et l'environnement. La valorisation énergétique*, www.ecopse.fr/page.asp?IDp=13, consulté en décembre 2015, n'est plus disponible.
- [68] ECO EMBALLAGES (2014). *Projet de développement du recyclage des emballages ménagers en plastique*. www.ecoemballages.fr/sites/default/files/documents/bilan_projet_plastiques_aval_nov_2014.pdf, consulté en avril 2016.
- [69] STATISTIQUE CANADA (2016). *Série « Perspective géographique », Recensement de 2011*. www12.statcan.gc.ca/census-recensement/2011/as-sa/fogs-spg/Facts-cma-fra.cfm?LANG=Fra&GK=CMA&GC=440, consulté en février 2016.
- [70] CITY-DATA (2016). *Riverside, California*. www.city-data.com/city/Riverside-California.html, consulté en février 2016.
- [71] BRITISH COLUMBIA (date inconnue). *Population Estimates*. www.bcstats.gov.bc.ca/StatisticsBySubject/Demography/PopulationEstimates.aspx, consulté en février 2016.

- [72] RECYC-QUÉBEC (2016). *Prix de la matière payée aux récupérateurs et livrée chez les recycleurs – Décembre 2015*. www.recyq-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/indice-prix-matiere-decembre2015.pdf, consulté en février 2016.
- [73] EPS PACKAGING INDUSTRY ALLIANCE (2009). *PS: Think Recycling, How to implement and administer a successful PS recycling program*, www.epspackaging.org/images/stories/EPS_Recycling_How-To_Manual-lores.pdf, consulté en avril 2016.
- [74] ÉCO ENTREPRISES QUÉBEC, RECYC-QUÉBEC (2015). *Rapport synthèse - Caractérisation des matières résiduelles du secteur résidentiel 2012-2013*. http://www.ecoentreprises.qc.ca/documents/pdf/caracterisation_2012-2013_rapport_synthese_fr_final.pdf, consulté en février 2016.
- [75] RECYC-QUÉBEC (date inconnue). *Caractérisation à l'élimination 2011-2012*. Rapport interne.
- [76] ÉCONOMIE DE FONCTIONNALITÉ (2010). *Définition courte de l'économie de fonctionnalité*. <http://economiedefonctionnalite.fr/accueil/definition-courte-de-l-economie-de-fonctionnalite>, consulté en avril 2016.
- [77] RECYC-QUÉBEC (2010). *Charte des matières recyclables de la collecte sélective*. www.recyq-quebec.gouv.qc.ca/municipalites/collecte-selective-municipale/charte-matieres-recyclables, consulté en avril 2016.

BIBLIOGRAPHIE

- ASSOCIATION CANADIENNE DE L'INDUSTRIE DES PLASTIQUES (ACIP) (2016). www.plastics.ca/_files/file.php?fileid=filekWDiiCLPYo&filename=file_Bale_Audit_Summary_Findings_Aug_2013_Final.pdf, consulté en juin 2015, n'est plus disponible.
- ASSOCIATION CANADIENNE DE L'INDUSTRIE DES PLASTIQUES (ACIP) (2016). *Gasification as Source of Clean, Alternative Energy*. www.plastics.ca/articles_merge/gasification_fr.php, consulté en avril 2016.
- ASSOCIATION CANADIENNE DE L'INDUSTRIE DES PLASTIQUES (ACIP) (2016). *Gasification*. www.plastics.ca/_files/file.php?fileid=filegXOOqaldWF&filename=file_files_Gasification2_Pop_Science_7_Aug_03.pdf, n'est plus disponible.
- ADEME (2012). *État des lieux des centres de tri de déchets non dangereux des activités économiques en France - Données 2010*, www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/83173_etat_des_lieux_centres_de_tri_dnd.pdf, consulté en avril 2016.
- CONNAISSANCES DES ÉNERGIES (2016). *Gazéification*. www.connaissancesdesenergies.org/fiche-pedagogique/gazeification, consulté en avril 2016.
- ÉCOLE DES MINES DE NANTES (date inconnue). *La recherche en Valorisation énergétique des déchets*. www.mines-nantes.fr/fr/Media/Elements-COM/Tribunes/La-recherche-en-Valorisation-energetique-des-dechets, consulté en avril 2016.
- HADENGUE, Marine (2008). *Projet de fin d'études, Polytechnique Montréal. Étude sur les alternatives de valorisation des résidus de polystyrène à l'École Polytechnique de Montréal*, www.polymtl.ca/durable/doc/PFE-Valorisationdesresidusdepolystyrene.pdf, consulté en avril 2016.
- LINDEBERG, JD et Kerry SANFORD. *Resource Recycling*, cité par RRS (2014). *Meet the modern MRF*, <http://recycle.com/app/uploads/2015/01/Meet-the-Modern-MRF-RR-Lindeberg-Sandford-Nov-2014.pdf>, consulté en avril 2016.
- MAHIOUT, SORAYA (2014). *Mettre en valeur ou bannir le polystyrène – Approches dans un cadre de développement durable*. Essai présenté au Centre universitaire de formation en environnement, Université de Sherbrooke, www.usherbrooke.ca/environnement/fileadmin/sites/environnement/documents/Essais_2014/Mahiout_S_2014-07-15_.pdf, consulté en avril 2016.
- RECYC-QUÉBEC. www.recyq-quebec.gouv.qc.ca/upload/publications/pneus/pyrolyse.pdf, consulté en juin 2015, n'est plus disponible.
- REGROUPEMENT RECYCLAGE POLYSTYRÈNE (2015). *Sommaire des projets pilotes de récupération et de recyclage du polystyrène et travaux du regroupement recyclage polystyrène (RRPS)*, <https://www.recyq-quebec.gouv.qc.ca/sites/default/files/documents/projets-pilotes-recup-recyc-polystyrene.pdf>, consulté en avril 2016.
- SPI: THE PLASTICS INDUSTRY TRADE ASSOCIATION (2014). *Unlocking the EPS Recovery Potential: Technologies Enabling Efficient Collection and Recovery*, <http://plasticsindustry.org/files/EPS%20Paper%20v%202.pdf>, consulté en avril 2016.



 TRI OPTIQUE

 DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE

Le tri optique consiste à trier de façon automatisée les matières par « spectroscopie proche infrarouge » (*Near Infrared – NIR*). Les différents polymères sont identifiés et distingués selon la signature spectrale unique de leur structure moléculaire.



Trieur optique Pellenc ST (modèle Mistral)¹

 PROCÉDÉ

- Défilement du matériel sur la courroie du convoyeur.
- Repérage du PS par le système optique composé de capteurs de détection infrarouge et de lampes halogènes.
- Transmission du signal au spectromètre par les capteurs.
- Selon le spectre détecté, les matières sont soufflées vers différentes réserves par un système d'éjection dirigé vers le haut ou vers le bas (figures 1 et 2).

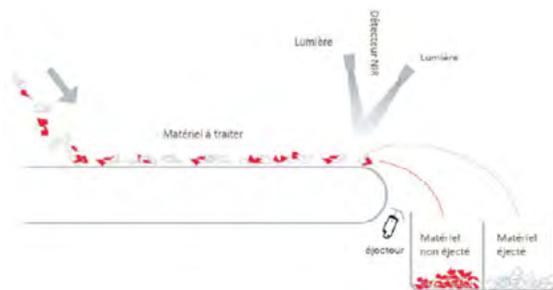


Figure 1

Détection des matériaux par tri optique, éjection vers le haut²

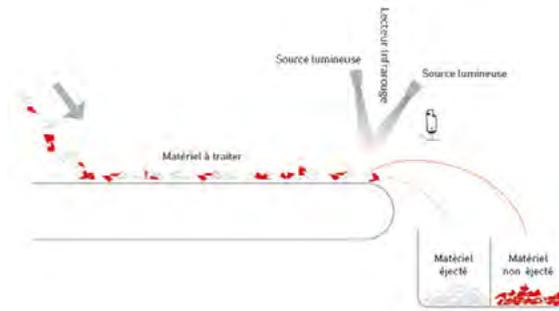


Figure 2

Détection des matériaux par tri optique, éjection vers le bas³

AVANTAGES	LIMITES
Technologie mature et éprouvée.	Nécessite un investissement important.
Le tri peut être configuré selon les extrants désirés et modifié au besoin.	L'entreprise doit disposer de l'espace nécessaire à son installation.
	Ne trie pas les matériaux de couleur noire.

ASPECTS TECHNIQUES ET PERFORMANCE	
Technologie	Tri optique.
Types de PS acceptés	Tous les types.
Possibilité de trier d'autres plastiques ou matières que le PS	Peut trier les plastiques des codes N° 1 à 7, sauf ceux de couleur noire. Les matières noires ne peuvent réfléchir la lumière, alors que la réflectivité du matériau est essentielle pour la détection spectrométrique. Tri des multicouches possible : tous les manufacturiers contactés le confirment, à l'exception de MSS Optical Sorters.
Capacité	Varie entre 1 500 et 14 000 kg/h selon les équipements : <ul style="list-style-type: none"> - Eagle Vizion : jusqu'à 4 000 kg/h. - MSS Optical Sorters : modèle CIRRUS : 2 000 kg/h - 8 000 kg/h, modèle Sapphire : 1 500 kg/h - 6 000 kg/h. - National Recovery Technologies : jusqu'à 7 250 kg/h. - Pellenc ST Canada : 4 000 kg/h - 14 000 kg/h. - TITECH Systems : jusqu'à 6 000 kg/h.
Vitesse du convoyeur	Entre 0,9 et 4,5 m/s selon les manufacturiers.
Taux de récupération	Entre 90 - 95 %.
Taux de pureté du gisement récupéré	Entre 85 - 95 %.
Identification des couleurs	Oui
Identification des formes	<ul style="list-style-type: none"> - Eagle Vizion et National Recovery Technologies : non - MSS Optical Sorters : limitée (seulement les objets longs et étroits comme des fils et des baguettes) - Pellenc ST Canada et TITECH Systems : oui

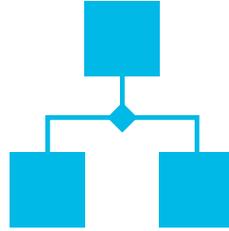
Nombre de flux pouvant être triés en même temps	Varie entre 2 à 9 selon les équipements : <ul style="list-style-type: none"> - Eagle Vizion : 2 - MSS Optical Sorters : 2 ou 3 - National Recovery Technologies : 3 - Pellenc ST Canada : 3 à 9 - TITECH Systems : 2
Résolution du tri	Matières de différentes classes granulométriques de 1 mm ou plus selon les modèles.
Tolérance à la contamination	Les contaminants se retrouvent dans l'un des flux triés et diminuent la performance du tri.
Tolérance aux variations de température	<ul style="list-style-type: none"> - Varie entre - 25 et 50 °C : - Eagle Vizion : 0 à 40 °C - MSS Optical Sorters : machine standard : 5 - 38 °C, machine conçue pour les températures froides : - 15 à 38 °C - Pellenc ST Canada : - 25 à 40 °C - TITECH Systems : 5 à 50 °C
Broyage préalable nécessaire	Non
Aménagement, installation	<p>Surface au sol approximative : 1 m x 6 m jusqu'à 3 m x 9 m</p> <p>Largeur du convoyeur approximative : 0,6 m à 3 m</p> <p>Installation : durée de 4 heures à 3 jours, environ 4 000 à 15 000 \$ US</p>
Entretien et maintenance	<p>Nettoyage de base de l'équipement (plus particulièrement du scanneur et du convoyeur). La durée du nettoyage varie de 5 à 20 min par quart de travail.</p> <p>Les lampes (ampoules halogènes) doivent être remplacées occasionnellement.</p>
Historique de la technologie	La technologie existe depuis 10 à 30 ans selon les fournisseurs.
ASPECT ÉCONOMIQUE	
Investissement	<p>Coût d'achat d'un trieur optique : 68 000 \$ à 675 000 \$ CAN</p> <p>Coût d'installation : 4 000 \$ à 15 000 \$ CAN</p>
ASPECT RÉGLEMENTAIRE	
Contraintes, autorisations et autres obligations	N/A
ASPECT ENVIRONNEMENTAL	
Émissions et rejets	Le tri optique ne génère pas d'émissions ni de rejets dans des conditions normales d'utilisation.
ASPECT RESSOURCES HUMAINES	
Main-d'œuvre	Le tri optique est un procédé de tri automatisé. La main-d'œuvre récurrente n'est nécessaire que pour l'entretien et la maintenance de l'équipement.
Santé-sécurité	L'utilisateur doit se conformer au Règlement sur la santé et la sécurité du travail.
QUELQUES FOURNISSEURS	
Contacts	Tri optique

