

DIRECTION ÉCOEFFICACITÉ INDUSTRIELLE

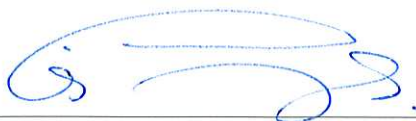
ÉVALUATION DES BESOINS TECHNOLOGIQUES EN MATIÈRE DE RECYCLAGE DES DÉCHETS DES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION AU QUÉBEC

Dossier CRIQ n° 640-PE38058

Rapport final

MADAME GINETTE BUREAU
Présidente directrice générale
RECYC-QUÉBEC
141, avenue du Président-Kennedy
Montréal (Québec) H2X 1Y4

MARC BRUNET
CONSEILLER INDUSTRIEL



LINE JAULIN, M. Sc. A.
RESPONSABLE DE PROJET
DIRECTION ÉCOEFFICACITÉ INDUSTRIELLE



MARIE-JOSÉE HARDY, MICROBIOLOGISTE
DIRECTRICE
DIRECTION ÉCOEFFICACITÉ INDUSTRIELLE

QUÉBEC, LE 26 FÉVRIER 2009

Centre de recherche
industrielle

Québec



Ce projet a été réalisé conjointement par Recyc-Québec, le Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ) et le Centre de transfert technologique en écologie industrielle (CTTÉI).

L'équipe de travail était composée de:

Centre de recherche industrielle du Québec :

Line Jaulin, M. Sc. A.: responsable de projet

Ginette Douville : technicienne

Marc Brunet : conseiller industriel

RECYC-QUÉBEC

Anne-Marie Doucet : agent de développement industriel

Centre de transfert technologique en écologie industrielle (CTTÉI)

Édith Leclerc, ing. Jr. : chargée de projet

Claude Maheux-Picard, ing., M. Sc. A. : directrice technique

	PAGE
RÉSUMÉ.....	1
1. MISE EN CONTEXTE.....	2
2. ÉTAT DE LA TECHNOLOGIE.....	2
3. DESCRIPTION DES TRAVAUX	4
4. LES FILIÈRES DE TRAITEMENT.....	4
4.1 LES TÉLÉVISEURS, MONITEURS (TUBES CATHODIQUES, ÉCRANS PLATS).....	5
A. Génération.....	5
B. Composition.....	6
C. Procédé de recyclage.....	12
4.2 LES CD/DVD.....	24
A. Génération	24
B. Composition	25
C. Procédé de recyclage.....	25
4.3 LES CARTOUCHES D'IMPRIMANTES.....	27
A. Génération	27
B. Composition	27
C. Procédé de reconditionnement.....	28
4.4 LES PLASTIQUES.....	28
A. Les plastiques utilisés dans les appareils TIC	28
B. Conséquences des ignifuges sur la santé	32
C. Gestion du plastique des appareils TIC.....	33
D. Les traitements.....	41
5. ENQUÊTE AUPRÈS DES RÉCUPÉRATEURS/RECYCLEURS.....	58
6. CONCLUSION ET RECOMMANDATION.....	64
7. BIBLIOGRAPHIE	67
ANNEXE I QUESTIONNAIRE LISTE DES ENTREPRISES CONTACTÉES.....	74
ANNEXE II SURVOL DES BREVETS ET DE LA LITTÉRATURE RÉCENTE RELATIVEMENT AU RECYCLAGE DES TIC ET DES DIFFÉRENTES MÉTHODES DE SÉPARATION DES PLASTIQUES	80
ANNEXE III QUELQUES MÉTHODES DE TRI DES PLASTIQUES.....	82

TABLE DES MATIÈRES (suite)

LISTE DES TABLEAUX

	PAGE
TABLEAU I : TÉLÉVISEURS, MONITEURS ET ORDINATEURS VENDUS AU QUÉBEC (2004 ET 2006)	5
TABLEAU II : QUANTITÉS DE MONITEURS ET DE TÉLÉVISEURS GÉNÉRÉS AU QUÉBEC EN 2006 (TONNES MÉTRIQUES).....	6
TABLEAU III : PRINCIPALES TECHNOLOGIES D'ÉCRANS PLATS.....	8
TABLEAU IV : LES DIFFÉRENTS COMPOSANTS CHIMIQUES D'UN TÉLÉVISEUR (PANASONIC)	11
TABLEAU V : QUELQUES ENTREPRISES IMPLIQUÉES DANS LE RECYCLAGE DES TUBES CATHODIQUES.....	17
TABLEAU VI : TECHNOLOGIES DE RECYCLAGE DES ÉCRANS PLATS	22
TABLEAU VII : TYPES DE RÉSINE EMPLOYÉE EN FONCTION DU TYPE D'ÉQUIPEMENT	30
TABLEAU VIII : PRINCIPAUX RETARDEURS DE FLAMME UTILISÉS DANS LES MATÉRIAUX DES TIC.....	32
TABLEAU IX : RENSEIGNEMENTS OBTENUS DES RECYCLEURS ET RÉCUPÉRATEURS QUÉBÉCOIS CONTACTÉS	34
TABLEAU X : CONTACTS AUPRÈS D'ENTREPRISES AFIN D'IDENTIFIER LES CONTRAINTES ET SOLUTIONS ASSOCIÉES AU TRAITEMENT DES PLASTIQUES IGNIFUGES	38
TABLEAU XI : TECHNOLOGIES DE TRI DES PLASTIQUES	43
TABLEAU XII : QUELQUES TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT MÉCANIQUE DES PLASTIQUES.....	46
TABLEAU XIII : QUELQUES TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT THERMIQUE DES PLASTIQUES.....	49
TABLEAU XIV : QUELQUES TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT CHIMIQUE DES PLASTIQUES	53

TABLE DES MATIÈRES (suite)

LISTE DES FIGURES

	PAGE
Figure 1 : Composition d'un téléviseur à écran cathodique.....	6
Figure 2 : Composition d'un téléviseur LCD	8
Figure 3 : Composition d'un écran plat LCD et vocabulaire adopté	9
Figure 4 : Présentation de la constitution d'un écran LCD	9
Figure 5 : Composition d'un téléviseur Plasma	10
Figure 6 : Filière de traitement en boucle ouverte	16
Figure 7 : Composition d'un cédérom.....	25
Figure 8 : Variété d'ignifuges utilisés.....	31
Figure 9 : Composantes TIC contenant des ignifuges bromés	31

RÉSUMÉ

Cette étude visait à dresser un portrait des technologies de recyclage des déchets d'équipements électriques et électroniques et, plus particulièrement, celles concernant les technologies de l'information et de la communication (TIC) soient : les téléviseurs, les écrans (ou moniteurs), les cartouches d'imprimante. Une attention particulière a été portée aux technologies de recyclage des tubes cathodiques, des écrans plats, des cartouches d'imprimantes, des CD/DVD et des plastiques.

Pour ce faire, nous avons eu la collaboration du Centre de transfert technologique en écologie industrielle (CTTÉI) qui a compilé les renseignements qu'il possède sur la problématique des plastiques. Le CTTÉI a mis à contribution l'expertise qu'il a acquise au cours des dernières années, grâce entre autres à la réalisation d'un projet sur la mise en valeur des plastiques de boîtiers d'écrans d'ordinateur grâce auquel une méthode de solvatisation sélective des ignifuges contenus dans les plastiques a été développée.

Cette revue de littérature a permis de répertorier les différentes technologies de recyclage des produits cités précédemment à travers le monde et de constater que le recyclage des plastiques demeure un problème malgré les derniers avancements technologiques.

Les technologies de traitement des tubes cathodiques (qui consistent à séparer, dans un premier temps, le verre ne contenant pas de plomb de celui qui en contient) existent, mais ces lignes de démontage ne se retrouvent que chez certains recycleurs. Au Québec, les CRT (Cathode Ray Tube ou tube cathodique) sont démontés manuellement dans les Centres de formation en entreprise et récupération (CFER), dans d'autres cas, ils sont séparés du moniteur et envoyés vers un recycleur en Ontario ou à l'extérieur du pays (États-Unis).

L'apparition sur le marché des nouvelles technologies d'écrans plats génère un nouveau type de déchet. Dans le cas des écrans à cristaux liquides qui sont les plus répandus, la préoccupation première concerne les technologies de traitement des tubes de rétro éclairage.

Une enquête a été réalisée auprès d'une dizaine de recycleurs sélectionnés à partir du répertoire des récupérateurs, recycleurs et valorisateurs de Recyc-Québec⁶⁰ afin de dresser un portrait sommaire des façons de faire actuelles et connaître les besoins technologiques de l'industrie du recyclage au Québec. Le faible taux de réponse et le manque de précision des renseignements recueillis n'ont pas permis d'identifier les problèmes technologiques vécus par les entreprises de ce secteur.

1. MISE EN CONTEXTE

Les déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) ne font qu'accroître rapidement dans le monde. Ces types de produits consomment de l'énergie, utilisent une multitude de nouveaux matériaux et contiennent un certain nombre de substances dangereuses pour l'environnement et la santé humaine. De plus, le cycle de vie de ces produits est relativement court, entraînant des flux de déchets importants à gérer. La valorisation et le recyclage de ces équipements qui arrivent en fin de vie utile s'imposent afin de valoriser cette ressource peu coûteuse comparativement aux coûts des matières premières.

Ce projet consistait à identifier les technologies de recyclage disponibles et les problèmes technologiques qui limitent actuellement le recyclage des produits électriques et électroniques, tout particulièrement ceux des technologies de l'information et de la communication (TIC), telles que : les téléviseurs, les écrans (ou moniteurs), les cartouches d'imprimante. Dans le cadre de cette étude, une attention particulière a été portée au recyclage des plastiques que l'on retrouve en forte proportion dans ces équipements.

À partir des renseignements recueillis sur les technologies et les approches de mise en valeur disponibles ou à développer, des recommandations ont été formulées sur les technologies de recyclage ainsi que les débouchés pour soutenir le recyclage des résidus de produits provenant des TIC au Québec.

2. ÉTAT DE LA TECHNOLOGIE

- Dans une récente étude de l'Agence de la protection de l'environnement (EPA)²⁷, on estimait qu'entre 1980 et 2007, environ 235 millions d'unités de produits telles que téléviseurs, ordinateurs, moniteurs, portables et périphériques ont été accumulés aux États-Unis.
- Dans la même étude, on mentionne que des 2,25 millions de tonnes de téléviseurs, cellulaires et ordinateurs arrivés en fin de vie, 18 % (414 000 tonnes) sont collectés et recyclés et 82 % (1,84 million de tonnes) sont envoyés au site d'enfouissement.
- Au Canada, en 2000, chaque Canadien a produit plus d'une tonne métrique de déchets solides et moins du quart a été recyclé⁷⁹.
- Au Canada, 140 000 tonnes d'ordinateurs, de cellulaires, de numériseurs, d'imprimantes, de téléviseurs et de télécopieurs, correspondant à 4,5 kg /habitant ont été produits en 2002⁷⁹.
- La quantité de résidus de TIC générée au Québec en 2006 a été estimée à 39 000 tonnes⁶⁴.

La plupart des pays se sont penchés sur la problématique des déchets électriques et électroniques. Les volumes toujours croissants de ce type de déchets et leur toxicité auxquels vient s'ajouter la rareté des matières premières font que ces matières ne sont plus considérées et ne devraient plus être considérées comme des déchets, mais plutôt comme une ressource. Des réglementations ont vu le jour pour permettre le réemploi, le recyclage et la valorisation de ces produits (DEEE).

Au Canada, certaines provinces se sont dotées de règlements pour encadrer la prise en charge de ces déchets. C'est notamment le cas de la Colombie-Britannique, de l'Alberta, de la Nouvelle-Écosse et de l'Ontario. Le Québec devrait proposer son règlement sur la responsabilité élargie des producteurs, Volet produits électroniques, au cours de l'année 2009.

Les filières de traitement pour le recyclage des DEEE qui permettent de détourner ce type de déchets des sites d'enfouissement sont connues. Malgré tout, il existe des fractions qui demeurent problématiques. C'est notamment le cas du traitement des CRT, plus particulièrement, du verre contenant du plomb, que l'on retrouve dans le cône et le collet.

Les générations de téléviseurs à écran plat vont faire naître de nouveaux problèmes de recyclage notamment ceux relatifs aux cristaux liquides, à l'oxyde d'indium-étain utilisé comme enduit sur l'écran et aux lampes de rétro-éclairage au mercure.

D'une façon générale, la fraction plastique provenant des DEEE demeure problématique avec la présence de retardateurs de flammes qui ne permettent pas une revalorisation traditionnelle. Une identification des fractions contenant des retardateurs de flammes et leur séparation est nécessaire.

Dans le cadre de ce travail, nous avons concentré nos efforts sur le traitement des :

- Téléviseurs , moniteurs (CRT , écrans plats)
- Plastiques
- CD/DVD
- Cartouches d'imprimantes

3. DESCRIPTION DES TRAVAUX

À partir de banques de données et de sites Internet, une revue de littérature a été réalisée afin de répertorier les différentes technologies existantes et celles en développement pour recycler les déchets d'équipements électriques et électroniques et en particulier, ceux générés par les technologies de l'information et de la communication (TIC).

Nous nous sommes attardés en particulier au traitement des tubes cathodiques (CRT) que l'on retrouve dans les téléviseurs, les moniteurs et les panneaux de contrôle, des écrans plats, des CD/DVD, des cartouches d'imprimantes et des plastiques présents en grande proportion dans les équipements électriques et électroniques des TIC.

Les plastiques, souvent amalgamés, sont ignifugés, ce qui restreint les possibilités de recyclage. Dans le cadre de ce projet, le CTTÉI a compilé les renseignements qu'il possède sur cette problématique, entre autres, grâce à la réalisation, au cours des dernières années, d'un projet sur la mise en valeur des plastiques de boîtiers d'écrans d'ordinateur où une méthode d'identification rapide des ignifuges a été développée.

Le CTTÉI a donc réalisé un portrait des technologies de recyclage des plastiques existantes dans le monde en complétant ces informations d'une revue des brevets en cours et de la littérature récente. Des contacts auprès d'entreprises ont également été effectués afin d'identifier les contraintes et les solutions associées au traitement des plastiques ignifuges et leur potentiel de transfert en contexte québécois. Les filières de traitement de ces plastiques actuellement en place au Canada ont été répertoriées.

Une enquête auprès d'une dizaine de récupérateurs/recycleurs au Québec a été menée afin de déterminer les problèmes vécus sur le terrain et d'identifier des pistes d'amélioration à mettre de l'avant. Des visites d'entreprises de recyclage ont été effectuées au Québec (3) et en Ontario (2).

4. LES FILIÈRES DE TRAITEMENT

Pour chaque catégorie d'équipements retenue dans le cadre de cette étude, nous présenterons les quantités générées au Québec, la composition de ces équipements et les procédés de recyclage utilisés.

4.1 LES TÉLÉVISEURS, MONITEURS (TUBES CATHODIQUES, ÉCRANS PLATS)

A. GÉNÉRATION

Les quantités de téléviseurs et de moniteurs vendus au Québec selon Recyc-Québec sont présentées au tableau I.

TABLEAU I : TÉLÉVISEURS, MONITEURS ET ORDINATEURS VENDUS AU QUÉBEC (2004 ET 2006)⁵⁶

PRODUITS	Estimation des unités vendues en 2004	Estimation des unités vendues en 2006
Ordinateurs de table et serveurs	535 800	548 020
Ordinateurs portables	164 030	178 130
Total ordinateurs	699 830	726 150
Écrans à tube cathodique (CRT)	356 495	214 790
Écrans plats (LCD)	289 520	393 155
Total écrans	646 015	607 945
Téléviseurs	592 938	605 983

Tiré de la fiche d'information publiée par Recyc-Québec (juin 2008) : Les résidus des technologies de l'information et des communications (TIC).

Les produits électroniques sont en constante évolution. Au cours des cinq (5) dernières années, les écrans plats sont apparus sur le marché, ce qui a entraîné une diminution des ventes d'écrans à tubes cathodiques. Les quantités de téléviseurs et moniteurs qui se retrouveront au recyclage vont donc augmenter de façon significative au cours des prochaines années.

La consommation croissante de ces produits génère une quantité de résidus elle aussi en progression constante. Les quantités de ces résidus générées au Québec en 2006 provenant des téléviseurs et des écrans sont présentées au tableau II.

Les téléviseurs représentent à eux seuls plus de la moitié des résidus TIC générés dans la province.

TABLEAU II : QUANTITÉS DE MONITEURS ET DE TÉLÉVISEURS GÉNÉRÉS AU QUÉBEC EN 2006 (TONNES MÉTRIQUES)⁵⁶

PRODUITS	Génération
Ordinateurs de table	5 888
Ordinateurs portables	712
Écrans CRT	6 834
Écrans plats	320
Téléviseurs	18 801

Tiré de la fiche d'information publiée par Recyc-Québec (juin 2008) : Les résidus des technologies de l'information et des communications (TIC)

En 2002, au Canada, 2 500 tonnes de plomb contenu dans les téléviseurs à tubes cathodiques ont été disposés et on estime que ce chiffre atteindra 3 200 tonnes en 2010⁷⁹

B. COMPOSITION

i. Composants

Les téléviseurs et moniteurs que nous retrouvons sur le marché appartiennent à deux (2) grandes familles de technologies de production d'images soit :

- La technologie des écrans à tubes cathodiques
- La technologie des écrans plats dans laquelle nous retrouvons les écrans plasma et les écrans à cristaux liquides

Les différents matériaux composant un téléviseur à écran cathodique sont présentés à la figure 1.

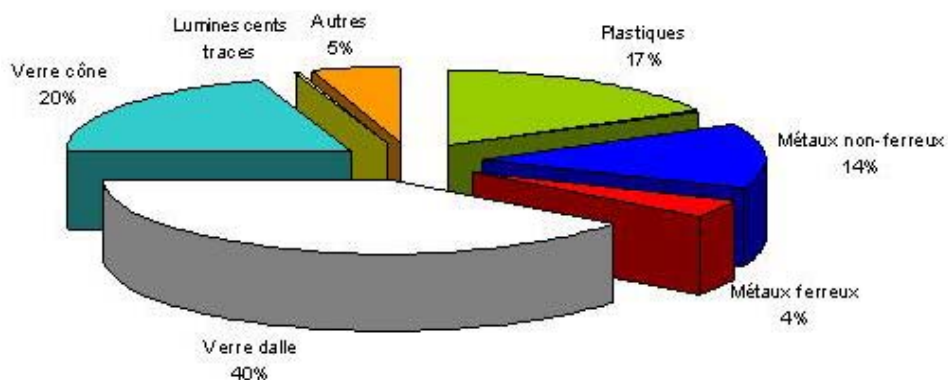


Figure 1 : Composition d'un téléviseur à écran cathodique¹⁰

La photo 1 présente les différents composants constituant un tube cathodique.