<p>Eagle Vizion (Sherbrooke OEM) 262, rue Pépin, Sherbrooke (QC) J1L 2V8, Canada Téléphone : 819 563-7556 sherbrooke-oem.com www.eaglevizion.com</p>	<p>Capacité : jusqu'à 4 000 kg/h Taux de pureté du gisement récupéré : 90 % Résolution de tri : > 6 mm Investissement : Environ 200 000 \$ CAN</p>
<p>MSS Optical Sorters 300, Oceanside Drive, Nashville, TN 37204, États-Unis Téléphone : 615 781-2669 magsep.com</p>	<p>Capacité : 1 500 à 6 000 kg/h Taux de pureté du gisement récupéré : 85 - 95 % Résolution de tri : > 1,5 mm Investissement : N/D</p>
<p>National Recovery Technologies (NRT) 1508, Elm Hill Pike, Nashville, TN #7210, États-Unis Téléphone : 615 734-6400 nrtsorters.com</p>	<p>Capacité : jusqu'à 7 250 kg/h Taux de pureté du gisement récupéré : 90 - 95 % Résolution de tri : > 1,2 mm Investissement : N/D</p>
<p>Pellenc ST Canada 5285, boulevard Décarie, bureau 100, Montréal (QC) H3W 3H2, Canada Téléphone : 819 998-0465 pellencst.com</p>	<p>Capacité : 4 000 kg/h - 14 000 kg/h Taux de pureté du gisement récupéré : 90 - 95 % Résolution de tri : > 1 mm Investissement : 70 000 \$ - 300 000 \$ CAN</p>
<p>TITECH Systems 705, Sauve Street, Milton (ON) L9T 8M4, Canada Téléphone : 203 967-1100 vdrs.com fr.titech.com</p>	<p>Capacité : jusqu'à 6 000 kg/h Taux de pureté du gisement récupéré : 90 - 95 % Résolution de tri : > 2,5 mm Investissement : 200 000 \$ - 610 000 \$ CAN</p>

1 Pellenc ST, www.pellencst.com, consulté en décembre 2015.

2 Eagle Vizion, <http://www.eaglevizion.com/technologie-de-tri-optique-fonctionnement>, consulté en décembre 2015.

3 Ibid.



DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE

Le tri robotisé consiste à trier les matières de façon automatisée à l'aide d'un bras robotisé contrôlé par un système d'intelligence artificielle. Le robot analyse en temps réel les données recueillies par différents capteurs (détecteurs de métaux, caméra spectrale proche infrarouge, caméra spectrale de la plage visuelle, caméra 3D) couplés à l'utilisation d'algorithmes avancés qui lui permettent de distinguer les matières recyclables (plastiques, métaux, etc.) des déchets ultimes. Le logiciel constitue le cœur de cette technologie en émergence. Essentiellement développée et testée pour le secteur CRD, elle pourrait aussi être utilisée pour des flux ICI. Son utilisation en centre de tri n'a pas encore été démontrée.



Trieur robotisé ZenRobotics¹



Trieur robotisé AMP Robotics²

PROCÉDÉ

- Défilement du matériel sur la courroie du convoyeur.
- Repérage et identification du PS par le système robotisé composé d'une multitude de capteurs et d'algorithmes avancés d'intelligence artificielle.
- Les capteurs transmettent un signal au système de traitement des données.
- Selon le matériel identifié, celui-ci est sélectionné par un bras robotisé (figure 1).
- Le matériel sélectionné est déposé dans un contenant dédié.



Figure 1
Sélection des matières par le bras robotisé³

AVANTAGES	LIMITES
Permettrait un tri plus performant que le tri optique.	Technologie peu mature, en développement.
La technologie est moins affectée par la contamination que le tri optique.	Développée d'abord pour les résidus de construction, rénovation, démolition.
	Plus dispendieuse à l'achat que le tri optique.

ASPECTS TECHNIQUES ET PERFORMANCE	
Technologie	Tri robotisé
Types de PS acceptés	AMP Robotics et ZenRobotics : le tri du PS sera développé ultérieurement. La technologie actuelle permet surtout de trier le plastique des résidus de construction/démolition (chaudières, tuyauterie, etc.).
Possibilité de trier d'autres plastiques ou matières que le PS	ZenRobotics : oui, toutes matières recyclables (métaux, verre, plastiques), résidus de construction et démolition.
Capacité	Le nombre fixe de sélections par minute et la masse variable des matériaux déterminent la capacité des trieurs robotisés. - ZenRobotics : - Modèle ZRR1 : 20 kg max. / sélection, 2 000 sélections max. / min. = 10 000 kg/h - Modèle ZRR2 : 20 kg max. / sélection, 4 000 sélections max. / min. = 20 000 kg/h
Vitesse du convoyeur	Entre 0,5 et 1,0 m/s : - AMP Robotics : 1 m/s - ZenRobotics : 0,5 m/s
Taux de récupération	Jusqu'à 95 %
Taux de pureté du gisement récupéré	Jusqu'à 98 %
Identification des couleurs	Oui
Identification des formes	Oui

Résolution du tri	Matières de différentes classes granulométriques de plus de 25 mm.
Tolérance à la contamination	La qualité du tri dépend du niveau de contamination. Le tri robotisé serait considérablement moins affecté par la contamination que le tri optique selon les manufacturiers.
Tolérance aux variations de température	0 à 45 °C
Broyage préalable nécessaire	Non
Aménagement, installation	ZenRobotics : - Longueur : 6 à 9,5 m - Surface d'opération d'un bras robotisé : 2 m x 2 m - Installation : dépend de la configuration souhaitée.
Entretien et maintenance	Nettoyage des capteurs une fois par semaine.
Historique de la technologie	AMP Robotics : développée en 2015. Disponible sur le marché en 2016. ZenRobotics : développée et disponible sur le marché depuis 2009 pour le tri de résidus de construction, rénovation, démolition.
ASPECT ÉCONOMIQUE	
Investissement	890 000 \$ à 1,2 million \$ pour la technologie de ZenRobotics ⁴
ASPECT RÉGLEMENTAIRE	
Contraintes, autorisations et autres obligations	N/A
ASPECT ENVIRONNEMENTAL	
Émissions et rejets	Le tri robotique ne génère pas d'émissions ni de rejets dans des conditions normales d'utilisation.
ASPECT RESSOURCES HUMAINES	
Main-d'œuvre	Le tri robotisé est un procédé de tri automatisé. La main-d'œuvre ne sera nécessaire que pour l'entretien de l'équipement.
Santé-sécurité	Aucune mesure SST particulière n'est requise.
QUELQUES FOURNISSEURS	
Contacts	Spécifications techniques
AMP Robotics Colorado, États-Unis Téléphone : 720 470-0812 amprobotics.com	Contacteur le fournisseur.
ZenRobotics Ltd. Vilhelmsgatan 5, 00100 Helsingfors, Finlande Téléphone : 358 50-443-1088 zenrobotics.com	Contacteur le fournisseur.

1 ZenRobotics Raises €13M, www.finsmes.com/2012/09/zenrobotics-raises-e13m.html, consulté en décembre 2015.

2 The AMP Robotic Recycling System, <http://static1.squarespace.com/static/551ece63e4b0060e0a3826c9/t/55c245c5e4b068d751047e05/1438795205349/The+AMP+Robotic+Recycling+System.pdf>, consulté en décembre 2015.

3 Document PDF fourni par ZenRobotics. *World's first robotic waste sorting system*. 29/09/2015.

4 <https://humanoïdes.fr/2012/10/un-robot-qui-trie-les-dechets-recyclables>, consulté en février 2016.



CONDITIONNEMENT DENSIFICATION HYDRAULIQUE

DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE

La densification hydraulique consiste à compresser les résidus de polystyrène (PS) expansé et extrudé en briques compactes à l'aide d'une pression hydraulique. Le PS est comprimé « à froid », c'est-à-dire sans aucun apport de chaleur provenant de l'équipement, jusqu'au point où sa mémoire de forme est éliminée.



Densificateur hydraulique (modèle Badger FD2000)¹

PROCÉDÉ

- Ajout manuel du PS dans le broyeur (figure 1a).
- Broyage automatisé du PS (figure 1b).
- Densification hydraulique automatisée du PS.
- Extrusion automatisée en briques compactes de PS.
- Séparation manuelle des briques de PS extrudées (figure 1c).
- Disposition manuelle des briques de PS (figure 1d).



a) Ajout manuel du PS dans le broyeur



b) Broyage automatisé du PS



c) Séparation manuelle des briques de PS



d) Disposition manuelle des briques de PS

Figure 1

Étapes pour l'utilisation d'un densificateur hydraulique²

AVANTAGES	LIMITES
Technologie mature et éprouvée.	Risque de surchauffe en cas de blocage.
Permet de rentabiliser les frais de transport.	Doit être installée à l'intérieur.
Unités de petite capacité et de faible encombrement maintenant disponibles.	Conçue pour densifier le PS uniquement, pas les autres plastiques.

ASPECTS TECHNIQUES ET PERFORMANCE	
Technologie	Densification hydraulique
Types de PS acceptés	Expansé (EPS) et extrudé (XPS)
Possibilité de trier d'autres plastiques ou matières que le PS	Non
Ratio de densification	40:1 à 60:1
Alimentation du densificateur	La taille des pièces acceptées varie selon les dimensions de la trémie du broyeur. Mélange d'EPS et de XPS possible.
Capacité	36 - 590 kg/h (en continu)
Tolérance à la contamination	Le procédé de densification n'est pas affecté par la contamination usuelle (aliments, étiquettes, tampons absorbants, etc.). Les longues lanières de plastique retrouvées sur certains emballages ont tendance à s'enrouler autour de l'arbre du broyeur (dans le cas où un broyeur est intégré au densificateur). Elles peuvent réduire l'efficacité du densificateur si elles ne sont pas retirées des emballages avant la densification.
Broyage préalable	La plupart des densificateurs hydrauliques sont équipés d'un broyeur intégré.
Aménagement, installation	Encombrement variable selon les modèles. Les variations de température affectent la température de l'huile du système hydraulique, donc la performance de l'équipement. Installation intérieure recommandée pour mieux contrôler la température et l'humidité, stabiliser l'efficacité du procédé, réduire les déplacements des manutentionnaires et s'assurer de maintenir des conditions optimales.
Entretien et maintenance	Entretien mensuel léger (environ 1 heure de travail) : graissage des raccords du broyeur et vérification de l'état des coussinets d'usure de plastique. Maintenance préventive deux fois par année.

Historique de la technologie	Les densificateurs hydrauliques sont commercialisés depuis 10 à 25 ans selon les modèles.
ASPECT MATIÈRE	
Matière en sortie	Brique de PS densifiée.
Propriétés	À la suite d'un broyage et d'une granulation, le PS densifié peut être injecté, extrudé ou expansé de nouveau. Les propriétés du PS recyclé dépendent grandement de la qualité du tri des intrants et de l'absence de contaminants, comme le ruban adhésif et les étiquettes.
ASPECT ÉCONOMIQUE	
Investissement	Coût d'achat d'un densificateur hydraulique : 29 000 \$ à 169 000 \$ CAN Coût d'installation : 1 800 \$ à 5 100 \$ CAN
Valeur de l'extrant	La contamination peut affecter la valeur monétaire de l'extrant en raison de la moins bonne qualité de la matière sortant. Coût variable selon : <ul style="list-style-type: none"> - la propreté de l'intrant (niveau de contamination); - le fait que le PS a subi une surchauffe ou pas lors de la densification; - la demande du marché pour le PS recyclé; - le prix variable du pétrole.
ASPECT RÉGLEMENTAIRE	
Contraintes, autorisations et autres obligations	N/A
ASPECT ENVIRONNEMENTAL	
Émissions et rejets	La densification hydraulique ne génère pas d'émissions ni de rejets dans des conditions normales d'utilisation.
ASPECT RESSOURCES HUMAINES	
Main-d'œuvre	Un employé est dédié au chargement du PS dans le densificateur, à la séparation de l'extrusion en briques et à leur empilement sur palette. Possibilité d'automatiser le processus de chargement à l'aide d'une trémie et d'un système de capteurs.
Santé-sécurité	L'utilisateur doit se conformer au Règlement sur la santé et la sécurité du travail. Recommandation du port de protection auditive (niveau sonore de l'opération de broyage : 76 dB) et de lunettes de sécurité. Densificateurs munis d'un bouton d'arrêt d'urgence. Certains équipementiers ont précisé que leurs équipements répondaient aux normes UL et CSA.
QUELQUES FOURNISSEURS	
Contacts	Spécifications techniques
Demand Products – Badger 1055, Nine N Dr, Alpharetta, GA 30004, États-Unis Téléphone : 800 325-7540 demandproducts.com	Conçu pour l'EPS et le XPS. Capacité : 91 - 227 kg/h Ratio de densification : 60:1 Investissement : 45 000 \$ - 79 000 \$ CAN

<p>PolyMax5000 1910, W 3350 S, Roy, UT 84067, États-Unis Téléphone : 801 731-5051 polymax5000.com</p>	<p>Conçu pour l'EPS et le XPS. Capacité : 36 - 227 kg/h Ratio de densification : 40:1 Investissement : environ 25 000 \$ CAN, accessoires en sus selon les configurations</p>
<p>Sebright Products 127, Water St, Hopkins, MI 49328, États-Unis Téléphone : 800 253-0532 sebrightproducts.com</p>	<p>Conçu pour l'EPS et le XPS. Capacité : 408 - 590 kg/h Ratio de densification : 50:1 Investissement : 115 000 \$ – 169 000 \$ CAN</p>

1 Demand Products, Badger EPS Foam Compactor 2000, www.demandproducts.com/Recycling-items/item.php?=&sku=FD2000, consulté en décembre 2015.