Photo 1 : Les principaux composants du tube cathodique

Les écrans plats sont en train de remplacer définitivement les écrans à tubes cathodiques (CRT). Il existe actuellement sur le marché deux courants technologiques :

- Les écrans plats de type « LCD » ou écrans à cristaux liquides qui utilisent l'indium sous forme d'oxyde d'indium-étain;
- Les grands écrans plats de type plasma qui utilisent des terres rares (Yttrium, Europium, Terbium, Gadolinium) sous forme de luminophores;

Les principales technologies d'écrans plats disponibles sur le marché sont présentées au tableau III.

TABLEAU III : PRINCIPALES TECHNOLOGIES D'ÉCRANS PLATS

SIGLE	SIGNIFICATION	TECHNOLOGIE	ÉLÉMENTS IMPLIQUÉS
PDP	Plasma Display Panel (écran plasma)	Pixels de luminophores	Terres rares
LCD AM-LCD	Liquid crystal Display and Active Matrix LCD (écran à cristaux liquides à matrice active)	Anode transparente en ITO	Indium
OLED	Organic Light-emitting Diode (diodes organiques électroluminescentes)		

Tiré de Ecomine (Mars 2003).

Les principaux constituants d'un écran LCD sont représentés à la figure 2.

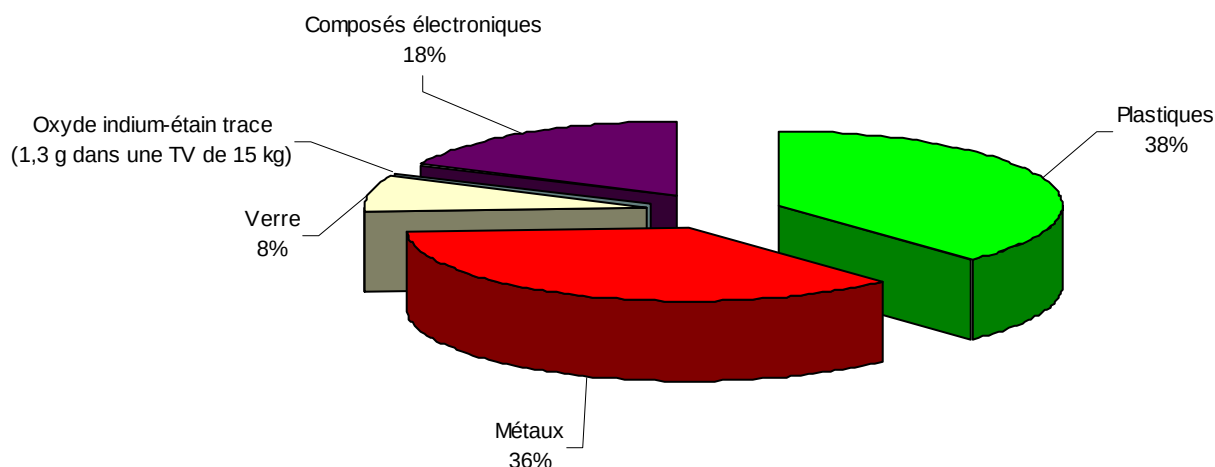


Figure 2 : Composition d'un téléviseur LCD¹⁰

On remarque que le verre ne constitue que 8 % de l'ensemble de l'écran. Un écran LCD est composé des éléments suivants :

- Un module LCD proprement dit, lui-même composé d'une superposition de feuilles plastiques, circuits imprimés, etc.
- D'une dalle en verre dans laquelle sont incorporés les cristaux liquides
- De tubes fluorescents de rétro-éclairage contenant du mercure;
- De composants électroniques.

Ces principaux constituants sont illustrés aux figures 3 et 4.

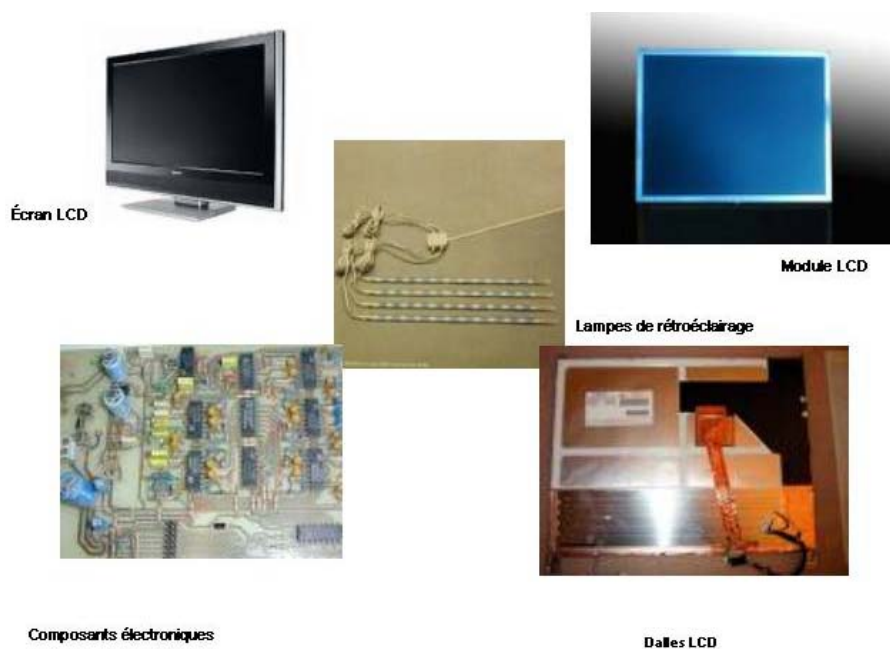


Figure 3 : Composition d'un écran plat LCD et vocabulaire adopté



Figure 4 : Présentation de la constitution d'un écran LCD⁶⁹

Les principaux matériaux constituant un écran plasma sont présentés à la figure 5.

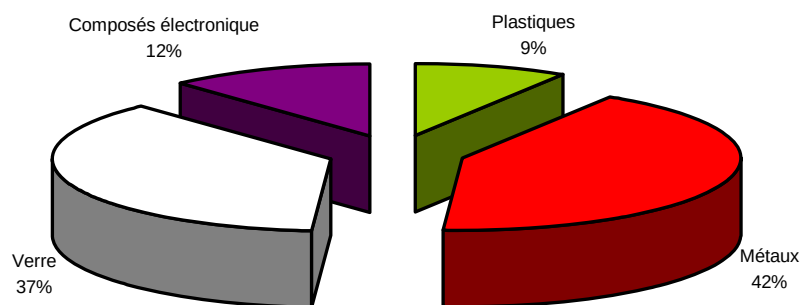


Figure 5 : Composition d'un téléviseur Plasma¹⁰

Étant donné que les compositions varient d'un fabricant à l'autre, on estime que le poids de la dalle en verre représente 40 % du poids total avec les luminescents; les plastiques représentent 5 à 10 % du poids de l'appareil et les métaux 35 à 42 %.

ii. Composants chimiques

A) Les téléviseurs

Le poids d'un téléviseur est passé de 30 à 50 kg au cours des dernières années. Le poids du tube cathodique représente à lui seul 50 % à 70 % du poids de l'appareil. Un tube cathodique est constitué à 85 % de verre (65 % dans la dalle, 30 % dans le cône et 5 % dans le collet)³⁸. Les tubes cathodiques des écrans couleur se composent de deux types de verre. Chacun d'eux a une composition chimique particulière et différente. Le verre de la dalle constituant le tube cathodique est différent de celui constituant le collet et le cône. En effet, la dalle se compose de verre contenant du baryum (Ba) ou du strontium (Sr), tandis que le cône et le cône sont composés de verre contenant de l'oxyde de plomb. La composition chimique d'un téléviseur est présentée au tableau IV.

TABLEAU IV : LES DIFFÉRENTS COMPOSANTS CHIMIQUES D'UN TÉLÉVISEUR (PANASONIC)

MATÉRIAUX	Composition (%)
Aluminium	2
Cuivre	3
Acier	10
Plastique	23
Verre	57
Autre	5

Tiré de <http://panasonic.co.jp/eco/metec/en/recycle/television/resource/>

La composition chimique d'un CRT est très variable d'un fabricant à l'autre. Les principaux éléments que l'on retrouve sont les suivants²¹ :

La dalle est le composant principal du CRT. C'est un verre dont les constituants principaux sont l'oxyde de silice (55 % à 65 %), l'oxyde de baryum (0,3 % à 14,2 %) ou l'oxyde de strontium (0 % à 11,6 %). La plupart des fabricants européens de CRT produisent un verre contenant du baryum alors que ceux provenant d'Asie produisent du verre au strontium.

Le verre du cône contient de l'oxyde de plomb dont la concentration varie entre 9,9 % et 24,6 % selon le fabricant et l'année de production. L'utilisation de calcin recyclé (poudre de verre) obtenu à partir de verre mélangé fait en sorte que l'on peut retrouver aussi de petites quantités de strontium (0 % à 0,7 %) et de baryum (0 % à 0,3 %) dans le verre des cônes.

Le collet est constitué d'un verre à base de plomb qui contient 28 % à 30 % d'oxyde de plomb.

Le verre de scellement qui unit la dalle au cône contient 80 % d'oxyde de plomb.

Les téléviseurs sont constitués d'environ 20 % (en poids) de plastique et de 90 % de polystyrène choc (HIPS) non ignifugé dans les modèles les plus récents. Pour les modèles de plus de cinq ans, on retrouve encore des retardateurs de flammes bromés dans les enveloppes arrières qui constituent la pièce principale en plastique.

B) Les écrans plats

Le poids moyen d'un téléviseur à écran plat est de 10 à 15 kg donc très inférieur à celui d'un téléviseur à écran cathodique. Les plastiques représentent 15 % du poids de l'appareil et cette proportion tend à diminuer. En effet, dans les modèles plus récents, les enveloppes en plastique sont remplacées par l'aluminium. Les plastiques utilisés sont soit le polystyrène choc (HIPS), soit le copolymère d'oxyde de polyphénylène/polystyrène (PPO/PS), mais le plus

fréquemment ce sont des alliages d'acrylonitrile butadiène styrène/polycarbonate (ABS/PC). La plupart des pièces contiennent des retardateurs de flammes non halogènes.

Les matériaux utilisés dans la fabrication des écrans plats sont variés et les proportions de chacun d'eux ne sont pas documentées. Dans le rapport du département des Ressources naturelles et des Parcs de King County⁴⁴, une liste des différents matériaux utilisés dans la fabrication des écrans LCD est présentée dont entre autres l'aluminium, le béryllium-cuivre, le borosilicate, le cuivre, le chrome, l'oxyde d'indium-étain, le plomb, le mercure, le molybdène. Parmi les métaux, on retrouve dans certains modèles du tantale, du titane, etc. La proportion de chacun de ces éléments n'est pas précisée.

C. PROCÉDÉ DE RECYCLAGE

i. Le traitement des tubes cathodiques

Deux avenues de traitement sont actuellement utilisées à travers le monde, soit :

- La filière de traitement basée sur la découpe du tube qui permet de traiter 40 à 100 tubes à l'heure avec une séparation des dalles et des cônes
- La filière de traitement basée sur le broyage du tube en entier avec une capacité de traitement de 800 tubes à l'heure impliquant la mise en œuvre en aval de procédés de tri optique des broyats.

La technologie de production d'images par tubes cathodiques représente la presque totalité des écrans arrivant en fin de vie utile. Le recyclage des verres provenant des tubes cathodiques implique systématiquement l'extraction des poudres luminescentes déposées sur la face interne de la dalle.

Les deux principales voies de recyclage des tubes cathodiques sont le recyclage en boucle fermée qui consiste à réutiliser le tube cathodique dans la fabrication de nouveaux téléviseurs. Cette avenue tend à disparaître avec la venue des nouvelles générations de télévisions et de moniteurs à écrans plats qui ont supplanté les écrans à tubes cathodiques.

La deuxième option est le traitement en boucle ouverte qui consiste à trouver de nouveaux débouchés au verre retiré des CRT. Le verre contenant des oxydes métalliques est, dans un premier temps, décontaminé et le calcin (débris de verre) produit est dirigé vers de nouvelles applications (fibre de verre, céramique, intégration dans des bétons, verre de sablage, etc.).

Les principales étapes de traitement des CRT se déclinent comme suit :

- Retrait manuel du coffrage plastique du téléviseur ou du moniteur;
- Séparation du cône de l'écran ou broyage du tube complet;

- Retrait du revêtement luminescent en utilisant des brosses et un système d'aspiration. L'air aspiré est ensuite nettoyé à l'aide d'un système de filtration de l'air et les poussières de phosphore sont piégées. Dans le cas du verre issu du broyage complet du tube, un tri optique est nécessaire.

La partie la plus délicate du traitement est la séparation du cône (verre contenant du plomb) de l'écran (verre sans plomb). Les différentes technologies utilisées sont :

- **L'utilisation d'un fil chauffant au nichrome**

Un fil ou ruban de Nichrome est placé autour du CRT et chauffé électriquement durant 30 secondes causant un différentiel thermique au niveau du verre. Cette partie est ensuite refroidie, causant ainsi un choc thermique qui fait craquer le verre. Le panneau frontal en verre peut alors être séparé du cône.

- **Le choc thermique**

Le tube cathodique est soumis à une chaleur localement puis refroidi sous un courant d'air frais. Le stress créé au niveau du verre de scellement permet de séparer le cône (verre avec plomb) de la dalle (verre sans plomb).

- **Le découpage au laser**

Un rayon laser chauffe le verre. Cette même partie est ensuite refroidie grâce à un jet d'eau froide qui engendre le craquage du verre et permet de séparer les deux parties (cône et dalle).

- **Le découpage par disques diamantés**

La plus récente avancée dans le domaine est le découpage grâce à des scies en alliage diamant. Cette technique évite les risques d'éclatement et de mélange entre le verre du cône et celui de la dalle. Cette technologie est utilisée par CRT Heaven (GB) et MRT (Suède).

Traditionnellement, le verre contenant du plomb est envoyé dans des fonderies au plomb (ex. : Xstrata, Boliden, Umicore). Le verre est utilisé comme fondant en remplacement du sable. Le verre se retrouve dans la scorie et peut alors être recyclé dans des agrégats routiers. Mais la quantité de verre provenant des CRT pouvant être utilisée dans ce type d'application est limitée aux fonderies qui utilisent du sable capable de tolérer du plomb et dont la conception permet l'introduction de verre provenant des CRT^{37, 38}.

Selon une étude du *Waste Action & Resources Program*³⁹, il existe un certain nombre d'avenues potentielles pour le recyclage des CRT. Ce sont notamment des applications dans la fabrication de tuiles et de briques décoratives, de fibres de verre (procédé Misapor en Suisse et Hasapor en Norvège).

Une bonne partie du verre dépollué trouve son débouché principal en « boucle fermée » puisqu'il est réutilisé dans la production de nouveaux tubes cathodiques. Toutefois, le procédé

de fabrication est très sensible aux contaminants et le verre provenant des CRT doit être exempt de contaminants.

Le verre contenant des oxydes de métaux peut être traité afin de le débarrasser de ces composés métalliques. Deux technologies connues à l'heure actuelle permettent de retirer l'oxyde de plomb et, dans une moindre mesure, les oxydes de baryum et de strontium du verre afin de les rendre propres à une nouvelle utilisation.

Ces deux méthodes d'extraction⁴⁰ sont les suivantes :

- La fonte du verre contaminé afin de réduire les oxydes métalliques présents en métaux. Les conditions réductrices sont atteintes grâce à l'utilisation de carbone ou d'aluminium. Le métal généré sous forme de billes tombe dans le fond du bain alors que le verre reste liquide.
- La séparation par procédé électrolytique, du verre des oxydes métalliques en appliquant un courant dans un bain fondant de verre mélangé. Les ions métalliques sont attirés par l'anode sous forme réduite de métal.

Aux États-Unis, on dénombre quelques recycleurs en boucle fermée.

- Envirocycle inc. situé à Hallstead (PA) et Nxtcycle inc. à Mesa (AZ) ont fusionné pour former Amandi Services, la première infrastructure nationale de recyclage des déchets électriques et électroniques aux É.-U. En octobre 2007, la compagnie a été rachetée par Eco | International (www.amandiservices.com). Cette dernière dispose d'installations de traitement dans trois villes, soit : Los Angeles (CA), Houston (TX) et Vestal (NY). Trois nouvelles usines doivent voir le jour en 2008, une dans le Nord-Ouest, une dans le centre et une autre dans le sud des États-Unis.
- Dlubak Glass Company (www.dlubak.com) qui est le plus grand recycleur de verre en Amérique du Nord. Cette entreprise traite le verre provenant des automobiles. Cela représente 75 % de ses activités. 10 % de ses activités sont consacrées au traitement du verre provenant de l'éclairage, 10 % au verre des CRT (moniteur et téléviseur) et 5 % pour des produits variés.
- Ecoglass Recycling inc. située dans le New Jersey, concentre ses activités dans le recyclage des CRT en boucle fermée.

La venue des nouvelles technologies d'écrans au plasma et à cristaux liquides fait que l'avenue de traitement en boucle fermée sera bientôt obsolète.

De nouveaux débouchés en « boucle ouverte » émergent. Ce sont notamment les filières en isolation thermique et dans l'industrie céramique qui semblent les plus prometteuses. Des études ont été réalisées à l'université de Staffordshire au Royaume-Uni pour utiliser le verre provenant du cône et du panneau dans la fabrication de briques décoratives. Une utilisation potentielle dans des isolants légers à base de verre a été relevée en Norvège (Hasapor) et en

Suisse (Misapor) qui inclurait environ 20 % de verre provenant des panneaux de CRT dans leur formulation.

Le recyclage par pyrométallurgie^{37, 38}, adoptée par Métallo-Chimique à Beerse en Belgique, produit du cuivre et du plomb. Les tubes cathodiques sont introduits en entier dans le four, en substitution du sable. Le plomb contenu dans le verre est récupéré sous forme de métal, de même que le cuivre et l'étain. Lors de la fusion, un ensemble de matières vitreuses se forment à la surface des métaux, c'est le laitier de fusion dans lequel on retrouve la silice du verre au plomb et du verre au baryum et le baryum lui-même. Ce laitier est lui-même valorisé en matériau de construction. Les terres rares sont récupérées dans les scories du four et stabilisées. Elles pourraient servir d'adjuvants dans des ciments.

Un projet européen intitulé Eco TV a repris des pistes de valorisation dans lequel on utilise le verre recyclé des CRT dans la fabrication de matériaux de construction comme du carrelage en céramique, du moussage de verre pour une utilisation en panneaux ou comme additif isolant dans la fabrication de ciment⁷.