2 Styrofoam/EPS/PUR/PIR foam hydraulic cold compactor FD-2000, YouTube, www.youtube.com/watch?v=k8INOCFr5oY, consulté en décembre 2015.



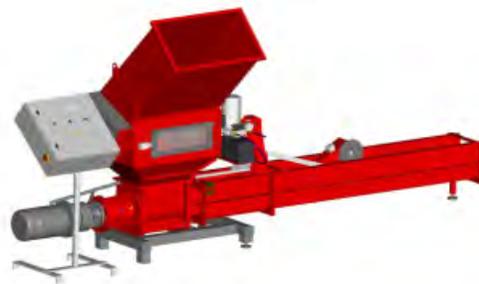
CONDITIONNEMENT DENSIFICATION MÉCANIQUE PAR VIS D'ENTRAÎNEMENT

DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE

La densification par vis d'entraînement consiste à compresser les résidus de polystyrène (PS) expansé et extrudé en des briques compactes à l'aide d'une vis sans fin. Le PS est comprimé « à froid », c'est-à-dire sans aucun apport de chaleur provenant de l'équipement, jusqu'au point où sa mémoire de forme est éliminée.



Densificateur par vis d'entraînement (modèle GreenMax Apolo C100)¹



Densificateur par vis d'entraînement (modèle RUNI SK240)²

PROCÉDÉ

- Ajout manuel du PS dans le broyeur (figure 1).
- Broyage préalable (figure 2).
- Densification du PS par vis d'entraînement.
- Extrusion des briques compactes.
- Séparation manuelle des briques de PS extrudées (figure 3).
- Disposition des briques sur une palette (figure 4).



Figure 1
Ajout manuel du PS dans le broyeur³



Figure 2
Broyage⁴



Figure 3
Séparation manuelle des briques de PS⁵



Figure 4
Disposition des briques sur palettes⁶

AVANTAGES	LIMITES
Technologie mature et éprouvée.	Risque de surchauffe en cas de blocage.
Unités de petite capacité et faible encombrement maintenant disponibles.	Doit être installée à l'intérieur.
Peut traiter d'autres types de plastiques que le PS.	

ASPECTS TECHNIQUES ET PERFORMANCE	
Technologie	Densification par vis d'entraînement
Types de PS acceptés	Expansé (EPS) et extrudé (XPS)
Possibilité de trier d'autres plastiques ou matières que le PS	Certains modèles traitent aussi en lots mono-matière (batch) le polypropylène expansé (EPP), le polyuréthane réticulé (PUR) et le polyéthylène expansé (EPE).
Ratio de densification	30:1 à 50:1 selon les modèles
Alimentation du densificateur	La taille des pièces acceptées est variable selon les dimensions de la trémie du broyeur. Mélange d'EPS et de XPS possible.
Capacité	10 - 1 000 kg/h (en continu)
Tolérance à la contamination	Procédé non affecté par la contamination usuelle (aliments, étiquettes, tampons absorbants, etc.). Toutefois, une contamination importante peut affecter la durée de vie du densificateur et la valeur monétaire de l'extrait. Dans le cas où un broyeur est intégré au densificateur, les longues lanières de plastique retrouvées sur certains emballages ont tendance à s'enrouler autour de l'arbre du broyeur. Si elles ne sont pas retirées des emballages avant la densification, cela peut réduire l'efficacité du densificateur.
Broyage préalable	La plupart des densificateurs par vis d'entraînement sont équipés d'un broyeur intégré.

Aménagement, installation	<p>Encombrement variable selon les modèles.</p> <p>Alimentation électrique : 1 phase 230V; 50-60 Hz à 3 phases 480V; 50-60 Hz.</p> <p>Limites de température d'opération ambiante : min 0 °C et max 40 °C. En dehors de ces limites, le fonctionnement des boîtes d'engrenages (celles du broyeur et de la vis d'entraînement) et du système électrique est affecté.</p> <p>Installation intérieure recommandée, car le densificateur doit opérer à des températures supérieures à 0 °C.</p>
Entretien et maintenance	Ne nécessite aucun entretien particulier au-delà d'un graissage occasionnel des roulements et d'une vérification occasionnelle du niveau d'huile des boîtes d'engrenages.
Historique de la technologie	Les densificateurs par vis d'entraînement sont commercialisés depuis 10 à 25 ans selon les modèles.
ASPECT MATIÈRE	
Matière en sortie	Brique de PS densifié.
Propriétés	<p>Le PS densifié peut être expansé de nouveau.</p> <p>La surchauffe du PS a un impact sur ses propriétés physiques et doit être évitée. La surchauffe peut être causée par un blocage du PS dans le densificateur.</p>
ASPECT ÉCONOMIQUE	
Investissement	<p>Coût d'achat : 9 800 \$ à 460 000 \$ CAN</p> <p>Coût d'installation approximatif : 3 300 \$ CAN</p>
Valeur de l'extrait	<p>Valeur variable selon :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la propreté de l'intrant (niveau de contamination); - le fait que le PS a subi une surchauffe ou pas lors de la densification; - la demande du marché pour le PS recyclé; - le prix variable du pétrole. <p>Possibilité de partenariat avec les entreprises RUNI et GreenMax pour le rachat du PS densifié.</p>
ASPECT RÉGLEMENTAIRE	
Contraintes, autorisations et autres obligations	Aucun certificat d'autorisation nécessaire.
ASPECT ENVIRONNEMENTAL	
Émissions et rejets	La densification par vis d'entraînement ne génère pas d'émissions ni de rejets dans des conditions normales d'utilisation.
ASPECT RESSOURCES HUMAINES	
Main-d'œuvre	<p>Un employé est dédié au chargement du PS dans le densificateur, à la séparation de l'extrusion en briques et à leur empilement sur palette. Les piles de briques de PS doivent ensuite être emballées de film plastique.</p> <p>Possibilité d'automatiser le processus de chargement à l'aide d'une trémie et d'un système de capteurs.</p>

Santé-sécurité	<p>L'utilisateur doit se conformer au Règlement sur la santé et la sécurité du travail.</p> <p>Les densificateurs sont munis d'un bouton d'arrêt d'urgence.</p> <p>Le port de lunettes de sécurité et d'une protection auditive est recommandé (niveau sonore de l'opération de broyage : ≈ 85 dB).</p>
----------------	---

QUELQUES FOURNISSEURS

Contacts	Spécifications techniques
<p>Harden Machinery Ltd. 242, Tianhedong Road, Suite 705, Guangzhou 510625, China Téléphone : 86-20-8756 6110 www.hardenindustry.com</p>	<p>Conçu pour l'EPS. Capacité : 15 - 180 kg/h Ratio de densification : 30 - 50:1 Investissement : 7 500 \$ - 25 000 \$ CAN</p>
<p>Heger 10725, Indian Head Industrial Blvd, St. Louis, MO 63132, États-Unis Téléphone : 314 427-4395 heger-recycling.de</p>	<p>Conçu pour l'EPS et le XPS (certains modèles traitent d'autres plastiques expansés en lots mono-matière). Capacité : 10 - 1 000 kg/h Ratio de densification : 40:1 à 50:1 Investissement : 14 000 \$ - 350 000 \$ CAN</p>
<p>GreenMax INTOCO Recycling 3F, Building 9, CHJ Pujiang Hi-Tech Park, Shanghai 201114, China Téléphone : 86-21-3497 8818 intcorecycling.com</p>	<p>Conçu pour l'EPS et le XPS. Capacité : 100 - 300 kg/h Ratio de densification : 50:1</p>
<p>KBM / Matrix Manufacturing Voelundsvej 13. DK 3400 Hilleroed, Danemark Téléphone : 801-731-5051 kbm.dk</p>	<p>Conçu pour l'EPS (pourrait éventuellement traiter d'autres plastiques expansés en lots mono-matière). Capacité : 10 - 130 kg/h Ratio de densification : 30:1 à 40:1 Investissement : 8 800 \$ - 42 700 \$ CAN</p>
<p>RUNI A/S Fournisseur : Ohio Baler Company 3500, Lorain Ave., Suite 505, Cleveland, OH 44113, États-Unis Téléphone : 216 398-8800 runi.eu</p>	<p>Conçu pour l'EPS (peut traiter d'autres plastiques expansés en lots mono-matière) Capacité : 20 - 204 kg/h Ratio de densification : 50:1 Investissement : 12 550 \$ - 55 000 \$ CAN</p>

1 GreenMax, www.intcorecycling.com/EPS-Styrofoam-Densifier-GREENMAX-APOLO-C100.html, consulté en décembre 2015.

2 Compacteur à vis RUNI SK240, www.runi.eu/machines/runi-sk240, consulté en décembre 2015.

3 *EPS Compactor | Styrofoam Recycling Densifier APOLO C200*, YouTube, www.youtube.com/watch?v=9emW16oGe8M, consulté en décembre 2015.

4 Ibid.

5 Ibid.

6 Ibid.



CONDITIONNEMENT DENSIFICATION THERMOMÉCANIQUE

DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE

La densification thermomécanique consiste à réduire le volume des résidus de polystyrène (PS) expansé et extrudé en les broyant mécaniquement et en les faisant ramollir par un système de génération de chaleur. Le PS est comprimé « à chaud », c'est-à-dire avec un apport de chaleur provenant de l'équipement, jusqu'au point où sa mémoire de forme est éliminée. Le matériel extrudé en boudins est refroidi dans un moule pour former un lingot de PS densifié.



Densificateur thermomécanique
(modèle Avangard Innovative FD-10)¹



Densificateur thermomécanique
(modèle GreenMax MARS C50)²

PROCÉDÉ

- Ajout manuel du PS dans le broyeur (figure 1).
- Broyage du PS (figure 2).
- Densification thermique du PS.
- Extrusion en boudins de PS densifiés pour former des lingots ou boudins de PS compacts (figure 3).
- Démoulage manuel des lingots de PS (figure 4).



Figure 1
Ajout manuel du PS dans le broyeur³



Figure 2
Broyage du PS⁴



Figure 3

Extrusion des boudins de PS⁵



Figure 4

Disposition manuelle des blocs de PS⁶

AVANTAGES	LIMITES
A un ratio de compaction deux (2) fois plus élevé que les équipements sans chauffage.	Des émanations peuvent être générées lors du chauffage. Système d'évacuation des émanations requis.
Peut traiter d'autres plastiques que le PS.	Le PS sortant est de moins bonne qualité, ses propriétés étant altérées par le chauffage.
Unités de petite capacité et faible encombrement maintenant disponibles.	

ASPECTS TECHNIQUES ET PERFORMANCE	
Technologie	Densification thermomécanique
Types de PS acceptés	Expansé (EPS) et extrudé (XPS)
Possibilité de trier d'autres plastiques ou matières que le PS	La plupart des modèles traitent aussi en lots mono-matière (batch) le polypropylène expansé (EPP) et le polyéthylène expansé (EPE).
Ratio de densification	90:1
Alimentation du densificateur	La taille des pièces acceptées est variable selon les dimensions de la trémie d'alimentation. Les différents plastiques doivent être densifiés en flux mono-matière et non en mélange.
Capacité	23 - 454 kg/h (en continu)
Tolérance à la contamination	Procédé non affecté par la contamination usuelle (aliments, étiquettes, tampons absorbants, etc.). Une contamination trop importante risque de causer l'obstruction du filtre, ce qui nécessite un plus grand effort d'entretien et peut influencer à la baisse la durée de vie du densificateur. Les longues lanières de plastique retrouvées sur certains emballages ont tendance à s'enrouler autour de l'arbre du broyeur (dans le cas où un broyeur est intégré au densificateur). Elles peuvent réduire l'efficacité du densificateur si elles ne sont pas retirées des emballages avant la densification.
Broyage préalable	Le densificateur thermomécanique est équipé d'un broyeur intégré.
Aménagement, installation	Encombrement variable selon les modèles. Le densificateur thermomécanique peut être installé à l'intérieur ou à l'extérieur, mais une installation intérieure est recommandée au Québec si on prévoit un usage hivernal. Le procédé thermomécanique est moins affecté par les variations de température de l'air ambiant que les procédés à froid.

Entretien et maintenance	Ne nécessite aucun entretien particulier au-delà d'un graissage occasionnel des systèmes de roulement.
Historique de la technologie	Les densificateurs thermomécaniques existent depuis 6 à 15 ans.
ASPECT MATIÈRE	
Matière en sortie	Lingots de PS densifié.
Propriétés	Les propriétés du PS recyclé dépendent grandement de la qualité du tri des intrants. Elles sont amoindries par rapport aux technologies à froid, compte tenu de l'altération des chaînes moléculaires par l'application d'un chauffage.
ASPECT ÉCONOMIQUE	
Investissement	Coût d'achat d'un densificateur hydraulique : 36 000 \$ à 111 000 \$ CAN
Valeur de l'extrait	Coût variable selon : <ul style="list-style-type: none"> - la propreté de l'intrant (niveau de contamination); - la demande du marché pour le PS recyclé; - le prix variable du pétrole. Possibilité de partenariat avec les entreprises Avangard Innovative et GreenMax pour le rachat du PS densifié.
ASPECT RÉGLEMENTAIRE	
Contraintes, autorisations et autres obligations	Aucune information disponible.
ASPECT ENVIRONNEMENTAL	
Émissions et rejets	Cet équipement pourrait générer des émissions de styrène. Des mesures de contrôle et de suivi pourraient être nécessaires. Certains fabricants de densificateurs thermomécaniques offrent en option un dispositif d'évacuation pour les émanations.
ASPECT RESSOURCES HUMAINES	
Main-d'œuvre	Un employé est dédié au chargement du PS dans le densificateur et au démoulage des lingots. Possibilité d'automatiser le processus de chargement à l'aide d'une trémie et d'un système de capteurs.
Santé-sécurité	L'utilisateur doit se conformer au Règlement sur la santé et la sécurité du travail. Il est recommandé d'opérer le densificateur thermomécanique dans un endroit adéquatement ventilé pour prévenir le risque d'exposition aux émissions possibles de monoxyde de carbone et de styrène. Recommandation du port de protection auditive et de lunettes de sécurité. Des gants résistants à la chaleur doivent être utilisés pour démouler les lingots.
QUELQUES FOURNISSEURS	
Contacts	Spécifications techniques
Avangard Innovative 11906, Brittmoore Park Dr, Houston, TX 77041, États-Unis Téléphone : 713 849-7087 avaicg.com	Conçu pour l'EPS. Certains modèles traitent l'EPE et l'EPP. Capacité : 23 - 454 kg/h Ratio de densification : 90:1 Investissement : Non précisé

<p>Demand Products – Badger 1055, Nine N Dr, Alpharetta, GA 300004, États-Unis Téléphone : 800 325-7540 demandproducts.com</p>	<p>Conçu pour l'EPS. Certains modèles traitent l'EPE et l'EPP. Capacité : 68 - 363 kg/h Ratio de densification : 90:1 Investissement : 36 000 \$ à 111 000 \$ CAD</p>
<p>GreenMax INTOCO Recycling 3F, Building 9, CHJ Pujiang Hi-Tech Park, Shanghai 201114, China Téléphone : 86-21-3497 8818 intcorecycling.com</p>	<p>Conçu pour l'EPS et le XPS. Certains modèles traitent l'EPE et l'EPP. Capacité : 50 - 300 kg/h Ratio de densification : 90:1 Investissement : Non précisé</p>
<p>Recycle Tech Corp 43, Samson, bureau172, Laval (QC) H7X 3R8, Canada Téléphone : 855 592-7192 recycle techno.com</p>	<p>Conçu pour l'EPS et le XPS. Certains modèles traitent l'EPE et l'EPP. Capacité : 23 - 181 kg/h Ratio de densification : 90:1 Investissement : Non précisé</p>

1 *Avangard Innovative*, <http://avangardinnovative.com/foam-densifiers.shtml>, consulté en décembre 2015.

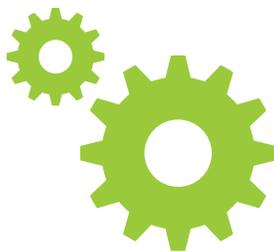
2 *GreenMax*, www.intcorecycling.com/plastic-foam-melter-machine.html, consulté en décembre 2015.

3 *EPS Styrofoam Hot Melting Densifier Machine M-C200*, Youtube, www.youtube.com/watch?v=ova8g-dZDSk, consulté en décembre 2015.

4 Ibid.

5 Ibid.

6 Ibid.



CONDITIONNEMENT DENSIFICATION PAR CONDUCTION

DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE

La densification par conduction consiste à réduire le volume des résidus de polystyrène (PS) expansé, extrudé et rigide en les faisant ramollir à l'aide d'un système de génération de chaleur. Le PS est comprimé « à chaud », c'est-à-dire avec un apport de chaleur provenant de l'équipement, jusqu'au point où sa mémoire de forme est éliminée.

Cette technologie est essentiellement utilisée dans les cafétérias d'établissements scolaires et n'est pas conçue pour une utilisation industrielle.



Densificateur par conduction
(modèle StyroPower PSD2000)¹



Densificateur par conduction
(modèle Foodservice Sustainability Solutions StyroGenie SG-1200)²

PROCÉDÉ

- Ajout manuel du PS dans le densificateur par conduction (figure 1).
- Densification thermique du PS.
- Le PS ramolli et densifié est accumulé dans des bacs situés au bas du densificateur (figure 2).
- À la fin du cycle de densification et d'un refroidissement à l'air, les lingots de PS densifié sont retirés manuellement des bacs (figure 3).



Figure 1

Ajout manuel du PS dans le densificateur²

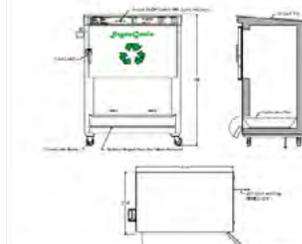


Figure 2

Vue interne du densificateur par conduction³



Figure 3

Retrait manuel des lingots de PS recyclé²

AVANTAGES	LIMITES
Peut traiter d'autres plastiques que le PS.	Technologie non conçue pour un usage à grande échelle.
Pas de broyage préalable nécessaire.	Fonctionnement en mode <i>batch</i> (lot).
Faible encombrement.	Doit être installé à l'intérieur avec un système d'évacuation des émanations.

ASPECTS TECHNIQUES ET PERFORMANCE	
Technologie	Densification par conduction
Types de PS acceptés	Tous types de PS, mais surtout conçu pour les barquettes alimentaires en PS extrudé (XPS).
Possibilité de trier d'autres plastiques ou matières que le PS	Généralement non. L'équipement de StyroPower peut toutefois traiter le polyéthylène et le polypropylène si on reprogramme l'ordinateur du densificateur afin de modifier la température à atteindre pour ramollir les résines à densifier. Les différents plastiques doivent être densifiés en flux mono-matière et non en mélange.
Ratio de densification	95:1 à 98:1
Alimentation du densificateur	La taille des pièces acceptées varie selon les dimensions de la porte du densificateur.
Capacité	1 200 à 1 400 barquettes alimentaires de taille standard (8 ½ x 11 pouces) en 4 à 7 h (environ 237 barquettes à l'heure).
Tolérance à la contamination	<p>Procédé de densification non affecté par la contamination usuelle (aliments, étiquettes, tampons absorbants, etc.).</p> <p>Le niveau de contamination alimentaire peut toutefois faire varier le temps nécessaire pour densifier le PS :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 4 heures : PS propre - 7 heures : PS souillé <p>Une contamination trop importante peut affecter la durée de vie du densificateur.</p>
Broyage préalable	Non
Aménagement, installation	<p>Ce densificateur n'a pas été testé dans des températures extrêmes, mais des tests à des températures variant entre - 4 °C et 28 °C ont été réalisés sans que l'on observe une dégradation de la performance du procédé.</p> <p>Peut être installé à l'intérieur ou à l'extérieur, mais une installation intérieure est recommandée au Québec si on prévoit un usage hivernal.</p> <p>Prévoir une ventilation accrue si installation intérieure.</p>

Entretien et maintenance	<p>Quotidien :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nettoyer l'intérieur de la machine pour s'assurer qu'il n'y a pas d'accumulation de PS densifié. - Vider tout liquide accumulé dans le compartiment de drainage des liquides. <p>Mensuel :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inspecter la machine pour s'assurer qu'il n'y a pas de dommages. <p>Annuel :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inspecter le joint d'étanchéité et le remplacer s'il est endommagé. - Inspecter les charnières et le loquet de la porte pour s'assurer de son étanchéité. - Inspecter le cordon d'alimentation et le remplacer s'il est endommagé. - Inspecter la lumière d'indication d'opération et la remplacer si nécessaire.
Historique de la technologie	La densification par conduction existe depuis 3 ans
ASPECT MATIÈRE	
Matière en sortie	Lingots de PS densifié.
Propriétés	La température d'opération est suffisamment basse pour éviter la dégradation des propriétés du PS lors de la densification.
ASPECT ÉCONOMIQUE	
Investissement	Coût d'achat d'un densificateur hydraulique : 21 000 \$ à 30 000 \$ CAN.
Valeur de l'extrait	Coût variable selon : <ul style="list-style-type: none"> - la propreté de l'intrant (niveau de contamination); - la demande du marché pour le PS recyclé; - le prix variable du pétrole.
ASPECT RÉGLEMENTAIRE	
Contraintes, autorisations et autres obligations	Aucune information disponible.
ASPECT ENVIRONNEMENTAL	
Émissions et rejets	La densification par conduction pourrait générer des émanations de styrène. Des mesures de contrôle et de suivi pourraient être nécessaires.
ASPECT RESSOURCES HUMAINES	
Main-d'œuvre	Un employé est dédié au chargement du PS dans le densificateur et au déchargement des lingots.
Santé-sécurité	<p>L'utilisateur doit se conformer au Règlement sur la santé et la sécurité du travail.</p> <p>Utiliser dans un endroit suffisamment ventilé pour réduire les risques d'exposition au styrène.</p> <p>Il est recommandé de porter des gants et des lunettes de sécurité.</p> <p>Risque de brûlures. Ne pas toucher les parois du densificateur pendant la densification. Laisser refroidir l'unité avant de récupérer les lingots refroidis.</p>

QUELQUES FOURNISSEURS

Contacts	Spécifications techniques
<p>Foodservice Sustainability Solutions C.P. 88514, Place Frontenac, Montréal, (QC), H2K 4K0, Canada Téléphone : 514 529-5299 styrosmart.com goslynquebec.com</p>	<p>Conçu pour le XPS. Capacité : entre 4 et 7 heures pour 1 200 barquettes (218 barquettes/heure) Ratio de densification : 95:1 Investissement : environ 21 000 \$ CAN</p>
<p>StyroPower P.O. Box 70626, Knoxville, TN 37938, États-Unis Téléphone : 800 376-0130 styropower.com</p>	<p>Conçu pour le XPS, mais une reprogrammation permettrait de densifier en flux mono-matière d'autres plastiques (sauf PVC) en modifiant la température à atteindre pour ramollir les résines à densifier. StyroPower n'expédie pas encore son équipement à l'extérieur des États-Unis.</p> <p>Capacité : 5 h 15 pour 1 400 barquettes (267 barquettes/heure) Ratio de densification : 98:1 Investissement : environ 30 000 \$ CAN</p>

1 StyroPower, www.styropower.com, consulté en décembre 2015.

2 Styrosmart, www.styrosmart.com, consulté en décembre 2015.

3 StyroGenie Installation, Use and Care Manual, www.styrosmart.com/modx/assets/StyroGenie%20Installation%20Manual%20sm.pdf, consulté en décembre 2015.



CONDITIONNEMENT DENSIFICATION CHIMIQUE PAR SOLVATATION

DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE

La densification chimique par solvatisation consiste à dissoudre les résidus de polystyrène (PS) de tous types à l'aide d'une huile essentielle agissant comme solvant : le cymène. Le résultat de cette solvatisation à température ambiante est un mélange liquide visqueux contenant des polymères de PS dissous et le solvant. Au cours de cette dissolution, le PS est totalement dégazé, ce qui permet une diminution importante du volume. Le solvant est ensuite extrait du mélange afin d'en récupérer le PS.

Le service offert par Polystyvert comprend la location d'un module de collecte du PS appelé « concentrateur », son installation et une formation sur son utilisation sécuritaire. Une fois la pleine capacité du module concentrateur atteinte, Polystyvert vient récupérer le mélange dans la portion amovible du concentrateur appelée la « cartouche », en extrait le solvant à son usine et revend le PS granulé.