Schott-Glass en Allemagne a conduit avec succès des essais visant à utiliser le calcin, provenant du verre recyclé des dalles de CRT, comme matière première pour la fabrication de contenant en verre²¹.

Les verres nettoyés ont plusieurs voies de valorisation :

- La confection de fibre de verre pour les matériaux isolants dans le secteur de la construction ou pour le coffrage de planchers
- L'utilisation comme agrégat dans la construction, pour la finition de revêtement de sol et pour la fabrication de briques et de panneaux translucides.

Les filières de traitement en boucle ouverte sont résumées par SIMAVELEC⁶⁹ dans la figure 6.

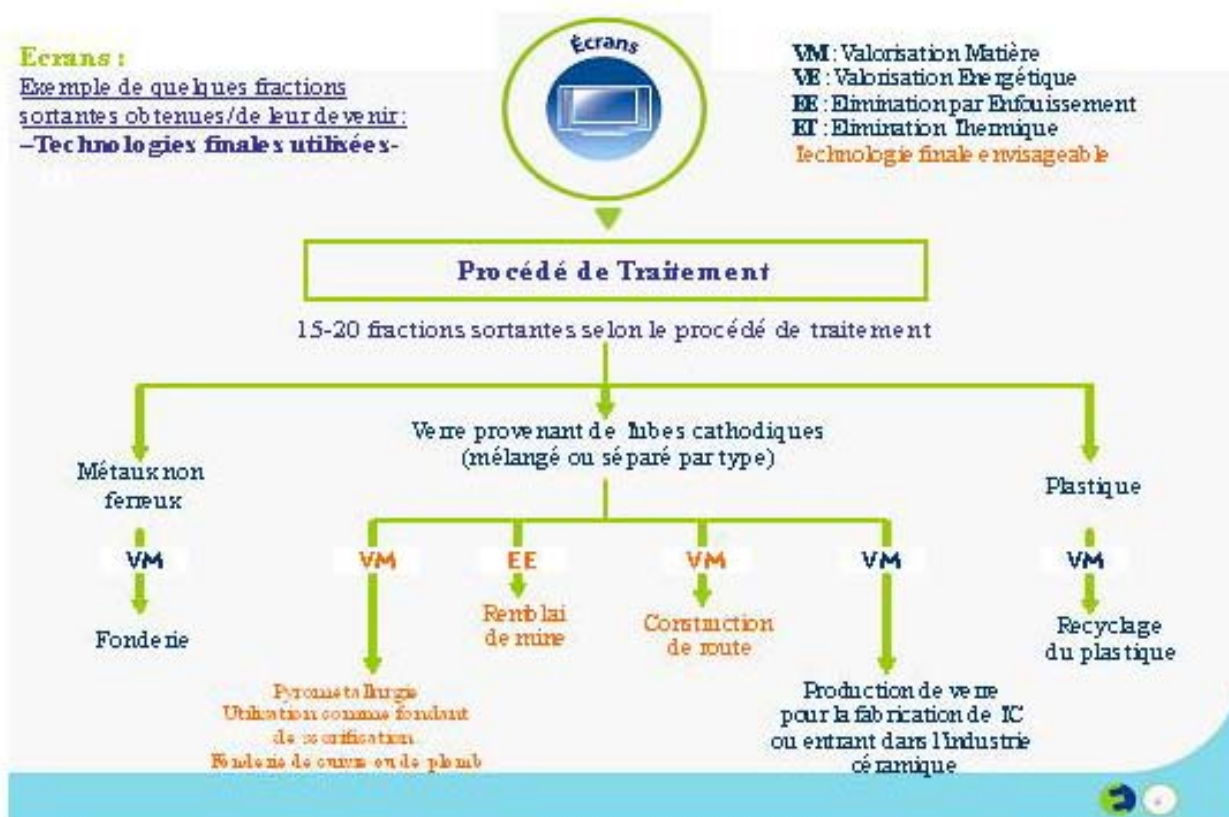


Figure 6 : Filière de traitement en boucle ouverte

Quelques entreprises impliquées dans le recyclage des tubes cathodiques sont répertoriées dans le tableau V.

TABEAU V : QUELQUES ENTREPRISES IMPLIQUÉES DANS LE RECYCLAGE DES TUBES CATHODIQUES

ENTREPRISE	TYPE DE TRAITEMENT	FRACTIONS SORTANTES	CAPACITÉ	REMARQUE/RÉFÉRENCE
MÉTALLO-CHIMIQUE (BELGIQUE)	Recyclage en fusion des tubes. Les tubes sont introduits en entier dans le four, en substitution du sable. Le verre étant du sable déjà fondu, sa substitution au sable dans le four permet d'économiser de l'énergie.	Silice de verre au plomb Silice de verre au baryum Baryum	1 000 tonnes de tubes par mois, soit 600 à 800 tonnes de verre	(37,38)
PATÉ SAS (France)	Fractions entrantes : CRT entiers ou cassés Broyage du tube complet, préparation granulométrique et séparation par tri optique. Enlèvement des poudres lumineuses par friction des éléments par voie sèche	Verre cône lavé-poli Verre dalle lavé-poli Fines de verre cône Fines de verre dalle Poudres et poussières de verre	Production de calcin industriel à partir du verre des CRT	Effectue industriellement la dépollution et le traitement du verre de tubes démantelés et fournit en boucle fermée, du verre broyé, dépollué et trié aux fabricants (Philips, Thomson, etc.).
NXTCYCLE (USA, AZ) une division de National Environmental Waste qui fait partie d'Éco Services depuis 2006	Le matériel collecté par NXTCycle est démantelé par les prisonniers de la prison d'État de Gunnison. Un auto-broyeur (auto-shredder) est utilisé pour certains composants des CRT et le fluff résiduel est enfoui. ABS et HIPS sont recyclés et le verre des CRT est envoyé chez Envirocycle pour traitement.	Verre dalle Verre cône Plastiques : ABS et HIPS Fluff	20 000 moniteurs/mois	
DLUBAK GLASS Company (USA, AZ et OH)	Il recycle le verre provenant des automobiles, de l'industrie de l'éclairage et finalement, des CRT. Les CRT sont démantelés par les industries de la prison fédérale		300 000 tonnes de verre/année. 20 à 30 camions arrivent chaque jour à l'usine de Sandusky (OH)	50 employés aux É.-U. http://www.dlubak.com/

ENTREPRISE	TYPE DE TRAITEMENT	FRACTIONS SORTANTES	CAPACITÉ	REMARQUE/RÉFÉRENCE
	(UNICOR).			
ECO International Quatre usines en service, trois aux É.-U. et une à Mexico. On doit ouvrir trois autres installations aux É.-U. en 2008.	Fait du recyclage de CRT depuis 1991. Toutes les unités reçues sont inspectées afin de séparer les unités qui peuvent être revendues. Les unités sans valeur sont traitées. Le recyclage du verre des CRT est d'environ 2 semaines. En moins d'un mois, le calcin est revendu.	Verre Métaux plastiques	Inconnue	300 employés http://www2.epix.net/~enviro/ http://www.amandiservices.com/solutions.php
SCHOTT-GLASS Installations à travers le monde : É.-U. et Europe	Fraction entrante verre dalle A fait des essais d'introduction de calcin obtenu à partir de verre des dalles des CRT dans les verres qu'ils produisent.	Verre	Inconnue	http://www.us.schott.com/english/index.html ⁽¹⁹⁾
NULIFE GLASS GB)	Fractions entrantes : verre A développé une technologie de séparation par convertisseur électrolytique du plomb dans le verre. Le procédé est une invention de Simon Greer et consiste en un four unique décrit comme « <i>glass making in reverse</i> ». Ils produisent des lingots de plomb purs à 99,7 %. Le verre se retrouve dans le sable qui peut être utilisé comme agrégat ou par l'industrie des céramiques. Le niveau de plomb dans le verre est réduit à plus de 90 % et le plomb résiduel se retrouve emprisonné dans la matrice verre, ce qui le rend non lixiviable.	Plomb Verre	Capacité de traitement théorique : 2 à 10 tonnes de verre plombé/jour	http://www.nulifeglass.com

ENTREPRISE	TYPE DE TRAITEMENT	FRACTIONS SORTANTES	CAPACITÉ	REMARQUE/RÉFÉRENCE
DMC RECYCLING (USA, NH)	Démantèlement des CRT et envoi le verre vers une fonderie.	Verre dalle Verre cône	500 tonnes de moniteurs/an	http://www.dmc recycling.com/services/monitor.htm
COVED (France)	Plateforme spécialisée dans le démantèlement d'écrans et le traitement des DEEE. Ligne semi-automatisée de démantèlement d'écrans.	Verre dalle Verre cône	100 000 écrans/année, soit près de 100 écrans/h	En fonction depuis novembre 2007 http://www.actu-environnement.com/ae/news/coved_saur_inauguration_ecosynthese_plateforme_traitement_echans_DEEE_riom_3822.php4
TITECH (Norvège)	Fractions entrantes verre de CRT lavé et poli. Le <i>X tract</i> pour déchets électriques est également utilisé pour la préparation du verre d'écran (verre CRT) provenant des écrans d'ordinateur et des téléviseurs. Grâce à ce procédé mécanique à sec de différenciation des densités, le verre de la face du tube cathodique contenant de l'oxyde de baryum est séparé du verre du cône contenant du plomb (proportion d'environ 60/40). Pour la première fois, il est possible de réaliser en grande quantité jusqu'à 6 tonnes/h, une valorisation de qualité de ces deux fractions. Les autres étapes de ce nouveau processus de préparation sont le concassage, le lavage, le tamisage et le triage. Le contrôle optique (manuel ou par	Verre cône Verre dalle	4 à 14 tonnes/h	http://www.titech.com/default.asp?V_LANG_ID=2

ENTREPRISE	TYPE DE TRAITEMENT	FRACTIONS SORTANTES	CAPACITÉ	REMARQUE/RÉFÉRENCE
	caméra) permet d'atteindre des taux de pureté allant jusqu'à 99,98 %.			
METEC (Matsushita Eco Technology Center Co.) (Japon)	En fonction depuis 7 ans. Usine « verte » dédiée entre autres au traitement des téléviseurs cathodiques. Se dit prêt à accueillir des écrans plats. Les CRT sont sciés pour séparer le verre frontal du reste. Après nettoyage à sec et concassage, ils sont refondus et servent à la fabrication de nouveaux tubes dans d'autres usines au Japon et remoulés pour entamer une nouvelle vie comme soubassement pour appareil électroménager, siège d'agrément ou servir comme matériau de construction.	Verre dalle Verre cône	Inconnu	Déchetcom 21/02/20089
CRT Processing (USA)	En fonction depuis 2004 Traitement en boucle fermée (« Glass-toGlass Recycling ») Fractions entrantes : TV et moniteurs. Les équipements sont démantelés et broyés puis triés en fractions de plastique, métal et verre	Plastiques, métaux et Verre Le verre sortant est trié par type et selon sa composition chimique de façon à produire un verre broyé appelé calcin pour l'industrie du verre	75 000 livres d'équipements électriques et électroniques par jour	A recyclé plus de 60 millions de livres de produits électroniques en 2008 dont 1/3 étaient des TV et des moniteurs contenant des CRT www.crtprocessing.com

ii. Le traitement des écrans plats

Le marché des écrans plats (écrans LCD et écrans plasma) est en pleine croissance. Ce sont les écrans à cristaux liquides qui accaparent la plus grande part du marché. Les technologies de traitement dans le but de recycler ces équipements sont rares. Celles pour lesquelles nous avons recueilli de l'information en sont, pour la plupart, au stade de développement. Les volumes d'appareils à traiter à ce jour demeurent faibles et la mise en place d'équipement de traitement n'est pas encore justifiée selon les acteurs dans le domaine. Il existe quelques installations de traitement en fonction en 2008, soit notamment l'installation allemande du groupe Vicor GmbH à Berlin et le site de traitement d'Écosynthèse en France.

Pour l'instant, le démantèlement des écrans plats est manuel. Chaque tube de rétro éclairage, contenant du mercure, est séparé, puis dirigé vers les filières spécifiques de traitement des tubes et lampes à décharge. Le démantèlement manuel requiert 20 à 25 minutes, alors qu'il ne faut que cinq minutes pour démanteler un CRT, ce qui rend leur coût de traitement plus élevé que celui des CRT.

Une alternative de traitement consiste en une désintégration de l'appareil au complet sous atmosphère confinée avec captation des poudres et des éléments volatils. Le centre de recherche VÉOLIA PROPRETÉ travaille actuellement sur une étude pour le démantèlement et le recyclage des écrans plats. Des travaux sont aussi en cours au Japon pour améliorer la conception de ces nouveaux produits.

En théorie, les cristaux liquides qui sont incorporés dans la dalle ne nécessitent pas d'extraction avant la fusion. Toutefois, dans le but de les séparer et de récupérer l'oxyde d'indium-étain, dont les réserves naturelles sont limitées, des programmes de recherche sont en cours de développement⁵¹. En effet, les réserves mondiales d'indium exploitables sont estimées à 2 800 tonnes et la production annuelle est d'environ 580 tonnes.

Le prix de l'indium est passé 70 \$/kg en 2001 à 600 \$/kg en 2005. Le Japon fait figure de pionnier en matière de récupération de l'indium. Une nouvelle méthode respectueuse de l'environnement et moins coûteuse a été mise au point par une équipe conjointe de *Sharp* et du *Tokyo Institute of Technology*. Elle utilise un plasma d'air à pression atmosphérique pour graver la couche d'indium-étain et condenser ensuite l'indium sur une plaque de verre. L'équipe est parvenue à récupérer ainsi 80 % de l'indium des écrans LCD en 30 secondes.

En attendant l'aboutissement de ces travaux et compte tenu des faibles quantités d'écrans collectés, certains recycleurs stockent provisoirement les dalles après le démantèlement et l'extraction des lampes fluorescentes.

Les étapes de traitement d'un écran LCD sont au nombre de trois :

- Étape 1 : Démantèlement de la coque plastique
- Étape 2 : Démontage des coques plastiques et des éléments électroniques

- Étape 3 : Extraction manuelle des lampes au mercure. Trois produits résultent de ces opérations soit : les lampes au mercure qui sont dirigées vers une filière de traitement dédiée à ce type de lampe (ex. : Recylum en France), la dalle LCD et les métaux ferreux et non-ferreux.

Les technologies de démantèlement des écrans LCD permettent d'atteindre des taux de valorisation supérieurs à l'objectif réglementaire de 75 % de valorisation exigé par la directive européenne 2002/96/CE relative aux déchets d'équipements électriques et électroniques(DEEE).

La valorisation⁶⁹ des sous-produits issus du démantèlement des écrans LCD concerne :

- Les plastiques séparés, principalement ABS et polyméthacrylate de méthyle (PMMA) qui représentent plus de 40 % du poids total;
- Les métaux comptant pour le tiers du poids de l'appareil;
- Les cartes électroniques représentant 15 % du poids total;
- Le verre de la dalle, correspondant à un peu moins de 10 % du poids de l'appareil.

Les différentes technologies de recyclage des écrans plats répertoriées sont présentées au tableau VI.

TABLEAU VI : TECHNOLOGIES DE RECYCLAGE DES ÉCRANS PLATS (LCD ET PLASMA)

NOM DE LA COMPAGNIE	PAYS	TYPE D'ÉCRAN	TECHNOLOGIE PROPOSÉE	ÉTAT DE LA TECHNOLOGIE/ RÉFÉRENCE
Institut de technologie de Tokyo (Takayuki Watanabe) et Sharp	Japon	Écran LCD	Récupération de l'indium des écrans LCD. Grâce à un plasma d'air à pression atmosphérique, l'indium est condensé sur des plaques en verre. L'équipe est parvenue à récupérer ainsi 80 % de l'indium d'écrans LCD en 30 secondes	En développement (Déchetcom - octobre 2007)
Vicor GmbH	Allemagne	Écran LCD	Projet pilote de recyclage. Les écrans LCD sont démantelés manuellement afin de séparer le verre des cristaux liquides. Les cellules sont broyées mécaniquement. Pour extraire les cristaux liquides, leur fluidité est augmentée en les chauffant dans une enceinte sous vide de façon à supprimer l'effet	En développement Electrical and Electronic Products Infrastructure Facilitation. Nolan-ITU Pty Ltd. Janv. 2004 http://www.institutduverre.fr/vol%206-4/varray.pdf

NOM DE LA COMPAGNIE	PAYS	TYPE D'ÉCRAN	TECHNOLOGIE PROPOSÉE	ÉTAT DE LA TECHNOLOGIE/ RÉFÉRENCE
			électromagnétique. Ils sont ensuite détruits par combustion catalytique et le verre est récupéré à 70 %.	
Université de York soutenu financièrement par le ministère de l'Industrie (DTI) et neuf partenaires et la Resource Efficiency Knowledge Transfert Network	Angleterre	Écrans LCD	Une technologie permettant de récupérer le mélange de cristaux liquides que contiennent les appareils LCD. Ce mélange serait alors recyclé sous forme de différents LCD (récupération du dépôt sous forme de film composé de 15 à 20 substances situées entre deux glaces en verre des écrans LCD) et ainsi réintégrer les substances à nouveau dans le processus de fabrication de nouveaux écrans, ou de les commercialiser de manière séparée.	En fonction Université York Septembre 2006
Site de démantèlement d'Écosynthèse (Groupe COVED)	France	Écrans LCD et plasma	Travaux de recherche en cours sur le traitement des écrans LCD et plasma. Écosynthèse est un site de recyclage des lampes au néon agréé par Reyclum ce qui lui permet de traiter directement les néons contenus dans les LCD. Le traitement s'effectue avec des filtres à charbon actif et aspiration des vapeurs de mercure et de sodium et des dépôts luminophores. Le verre est ensuite broyé et envoyé à des refondeurs qui fournissent les fabricants Philips et Osram en calcin.	En fonction depuis novembre 2007 Recyclage et Récupération n° 30, Septembre 2008
Projet européen Eco Tv est un sous-projet de la perspective des opérations régionales cadre (<i>Regional Framework Operation, RFO</i>) 2007-2013 et est cofinancé par l'Union européenne dans le cadre du programme de coopération interrégionale <i>Interreg IIIC South</i> . L'initiative vise à mettre en place une stratégie permettant l'utilisation conjointe de	Allemagne, France, Hongrie, Espagne	Écrans LCD et plasma	Le projet européen Eco Tv a permis de mettre au point une technique innovante permettant de recycler les composants hautement polluants que l'on retrouve dans les écrans de télévision et d'ordinateur et de les transformer en matériaux tels que carrelage en céramique, matériaux d'isolation, géopolymères, ciment ou encore verre moussant.	Projet en cours, fin prévue en 2009 http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/52593.htm

NOM DE LA COMPAGNIE	PAYS	TYPE D'ÉCRAN	TECHNOLOGIE PROPOSÉE	ÉTAT DE LA TECHNOLOGIE/ RÉFÉRENCE
fonds structurels dans quatre régions de l'Union européenne : la Saxe-Anhalt (Allemagne), la région Centre (France), la Grande plaine du Nord (Hongrie) et la région de Valence (Espagne)				

Les technologies de démantèlement et de recyclage des téléviseurs et moniteurs sont connues. Les filières de prise en charge des produits dérivés existent, toutefois elles se limitent dans bien des cas à l'envoi de ces produits vers des fonderies. Les principales problématiques de traitement concernent la prise en charge des CRT et plus particulièrement la séparation des verres contenant du plomb de celui n'en contenant pas.