Cette technologie est en développement. Le procédé, les spécifications techniques et le modèle d'affaires présentés dans cette fiche ne sont pas définitifs.

PROCÉDÉ

Chez l'utilisateur

- Dissolution et filtration
- Ajout manuel du PS par la porte du concentrateur et immersion du PS dans la portion inférieure contenant le solvant (capacité totale de 1 400 litres en volume).
- Solvatisation du PS à température ambiante.
- Remontée de la plaque d'immersion avant l'ajout de nouveau PS solide.
- Collecte du mélange et entretien par Polystyvert
- Lorsque le concentrateur atteint sa pleine capacité, Polystyvert reçoit un signal indiquant de faire recueillir le mélange.
- Remplacer la cartouche
- La cartouche contenant le mélange est acheminée chez Polystyvert par camion.

Chez Polystyvert

- Séparation du mélange
- Les contaminants insolubles sont filtrés du mélange.
- Extraction du solvant de la résine de PS par distillation.
- Extrusion et granulation
- La résine de PS est pompée puis extrudée et refroidie à l'eau.
- Le PS extrudé est mis en granules puis revendu à des recycleurs.

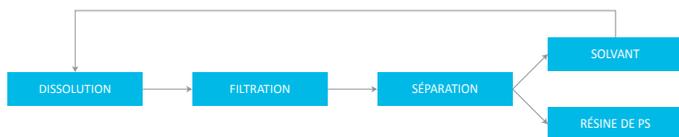


Schéma de procédé Polystyvert simplifié



Concentrateur Polystyvert¹



Extrusion²



PS extrudé et granulé³

AVANTAGES	LIMITES
Ne requiert aucune intervention des usagers autre que celle d'insérer le PS dans le concentrateur.	Une forte contamination induit des coûts de traitement plus élevés et doivent donc être limités à 3% en poids.
Permet de séparer les souillures et les contaminants pour une qualité de PS sortant accrue.	Doit être installé à l'intérieur, avec un système d'évacuation des émanations.
Service clés en main offert par le fournisseur : transbordement, transport, entretien et mise en marché du PS.	Pour une valeur du PS sortant optimale, les types de PS ne doivent pas être mélangés.

ASPECTS TECHNIQUES ET PERFORMANCE	
Technologie	Densification chimique par solvatation. Solvant : cymène (para-)
Types de PS acceptés	Expansé (EPS), extrudé (XPS) et rigide. Mélange de PS de différentes natures et couleurs possibles (le tri par couleur est préférable pour obtenir une plus grande valeur monétaire du PS recyclé).
Possibilité de trier d'autres plastiques ou matières que le PS	Non
Ratio de densification	94:1
Alimentation du densificateur	Taille de pièces acceptées : la porte de chargement du concentrateur fait 1,12 m x 1,07 m (44" x 42"). Le bac d'alimentation peut contenir 1,2 m3.

Capacité	<p>En continu : 20 - 25 kg/h.</p> <p>Capacité maximale du concentrateur avant pompage : 250 kg</p>
Tolérance à la contamination	<p>Procédé chimique peu affecté par la contamination, s'il n'y a pas de réaction avec le solvant.</p> <p>Les contaminants solides insolubles dans le cymène doivent toutefois être traités et ils doivent être limités à 3 % du mélange.</p>
Broyage préalable	<p>Non, dans la mesure où les morceaux de PS entrent par la porte de chargement.</p> <p>Faible influence de la taille des pièces sur la vitesse de solvataion.</p>
Aménagement, installation	<p>Surface au sol : 1,19 m x 1,07 m (47" x 42").</p> <p>Un dégagement de 1,5 m doit être prévu autour du concentrateur.</p> <p>Alimentation électrique (110 V standard).</p> <p>Sortie de ventilation vers l'extérieur pour les émanations de solvant.</p> <p>La solubilité du PS dans le solvant est dépendante de la température. S'il fait plus froid que la température ambiante, la dissolution sera plus lente et le point de saturation sera plus bas. À température plus élevée, la dissolution sera plus rapide et le point de saturation plus élevé.</p> <p>Limites de température d'opération : min. 0 °C et max. 40 °C (point d'éclair du cymène : 47 °C).</p> <p>Installation intérieure recommandée pour mieux contrôler la température, stabiliser l'efficacité du procédé, réduire les déplacements des manutentionnaires et s'assurer de maintenir des conditions optimales.</p> <p>Pourrait être installé à l'extérieur dans certaines conditions. L'accès au site doit être contrôlé et l'équipement protégé pour éviter l'ajout de matières non désirées dans le procédé.</p>
Entretien et maintenance	<p>L'utilisateur n'a pas à effectuer d'entretien ou de maintenance sur l'appareil. Tout est pris en charge par Polystyvert.</p>
Historique de la technologie	<p>La technologie et le modèle d'affaires sont en développement.</p> <p>Le procédé et le modèle sont en opération dans six projets pilotes : deux écocentres, une compagnie de transport, un commerce du secteur de l'électronique, une entreprise pharmaceutique, un distributeur alimentaire.</p> <p>Commercialisation planifiée pour l'automne 2016. En attente de certification pour la sécurité incendie (ULC-S601) et pour le transport de matières dangereuses CAN/CGSB-43.146, Classe 3 = liquide combustible).</p>
ASPECT MATIÈRE	
Matière en sortie	<p>Granules de PS rigides.</p>

Propriétés	<p>Qualité serait comparable aux granules de PS vierge.</p> <p>PS recyclé peut être injecté et extrudé de nouveau.</p> <p>Indice de fluidité Melt Flow Index (MFI) < 10.</p> <p>Couleurs : transparent, si le PS intrant est uniquement blanc, gris à noir si le PS intrant est de couleurs mélangées.</p>
ASPECT ÉCONOMIQUE	
Investissement	<p>Location du concentrateur estimée à environ 300\$/mois CAN et l'installation est effectuée par Polystyvert.</p> <p>Le mélange résine de PS-solvant appartient à Polystyvert.</p> <p>Pour le client, l'économie est liée à une diminution des coûts de gestion des matières résiduelles (en détournant une partie de son volume éliminé vers une filière de mise en valeur), par la diminution de la capacité des conteneurs à déchets ou la réduction de leur fréquence de collecte.</p>
Valeur de l'extrait	<p>La demande du marché pour intégrer du PS recyclé de bonne qualité dans des applications de XPS dépasserait largement la capacité de production prévue de Polystyvert.</p> <p>Valeur marchande plus grande pour des granules de PS rigides transparentes que foncées.</p>
ASPECT RÉGLEMENTAIRE	
Contraintes, autorisations et autres obligations	<p>Polystyvert devrait être assujéti à l'article 22 de la Loi sur la qualité de l'environnement. Une demande de certificat d'autorisation est en cours.</p>
ASPECT ENVIRONNEMENTAL	
Émissions et rejets	<p>Émissions possibles :</p> <p>Le cymène est un composé organique volatil (hydrocarbure aromatique). Selon les informations tirées de la fiche signalétique de Sigma-Aldrich :</p> <p>Un danger environnemental ne peut pas être exclu dans l'éventualité d'une manipulation ou d'une élimination peu professionnelle.</p> <p>Nocif pour les organismes aquatiques.</p>
ASPECT RESSOURCES HUMAINES	
Main-d'œuvre	<p>Un employé est dédié au chargement du PS dans le concentrateur, à la procédure d'immersion et au suivi avec Polystyvert.</p>

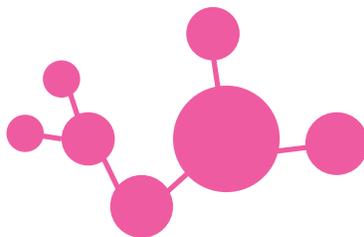
Santé-sécurité	<p>L'utilisateur doit se conformer au Règlement sur la santé et la sécurité du travail.</p> <p>Aucune protection respiratoire ni de gants ne sont nécessaires pour le chargement du PS dans le concentrateur chez le client.</p> <p>Ne pas exposer le concentrateur à des sources de chaleur ou à des étincelles.</p> <p>SIMDUT des matières employées dans le procédé de Polystyvert :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Solvant : cymène (para-) CAS 99-87-6 - B3 - Liquide combustible; - D2B - Matière toxique ayant d'autres effets toxiques. <p>Émissions mesurées de cymène (données fournies dans le guide de l'utilisateur du concentrateur) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Valeur d'exposition moyenne pondérée (VEMP) : max 80 ppm; - Valeur d'exposition moyenne pondérée (VEMP) à laquelle l'opérateur du concentrateur est exposé : maximum 30 ppm et habituellement 7 ppm.
QUELQUES FOURNISSEURS	
<p>Contacts</p> <p>Polystyvert 9350, rue de l'Innovation, Anjou (QC) H1J 2X9, Canada Téléphone : 514 360-6977 info@polystyvert.com www.polystyvert.com</p>	<p>Densification chimique par solvation</p> <p>Contactez l'entreprise pour les détails.</p> 

1 *Cinq visages de l'innovation dans l'est*, <http://affaires.lapresse.ca/portfolio/lest-de-montreal/201506/02/01-4874645-cinq-visages-de-linnovation-dans-lest.php>, consulté en décembre 2015.

2 *Polystyvert - recyclage de polystyrène*, <https://www.youtube.com/watch?v=hoXkFKuX0aI>, consulté en décembre 2015.

3 Ibid.

ANNEXE 3 TECHNOLOGIE DE VALORISATION – FICHE TECHNIQUE



CONDITIONNEMENT TRANSFORMATION CHIMIQUE PAR DÉPOLYMÉRISATION PAR MICRO-ONDES

DESCRIPTION DE LA TECHNOLOGIE

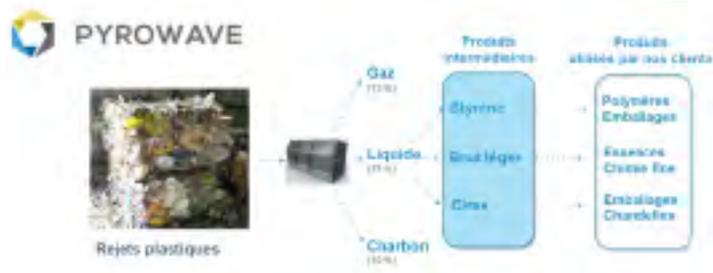
La dépolymérisation par micro-ondes décompose chimiquement la matière organique grâce à la chaleur générée par des micro-ondes dans un environnement sans oxygène.

La transformation de résidus de polystyrène (PS) expansé, extrudé et rigide dans le module de Pyrowave génère trois types de produits pouvant être mis en valeur :

- une huile (75 %), comprenant des monomères de styrène, du brut léger, des cires, etc.;
- un gaz (15 %);
- un solide carboné (10 %).

L'intégration de micro-ondes dans le procédé de dépolymérisation permettrait un meilleur contrôle des paramètres de fonctionnement de la pyrolyse et maximiserait la production de gaz et d'huile.

Cette technologie est en développement. Le procédé, les spécifications techniques et le modèle d'affaires ne sont pas définitifs.



Procédé de Pyrowave simplifié⁴

MODÈLE D'AFFAIRES

Modèle général

Le module de dépolymérisation par micro-ondes est installé chez le client devant disposer de résidus de PS (entreprise, éco-centre, etc.). Cet équipement est vendu par Pyrowave, mais il pourrait aussi être loué sous certaines conditions. Pyrowave paie le client pour le produit généré.

Pyrowave installe l'équipement, assure la maintenance normale de l'équipement, fournit un guide d'utilisateur et offre une formation.

Le client alimente le module en PS. Il est responsable de l'entretien, du nettoyage du module et de la maintenance.

Pyrowave récupère les extrants et les raffine ex situ afin d'en obtenir la plus haute valeur marchande possible, ce qui génère un retour sur investissement pour le client.



Modèle d'opération général⁵

PROCÉDÉ

Chez le client

- Dépolymérisation du PS
- Ajout du PS par la chute d'alimentation de l'unité réacteur du module jusqu'à une quantité maximale de 50 kg.
- Démarrage du procédé par l'activation d'un bouton presseur.
- Fin du cycle et stockage de l'huile dans un réservoir sur le site.
- Combustion du gaz produit pour chauffage chez le client, si applicable.
- Collecte des matières secondaires
- Lorsque le réservoir du réacteur atteint sa pleine capacité, Pyrowave organise la collecte du produit par camion-citerne.

Chez Pyrowave

- Traitement, séparation des matières secondaires et envoi
- Neutralisation et filtration de l'huile.
- Retrait de la cire, des monomères et rectification de l'huile.
- Pré-raffinage des cires.
- Envoi des produits vers les clients par camion-citerne.