Les écrans plats viennent d'apparaître sur le marché, les technologies de recyclage de ces produits en fin de vie utile font l'objet de travaux de recherche notamment au niveau des cristaux liquides qui pourraient, compte tenu de leur champ électrostatique important, former une couche isolante très mince à la surface de l'eau et conduire à l'eutrophisation du milieu aquatique. Ils sont aussi difficiles à biodégrader et ils pourraient donner lieu à une bio-accumulation dont les effets ne sont pas encore connus. Toutefois, ces mêmes champs électromagnétiques font que les molécules de cristaux liquides sont demeurées fermement attachées aux plaques supports. Le risque de pollution en milieu aquatique est alors très faible.

Au Québec, la plupart des téléviseurs et moniteurs récupérés sont démantelés. Il n'existe aucune infrastructure de recyclage de ces produits. Les sous-produits issus du démantèlement sont ensuite envoyés pour la majorité à l'extérieur de la province pour traitement. La collecte de ces produits nécessiterait d'être mieux structurée et encadrée afin de favoriser leur reprise à la fin de leur vie utile et d'éviter leur disposition.

4.2 LES CD/DVD

A. GÉNÉRATION

Les supports optiques d'information sont très variés : CD-ROM, CD-R, CD-RW, DVD-ROM, DVD+R, DVD-R, DVD+RW, HD-DVD. Tous se présentent sous la forme d'un disque de 120 mm de diamètre et de 1,2 mm d'épaisseur.

Selon l'Institut de la statistique du Québec, les ventes de CD/DVD au Québec en 2007 étaient de 12 247 000 unités. Ces données ne concernent que les enregistrements sonores et ne comprennent pas les unités vierges.

B. COMPOSITION

i. Composants

Les principaux matériaux constituant le CD-ROM sont présentés à la figure 7.

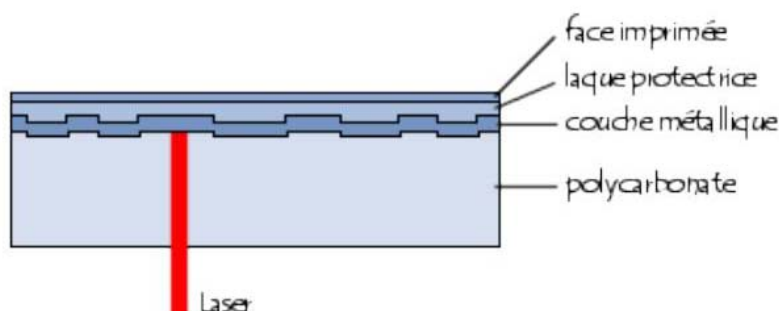


Figure 7 : Composition d'un cédérom

ii. Composition chimique

Le CD est une pièce assez simple constituée à 90 % (poids) d'un substrat en matière plastique (polycarbonate) et d'une fine pellicule métallique réfléchissante (or 24 carats ou alliage d'argent). La couche réfléchissante est recouverte d'une laque anti-UV en acrylique créant un film protecteur pour les données. Finalement, une couche supplémentaire peut-être ajoutée afin d'obtenir une face supérieure imprimée.

C. PROCÉDÉ DE RECYCLAGE

Il existe deux voies pour le recyclage des CD/DVD soit :

- Une voie chimique
- Une voie mécanique

La voie chimique consiste à transformer le polycarbonate constituant 90 % du CD en 1,3-Diméthyl-2-imidazolidinone et bisphénol A, deux produits utilisés pour des procédés chimiques.

SONY a développé une technologie permettant de recycler le plastique des DVD afin d'en faire un plastique ignifuge. Les DVD sont d'abord réduits finement en morceaux. Du styrène, pour améliorer la résistance aux chocs, ainsi qu'un renfort minéral, sous forme de poudre pour augmenter la dureté, et un agent ignifugeant sont ensuite ajoutés. Le mélange est chauffé à 260 °C. L'agent ignifugeant est obtenu en réduisant en morceaux des bobines de cassettes vidéo, faites de copolymère acrylonitrile/styrène. Ce plastique réagit ensuite avec du trioxyde de soufre gazeux, puis est neutralisé à la soude. Le produit est ensuite séché pour donner l'agent ignifugeant⁴⁸.

La voie mécanique est une technique de séparation mécanique des couches développée par la société anglaise Polymers Reprocessors (PRL). Cette dernière offre un procédé complet de traitement des CD et de leur emballage qui permet un retour à 100 % du matériel dans les applications du marché.

Le procédé comprend les étapes suivantes :

- Le **papier** est transformé et entre dans la fabrication de carton.
- Le **boîtier** est réduit à l'état de granules qui sont, par la suite extrudées afin de produire des granules de polystyrène cristallin utilisables dans différentes applications.
- Le **CD** est traité grâce à un équipement développé et breveté par PRL qui permet de séparer les laques, l'aluminium et le polycarbonate. Le polycarbonate est ensuite réduit à l'état de granules servant à alimenter une presse à injection. Le produit est un plastique qui est utilisé dans diverses applications. Le reste de la séparation entre dans la composition d'isolants de câbles électriques.

En 2004, une compagnie japonaise, Kankyo Assist Co., Ltd du groupe Taiyo Yuden, un des gros producteurs de CD et de DVD au Japon, a démarré un projet de recyclage du polycarbonate.

Au Canada, la compagnie Targray, fondée en 1989, est un fournisseur de matériaux et de consommables utilisés dans la fabrication de médias optiques (CD et DVD) qui offre aux producteurs, à la population et aux recycleurs un service de reprise des vieux CD/DVD (vierges, marqués ou emballés) dans le but de les recycler. Leur bureau de Montréal leur sert uniquement d'entreposage et de tri. Dans le cas de destruction physique, ils vont briser sur place les CD en deux ou trois morceaux et remettre des certificats de destruction. Le recyclage se fait actuellement en Chine. En octobre 2008, ils comptaient ouvrir un centre à Kirkland où se ferait le pressage-ballotage, le moulage et le meulage.

En Europe de l'Est et en Asie, les fabricants vont parfois utiliser du polycarbonate recyclé. Ce n'est pas le cas en Amérique du Nord et en Europe de l'Ouest parce que celui-ci n'est pas jugé d'assez bonne qualité. Le polycarbonate recyclé est plutôt utilisé dans l'industrie automobile (écran de phares). L'industrie automobile canadienne et américaine traverse une période creuse, la demande en polycarbonate recyclé a ainsi diminué. De plus, avec le ralentissement des opérations industrielles en Chine causé par les Jeux olympiques, Targray observe également une diminution de demande (neuf et recyclé). Targray utilise un pourcentage de polycarbonate recyclé (10 %) pour fabriquer de nouveaux produits, mais il y a beaucoup d'additifs à ajouter pour obtenir une résine de qualité.

Targray récupère les rejets industriels des fabricants de CD, incluant les boîtiers de CD (polystyrène) rigides et généralement clairs, donc faciles à recycler. La valeur du polycarbonate recyclé varie en fonction de la constance de sa granulation. Ils récupèrent aussi quelques métaux (nickel, aluminium) provenant de la conception de CD.

4.3 LES CARTOUCHES D'IMPRIMANTES

A. GÉNÉRATION

Selon les données publiées par Recyc-Québec⁵⁷ les quantités d'imprimantes à disposer en 2006 au Québec étaient de 4 852 tonnes métriques.

B. COMPOSITION

Les cartouches d'impression ne sont pas standard et dépendent du modèle et de la marque de l'imprimante. Il existe deux grandes familles d'imprimantes soient :

- Les cartouches d'impression à jet d'encre
- Les cartouches d'impression laser

Les têtes d'impressions à jet d'encre utilisent de l'encre liquide contenue dans un réservoir. La tête proprement dite est percée de fins canaux remplis d'encre et un système de chauffage électrique produit des variations de pression qui expulsent des gouttelettes sur la feuille, formant des points.

Le fonctionnement global d'une imprimante laser est le suivant : un ioniseur de papier charge les feuilles positivement. Le laser charge le tambour positivement en certains points formant les caractères à imprimer grâce à un miroir pivotant. Ainsi, l'encre sous forme de poudre appelée aussi *toner*, chargée négativement, se dépose sur les parties du tambour ayant été préalablement chargées par le laser. En tournant, le tambour dépose l'encre sur le papier. Un fil chauffant appelé coronaire permet enfin de fixer l'encre sèche sur le papier.

i. Composants

Une cartouche d'encre pour imprimante comporte habituellement les composants suivants :

- Un ou plusieurs réservoirs d'encre contenant de l'encre emprisonnée dans un feutre.
- Une tête d'impression pour chaque réservoir (facultatif, parfois la tête se trouve sur l'imprimante elle-même).

- Une puce électronique (facultative) permettant à l'imprimante de connaître le niveau d'encre, etc.

De façon générale, les cartouches sont essentiellement constituées de plastique, de métal et de poudre d'encre.

ii. Composition chimique

Les cartouches d'imprimantes sont composées principalement de métaux ferreux, métaux non-ferreux, plastiques et d'encres. Les composants entrant dans la fabrication de ces dernières sont très variables d'un fabricant à l'autre. Aucune donnée précise sur la composition chimique des cartouches n'a été identifiée.

C. PROCÉDÉ DE RECONDITIONNEMENT

La plupart des grandes compagnies qui fabriquent des imprimantes ont un service de reconditionnement et de recyclage de cartouches d'impression. C'est le cas d'HP, Sony, Ricoh, Lexmark, Lenovo, Panasonic, Canon, Xerox, etc.

Le reconditionnement d'une cartouche consiste en un démontage et un nettoyage des pièces, un changement des pièces défectueuses et une recharge des cartouches afin de les réintroduire dans le marché sous forme de cartouches dites réusinées. Cette opération peut-être effectuée plusieurs fois.

Dans le répertoire québécois des récupérateurs, recycleurs et valorisateurs de Recyc-Québec, on dénombre 129 entreprises s'affichant comme faisant la reprise de cartouches d'imprimantes à travers la province de Québec.

4.4 LES PLASTIQUES

A. LES PLASTIQUES UTILISÉS DANS LES APPAREILS TIC

Les principaux plastiques utilisés dans la fabrication des appareils TIC sont les suivants :

- ABS (acrylonitrile butadiène styrène);
- HIPS (*High Impact Polystyrene* ou polystyrène choc);
- PVC (chlorure de polyvinyle);
- PPO (oxyde de polyphénylène);
- PC (polycarbonate);
- Mélanges type PC/ABS, PC/HIPS ou ABS/PVC.
- TBBP-A (Tétrabromobisphénol A)

Il y a presque autant de mélanges de types de plastique qu'il y a de modèles d'appareils TIC. Le choix dépend de la fonction de la pièce de plastique et du coût de la matière.

En 1999, une étude a été faite au Minnesota³¹ pour identifier les types de plastique les plus couramment employés pour ces applications. Une collecte d'équipements électriques et électroniques usagés a été réalisée à travers l'état du Minnesota sur une période de trois mois. Les sites de collecte ont été sélectionnés de manière à s'assurer de la représentativité des produits collectés (géographique et démographique). Les équipements collectés provenaient d'organismes, privés, publics, à but lucratif et à but non lucratif.

Sept cents tonnes de produits ont été collectées dont 575 tonnes étaient des produits électroniques. Les équipements ont été envoyés dans un centre de tri (WM-ARG) et catégorisés en cinq grandes familles, soit :

- 1 Les téléviseurs
- 2 Les moniteurs
- 3 Les ordinateurs personnels incluant les claviers, souris et disques durs
- 4 Les téléphones, cellulaires, télécopieurs et numériseurs
- 5 Les petits électroménagers domestiques

Par la suite, les plastiques ont été séparés en trois catégories, à savoir :

- 1 Les plastiques des téléviseurs (boîtier primaire)
- 2 Les plastiques d'ordinateurs (incluant le boîtier du moniteur, du CPU et les périphériques)
- 3 Finalement, les plastiques de produits électroniques variés comprenant des équipements de communication et de petits électroménagers.

Un échantillon de 31 588 livres a été envoyé et analysé par MBA Polymers. Les plastiques provenant des téléviseurs représentaient 54 % de l'échantillon, 38 % venaient des plastiques des moniteurs et 8 % de plastiques de produits électroniques variés. Environ 10 % en poids de l'échantillon a été retiré sous forme de « fluff » métallique et un autre 5 % a été perdu lors de la préparation. Au final, c'est près de 27 301 livres de plastique qui ont été caractérisées. Le tableau VII résume la proportion des résines présentes dans l'échantillon.

TABLEAU VII : TYPES DE RÉSINE EMPLOYÉE EN FONCTION DU TYPE D'ÉQUIPEMENT³¹

TYPE DE RÉSINE	PLASTIQUE DE TÉLÉVISEUR	PLASTIQUE D'ORDINATEUR	PLASTIQUE D'AUTRES APPAREILS	POURCENTAGE TOTAL DE L'ÉCHANTILLON
HIPS	82 %	25 %	22 %	56 %
ABS	5 %	39 %	41 %	20 %
PPO	7 %	17 %	4 %	11 %
PVC	< 1 %	5 %	15 %	3 %
PC/ABS	0 %	6 %	7 %	3 %
PP ou PE	0 %	3 %	8 %	2 %
PC	1 %	4 %	1 %	2 %
Autres	< 1 %	< 1 %	2 %	< 1 %
Non identifié	5 %	0 %	0 %	3 %

On constate que le polystyrène choc (HIPS) et l'ABS sont ceux que l'on retrouve le plus fréquemment dans les téléviseurs et les ordinateurs respectivement.

La présence de retardateurs de flammes polybromées dans les plastiques entrant dans la composition de certaines pièces de produits TIC pose un problème de traitement lors du recyclage des plastiques

Selon l'*American Plastics Council* (APC), les retardateurs de flammes sont présents dans 48 % des plastiques utilisés dans les appareils TIC¹¹. Ces derniers contiendraient entre 5 % et 30 % massique de produits ignifuges avec une valeur moyenne de 9 %. La quantité de retardateurs de flammes à ajouter dépend du type de plastique, des autres additifs présents et de la quantité d'halogène par molécule d'ignifuge⁵². Ce dernier point est le plus important, car plus l'ignifuge est pauvre en halogène, plus la quantité à ajouter doit être grande pour l'obtention des propriétés requises par les fabricants d'appareils. Un appareil qui dégage plus de chaleur aura aussi besoin de contenir une plus grande quantité de produits ignifugeants. Les figures 8 et 9 montrent respectivement les types de produits ignifugeants utilisés mondialement et les composants des appareils TIC contenant des ignifuges bromés. La figure 9 montre que les retardateurs de flammes se retrouvent majoritairement dans les plastiques composants les boîtiers et les cartes de circuits imprimés.

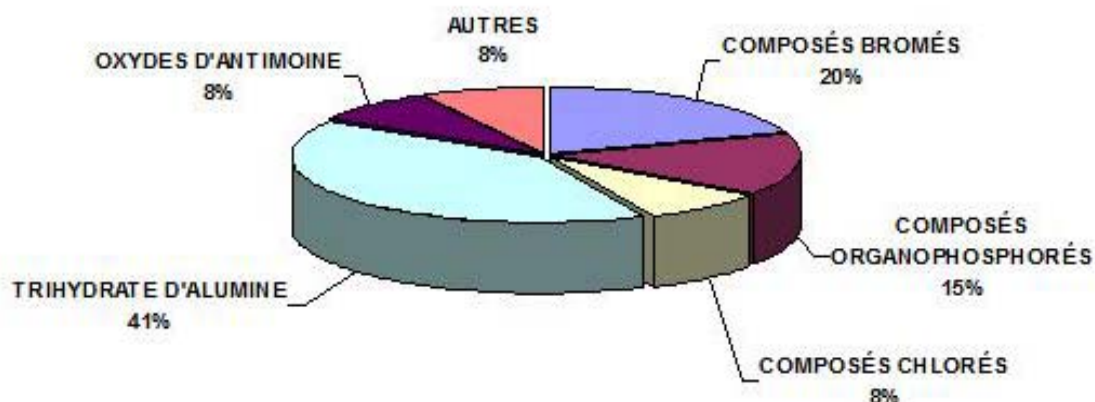


Figure 8 : Consommation mondiale de produits ignifugeants dans le monde, 2001^{15,29}

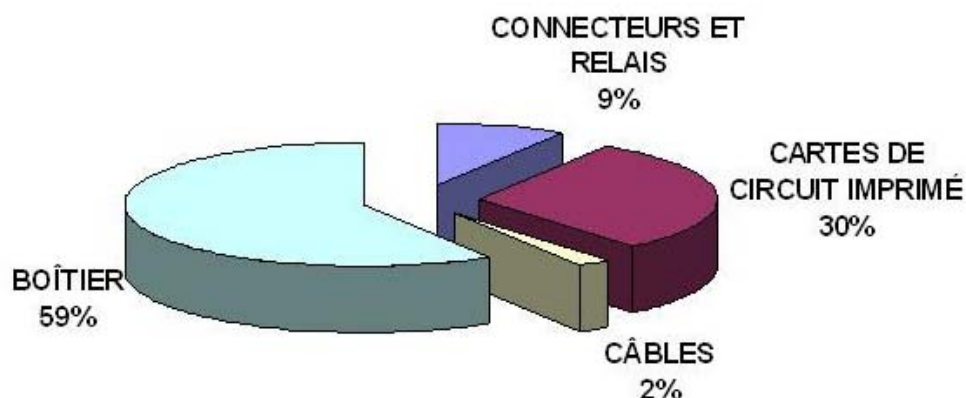


Figure 9 : Composantes TIC contenant des ignifuges bromés¹⁵

En 2004, 1,5 million de tonnes métriques d'ignifuges étaient utilisées et représentaient un marché d'environ 2,8 à 2,9 milliards de dollars (SRI Consulting) au niveau mondial. Les ignifuges bromés sont les plus souvent utilisés, car ils sont plus efficaces. Généralement, les ignifuges bromés sont accompagnés de trioxyde d'antimoine qui a pour effet d'augmenter la résistance au feu.