Module Pyrowave⁶

Le module comprend 4 unités :

- Un réacteur;
- Un module de puissance;
- Un refroidisseur;
- Un réservoir extérieur.

AVANTAGES	LIMITES
Technologie de mise en valeur générant la plus haute valeur ajoutée : production de sous-produits à valeur plus élevée que le PS recyclé.	Technologie en développement dont la performance et le modèle d'affaires doivent être confirmés par des projets pilotes.
La matière entrante peut contenir plusieurs types de plastiques mélangés, même souillée par des contaminants organiques.	Le contrôle des paramètres d'opération est crucial pour garantir la qualité de l'extrait.
Manipulations relativement simples pour l'utilisateur.	Encombrement au sol important et système d'évacuation possiblement requis.

ASPECTS TECHNIQUES ET PERFORMANCE	
Technologie	Transformation chimique par chauffage micro-ondes. Temps réactionnel < 30 min. Température < 400 °C. L'absence d'O ₂ évite la combustion des intrants.
Types de PS acceptés	Expansé (EPS), extrudé (XPS) et rigide.
Possibilité de trier d'autres plastiques ou matières que le PS	Plastiques N° 1, 2, 4, 5 et 6 sont acceptés, ainsi que quelques plastiques N° 7. D'autres types de matière organique peuvent être traités par le procédé après validation par Pyrowave.
Ratio de densification	Non disponible
Alimentation du densificateur	Mélange de PS de différentes natures et couleurs possibles. Densité minimale du PS alimenté : 100 kg/m ³ .
Capacité	130 à 150 kg/h 1 module : 400 à 600 t/an
Tolérance à la contamination	Les propriétés des matières entrantes dictent les propriétés des extrants, donc le procédé est sensible à la variation de l'intrant. Le PS contenant le retardateur de flamme hexabromocyclododécane (HBCD) est à l'étude.
Broyage préalable	Oui, taille maximale de 0,5" à 1".

Aménagement, installation	<p>Surface au sol : 3,66 m x 2,13 m (48" x 84" pour chacune des trois unités du module : réacteur, module de puissance, refroidisseur).</p> <p>Réservoir recueillant le sous-produit sur remorque-citerne extérieure.</p> <p>Tuyauterie et raccord électriques nécessaires.</p> <p>Procédé non affecté par les variations de température externes au module.</p> <p>Le client peut fournir un brûleur/chaudière pour la combustion du gaz produit. Sinon, Pyrowave peut fournir des options pour le traitement du gaz et la récupération énergétique.</p>
Entretien et maintenance	Non spécifié.
Historique de la technologie	<p>Début de deux projets pilotes en novembre 2015.</p> <p>Quatre clients planifiés (Québec, Canada et USA).</p> <p>Procédés, procédures et design de l'équipement en cours d'optimisation.</p>
ASPECT MATIÈRE	
Matière en sortie	<p>Composition des produits générés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fraction liquide monomères de styrène, éthylbenzène (brut léger), cires (75-90%); - Fraction gazeuse : (5-15%); - Fraction solide : charbon (produits non décomposés par la chaleur) (2,5 %-5%), <p>Les contaminants alimentés dans l'équipement peuvent affecter les propriétés recherchées des extrants.</p>
Propriétés	<p>Fraction liquide : monomères de styrène (> 75%); éthylbenzène (5-10%) et toluène dimères et trimères de styrène (5-10%) de propriétés comparables au produit neuf.</p> <p>Fraction gazeuse : pouvoir calorifique supérieur (PCS) de 30 à 40 MJ/kg. Le PCS est la quantité d'énergie dégagée par la combustion complète d'une unité de combustible, la vapeur d'eau étant supposée condensée et la chaleur récupérée.</p> <p>Fraction solide : PCS attendu de 32 MJ/kg.</p>
ASPECT ÉCONOMIQUE	

Investissement	<p>Coût d'achat du module : entre 450 000 \$ et 750 000 \$, plus les options disponibles. Prix sujet à diminuer à la suite du déploiement.</p> <p>Installation de l'équipement effectuée par le client à ses frais sous la supervision et l'approbation de Pyrowave.</p> <p>Retour sur investissement en deux (2) à cinq (5) ans estimé par Pyrowave (achat du module seulement).</p> <p>Possibilité de location du système. Coût de location déterminé en fonction de la qualité et de la quantité des intrants, de l'efficacité du procédé et de la valeur des extrants.</p> <p>Pour le client, la valeur générée est liée à une diminution des coûts de gestion des matières résiduelles et au prix obtenu pour le produit généré.</p> <p>Les contrats de gestion des matières résiduelles des clients pourraient être modifiés pour diminuer la capacité des conteneurs à déchets ou réduire leur fréquence de collecte.</p>
Valeur de l'extrait	<p>Extrants à haute valeur ajoutée : styrène, éthylbenzène, toluène, cire brute.</p> <p>Clients potentiels pour ces extrants : compagnies pétrolières et chimiques.</p> <p>Variation du prix de vente des extrants selon leur qualité et le marché (<i>spot price</i>).</p>
ASPECT RÉGLEMENTAIRE	
Contraintes, autorisations et autres obligations	<p>Un certificat d'autorisation est requis.</p> <p>Un zonage municipal permettant la transformation des matières recyclables est requis au site d'opération.</p> <p>Si requis, Pyrowave s'engage à fournir les données nécessaires à l'obtention de l'autorisation et à assurer le suivi de la technologie durant la période de probation. Le client est responsable d'obtenir toute autorisation nécessaire.</p>
ASPECT ENVIRONNEMENTAL	
Émissions et rejets	<p>Pas de risque d'émission ni d'incendie selon Pyrowave.</p> <p>Les émissions liées à la combustion du gaz seront évaluées lors d'un des projets pilotes.</p>
ASPECT RESSOURCES HUMAINES	
Main-d'œuvre	Un employé est dédié au chargement du PS dans le module.
Santé-sécurité	<p>Aucune protection respiratoire ni gants ne sont nécessaires pour le chargement du PS dans le module chez le client.</p> <p>L'équipement sera conforme aux normes de sécurité en vigueur.</p>
FOURNISSEUR	
<p>Contacts</p> <p>Pyrowave 9500, rue Meilleur, bureau 601, Montréal, (QC) H2N 2B7, Canada Téléphone : 514 497-0341 info@pyrowave.com www.pyrowave.com</p>	<p>Densification chimique par solvatation</p> <p>Contactez l'entreprise pour les détails.</p> 

4 RRPS_polystyrene_WEBINAIRE_20150520, document PDF, consulté en décembre 2015.

5 Pyrowave, <http://pyrowave.com>, consulté en décembre 2015.

6 Ibid.

ANNEXE 4 RETOURS D'EXPÉRIENCE – FICHES SYNTHÈSES

RETOUR D'EXPÉRIENCE

Granby Québec

Polyform
www.polyform.com
 tél. : 450 378-9093

Filière	Écocentres
Localisation	Ville de Granby, Québec, Canada
Gouvernance, porteurs	MRC Haute-Yamaska (écocentre), Polyform
Intervenants	MRC Haute-Yamaska, Polyform, Polystyvert
Début du projet	2011
Description du processus	<p>1) Collecte de tous les types de PS. Les résidents apportent leur PS propre et les trient sur place dans différents Gaylords.</p> <p>2) Tri</p> <ul style="list-style-type: none"> - Collecte par Polyform de l'EPS et du PS rigide en sacs et transport en vrac vers leur usine. - Déchargement des camions à la main, contrôle visuel des sacs et pré-tri. <p>3) Conditionnement</p> <ul style="list-style-type: none"> - EPS : déchiqueté avec un granulateur de marque KBM (pas de densification). - XPS et EPS alimentaire extrudé : dirigés vers un concentrateur de Polystyvert (densification chimique par solvatation). Projet pilote amorcé en janvier 2015 - PS rigide : déchiqueté, extrudé et mis en granules <p>4) Recyclage</p> <ul style="list-style-type: none"> - EPS : utilisé en remplacement du PS vierge pour la fabrication de son produit Géofam (bloc utilisé pour fournir un remplissage léger des structures vides sous les autoroutes, l'approche d'un pont, une digue ou un stationnement); - PS rigide : utilisé dans la fabrication du produit Nudura (système de coffrage isolant permanent permettant de couler le béton et d'isoler un bâtiment).
Gisement annuel traité	<p>L'ampleur du gisement est confidentielle. Polyform précise toutefois que de tous les PS qu'elle récupère (ICI + écocentres) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - 15 % du gisement est du PS d'emballage alimentaire (XPS et PS rigide); - 85 % du gisement est de l'emballage de protection blanc (EPS). <p>Selon l'ACIP, qui finance les projets de collecte du PS, d'autres points de dépôt (Montréal, Beaconsfield, Pointe-Claire, etc.), la répartition moyenne du PS recueilli serait la suivante :</p> <ul style="list-style-type: none"> - EPS : 38%; - XPS : 25%; - Rigide : 37%.
Investissement financier	Plusieurs millions de dollars ont été investis par Polyform depuis 2007 pour l'ensemble de ses opérations afin de recueillir et de recycler le PS.

Facteurs de succès	<p>Améliorer l'accessibilité à la récupération du PS.</p> <p>Fournir des densificateurs aux générateurs d'EPS.</p> <p>Mettre une emphase importante sur l'éducation des citoyens.</p>
Obstacles	La faible densité du PS engendre des coûts de transport élevés pour acheminer cette matière des générateurs vers Polyform.
Autres informations pertinentes	Polyform dessert également les écocentres de Cowansville, Sherbrooke, Waterloo, Magog, arrondissement de LaSalle (Montréal) et Pointe-Claire. Cette entreprise recueille également le PS de certains commerces (ICI) et clients depuis 2007. Quatre-vingt-dix (90%) du gisement total recueilli par l'entreprise provient des ICI et 10% des points de dépôt en écocentres. D'autres projets de collecte sont à prévoir.
Références	MRC de La Haute-Yamaska, Écocentres, www.haute-yamaska.ca/cgi-cs/cs.waframe.content?topic=55711&lang=1# , consulté en décembre 2015.

Québec, Québec

Division gestion des matières résiduelles - Ville de Québec
www.ville.quebec.qc.ca tél. : 418 641-6411

La Société V.I.A.
www.societevia.com tél. : 418 527-0421

Filière	Collecte sélective
Localisation	Ville de Québec, Québec, Canada
Gouvernance, porteurs	Ville de Québec
Intervenants	Ville de Québec, La Société V.I.A., Ciment Québec
Début du projet	Automne 2014
Description du processus	Tous les types de PS sont recueillis pêle-mêle dans le bac de récupération. Comme il fait partie des rejets, le PS est dirigé vers la valorisation énergétique chez Ciment Québec avec d'autres résidus (bois, textiles, etc.).
Gisement annuel traité	Difficile à estimer, car les rejets ne sont pas caractérisés par le centre de tri. Estimation : 200 t/an maximum.
Investissement financier	0\$ Pour la Ville, il est plus économique de diriger les rejets vers la cimenterie que de les incinérer dans leur incinérateur.
Facteurs de succès	Partenariat entre la Ville de Québec, le centre de tri La Société V.I.A. et la cimenterie Ciment Québec.
Obstacles	Le XPS et l'EPS contaminent légèrement les flux de fibres (papier/carton) compte tenu de leur géométrie lors de leur passage à travers les équipements de tri mécanique (séparateurs à disques pour séparer les papiers/cartons des autres matières et les séparateurs balistiques pour séparer les « corps creux » des pièces plates). Toutefois, la Ville estime que le niveau de contamination n'a pas augmenté après le changement de directive fournie aux citoyens, puisque ceux-ci déposaient déjà le PS dans le bac auparavant. La Ville a effectué des sondages et des focus groups avant de modifier sa consigne et il est clairement ressorti que les citoyens comprennent mal ce qu'ils peuvent déposer ou non dans la collecte sélective. La décision d'accepter tous les PS dans le bac découle de l'objectif de simplifier la démarche pour les citoyens.
Autres informations pertinentes	La valorisation énergétique du PS en collaboration avec les cimenteries représente une solution temporaire en attendant que d'autres marchés se développent. La valorisation énergétique est le scénario optimal pour le moment, selon la Ville de Québec. Les objectifs de la mise en valeur du PS pour la Ville de Québec sont : <ul style="list-style-type: none"> - Réduire les coûts d'élimination; - Augmenter le taux de mise en valeur des matières résiduelles. L'inclusion du PS à la collecte sélective n'a pas nécessité de modifications aux équipements de collecte (ex. : fournir des bacs de récupération plus grands), car le PS était déjà déposé, la plupart du temps, par les citoyens dans le bac de récupération.
Références	Ville de Québec, Matières résiduelles / Guide du tri / Plastique, www.ville.quebec.qc.ca/citoyens/matieres-residuelles/guide_du_tri/guide_categorie_plastique.aspx , consulté en décembre 2015.

Markham, Ontario

Direction de l'environnement et des matières résiduelles
 Ville de Markham
www.markham.ca
 tél. : 905 477-7000

Filière	Point de dépôt
Localisation	Ville de Markham, Ontario, Canada
Gouvernance, porteurs	Ville de Markham Partenaires financiers pour la gestion du PS densifié : Waste Diversion Ontario (WDO), Continuous Improvement Fund (CIF), Association canadienne de l'industrie des plastiques (ACIP)
Intervenants	Ville de Markham et région de York.
Début du projet	2001. Utilisation d'un densificateur depuis 2011.
Description du processus	<p>Le PS expansé est recueilli par l'entremise des points de dépôt. Il provient surtout du secteur résidentiel, mais les ICI ont accès au programme. Quatre points de dépôt acceptent l'EPS et le XPS propres. Un tri est fait sur place par les citoyens. Le PS en sacs est acheminé en camion par l'entreprise The Recycle People des points de dépôt vers un lieu de densification central où les sacs sont ouverts manuellement et leur contenu inspecté. Le matériel est ensuite dirigé vers le densificateur (Polymax 550 de Matrix Manufacturing) en utilisant un convoyeur.</p> <p>Un camion peut transporter environ 190 sacs de polystyrène en vrac.</p> <p>Une fois que le PS est densifié, un camion peut en contenir jusqu'à 3 800 kg.</p> <p>Les marchés sont variés : Picture Depot en fait des cadres photos et Polyframe Moulding des moulures décoratives.</p> <p>Le PS rigide est accepté dans la collecte sélective et dirigé vers les ballots de plastiques mixtes par un tri manuel négatif.</p>
Gisement annuel traité	20 à 40 t/an
Investissement financier	<p>Coûts initiaux du densificateur de PS :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Achat du densificateur : 42 000 \$ - Installation du câblage et sécurité : 25 000 \$ - Frais de consultant : 5 594 \$ - Total : 72 594 \$ - Retour sur investissement : 2,74 ans <p>Coûts d'opération en 2014 :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Services d'entrepreneurs : 19 875 \$ - Réparation et maintenance : 881 \$ - Collecte et transport des sacs du pont de dépôt à l'installation de la ville pour la densification : 27 264 \$ - Sacs pour la collecte et l'entreposage : 10 085 \$ / vente du PS densifié : - 5 288 \$ - Total : 52 817 \$

Facteurs de succès	<p>La densification du PS permet de réduire les coûts de transport, qui sont passés de 85 % des coûts totaux à 37 %.</p> <p>S'assurer de la propreté du matériel pour être en mesure d'obtenir plus d'occasions d'affaires sur le marché et une meilleure valeur.</p>
Obstacles	<p>La certification CSA du densificateur n'était pas prévue et la mise en conformité électrique et de sécurité a été longue et coûteuse.</p> <p>Le matériel s'enflammait avec le densificateur thermique utilisé au départ. Le choix du bon densificateur est important.</p>
Autres informations pertinentes	<p>Le densificateur n'est utilisé que 5 % du temps. Son utilisation doit être optimisée, tout comme le temps de main-d'œuvre.</p>
Références	<p>Continuous Improvement Fund, CIF 291 Town of Markham, Polystyrene Densifier, http://cif.wdo.ca/pdf/reports/291_Markham_FinalReport.pdf , consulté en décembre 2015.</p> <p>Markham, Collection Services, www.markham.ca, consulté en décembre 2015.</p>

Orillia, Ontario

Direction des matières résiduelles - Ville d'Orillia
www.orillia.ca
 tél. : 705 325-2444

Filière	Collecte sélective
Localisation	Ville d'Orillia, Ontario, Canada.
Gouvernance, porteurs	Ville d'Orillia Appui financier de la province de l'Ontario (de l'ordre de 33%) lors du démarrage du projet.
Intervenants	Ville d'Orillia (collecte du PS) Grace Canada (recyclage du PS)
Début du projet	1993
Description du processus	Source du PS recueilli : résidentiel (90 % du gisement) et ICI (10 % du gisement). Collecte des matières recyclables en deux bacs : <ul style="list-style-type: none"> - Emballages et contenants (plastiques/verres/métaux); - Cartons et papiers. <p>Le PS rigide est déposé dans le bac des emballages et contenants puis dirigé chez EFS Plastics dans des ballots de plastiques mixtes par l'entremise de Canada Fibers qui gère les matières recyclables pour la ville d'Orillia.</p> <p>L'EPS et le XPS doivent être placés dans un sac de plastique transparent dédié puis déposé dans le bac des cartons et papiers. Au centre de tri, les sacs sont mis de côté au pré-tri puis envoyés en vrac à l'entreprise Grace Canada (Ajax, Ontario) pour être recyclés en cadres photos.</p>
Gisement annuel traité	14 t/an d'EPS et de XPS (en 2014)
Investissement financier	Les coûts de la collecte du PS sont inclus dans les coûts de collecte des matières recyclables depuis 1993. La ville d'Orillia n'a donc pas de coût distinct spécifiquement pour cette matière.
Facteurs de succès	Proximité des marchés (distance Orillia-Ajax : 100 km). Le fait de recueillir l'EPS et le XPS en sacs, séparément des autres matériaux, permet de les garder propres, d'éviter la contamination des autres flux de matières recyclables en plus d'en faciliter le tri.
Obstacles	Fluctuation des prix du plastique et stabilité du marché du recyclage en général. Représente un défi depuis le début du projet. Matière coûteuse à transporter (dans le cas présent, en vrac vers Grace Canada). Normes de qualité élevées du marché.
Autres informations pertinentes	N/A
Références	Orillia, Recycling Collection, www.orillia.ca/en/livinginorillia/recyclingcollection.asp , consulté en décembre 2015. Canada Fibers, http://www.canadafibersltd.com/solutions/public-services , consulté en février 2016.

District régional de North Okanagan, Colombie-Britannique

District régional de North Okanagan
www.rdno.ca
 Tél. : 250 550-3744

Filière	Point de dépôt
Localisation	District régional de North Okanagan, Colombie-Britannique, Canada
Gouvernance, porteurs	District régional de North Okanagan Vernon and District Association for Community Living (VDACL)
Intervenants	District régional de North Okanagan VDACL Site d'enfouissement de Vernon Site d'enfouissement d'Armstrong
Début du projet	2010
Description du processus	Les résidents et les ICI du District régional de North Okanagan (en particulier ceux des régions de Vernon et d'Armstrong) ont accès à des points de dépôt de PS (EPS et XPS uniquement) localisés dans deux des plus grands sites d'enfouissement. Le PS reçu au site de Vernon est conditionné sur le site, alors que le PS reçu au site d'Armstrong est transporté au site de Vernon pour y être densifié. L'EPS est densifié séparément du XPS.
Gisement annuel traité	20 t/an
Investissement financier	Achat d'un densificateur thermique RecycleTech XT200 au coût de 30 000\$. Un lieu d'entreposage et de traitement du PS est nécessaire.
Facteurs de succès	Bonne localisation des points de dépôt. Bonne information/communication du programme auprès du public. La collecte en point de dépôts est favorisée pour obtenir une plus grande propreté du gisement.
Obstacles	Le traitement du PS est un travail intensif et continu (aucun détail financier n'a été transmis à ce sujet cependant). Les coûts de conditionnement et la contamination du PS. La collecte, le transport et l'entreposage représentent également des défis, car le PS est à la fois encombrant et léger.
Autres informations pertinentes	Le programme de point de dépôt du PS est populaire auprès des résidents. Le programme est coûteux en matière de coût/t détournée de l'élimination. La valeur du PS recyclé fluctue et le projet doit en tenir compte.
Références	http://www.rdno.ca/index.php/news/media-releases/styrofoam-recycling-begins-in-the-north-okanagan

Moncton, Nouveau-Brunswick

Commission de services régionaux du Sud-Est
www.nbse.ca/solidwaste/fr/
 tél. : 506 877-1040

Filière	Collecte sélective
Localisation	Moncton, Nouveau-Brunswick, Canada
Gouvernance, porteurs	Commission de services régionaux du Sud-Est
Intervenants	Commission de services régionaux du Sud-Est et NARS (société privée)
Début du projet	2010
Description du processus	<p>Le PS est recueilli avec les autres matières recyclables en bordure de rue par l'entremise d'un système de sacs transparents et non par bacs. Un sac vert sert aux matières organiques alors que toutes les matières recyclables doivent être mises dans un sac bleu.</p> <p>Les sacs sont ouverts manuellement et vidés pêle-mêle sur le convoyeur principal. Le PS expansé (XPS et EPS) est dirigé vers des compartiments dédiés par un tri manuel positif. Il est ensuite broyé puis densifié en mélange XPS et EPS.</p> <p>Le PS rigide est quant à lui dirigé vers les ballots de plastiques mixtes.</p>
Gisement annuel traité	N/D
Investissement financier	<p>Densificateur GreenMax fourni par NARS : 35 000 \$ CAN</p> <p>Un employé attitré à la densification est fourni par le centre de tri.</p>
Facteurs de succès	<p>Densification nécessaire pour optimiser les frais de transport.</p> <p>Partenariat public/privé.</p> <p>Tri effectué par les trieurs déjà sur place par une simple modification de la consigne de tri, soit celle de retirer le PS.</p>
Obstacles	Les marchés actuels ne sont pas situés à proximité.
Autres informations pertinentes	<p>N'ont pas fait de campagne de sensibilisation auprès des citoyens.</p> <p>N'ont pas remarqué d'augmentation de volume après le début du programme, puisque les citoyens déposaient déjà souvent le PS dans les sacs.</p> <p>La valeur du PS densifié (mélange d'EPS et XPS) varie de 100 à 200 \$/t selon leurs marchés et le cours des plastiques.</p>
Références	<p>CBCnews, <i>Styrofoam recycling program begins in Moncton</i>, www.cbc.ca/news/canada/new-brunswick/styrofoam-recycling-program-begins-in-moncton-1.981965, consulté en décembre 2015.</p> <p>Commission de services du Sud-est, <i>Guide pour le tri en bordure de rue</i>, www.nbse.ca/media-solidwaste/sorting-guide/RecycleSENB-Guide-F.pdf, consulté en décembre 2015.</p> <p>Commission de services du Sud-Est, http://www.nbse.ca/solidwaste/fr/sorting/bluebag, consulté en février 2016.</p>

Comté de Kings, Nouvelle-Écosse

Valley Waste Resource Management
www.vwrm.com
 tél. : 902 679-1348

Filière	Collecte sélective
Localisation	Comté de Kings, Nouvelle-Écosse, Canada
Gouvernance, porteurs	Valley Waste Resource Management (VWRM)
Intervenants	VWRM et 2 sociétés privées : Scotia Recycling et CKF Canada Association canadienne de l'industrie du plastique (lors du développement initial du programme)
Début du projet	Octobre 2014
Description du processus	Toutes les propriétés résidentielles ont accès à la collecte sélective de polystyrène ainsi que les petites entreprises. Les grandes entreprises peuvent également participer au projet grâce aux stations de transfert de VWRM, mais elles doivent payer pour le service. La collecte sélective de toutes les matières recyclables s'effectue par un système de sacs transparents et non par bacs. Le polystyrène post-consommation (tous les types de PS) est déposé en bordure de rue dans un sac bleu transparent dédié aux contenants. Une fois les sacs ouverts en centre de tri, le PS expansé est trié positivement vers un compartiment dédié pouvant être manipulé par chariot élévateur. Un tel chariot est utilisé pour déverser l'EPS et le XPS sur le convoyeur alimentant le densificateur. Les blocs de polystyrène densifiés sont ensuite empilés sur des palettes et emballés pour l'expédition. Le PS rigide est dirigé vers les ballots de plastiques mixtes. Lieux récupérant le PS : comté de Kings, comté d'Annapolis et les villes de Wolfville, Kentville, Berwick, Middleton et Annapolis Royal.
Gisement annuel traité	Environ 15 t recueillies d'octobre 2014 à août 2015. On vise 85 t/an à plus long terme pour cette population de 85 000 habitants.
Investissement financier	Budget de démarrage de 60 000 \$ financé à 80 % par le Resource Recovery Fund Board (RRFB Nova Scotia) et les 20% restants en cofinancement entre VWRM et CKF Canada. Le coût de l'équipement de densification était d'environ 40 000 \$. Entre 10 000 et 20 000 \$ en modifications du centre de tri ont été nécessaires (pour l'entreposage du PS et le système d'alimentation du densificateur). L'éducation du public et la promotion du programme de collecte sélective ont requis entre 10 000 et 20 000 \$.
Facteurs de succès	Économies réalisées sur les frais d'enfouissement. Soutien des citoyens et des instances publiques (création d'un partenariat).
Obstacles	La contamination est un problème. Pour s'assurer d'avoir un flux constant de PS au densificateur, il doit être accumulé et entreposé, ce qui pose un défi de gestion de l'espace. Aussi, il y a beaucoup de variabilité dans les volumes récupérés par la collecte sélective. La densification est moins performante quand elle se déroule à une température trop basse ou trop haute par rapport à la température ambiante. Devrait être dans un environnement contrôlé idéalement.
Autres informations pertinentes	Le comté de Kings est la première région en Nouvelle-Écosse à accueillir le polystyrène expansé dans la collecte sélective.