Les plastiques « styrènes » (ABS, HIPS et PS) sont ceux qui sont généralement utilisés avec des ignifuges bromés. En raison des craintes sur l'impact environnemental et sur la santé des composés halogénés, l'usage des ignifuges phosphatés est à la hausse. Toutefois, ceux-ci ne peuvent être utilisés qu'avec un mélange PC/ABS et non avec l'ABS seul. Le tableau VIII présente une liste des principaux ignifuges.

TABLEAU VIII : PRINCIPAUX RETARDATEURS DE FLAMME UTILISÉS DANS LES MATÉRIAUX DES TIC⁵²

NOM DU PRODUIT	ABRÉVIATION	FORMULE CHIMIQUE	REMARQUES
COMPOSÉS HALOGÉNÉS			
Tétrabromobisphénol-A	TBBP-A	$C_{15}H_{12}O_2Br_4$	Utilisé surtout dans les circuits imprimés
Polybromobiphényle	PBB	$C_{12}HXBr_y$ avec $y = 1$ à 10 et $x = 10 - y$	
Éther de polybromodiphényle	PBDE	$C_{12}HXOBr_y$ avec $y = 1$ à 10 et $x = 10 - y$	Produits commercialisés : Penta, Octa et DécaBDE
Hexabromocyclododécane	HBCD	$C_{12}H_{15}Br_6$	
COMPOSÉS NON HALOGÉNÉS			
Phosphate de triphényle	TPP	$(C_6H_5O)_3PO$	Additif
Résorcinol-bis-diphénylphosphate	RDP	$C_{30}H_{24}O_8P_2$ (pour $n = 1$)	
Bisphénol A bis-diphényl phosphate	BDP	$C_{39}H_{34}O_8P_2$ (pour $n = 1$)	
Trioxyde d'antimoine	ATO	Sb_2O_3	Doit être utilisé avec un halogéné

B. CONSÉQUENCES DES IGNIFUGES SUR LA SANTÉ

Les ignifuges bromés sont lipophiles, c'est-à-dire qu'ils ont la propriété de se loger dans le gras corporel et de s'y bio-accumuler. Ils ont un effet perturbateur endocrinien potentiel puisqu'ils copient l'action biologique des hormones produites par la glande thyroïde qui ont une structure moléculaire semblable. Lorsqu'ils ne sont pas correctement brûlés lors de leur élimination par incinération, ils forment des furanes et des dioxines.

Le recyclage mécanique des plastiques contenant des retardateurs de flammes halogénés pose un problème, car lorsqu'ils sont déchiquetés ou chauffés, les ignifuges ajoutés peuvent s'échapper. Ce phénomène est accentué par l'augmentation de la surface d'échange causée par le broyage. Des mesures de protection pour les humains et l'environnement doivent alors être prises pour éviter ce supplément de dispersion.

Pour ces raisons, ces agents ignifuges sont interdits depuis quelques années en Europe, aux États-Unis et en Asie. C'est le cas des pentabromodiphényles éthers (Penta-BPE) et des octabromodiphényles éthers (Octa-BDE) interdits depuis 2004, puis des polybromodiphényles (PBB) interdits en 2006.

Deux produits demeurent utilisés parce que leurs propriétés sont nettement moins agressantes dans l'environnement. Ce sont les décabromodiphényles éthers (Déca-BDE) et les tétrabromodiphénols (TBBP) qui sont souvent utilisés dans les matériaux plastiques de concert avec l'oxyde d'antimoine (Sb_2O_3).

C. GESTION DU PLASTIQUE DES APPAREILS TIC

L'étape cruciale dans la gestion efficace des appareils TIC est leur récupération. Au Québec, la récupération du matériel informatique souffre encore d'une absence de planification. Quelques systèmes partiels de récupération des ordinateurs en fin de vie ont été mis en place par des organismes communautaires, des éco centres et par l'entreprise privée.

Sur l'initiative du CFER de Bellechasse, plusieurs CFER utilisent le démantèlement des ordinateurs comme base de travail pour la formation de leurs étudiants. En complément, plusieurs entreprises privées tentent d'accaparer les équipements informatiques en fin de vie provenant des grandes institutions. C'est le cas de Geep Ecosys inc. qui possède quatre installations canadiennes, dont une sur l'île de Montréal. Ces firmes participent, elles aussi, à la formation d'un flux de plastique d'ordinateur, car elles opèrent des chaînes de démantèlement des équipements.

Selon le répertoire québécois des récupérateurs, recycleurs et valorisateurs ⁶⁰ de Recyc-Québec, il y aurait 153 récupérateurs de matériel informatique au Québec, incluant les récupérateurs, centres de tri, CFER, ressourceries, déchetteries (éco centres) et déchiqueteurs. Selon la même source, il y aurait cinq recycleurs de matériel informatique, soit :

- Planiconcept Viel
- CRI - Centre de recyclage informatique inc.
- FCM & Co et FCM RECYCLAGE (maintenant la même compagnie sous FCM recyclage/recycling)
- RECYPRO
- Atelier La Flèche de fer inc.

Bien que classées comme recycleur, ces entreprises font du démantèlement d'appareils électroniques. Seul FCM recyclage/recycling dispose d'une ligne de tri mécanisé qui lui permet de produire, entre autres, des fractions plus homogènes de plastiques en particulier, qui peuvent être ensuite utilisées comme matière première dite « secondaire ».

Le tableau IX résume les renseignements recueillis par téléphone ou courriel auprès de quelques recycleurs et récupérateurs.

TABLEAU IX : RENSEIGNEMENTS OBTENUS DES RECYCLEURS ET RÉCUPÉRATEURS QUÉBÉCOIS CONTACTÉS

NOM ET COORDONNÉES	PRODUIT RECYCLÉ	RENSEIGNEMENTS RECUEILLIS
RECYCLEURS		
Atelier La Flèche de fer inc. 3800, rue Richelieu Saint-Hubert (Québec) J3Y 7B1 Téléphone : (450) 656-9150 Télécopieur : (450) 656-1866 (récupérateur/démantèlement) Site Web : http://www.affi-informatique.com Contact : Stéphane Gervais, directeur des ventes	Récupération : Matériels informatiques (ordinateurs, portables, écrans, périphériques) Recyclage : Matériels informatiques (ordinateurs, portables, écrans, périphériques)	La destination est confidentielle, mais on assure qu'il est recyclé au Canada (et non en Chine). Probablement au Nouveau-Brunswick pour en faire des granules de plastique. Aucune statistique de volume disponible.
CRI - Centre de recyclage informatique inc. 5435, boul. des Forges Trois-Rivières (Québec) G8Y 5L5 Téléphone : (819) 691-4444 Télécopieur : (819) 691-9687	Récupération : Cartouches d'imprimante laser Recyclage : Cartouches d'imprimante laser et à jet d'encre	Cartouches seulement, pas de problème de plastique, car elles sont réemployées.
FCM recyclage/recycling Lavaltrie (Québec) J5T 3L6 Téléphone : (450) 586-5185 Télécopieur : (450) 586-5189 http://www.fcmrecyclage.com (aussi récupérateur/démantèlement) Contact : Mitchell Rothstein	Récupération : Plastiques (PÉT, PVC, PP), métaux ferreux, métaux non ferreux, matériaux et équipements électriques, matériel informatique, composantes électroniques, téléphones (incluant cellulaires) Recyclage : Matériel informatique, composantes électroniques	Le plastique est trié puis envoyé en Chine. FCM est la seule entreprise de recyclage au Québec accrédité EPSC. Ce qui signifie que les procédures de traitement sont régies par des normes de recyclage établies par EPSC qui sont respectueuses de l'environnement et qui assurent que le traitement du produit jusqu'à son utilisation finale répond aux exigences de la norme.
Planiconcept Viel 16, chemin Saint-Léon Rimouski (Québec) G5L 7B5 Téléphone : (418) 725-5556 Télécopieur : (418) 725-3061 Contact : Jean-Yves Viel	Récupération : Matériel informatique, composantes électroniques Recyclage : Matériel informatique, composantes électroniques	La compagnie remonte des ordinateurs fonctionnels. Tous les plastiques, métaux et cartons sont récupérés par Récupération de la Péninsule, une fois par mois. Monsieur Viel ne sait pas ce qu'ils en font.
Recycpro 70, rue Simon Lachute (Québec) J8H 3R8 Téléphone : (450) 562-7740 Télécopieur : (450) 562-7918 (aussi récupérateur/démantèlement) http://www.recycpro.com Contact : Christiane Larose	Recyclage : Matériels informatiques (ordinateurs, portables, écrans, périphériques), cartouches d'imprimante (laser et à jet d'encre), téléphones (incluant cellulaires) et composantes électroniques	Le plastique est mis en ballot puis envoyé pour réutilisation. Le nom de la compagnie qui le reçoit de même que la destination du matériel sont confidentiels.

NOM ET COORDONNÉES	PRODUIT RECYCLÉ	RENSEIGNEMENTS RECUEILLIS
RÉCUPÉRATEURS / DÉMANTELEURS		
Bureau en gros (Mission zéro déchet)	Récupération : Cartouches d'imprimante laser et à jet d'encre, matériel informatique (ordinateurs, portables, écrans, périphériques), composantes électroniques, téléphones cellulaires.	Chaque magasin gère son bac de récupération de matériel informatique. Généralement, c'est le CFER le plus proche qui s'occupe du démantèlement.
Centre de formation en employabilité, environnement et récupération (CFEER+) (Pas membre des CFER) 216, rue des Oblats Ouest Chicoutimi (Québec) G7J 2B1 Téléphone : (418) 698-5225 Télécopieur : (418) 698-8267 Contact : Derek Tremblay	Récupération : Matériels informatiques, composantes électroniques, meubles.	Le plastique est envoyé à FCM et Knor Plast. (Ont.). 2007 : 175,72 tm de plastique recyclé. Le PVC n'est pas recyclé, donc pas récupéré. Matériel vient de partout au Québec. Présentement près de 3 000 t/année. Prévion 6 000 tonnes/année en 2010 de matériel informatique démantelé.
Centre de recyclage électronique de la Montérégie 1840, rue Laurier Ste-Catherine (Québec) J5C 1B8 Téléphone : (450) 632-9929 Télécopieur : (450) 632-5586 info@centrederecyclage.com Contact : Jason Taite	Récupérateur et fait un peu de démantèlement. Il n'a pas de statistique Frais pour écrans et TV	Plastique envoyé à GEEP pour en faire du biodiesel. Les tubes cathodiques sont envoyés pour traitement chez CRT Processing, au Wisconsin.
CFER de Bellechasse 3, avenue du Couvent Saint-Raphaël (Québec) G0R 4C0 Téléphone : (418) 243-3757 Télécopieur : (418) 243-3645 Site Web : http://www.cferbellechasse.ca/ Contact : Nadine Bouchard	Récupération : Matériels informatiques, composantes électroniques Recyclage : Matériel informatique, composantes électroniques.	Le plastique est mis en ballot et envoyé à FCM recyclage. Gère entre autres le matériel de Bureau en gros.
CFER Outaouais 444, St-René Est, porte 700 Gatineau (Québec) J8P 8A9 Téléphone : (819) 770-0103 Télécopieur : (819) 6637025 http://www.cferoutaouais.ca/ Contact : Jean Poulin	CFER Outaouais démantèle le matériel et récupère les composantes informatiques fonctionnelles, recycle les pièces ou en dispose selon les normes environnementales en vigueur.	Envoie le plastique à Knor Plast, Cornwall (Ontario) pour granulation. Surtout du plastique d'écrans d'ordinateur.
CFER Réalité Jeunesse Sorel-Tracy 212, rue Guèvremont Sorel-Tracy (Québec) J3R 3K6 Téléphone : (450) 743-6444 Télécopieur : (450) 742-2274 Contact : Denis Sauvageau	Récupération : Matériel informatique	Environ 30 % du plastique envoyé à FCM recyclage en vrac. 70 % du plastique ignifuge à l'enfouissement. À partir de septembre, ils vont utiliser un compacteur et envoyer le plastique chez FCM. Frais de 8 \$ par écran cathodique d'ordinateur ou télévision à partir de

NOM ET COORDONNÉES	PRODUIT RECYCLÉ	RENSEIGNEMENTS RECUEILLIS
		septembre.
Écocentre MRC Le Haut-Saint-François 105, chemin Main Central Bury (Québec) J0B 1J0 Téléphone : (819) 875-5451 Télécopieur : (819) 875-3135 Contact : M. René Vachon	Récupération : Papier, carton, verre, plastique, métaux ferreux, métaux non-ferreux, textile, pneus, résidus CRD, résidus dangereux : RDD, batteries, piles, peinture, fluorescents, articles de sport, meubles, matériel informatique, téléphones et autres matières.	Tout le matériel informatique est acheminé par camion (aux frais de la MRC) au CFER d'Asbestos.
Écocentre Val-Saint-François 810, montée du Parc Richmond (Québec) J0B 2H0 Téléphone : (819) 845-2544 Télécopieur : (819) 845-2132 Contact : M. Stéphane Pelletier	Récupération : Papier, carton, verre, plastiques, métaux ferreux, métaux non-ferreux, textiles, résidus CRD, résidus dangereux (fluorescents, antigel, batteries, piles, peinture, huiles usagées, RDD) matériel informatique, articles de sport, matières diverses.	Tous les appareils sont démantelés par un particulier. Il revend la partie métal, le plastique va à l'enfouissement. Ils sont présentement à la recherche d'un nouveau démanteleur. Environ 5 articles de matériel informatique par jour. La tendance va en augmentant.
Formaca 157, 4 ^e Rue Montmagny (Québec) G5V 3L5 Téléphone : (418) 248-5611 (récupérateur/démantèlement)	Collecte de matériel informatique	Fin de la collecte 1 ^{er} juin 2008 MRC Montmagny va déterminer un autre lieu.
GEEP ECOSYS inc. 1615, 55 ^e Avenue Dorval (Québec) H9P 2W3 Téléphone : (514) 636-9625 ou 1-888-326-7972 Télécopieur : (514) 636-3131	GEEP Ecosys inc. offre des services de gestion de remplacement technologique tel que : reprise de matériel électronique, audit, effacement de données, imagerie, réparation, nettoyage, entreposage, redéploiement, revente, recyclage, etc.	Ils sont maintenant partenaires avec Geep qui fait le recyclage du plastique en Ontario.
Plastiques D.C. inc. 750, rue Vadnais Granby (Québec) J2J 1A7 Téléphone : (450) 777-7555 Télécopieur : (450) 777-3008	Récupération : Plastique (PÉT, PVC, PP, PS, PC, ABS), matériel informatique, CD-ROM/DVD Recyclage : Plastique (PÉT, PVC, PP, PS, PC, ABS) Manufacturier de granules, service de granulation, achat et vente.	Plastiques D. C. inc. ne récupère plus le matériel informatique et les CD.
Recyc-it 120, chemin Durocher Richmond (Québec) J0B 2H0 Téléphone : (819) 826-1251 (récupérateur/démantèlement)	Recyc-it récupère les pièces informatiques réparables, réusine, revend et donne. Les composantes non réparables sont transformées en matières premières.	Plastique envoyé à Sani-éco (selon Sani-éco c'est le métal et le plastique de la tour, pas le plastique des écrans).
Régie intermunicipale de gestion des déchets de Brome-Missisquoi 2500, rang Saint-Joseph Cowansville (Québec) J2K 3G6 Téléphone : (450) 263-2351 Télécopieur : (450) 263-4977	Récupération : Métaux ferreux, métaux non-ferreux, résidus dangereux : aérosols, antigel, batteries d'automobile, piles, peinture, huiles usagées, fluorescents, oxydants, propane, pesticides, RDD,	Plastique envoyé à un recycleur confidentiel au Québec

NOM ET COORDONNÉES	PRODUIT RECYCLÉ	RENSEIGNEMENTS RECUEILLIS
Contact : Lise Lacasse	solvants, cartouches d'imprimante, matériel informatique.	
Sani-éco 530, rue Édouard Granby (Québec) J2G 3Z6 Téléphone : (450) 777-4977 Télécopieur : (450) 777-8652 (centre de tri) Contact : Julie	Services offerts : Collecte des matières résiduelles, tri des matières recyclables	Sani-éco trie seulement la « tour », s'ils reçoivent le plastique des écrans, ils l'envoient au rebut.
Sony Centres de service autorisés Sony Acadien Électroniques inc. 2435, chemin Duncan Mont-Royal (Québec) H4P 2A2 Option Technique inc., 600, avenue Belvédère Québec (Québec) G1S 3E5 Clinique électronique 4336, Bertrand-Fabi Sherbrooke (Québec) J1N 1Y7 Sony du Canada 7955, route Transcanadienne Ville Saint-Laurent (Québec) H4S 1L3 Par la poste (frais par le client) GEEP	Source site Web : http://www.sonystyle.ca/html/eco_minisite/ver_2008/fr/sub_recycle.html	Couvre tous les produits Sony. Recyclés par GEEP.

On constate que la majorité du démantèlement se fait au Québec, de même qu'une partie du tri. FCM recyclage semble être le plus gros récupérateur de plastique au Québec. Après un premier tri, le plastique est envoyé en Chine. Une autre partie du plastique québécois est envoyée en Ontario chez GEEP et Knor Plast. Le CFEER+ a, quant à lui, spécifié qu'il ne prend aucun appareil contenant du PVC ne réussissant pas à trouver preneur.

Beaucoup d'ordinateurs encore fonctionnels ou pouvant être réparés trouvent une seconde vie grâce à des compagnies ou organismes qui se spécialisent dans le reconditionnement et la vente ou dons d'ordinateurs de seconde main. Le réemploi de pièces en plastique pour de nouveaux équipements est cependant pratiquement nul, car le design des TIC est en constant changement. Il est à noter l'initiative du CFER – Réalité jeunesse de Sorel-Tracy qui transforme en corbeille à papier les boîtiers d'écrans d'ordinateur.

Les résultats de l'enquête téléphonique démontrent qu'au Québec les plastiques sont majoritairement triés manuellement, à l'exception de FCM recyclage, qui effectue un tri par infrarouge.

Ailleurs au Canada, quelques compagnies ont un assez gros volume pour justifier un tri mécanique : Sims (Brampton, Ontario), Ecycle (Airdrie, Ontario), Technotrash Alberta (Calgary, Alberta), Rider Ecosys (Mississauga, Ontario), Geep (Barrie, Ontario) et MaSer Canada (Barrie,

Ontario). Au niveau international, il y aurait environ 18 usines de démantèlement d'appareils TIC, dont celles de MBA Polymers (États-Unis, Chine et Autriche) et Axion Polymers (Royaume-Uni).

Quelques-unes de ces compagnies hors Québec ont été contactées afin de savoir comment elles gèrent les plastiques avec ignifuges issus des appareils TIC. Un sommaire des informations recueillies est présenté au tableau X.

La plupart des représentants des entreprises contactées s'entendent pour dire que le tri des plastiques avec ignifuges n'est pas une tâche facile. Plusieurs préfèrent choisir leurs sources de plastique pour éviter d'avoir à gérer ces derniers. Mondialement, il y a encore peu d'usines qui possèdent les équipements nécessaires au tri des plastiques avec ignifuges comme le font Recovery Plastics International (Salt Lake City, Utah), Axion Polymers (London, Royaume-Uni) et MBA Polymers (Richmond, Californie).

Le plastique des équipements TIC voyage donc beaucoup, car les compagnies qui se spécialisent dans le tri des plastiques ont besoin de volumes considérables pour être rentables. Par exemple, la majorité des plastiques du Québec est envoyée chez FCM (Lavaltrie, Québec), Knor Plast (Cornwall, Ontario) et Geep (Barrie, Ontario). Pazner Environmental Ltd. (Tilbury, Ontario) accepte des plastiques du Québec et de l'Alberta. Recovery Plastics International (Salt Lake City, Utah) reçoit du plastique de l'Alberta (Geep et Ecycle). Il semble qu'il n'y ait qu'un petit marché pour les plastiques ignifugés recyclés en Amérique du Nord, ce qui expliquerait que presque tout le volume soit envoyé en Asie où sont fabriqués la majorité des boîtiers d'équipements TIC.

TABLEAU X : CONTACTS AUPRÈS D'ENTREPRISES AFIN D'IDENTIFIER LES CONTRAINTES ET SOLUTIONS ASSOCIÉES AU TRAITEMENT DES PLASTIQUES IGNIFUGES

COORDONNÉES	RENSEIGNEMENTS RECUEILLIS
Axion Polymers/Axion Recycling 2, Manor Court Rd Hanwell, London (Ontario) W7 3EL Contact : Keith Freegard	- Séparation automatique de 28 000 000 lb/année de TIC par broyage, nettoyage humide et sec, identification et triage automatique des polymères et, finalement, granulation des plastiques. - Séparation des plastiques ignifuges bromés des plastiques non bromés pour produire un plastique HIPS contenant peu de bromes qui respectent le RoHS – Grade AXpoly PS02. - Tri par type de polymères pour obtenir une fraction polyoléfine (PP/PE) et obtenir un matériau de grade HIPS - Projets avec WRAP (Waste & Resources Action Programme) : Potassium hydroxide debromination, Filter BFR removal & Centrevap

COORDONNÉES	RENSEIGNEMENTS RECUEILLIS
Ecycle SolutionsHead Office & Recycling Facility 143, East Lake Blvd. Airdrie (Alberta) T4A 2G1 Téléphone : (403) 945-2611 Télécopieur : (403) 945-1241 Sans frais : 1-888-945-2611 www.ecyclesolutions.com	10 000 000 kg traités de déchets électrique et électronique - Technologie approuvée par the Alberta Recycling Management Authority (ARMA), Saskatchewan Waste Electronic Equipment Program (SWEEP), and Electronics Stewardship Association of British Columbia (ESABC) stewardship programs Site Web : http://www.ecyclesolutions.com/
GEEP-Global Electric Electronic Processing inc. 220, John Street Barrie (Ontario) L4N 2L2 www.geepinc.com Contact effectué par Line Jaulin, CRIQ	- Utilisation du système Hamos ERP recycling - Séparation des plastiques par grade, mais pas par ignifugé - Absence de recyclage des écrans cathodiques, produits avec fluide
Hamos GmbH Im Thal 17D-82377 Penzberg / Germany Téléphone : +49 (0) 8856 - 9261 – 0 Télécopieur : +49 (0) 8856 - 9261 – 99 www.hamos.com Contact : Dr. Rainer Koehnlechner	La séparation électrostatique permet la séparation des plastiques par types, mais difficilement selon la présence d'ignifuges ou non
MaSeR Canada Barrie Ontario 1-877-242-0300/1-705-792-0300 x208 www.masercorp.com Contact : Dana Wright	- Traite tous les déchets électroniques, incluant les plastiques qui y sont attachés - Tri optique des composés plastiques présents dans les composés électroniques après la première découpe - Pas de tri selon les types de plastique
MBA Polymers (MBA USA, MBA Austria & MBA China) 500, West Ohio Avenue Richmond, CA 94804 Téléphone : (510) 231-9031 Télécopieur : (510) 231-0302 info@mbapolymers.com Contact : Darren Arola	- Plastiques avec ignifuges peuvent être triés dans leurs installations - Techniques utilisées : simple inspection, FTIR, XRF et densité - La majorité des utilisateurs demandent des plastiques sans retardateur de flammes. Pour limiter le montant de plastiques difficiles à remettre sur le marché, les flux de plastiques sans retardateurs de flammes sont recherchés. Un travail avec le fournisseur est aussi effectué pour diminuer leur pourcentage. Le devenir en fin de vie des matières dépend du pays du fournisseur et de la composition : - Certains pays européens exigent que la fraction avec des retardateurs de flammes soit incinérée ou ne quitte pas le pays (WEEE legislation) - Des applications à faible valeur ajoutée ont été

COORDONNÉES	RENSEIGNEMENTS RECUEILLIS
	trouvées aux US, Chine et Europe
Pazner Environmental Ltd / CAN-AM Recycling Co.eWaste Recycling inc. Tilbury, Ontario Téléphone : (519) 966-8869 Contact : Barbara Cheifetz	• Tri à la main de tous les plastiques, incluant les ceux avec ignifuges • Vente aux États-Unis sous forme de granules, broyats ou tels quels selon le client • Accepte les plastiques du Québec
Plas-Sep Limited 98, Bessemer Court, Unit 7 London (Ontario) Canada N6E 1K7 Téléphone : (519) 686-2878 http://www.plassep.com	• Chef mondial dans la séparation électrostatique des plastiques rigides • www.plassep.com
Recovery Plastics International 3695 West 2340 South Salt Lake City, Utah 84120 Téléphone : (801) 973 4774 Contact : Ronald Kobler	• Séparation des polymères de plastiques mélangés issus de déchets électroniques et production d'un composé réutilisable • Séparer les plastiques et leur trouver un marché a été difficile • Les plastiques bromés et phosphatés ne doivent pas être mélangés. Pour cela, la flottation pelliculaire est utilisée. La flottation mousse ne fonctionne pas, car les particules sont trop grosses • À Salt Lake City, l'entreprise pilote fonctionne depuis trois ans • Une plus grosse usine va être construite dans un futur proche • Geep et Eclyle, Alberta. leur fournit de gros volumes de plastique
Sims Brampton (Ontario) Canada www.sims-group.com Contact : effectué par Line Jaulin, CRIQ	• Recyclage en fin de vie • Capacité : 40 000 lb • Site : 85 000 pi² • Standards : ISO 14001
Technotrash Alberta 4915 – 77 Ave S. E. Téléphone : 265-2332 Télécopieur : 265-2331 Contact : Chase De Schover, Operations Manager	• Envoi des plastiques non triés à Tilbury, Ontario (Pazner Environmental Ltd), car ils n'ont pas le temps de trier les plastiques

D. LES TRAITEMENTS

La figure 10 présente un schéma illustrant le cheminement typique des équipements TIC en fin de vie au Québec.

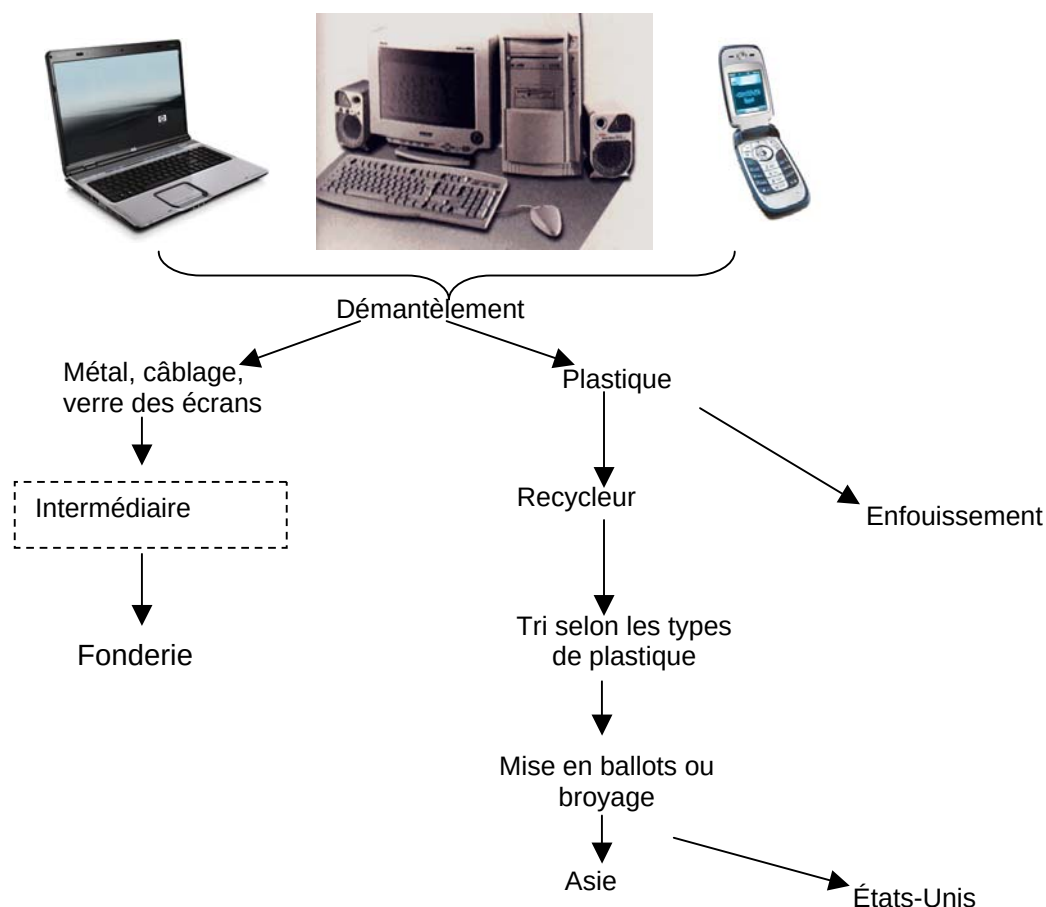


Figure 10 - Schéma du cheminement des TIC en fin de vie

i. Le tri

Une mise en valeur efficace des plastiques d'ordinateur passe inévitablement par un réseau de collecte et un tri efficace. Les résultats de l'enquête téléphonique réalisée par le CTTÉI ont démontré que le tri se fait essentiellement de manière manuelle au Québec étant donné la faible quantité de produits collectés par les entreprises privées qui s'en occupent. Toutefois, d'autres options de tri s'offrent aux entreprises ayant à gérer des volumes plus considérables.

La séparation par densité lors d'une flottation après granulation est sûrement la plus courante. La séparation électrostatique et l'identification des types de plastique par spectrométrie

infrarouge existent également. La détection d'ignifuges bromés peut être effectuée dans le cas de la flottation ou lors de l'usage d'un spectromètre à fluorescence X. Cependant, dans ce dernier cas, le processus est lent et encore mal adapté aux applications à haut volume. L'annexe III présente plus en détail ces technologies. Notons que des travaux en cours à l'École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers (ENSAM - France) visent à étudier la possibilité d'intégrer des traceurs aux plastiques d'ordinateur afin d'en faciliter et d'en accélérer le tri.

Le tableau XI présente des renseignements sur quelques entreprises ayant travaillé au développement de technologies de tri des plastiques ou les commercialisant. Il est important de noter qu'il y en a peu qui peuvent séparer efficacement les plastiques ignifugés des non ignifugés. Certaines de ces technologies sont détaillées à l'annexe III.

Une fois les plastiques d'ordinateur ignifugés ségrégués, deux scénarios de mise en valeur sont possibles :

- Mise en valeur des plastiques tels quels avec leurs ignifuges pour un recyclage dans des utilisations similaires (vraisemblablement dans les appareils TIC);
- Mise en valeur des plastiques dont les ignifuges auraient été extraits pour une réutilisation dans une plus grande gamme d'applications.

Différents types de traitement mécanique, thermique ou chimique permettent de concrétiser l'un ou l'autre de ces scénarios. Ils sont présentés dans les sous-sections qui suivent.

TABLEAU XI : TECHNOLOGIES DE TRI DES PLASTIQUES

INTERVENANT	STATUT	TECHNIQUE EMPLOYÉE (IDENTIFICATION, TRI, EXTRACTION)	PLASTIQUES	AVANTAGE	INCONVÉNIENT	SOURCE D'INFORMATION
CTTÉI	Développement	Tri par spectromètre à infrarouge Solubilisation et extraction des ignifuges	ABS Ignifuges bromé	Séparation de l'ignifuge du plastique	Besoin de plus de développement pour obtenir une séparation complète	CTTÉI
ENSAM	Recherche et développement	Marqueurs et traceurs	Tous les plastiques et ignifuges	Versatile	Les traceurs ne peuvent pas être enlevés du plastique	ENSAM, Royaume-Uni
MBA Polymers	Commercialisé	Séparation électrostatique Séparateur tribo-électrique de Plas-Sep, Ltd	Tous les plastiques	Commercialisé Procédé simple 0,03 à 0,05 \$/lb pour des capacités de 2 000 lb/h et 1 000 lb/h	Ne fonctionne pas pour séparer : Caoutchouc/plastiques Nylon/acétal Basse efficacité pour les plastiques retardateurs de flammes	http://www.americanchemistry.com/s_plastics/doc.asp?CID=1588&DID=6046
MBA Polymers	Commercialisé	Spectroscopie Infrarouge (IR) proche et moyen	Tous les plastiques et ignifuges	Commercialisé Procédé simple	Doit trouver un marché pour chaque combinaison de plastique et ignifuge	http://www.americanchemistry.com/s_plastics/doc.asp?CID=1588&DID=6048

INTERVENANT	STATUT	TECHNIQUE EMPLOYÉE (IDENTIFICATION, TRI, EXTRACTION)	PLASTIQUES	AVANTAGE	INCONVÉNIENT	SOURCE D'INFORMATION
Recovery Plastics International, RPI	Commercialisé et en développement	Flottation pelliculaire	Tous les plastiques Ignifuges bromés et phosphatés	Procédé versatile et commercialisé Fonctionne pour différents ignifuges	Doit trouver un marché pour chaque combinaison de plastique et ignifuge.	http://www.sperecycling.org/GPEC/GPEC2004/pdffiles/papers/032.pdf
Ti Tech Alexander Wolf Sales Engineer wolf@titech.com	Commercialisé	Le traitement de l'image de la transmission par rayons X qui permet la séparation par densité atomique et qui peut être utilisé pour isoler différents métaux ou pour trier les plastiques avec ignifuges	Tous les plastiques	Procédé commercialisé pour les ignifuges bromés Procédé simple	Doit trouver un marché pour chaque combinaison de plastique et ignifuge.	http://www.titech.com/default.asp?V_ITEM_ID=490
Galloo Plastics	Commercialisé et en développement	À partir de résidus de broyage, séparation du polyéthylène et du polypropylène, du polystyrène et de l'ABS	Tous les plastiques	Procédé industriel ne nécessitant pas d'intervention manuelle	Investissements importants. Nécessité de traiter des volumes importants pour être économiquement intéressant	31

ii. Traitement mécanique

Le recyclage mécanique réfère aux procédés dans lesquels les plastiques sont portés à leur température de ramollissement pour permettre une nouvelle extrusion et le moulage. Dans ce cas, plusieurs études ont démontré que :

- Les plastiques contenant des retardateurs de flammes bromés pouvaient être recyclés mécaniquement;
- La formation de polybromo benzofuranes et benzodioxines lors du recyclage respectait les limites maximales admissibles des pays concernés lorsque le recyclage est correctement effectué;
- Les propriétés physiques des plastiques sont conservées, même après cinq recyclages, et les plastiques recyclés conservent les propriétés ignifuges d'origine.

Le recyclage mécanique ne permet pas de répondre aux nouvelles directives dans l'éventualité où un ignifuge est banni.

Le tableau XII de la page suivante présente des renseignements sur quelques technologies de recyclage mécanique des plastiques d'ordinateur. On constate que la granulation des plastiques avec ignifuges, pour en refaire ensuite des pièces, est le traitement le plus commun. Toutefois, l'entreprise française APR2 a réussi à trouver une nouvelle application aux plastiques des TIC, soit la fabrication de bois plastique.

En 2006, APR2 a créé la compagnie NACTIV²⁷ afin de développer une machine pour le traitement des plastiques. Lors du traitement des déchets d'équipements électriques et électroniques, les plastiques sont concassés, broyés en une fine poudre. La machine développée permet de mélanger les poudres obtenues avec des matières végétales naturelles (noyaux de dattes, de lin, etc.) afin de composer une nouvelle matière appelée Premix. Le Premix est résistant à la chaleur, à l'humidité et peut être utilisé en plasturgie. Le Premix est commercialisé auprès d'extrudeurs et d'injecteurs et peut être recyclé plusieurs fois.