Références

Starratt, K. (2014). *Valley Waste launches province's first Styrofoam curbside recycling program*. In *TC Media*. kingscountynews.ca/News/Local, www.kingscountynews.ca/News/Local/2014-11-24/article-3948257/Valley-Waste-launches-province%26rsquo%3Bs-first-Styrofoam-curbside-recycling-program/1, consulté en décembre 2015.

Valley Waste Resource Management. *Sorting your waste*. www.vwrm.com/pdfs/NewSortingGuide.pdf, consulté en décembre 2015.

Valley Waste Resource Management. *Blue bag 2*, www.vwrm.com/Recycling_SortingWaste.html, consulté en décembre 2015.

Comté de Colchester, Nouvelle-Écosse

Direction de la gestion des déchets solides - Colchester
www.colchester.ca
 tél. : 902 897-0450

Filière	Collecte sélective
Localisation	Comté de Colchester, Nouvelle-Écosse, Canada
Gouvernance, porteurs	Comté de Colchester
Intervenants	Comté de Colchester
Début du projet	A été lancé le 1 ^{er} avril 2016.
Description du processus	<p>La collecte des matières recyclables se fait en sacs (un pour les fibres, un pour les contenants) et non en bacs. Depuis le 1^{er} avril 2016, le PS (rigide, XPS et EPS) peut être mis dans le sac bleu des contenants. Les sacs jugés trop contaminés sont étiquetés et laissés sur place, chez le citoyen.</p> <p>Au centre de tri, tous les sacs de contenants sont ouverts mécaniquement par un ouvreur de sacs (bag breaker) puis versés dans une trémie alimentant le convoyeur principal de la ligne de tri des contenants.</p> <p>Le PS est trié manuellement (tri positif) par un opérateur à la fin du convoyeur de la ligne de tri. Le trieur dirige le PS expansé vers deux conteneurs; 1) un pour l'EPS et 2) un autre pour le XPS (toutes couleurs). Le PS trop souillé est automatiquement mis au rebut. Le PS rigide est dirigé vers les plastiques mixtes par un tri manuel négatif.</p> <p>Le PS des conteneurs est décheté puis densifié thermiquement (densificateur GreenMax).</p> <p>Les ballots de PS densifiés sont ensuite expédiés chez un acheteur.</p>
Gisement annuel traité	300 t/an prévues à long terme.
Investissement financier	<p>Achat du densificateur grâce à une bourse de 50 000 \$ US offerte par le Foodservice Packaging Institute (États-Unis).</p> <p>Le programme est financé par la Ville de Colchester.</p> <p>Le retour sur investissement prévu est de trois (3) ans.</p>
Facteurs de succès	Le programme a été rendu possible grâce à des partenariats entre le comté de Colchester et l'entreprise Intco (distribuant le densificateur GreenMax), qui s'engage à acheter le PS récupéré et densifié, et à payer, le cas échéant, les frais de transport pour l'envoi en Chine. Intco achète au centre de tri l'EPS blanc 500 \$ US/t et 250 \$ US/t le XPS de couleur.
Obstacles	Le projet vient tout juste d'amorcer son opération.
Leçons tirées	Le projet vient tout juste d'amorcer son opération.
Autres informations pertinentes	Les modifications apportées au centre de tri de Colchester sont l'ajout d'un convoyeur pour augmenter la capacité globale du centre de tri et d'une mezzanine.
Références	<p><i>Foodservice Packaging Institute, Colchester, Nova Scotia latest grant recipient from Foam Recycling Coalition</i>, www.fpi.org/index.php?bid=100&storyid=140, consulté en décembre 2015.</p> <p><i>Trudo Daily News, Polystyrene foam products to be added to Colchester County's recycling stream in 2016</i>, www.trudodaily.com/News/Local/2015-07-16/article-4216556/Polystyrene-foam-products-to-be-added-to-Colchester-County%26rsquo%3Bs-recycling-stream-in-2016/1, consulté en décembre 2015.</p> <p><i>Home for Foam, Colchester County Brings Curbside Recycling to More Citizens</i>, www.homeforfoam.com/colchester-county-brings-curbside-recycling-more-citizens, consulté en décembre 2015.</p>

Riverside, Californie

Burrtec
www.burrtec.com
 tél. : 909-429-4200

Dart Container Corporation
www.dartcontainer.com
 tél. : 315 382-0605

Filière	Collecte sélective
Localisation	Riverside, Californie, États-Unis
Gouvernance, porteurs	Centre de tri Burrtec
Intervenants	Centre de tri Burrtec Dart Container Corporation
Début du projet	2010
Description du processus	<p>Collecte</p> <ul style="list-style-type: none"> - Collecte sélective de tous les types de PS, pêle-mêle avec les autres matières dans le bac de récupération. - Une fraction du gisement provient de points de dépôt et de restaurants. Cela permet donc de desservir les ICI. <p>Tri</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'EPS et le XPS blancs sont triés positivement au pré-tri, puis déposés dans une réserve située sous le convoyeur. Le PS trop contaminé est disposé avec les rejets. Le pourcentage de PS rejeté est évalué à 10%. - Le XPS de couleur et le PS rigide sont triés négativement. <p>Conditionnement</p> <ul style="list-style-type: none"> - L'EPS et le XPS blancs sont broyés et densifiés chez Burrtec. - Le XPS de couleur et le PS rigide sont envoyés en ballots de plastiques mélangés en Chine ou chez Titus, qui les passe au trieur optique (de marque Pellenc, soufflantes vers le haut) pour ne faire qu'un flux de PS qui est ensuite dirigé chez Dart. - Dart fait le broyage, le lavage et le séchage du PS en mélange, avant de le densifier en briques de 40 lb avec un densificateur thermique équipé d'un moule. <p>Recyclage</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les briques d'EPS et de XPS sont vendues à Nepco, qui en fait des cadres photos (huit (8) lignes de production). - Le PS blanc densifié est vendu sur d'autres marchés locaux (ex. : Dart) et d'exportation.
Gisement annuel traité	100 t/an au total (répartition selon les types de PS expansé non disponible).

Investissement financier	<p>Montant non disponible.</p> <p>Densificateur fourni gratuitement par Dart.</p> <p>Campagne de sensibilisation des citoyens.</p> <p>L'ajout du PS expansé à la collecte sélective n'a pas nécessité l'ajout de camions ou de trieurs, et n'a pas diminué la valeur des matières recueillies (donc pas d'effet de contamination négatif des autres matières par le PS).</p>
Facteurs de succès	<p>L'optimisation des opérations</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sortie du PS au pré-tri. - Stockage temporaire dans une chute sous le convoyeur, près du broyeur. - Utilisation d'un broyeur de grande capacité afin de réduire le temps et coût de main-d'œuvre pour son opération. - Broyeur utilisé environ 1 h/jour. - PS broyé soufflé dans une grande trémie alimentant le densificateur. - Activer le densificateur automatiquement par l'entremise d'un capteur lorsque la trémie est pleine. - Acheter un densificateur requérant un entretien minimal et avec une capacité plus faible que le broyeur. Il sera moins coûteux et nécessitera moins de temps de main-d'œuvre. - Prévoir un espace suffisant pour stocker le nombre de palettes de PS densifié qu'il faut pour remplir un plein camion. - Couvrir les palettes entreposées à l'extérieur pour éviter les moisissures et la dégradation du matériel. - Diriger le PS densifié vers des recycleurs situés à proximité. Chaque camion de 48 pieds contient 40 000 lb de PS.
Obstacles	<p>Propreté du PS recueilli. Il faut conscientiser les citoyens à l'importance de la propreté du PS afin de conserver une qualité de produit acceptable.</p>
Autres informations pertinentes	<p>Selon M. Robert Rios, directeur de la mise en marché chez Burrtec, le XPS de couleur ne peut pas être densifié seul, puisque les barquettes ont un revêtement laminé empêchant l'adhérence. Un peu d'EPS doit être ajouté pour agir comme liant.</p> <p>Burrtec reçoit le PS de 18 des 65 municipalités californiennes qui le recueillent par l'entremise de la collecte sélective.</p>
Références	<p><i>Foodservice Packaging, Foodservice Packaging Recovery Case Study: Burrtec (Riverside, CA)</i>, www.fpi.org/Burrtec-case-study, consulté en décembre 2015.</p> <p><i>Moore Recycling Associates, EPS Foam Recycling Works at MRFs</i>, http://moorerecycling.com/7.16.15_Burrtec_CaseStudy_TS1_V'09.pdf, consulté en décembre 2015.</p>

ANNEXE 5

RETOURS D'EXPÉRIENCE - CONTACTS

PROJET				INTERVENANT CONTACTÉ	
Amérique du nord	Canada	Colombie-Britannique	District régional de North Okanagan	Dale Danallanko, directeur des opérations des installations de recyclage et d'élimination du district 250 550-3744 dale.danallanko@rdno.ca	
			Nouvelle-Écosse	Comté de Colchester	Wayne Wamboldt, directeur de la gestion des déchets solides du comté de Colchester 902 897-0450
				Dartmouth Entreprise Truefoam Limited	Ross Hudder, ingénieur fabrication/production/opération 902 468-5440 poste 229
				Comté de Kings	Andrew Garret, responsable des communications de Valley Waste Resource Management 902 679-1348 andrewg@vwrm.com
		Nouveau-Brunswick	Municipalité régionale de Peel	Trevor Barton, superviseur du programme de gestion des matières résiduelles de la municipalité régionale de Peel 905 791-7800 poste 4467 Trevor.Barton@peelregion.ca	
				Ontario	Orillia
		Markham	Claudia Marsales, directrice de l'environnement et des matières résiduelles de la Ville de Markham 905 477-7000 poste 3560 cmarsales@markham.ca		
		Toronto	Charlotte Ueta, directrice par intérim de la planification de la gestion des matières résiduelles du service de gestion des déchets solides de la Ville de Toronto 416 392-8506 cueta@toronto.ca		
		Québec	Granby Écocentre	Gilles Pelletier, responsable de l'écocentre de Granby 450 378-9976 poste 3363	
				Granby Entreprise Polyform	François Beauchesne, vice-président des ventes et du développement des affaires de Polyform 450 378-9093 poste 247 fbeauchesne@polyform.com
			Lac-Saint-Jean Régie des matières résiduelles (RMR) du Lac-Saint-Jean	Guy Ouellet, directeur général de la RMR du Lac-Saint-Jean	

PROJET				INTERVENANT CONTACTÉ
	États-Unis	Californie	Riverside Centre de tri Burrtec	Christine Cassidy, directrice du recyclage de Dart Container Corporation 315 382-0605 christine.cassidy-gaed@dart.biz
			Indianapolis Centre de recyclage DART-PRI	Christine Cassidy, directrice du recyclage de Dart Container Corporation 315 382-0605 christine.cassidy-gaed@dart.biz Brandon Shaw, directeur du marketing de Plastic Recycling Inc. (PRI) 317 341-4469 brandon@plastic-recycling.net
Europe	Allemagne			Stephan Weissenbacher, directeur de l'exportation de SSI Schäfer + 49 (0) 27 35 70 76 0 stephan.weissenbacher@ssi_schaefer.com
	Autriche			Elfriede Hell, directrice générale de la division des technologies de recyclage de Starlinger + 43 1 59955-1300 recycling.he@starlinger.com
	Belgique			Francis Huysman, directeur des opérations de Valipac francis.huysman@valipac.be
	Danemark			Michael Bentzen, directeur de KBM + 45 4826 8090 KBM@kbn.dk
	Norvège			Eirik Oland, chef des affaires externes de Grontpunkt + 47 93052492 eirik@grontpunkt.no
	Pays-Bas			Paul Christiaens, secrétaire du Conseil de Nedvang + 31 10 420 61 61 pchristiaens@nedvang.nl
	Suède			Jörgen Sabel, directeur général de Swerec + 46 (0) 370 831 70 Jorgen.sabel@swerec.se
	Suisse			Simon Sigg, chargé de projets de Swiss Recycling + 44 (0) 44 342 20 00 simon.sigg@swissrecycling.ch