TABEAU XII : QUELQUES TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT MÉCANIQUE DES PLASTIQUES

INTERVENANT	STATUT	TECHNIQUE EMPLOYÉE (IDENTIFICATION, TRI, EXTRACTION)	PLASTIQUE	AVANTAGE	INCONVÉNIENT	SOURCE D'INFORMATION
APR2 , France	Commercialisé	Planche bois/plastique Mélange composé de 50 % de plastiques micronisés de 50 % de farine de bois avec un ajout d'additifs pour la stabilisation qui permet à la séquestration du produit ignifugeant Conforme au RoHS	ABS	Procédé simple et versatile Obtention d'un produit fini Nom commercial : Premix	Séquestration à très long terme n'est pas prouvée	http://apr2.sites-awc.fr/www/pdf_article/000026.pdf
Sony Green Cycle Corporation (Nagoya City)	Commercialisé	Recyclage interne de polystyrène avec ignifuge pour BRAVIA LCD TV Ajout d'un additif pour augmenter la résistance au feu et aux chocs	Polystyrène	Recyclage du polystyrène sous forme plastique et mousse.	Seulement pour les télévisions à tube cathodique Sony pour le marché japonais	http://www.sony.net/SonyInfo/News/Press/200712/07-133/index.html
Close The Loop ^R	Commercialisé	EWood : nouveau produit australien fabriqué à 100 % à partir de PS recyclé et d'autres produits plastiques styréniques. La compagnie se spécialise dans le recyclage des DEEE	Polystyrène et autres produits styréniques	Produit ayant les mêmes caractéristiques que le bois. Produit résistant à l'eau, les racines, les UV, les bactéries, les insectes. Réduit la demande en bois.	Peu d'information sur la durabilité du produit et sur son innocuité	http://www.closethe-loop.com.au/ewood/index.htm

iii. Traitement thermique

L'oxydation vive d'une combustion permet de retirer l'énergie stockée dans les liens chimiques d'une matière combustible. La valorisation énergétique des plastiques d'ordinateur est présentement réalisée dans les pays qui maintiennent une politique de récupération systématique de l'énergie provenant des débris plastiques de toutes sortes. Les préoccupations environnementales visent les rejets gazeux des incinérateurs qui peuvent contenir de l'acide bromhydrique et des biphényles bromés provenant de la transformation des agents ignifuges bromés sous l'effet de la combustion. À noter que dans le cas où la température et les conditions critiques de combustion sont respectées, les déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE) brûlés avec les déchets municipaux n'entraînent pas la libération à la cheminée de sous-produits des polybromo benzofuranes et de benzodioxines. C'est du moins ce qui est démontré selon l'expérience européenne. Rappelons toutefois qu'en Europe, on limite à 10 % la part de mise en valeur par incinération des plastiques provenant des DEEE⁶⁹. C'est un moyen réglementaire pour forcer la priorité à donner au réemploi, au recyclage et à la réutilisation plutôt qu'à la valorisation. À titre informatif, le tableau XIII donne une idée de la quantité d'incinérateurs municipaux de déchets solides à travers le monde qui récupère l'énergie rejetée à leur cheminée.

TABLEAU XIII: INCINÉRATEURS AVEC VALORISATION ÉNERGÉTIQUE DANS LE MONDE EN 2002³⁰

RÉGION	NOMBRE D'INCINÉRATEURS	CAPACITÉ TOTALE (MT/AN)	ÉNERGIE PRODUITE (MW)	POURCENTAGE DE PLASTIQUE INCINÉRÉ
Europe (14 pays)	~ 250	50	Non disponible	12
Japon	190	27	1 060	37
États-Unis	89	29	2 800	14

Au Québec, actuellement, l'incinération de DEEE dans les fours des cimenteries n'est pas autorisée par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP). Le Ministère exige une démonstration de la règle des quatre neufs avant d'accepter tout plastique contenant des agents ignifuges bromés⁵² (Le MDDEP exige de la part des cimenteries, une destruction de 99,9999 % des ignifuges contenus dans les plastiques). Par ailleurs, les cimenteries ne peuvent accueillir qu'une faible teneur de composés halogénés dans leur procédé.

Il est techniquement possible de récupérer les composés chlorés et bromés en sortie d'un procédé thermique que ce soit par incinération, pyrolyse ou gazéification pour les mettre en valeur. La figure 11 schématise ces voies de valorisation potentielles.

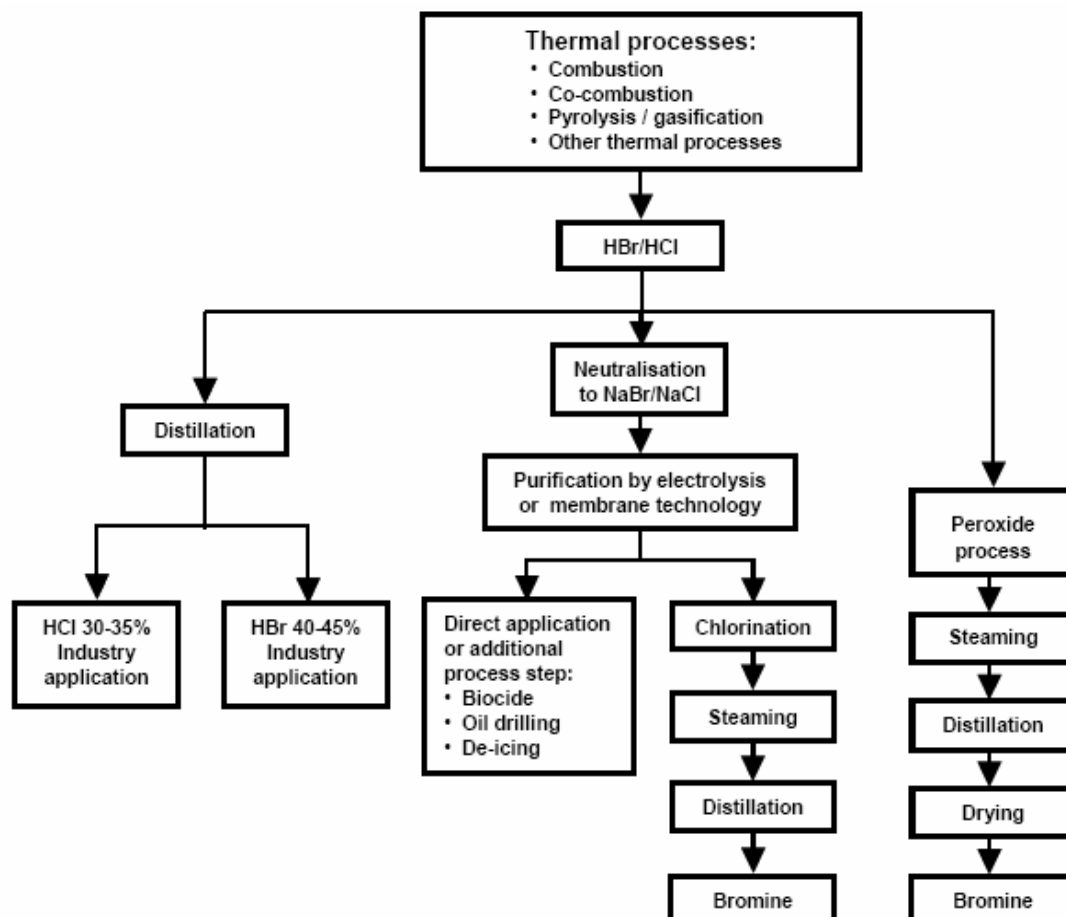


Figure 11 : Voies de valorisation des halogènes après traitement thermique⁸⁰

Quelques technologies de traitement thermique des plastiques bromés existent et sont présentées succinctement au tableau XIV. Des schémas de procédés des technologies de gazéification japonaise et d'extraction allemande sont présentés aux sous-sections 1 et 2.

TABEAU XIV : QUELQUES TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT THERMIQUE DES PLASTIQUES

INTERVENANT	STATUT	TECHNIQUE EMPLOYÉE (IDENTIFICATION, TRI, EXTRACTION)	PLASTIQUES	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS	SOURCE D'INFORMATION
Energy research Centre of the Netherlands (ECN) Pyromaat	Développement	Gazéification en deux étapes	Tous les plastiques Ignifuges bromés	Récupération de plus de 95 % du brome	Accumulation de poussières dans les installations	http://www.ecn.nl/docs/library/report/2001/c01110.pdf
GEEP (Ontario) Canada Biosyn d'Energem (Québec) Canada Ozmotech, Australie et autres	En développement et commercialisé	Convertir le plastique en diesel par pyrolyse	Tous les plastiques Tous les ignifuges	Production d'énergie	Risque d'avoir des contaminants dans le diesel qui seront brûlés	http://www.ozmotech.com.au/
Mitsubishi, Japan	Développement	Extraction de l'ignifuge bromé dans un solvant chauffé juste en dessous du point de fusion du polymère dans un « mélangeur/extrudeuse »	Tous les plastiques Ignifuges bromés	Extrusion est faite à même le procédé	Le procédé peut difficilement s'agrandir à une échelle commercialisable Coût en capital élevé	http://www.wrap.org.uk/downloads/BFR2ndIntReportV3_21Nov2005.0e30f41c.pdf
Plusieurs pays d'Europe	Commercialisé	Incinération pour génération d'énergie	Tous les plastiques Tous les ignifuges	En Europe on peut brûler jusqu'à 3 % de plastiques TIC avec les déchets domestiques 50-130 €/T	Non acceptable pour le Québec selon les présentes législations. Si mal contrôlé, peut produire des dioxines et furanes.	http://www.bsef.com/publications/Tamara.pdf

INTERVENANT	STATUT	TECHNIQUE EMPLOYÉE (IDENTIFICATION, TRI, EXTRACTION)	PLASTIQUES	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS	SOURCE D'INFORMATION
RGS90, Stigsnaes, Danemark	Développement	Hydrolyse et pyrolyse	PVC	Pourrait être traité dans leur usine de traitement de PVC (50 000 t/an de PVC recyclé)	Pas encore prouvé	Programme WRAP : http://www.wrap.org.uk/downloads/BFR2ndIntReportV3_21Nov2005.0e30f41c.pdf
TIC en fin de vie comme remplacement partiel de combustible dans l'industrie cimentaire	Commercialisé	Pyrolyse, 450-750 °C, absence d'O ₂	Tous les plastiques Tous les ignifuges	Extraction du brome, monomères et autres composés chimiques Métaux précieux CaCO ₃ diminue l'émission de dioxines de la combustion de PVC	Production de dibenzodioxines et de dibenzofuranes	WEEE recycling : Pyrolysis of fire retardant model polymers Elsevier
Umicore (fonderie de métal intégrée), Belgique Utilise du plastique TIC comme agent réducteur et comme remplacement partiel du coke	Commercialisé et en développement	Combustion	Tous les plastiques Tous les ignifuges	Remplace de la matière première, environ 6 % Récupère 70 % de l'antimoine Les composés organiques, incluant les ignifuges bromés, sont presque totalement détruits (température > 1 100 °C) Utilise du plastique avec métaux (75 % plastique), donc moins de tri nécessaire	Augmentation possible de la production de dibenzodioxines et de dibenzofuranes	http://www.flameretardants.eu/Objects/2/Files/Using%20Metal-Rich%20WEEE%20Plastics%20as%20Feedstock.pdf

L'utilisation de plastiques des TIC comme remplacement de matière première ou carburant semble en hausse. Ils peuvent remplacer le charbon et servir d'agent réducteur dans des aciéries et dans des fonderies de métaux ferreux et non ferreux. Dans les cimenteries et les centrales électriques, les plastiques des TIC peuvent servir de carburant secondaire. C'est le Japon qui est le plus avancé dans le traitement thermique (pyrolyse, gazéification et combinaison) des plastiques. En Europe, la seule installation de gazéification se trouve à Sustec Schwarze Pumpe, Allemagne.

1 Plastic Waste Management Institute, Japon

Type de procédé : Gazéification

Statut : En développement

Le « *Plastic Waste Management Institute, PWMI* » du Japon affirme avoir dirigé le projet ayant établi le premier procédé d'extraction d'ignifuges bromés au monde. Celui-ci utilise la gazéification sans générer de dioxines. Le plastique est d'abord passé dans un séparateur magnétique pour s'assurer qu'il n'y ait plus de métaux. Il est ensuite gazéifié puis refroidit rapidement pour éviter la génération de dioxines bromées. Le brome est récupéré des cendres volantes pour être ensuite utilisé comme produit chimique. La figure 12 de la page suivante schématise le procédé.

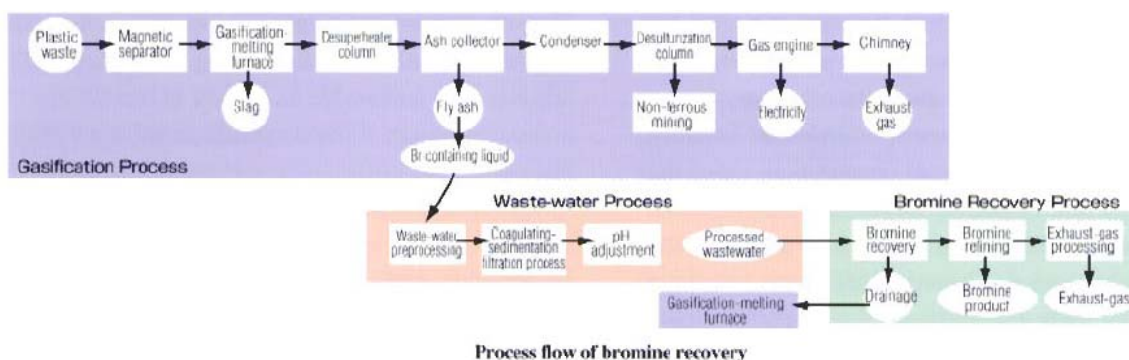


Figure 12 : Procédé de gazéification avec récupération du brome (source PWMI Newsletter)⁵⁵

2 Karlsruhe Research Center (Allemagne) et SEA Marconi (Italie)

Type de procédé : Pyrolyse

Statut : R-D

Dix partenaires européens issus d'industries, d'universités et de centres de recherche ont développé ce procédé de pyrolyse. Il s'agit de la dépolymérisation du plastique dans un four rotatif suivi par un traitement gazeux dans un second four rotatif pour enlever le brome des polymères. Le développement futur du procédé est dispendieux et son coût en capital estimé est élevé. Le schéma du procédé Haloclean est présenté à la figure 13.

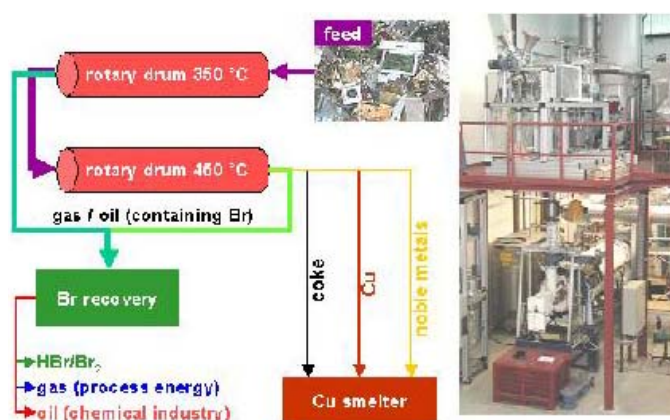


Figure 13 : Schéma du procédé Haloclean⁷⁵

iv. Traitement chimique

Les techniques de recyclage chimique utilisent la solubilisation, la solvolyse, la dépolymérisation et l'utilisation des fluides supercritiques. L'avantage de retirer les ignifuges est que les plastiques « propres » recueillis peuvent être ensuite réutilisés dans une plus grande gamme d'applications. Les ignifuges peuvent également être réutilisés, mais les marchés et preneurs éventuels devraient être identifiés. Leur retour vers des applications TIC n'est pas souhaité étant donné que leur emploi sera bientôt généralement interdit et que des ignifuges de remplacement devront être utilisés. Trouver d'autres débouchés est essentiel puisque les composés bromés sont toxiques et considérés comme matière dangereuse et qu'il peut être coûteux de les gérer et d'avoir à en disposer s'il n'y a pas de preneur potentiel à proximité. Les technologies de traitement chimique adaptées aux plastiques d'ordinateur sont en général à l'étape de la recherche et développement. Le tableau XV présente les principales technologies. Les sous-sections 1, 2 et 3 abordent trois procédés plus en détail.

TABEAU XV : QUELQUES TECHNOLOGIES DE TRAITEMENT CHIMIQUE DES PLASTIQUES

INTERVENANT	STATUT	TECHNIQUE EMPLOYÉE (IDENTIFICATION, TRI, EXTRACTION)	PLASTIQUES	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS	SOURCE D'INFORMATION
Axion	Développement	Centrevap Solubilisation	Tous les plastiques Ignifuges bromés	Procédé flexible Rendement élevé Technologie simple	Problème technique encore à résoudre	http://www.wrap.org.uk/downloads/BrominatedWithAppendices.29705853.a40da9b0.pdf
Axion	Développement	Solubilisation sélective du polymère suivi par une filtration pour récupérer l'ignifuge	Tous les plastiques Ignifuges bromés	Procédé flexible Technologie assez simple D'autres additifs insolubles pourraient être enlevés	Plusieurs recherches nécessaires pour obtenir un procédé commercialisable	Programme WRAP : http://www.wrap.org.uk/downloads/BFR2ndIntReportV3_21Nov2005.0e30f41c.pdf
Axion et Fraunhofer IVV	Développement	Débromination par hydroxyde de potassium Réaction des polymères bromés avec de l'hydroxyde de potassium et octanol pour produire de l'octyl bromide	Tous les plastiques Ignifuges bromés	Octyl bromide est un produit chimique utilisé D'autres recherches utilisent cette méthode Mise à l'échelle supérieure facile	Haute formation de dioxine, réaction incomplète avec le polymère bromé	Programme WRAP : http://www.wrap.org.uk/downloads/BFR2ndIntReportV3_21Nov2005.0e30f41c.pdf

INTERVENANT	STATUT	TECHNIQUE EMPLOYÉE (IDENTIFICATION, TRI, EXTRACTION)	PLASTIQUES	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS	SOURCE D'INFORMATION
Brunel University, Royaume-Uni	Développement	Solubilisation dans un liquide ionique	Tous les plastiques Ignifuges bromés	Solvant très sélectif Excellent rendement	Il est difficile de récupérer tous les solvants	Programme WRAP : http://www.wrap.org.uk/downloads/BR2ndIntReportV3_21Nov2005.0e30f41c.pdf
Critical Processes, Leeds, Royaume-Uni	Développement	Débromination dans l'eau chaude à haute température	Tous les plastiques Ignifuges bromés	L'eau est un solvant propre et facilement traitable	Formation de dioxine, dégradation du polymère	Programme WRAP : http://www.wrap.org.uk/downloads/BR2ndIntReportV3_21Nov2005.0e30f41c.pdf
CTTÉI	Développement	Tri par spectromètre à infrarouge Solubilisation et extraction des ignifuges	ABS Ignifuges bromés	Séparation de l'ignifuge du plastique	Besoin de plus de développement pour obtenir une séparation complète	CTTÉI
Fraunhofer IVV, Royaume-Uni	Développement	Creasolv, solubilisation	Tous les plastiques Ignifuges bromés	Faible consommation d'énergie Facilement mis à l'échelle commerciale Les dioxines sont enlevées	Les étapes finales de nettoyage du polymère sont encore en développement	http://www.wrap.org.uk/downloads/BrominatedWithAppendices.29705853.a40da9b0.pdf

INTERVENANT	STATUT	TECHNIQUE EMPLOYÉE (IDENTIFICATION, TRI, EXTRACTION)	PLASTIQUES	AVANTAGES	INCONVÉNIENTS	SOURCE D'INFORMATION
Nottigham University, département de chimie	Développement	Extraction par CO ₂ supercritique	Tous les plastiques Tous les ignifuges	CO ₂ est un solvant propre, peu dispendieux et facilement enlevé, par diminution de la pression	La séparation est encore difficile, le procédé nécessite plus de développement. Nécessite des recherches substantielles pour rendre le procédé commercialisable (design du procédé).	Programme WRAP : http://www.wrap.org.uk/downloads/BR2ndIntReportV3_21Nov2005.0e30f41c.pdf
Nottigham University, Département de chimie	Développement	Précipitation dans un antisolvant par CO ₂ supercritique	Tous les plastiques Ignifuges bromés	CO ₂ est un solvant propre, peu dispendieux et facilement enlevé, par diminution de la pression Faible consommation d'énergie	Utilise des membranes sophistiquées pour la séparation des solvants pour ensuite les récupérer	Programme WRAP : http://www.wrap.org.uk/downloads/BR2ndIntReportV3_21Nov2005.0e30f41c.pdf
RGS90, Stigsnaes, Danemark	Développement	Hydrolyse et pyrolyse	PVC	Pourrait être traité dans leur usine de traitement de PVC (50 000 tm/an de PVC recyclé)	Pas encore prouvé	Programme WRAP : http://www.wrap.org.uk/downloads/BR2ndIntReportV3_21Nov2005.0e30f41c.pdf

Jusqu'à maintenant, les technologies de traitement chimique des plastiques se sont peu développées, car elles sont en général plus coûteuses. Avec la hausse du baril de pétrole, le coût de traitement pourra peut-être se justifier plus facilement dans les années à venir.

1 CTTÉI

Statut : Projet R-D

Après déchiquetage des plastiques d'ordinateur, la taille des granules obtenues permet d'opérer une solvatation sélective à l'aide d'un solvant qui pénètre les granules et dissout les agents ignifuges organo-bromés, sans pour autant dissoudre le plastique ni modifier notablement l'apparence des granules. Le retrait du solvant entraîne l'agent ignifuge avec lui. Les plastiques se présentent à cette étape sous forme de granules et de poudrettes sans produits ignifugés. Il suffit de les rincer et de les sécher pour éviter la présence d'un solvant non souhaitée. Des essais à partir de cette méthode ont été réalisés sur des coques d'écrans d'ordinateur en ABS ignifugé.

L'application des travaux effectués par le CTTÉI nécessiterait :

- De valider la possibilité d'extraire des ignifuges des plastiques autres que l'ABS (dont le polystyrène choc, le PVC et le polycarbonate);
- D'identifier quel intervenant est le mieux placé pour effectuer l'opération d'extraction (implique l'usage de produits chimiques, l'installation des infrastructures nécessaires et la mise en place de mesures de sécurité spécifiques à l'utilisation de solvants);
- De réaliser une étude économique afin de s'assurer que le prix de revente du matériel recyclé couvrira les coûts de son traitement. Pour cela, il faudra trouver des preneurs éventuels pour toutes les matières issues du traitement et déterminer leur valeur sur le marché;
- D'établir le mode de gestion des plastiques et des ignifuges une fois séparés;
- De former du personnel qui utilisera le procédé.

2 Procédé CreaSolv

Statut : Projet précommercial

Ce procédé est développé par Fraunhofer IVV en Allemagne. En plus d'une bonne extraction des ignifuges bromés, il enlève les dioxines. Il a une faible consommation d'énergie. Il utilise des équipements simples et facilement commercialisables. La figure 14 de la page suivante présente un schéma du procédé CreaSolv. Des tests à Axion, Royaume-Uni, ont démontré ce procédé peut réduire de façon significative la concentration en produits bromés, puisqu'une réduction de 96 % en brome total a été enregistrée. En effet, lors de l'essai, la fraction plastique à traiter avait une concentration en brome total de 8,44 % et cette même fraction affichait après traitement une concentration de 0,34 % en brome total. Le solvant utilisé lors de l'essai est un mélange d'éthers ayant une haute masse atomique. Il est recyclé à 99 %. Fraunhofer espère commercialiser le procédé dès 2009³².

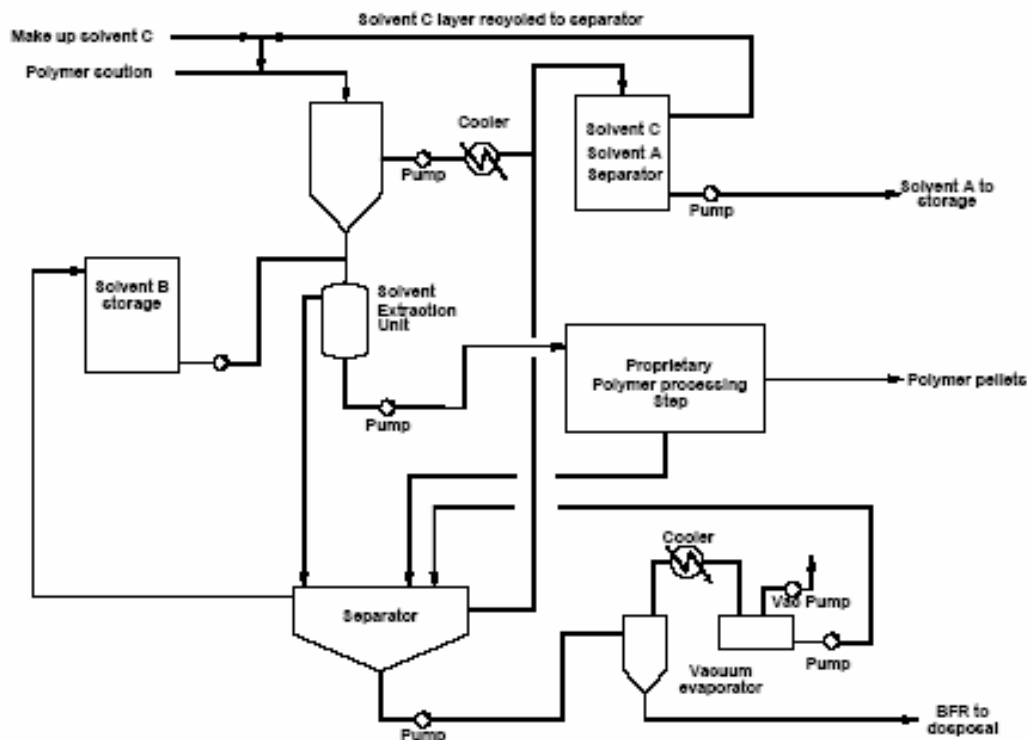


Figure 14 : Schéma du procédé CreaSolv³²

3 Procédé Centrevap

Statut : Projet R-D

Le procédé Centrevap est développé par Axion. Les résultats des tests sont confidentiels, car une demande de brevet est en cours. Ce procédé apparemment simple et flexible peut être utilisé pour plusieurs types de polymères. Il consomme plus d'énergie que le procédé CreaSolv, car une plus grande quantité de solvants doit être évaporée. La figure 15 présente un schéma du procédé Centrevap.

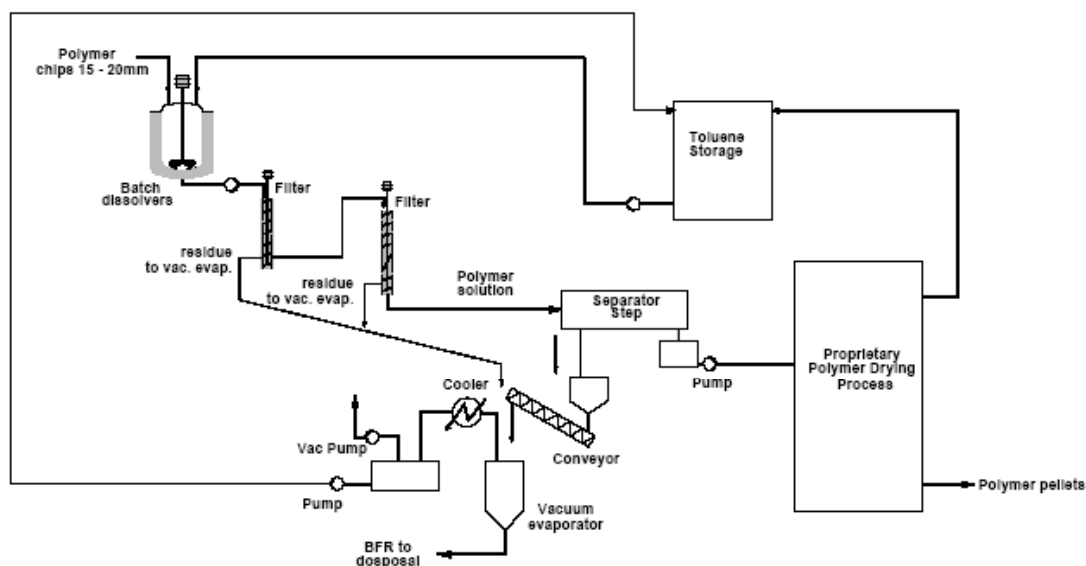


Figure 15 : Schéma du procédé Centrevap³²

5. ENQUÊTE AUPRÈS DES RÉCUPÉRATEURS/RECYCLEURS

Afin de compléter cette étude, une enquête a été menée auprès des récupérateurs/recycleurs afin d'identifier les problèmes vécus par ces entreprises.

Un questionnaire a été élaboré et est présenté en annexe I. Une dizaine d'entreprises ont été sélectionnées à partir du répertoire des recycleurs, récupérateurs et valorisateurs de Recyc-Québec. Le questionnaire a été envoyé à chacun d'eux et un contact téléphonique individuel a été réalisé afin de remplir le questionnaire. La liste des entreprises contactées ainsi que les réponses reçues sont présentées à l'annexe I.

Les entreprises contactées se sont montrées réticentes à divulguer des informations jugées confidentielles pour la majorité. Certaines compagnies ne voyaient pas d'intérêt à transmettre ces renseignements. Les quelques réponses obtenues démontrent que le démantèlement est majoritairement effectué de façon manuelle et ne présente pas de problème particulier. Une entreprise au Québec, FCM recyclage/Recycling., effectue un tri manuel et automatique. Il est à noter que cette entreprise est le seul recycleur accrédité par Recyclage des produits électroniques Canada (RPEC) dans la province. Ce qui signifie que tout son procédé de traitement jusqu'à la disposition des produits est régi par la « norme » de recyclage RPEC. Cette « norme » RPEC définit les prescriptions minimales de gestion des produits électroniques en fin de vie utile (PÉFVU). Cette norme vise à aider à déterminer si les PÉFVU sont gérés de

façon écologique afin de protéger la santé et la sécurité des travailleurs et l'environnement, du point de traitement primaire à l'élimination finale (http://www.rpec.ca/fr_index.html).

La constante enregistrée dans les quelques réponses obtenues auprès des recycleurs est la problématique liée à la prise en charge des tubes cathodiques et des plastiques.

Une fois isolés de leur boîtier plastique, les tubes cathodiques sont envoyés chez des recycleurs secondaires ou tertiaires qui sont en mesure de traiter les tubes cathodiques tels quels ou qui disposent d'une ligne de séparation des différents composants constituant le tube (verre avec plomb et verre sans plomb). En Ontario, GEEP dispose de telles installations. Toutefois, lors de notre visite de leurs installations à Barrie, la ligne de démantèlement des CRT n'était pas opérationnelle.

Au Québec, le réseau des CFER avait instauré un projet pilote de séparation des CRT faisant appel à un équipement permettant la séparation de la dalle du cône : le ROBOVIC. Malheureusement, les coûts élevés de transport du verre contaminé au plomb, considéré comme matières dangereuses, ne leur ont pas permis de maintenir en fonction ce système. Les CRT sont donc isolés tels quels et envoyés par la suite vers des centres de traitements appropriés.

Au Québec, les plastiques sont généralement triés manuellement. Un deuxième niveau de tri utilisant des détecteurs optiques est effectué chez FCM. Ce dernier récupère la plupart des plastiques triés par les démanteleurs/récupérateurs (CFER). Les plastiques ainsi triés sont mis en ballot puis expédiés vers des recycleurs secondaires et tertiaires à l'extérieur de la province. Ils sont envoyés aux États-Unis ou en Asie où des installations de traitement comme celles mises en place par MBA Polymers vont traiter ces fractions et les granuler afin de les réintroduire dans des filières de production de plastiques.

La grande majorité des recycleurs au Québec sont de petites entreprises de démantèlement. Seul FCM dispose d'installations de traitement mécanique de triage et de broyage des différentes fractions qui lui permet de produire des fractions distinctes et homogènes de métaux (ferreux et non ferreux) et de plastique trié par famille de plastiques.

Des visites industrielles ont été effectuées chez deux recycleurs en Ontario et trois installations au Québec.

SIMS RECYCLING SOLUTIONS, Brampton (Ontario)

<http://www.sims-group.com/global/home/default-std.asp>

Le groupe australien dispose de 22 usines dans le monde. Il est un des groupes précurseurs dans le recyclage des DEEE (1940).

Il emploie 7 500 salariés dans le monde, dont environ 600 sur les 7 usines des États-Unis et du Canada.

Il recycle 20 millions de tonnes de matériaux. Six cent mille équipements électriques et électroniques sont remis sur le marché par an. Ces clients proviennent de secteurs variés (militaire, industriel, public, privé, etc.).

La visite du site de Brampton a été très sommaire. Nous avons pu voir quelques postes de démantèlement manuel et des broyeurs en opération.

Les fractions sortantes sont au nombre de 25 (acier, cuivre, aluminium, plastique, verre, poussière, etc.) qui sont redirigées directement vers les affineurs.

Ils traitent essentiellement les équipements de bureautique (ordinateur, écran, imprimante, etc.)

Leur chaîne de traitement comprend les postes suivants :

- Démantèlement manuel (extraction des câbles, piles, cartes électroniques, condensateurs, etc.);
- Broyeur avec différents tamis;
- Séparation automatisée (électro-aimant, courant de Foucault);
- Granulation.

La séparation des plastiques et le traitement mercuriel ne sont pas effectués sur le site de Brampton.

GEEP (GLOBAL ELECTRIC ELECTRONIC PROCESSING INTERNATIONAL INC.), Barrie (Ontario)

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

GEEP est une filiale du groupe Barrie Metal. Ils disposent de plusieurs installations au Canada, aux États-Unis et en Asie.

GEEP est actif dans le domaine du recyclage et du réemploi des DEEE depuis 25 ans.

Ils traitent les équipements de bureautique (ordinateurs, écrans, imprimantes, etc.), le matériel vidéo et les équipements de téléphonie. Ils ont des contrats avec les opérateurs de télécommunication et les entreprises d'électricité du Canada et des États-Unis pour le recyclage des câbles.

L'usine de Barrie comprend une zone dédiée au réemploi des ordinateurs (PC) où ils procèdent à :

- La vérification du numéro de série;
- Test de fonctionnement du PC (serveur dédié pour tester les PC);
- Si le tout est correct, il y a réinitialisation de l'ordinateur ou remise en état, le cas échéant, en vue du réemploi;
- Si le réemploi n'est pas une avenue, le produit est recyclé.

Les étapes de recyclage pratiquées chez GEEP sont :

- Démantèlement et pré tri manuel : carcasses métalliques, cartes électroniques, câbles, piles et accumulateurs.
- Traitement des écrans (ligne non fonctionnelle lors de la visite).
 - Démantèlement manuel (coque plastique, carcasse métallique, déviateurs, cônes, câbles, cartes, etc.);
 - Découpe mécanisée au « fil chaud » pour séparation des verres dalle/cône;
 - Aspiration des poudres;
 - Broyage (différentes granulométries).
- Différents types de broyeurs se retrouvent dans l'usine selon les produits à traiter, ce sont :
 - Broyeur de câbles;
 - Broyeur de cartes électroniques;
 - Broyeur de pièces plastiques.
- Une fois broyés, les équipements sont triés à l'aide de différentes techniques de tri :
 - Électro-aimant (*Overband*) pour séparer les métaux ferreux et non-ferreux;
 - Séparateur de courant de Foucault;
 - Tri par densité (flottation);
 - Tri des plastiques (trieuse électrostatique).

Les différents équipements utilisés par GEEP sont présentés à l'adresse :

<http://www.geepinc.com/processes.php>

GEEP a son propre laboratoire pour tester 10 % des fractions sortantes avant expédition aux affineurs.

La technologie innovante de GEEP, est le procédé « NanoFuel Technologie inc. », qu'ils ont développé et qui leur permet de produire du carburant à partir des plastiques résiduels. Une partie des plastiques (fraction plastique mélangé avec ou sans agent ignifugeant) ne pouvant être valorisé par l'industrie plastique est dirigée vers le procédé Nanofuel.

Ce procédé breveté transforme les plastiques à base d'hydrocarbures directement en carburant diesel, en utilisant un catalyseur spécifique, qui va briser les longues chaînes moléculaires d'hydrocarbures et les raccourcir : c'est la dépolymérisation catalytique. Le procédé demande quelques précautions au niveau des intrants puisque les plastiques ne doivent pas contenir de traces de métal ou de poussières d'où l'importance d'un tri au préalable. Le procédé de fabrication comprend les étapes suivantes :

- Séchage des plastiques entrants;
- Ajout d'additifs;
- Introduction de la poudre de plastique dans le réacteur;
- Montée en température (max 350 °C);
- Ajout du catalyseur (lorsqu'une certaine température est atteinte);
- Réaction en chaîne;
- Vaporisation du diesel (la température d'ébullition du diesel étant inférieure à la température du réacteur).

La température à l'intérieur du réacteur n'étant que de 300 à 350 °C, cela fait en sorte qu'aucune dioxine ou autre produit toxique n'est fabriqué lors du procédé catalytique.

La capacité actuelle de traitement est de l'ordre de 200 L/h et la capacité maximale de traitement est de 1 000 L/h.

GEEP ECOSYS, Dorval (Québec)

GEEP ECOSYS est établie à Dorval depuis 1996. Elle dispose d'une installation de 32 000 pi² et compte une trentaine d'employés. Elle se spécialise dans le reconditionnement d'appareils électroniques tels que téléviseurs, moniteurs, imprimantes, etc. GEEP ECOSYS (Montréal) compte une trentaine d'employés.

À la réception, chaque lot d'équipement est identifié à l'aide d'un code-barre pour s'assurer de leur traçabilité. Les équipements sont inspectés et, selon leur état, sont dirigés vers le reconditionnement ou le démantèlement/recyclage. Le reconditionnement implique, dans un premier temps, l'effacement des données contenues dans le disque dur des appareils suivi de la vérification du fonctionnement adéquat des appareils. Par la suite, les appareils reconditionnés sont entreposés par lot avant d'être expédiés.

GEEP ECOSYS traite environ 5 000 tonnes par an de produits et envoie 54 tonnes mensuellement chez GEEP à Barrie en Ontario pour traitement/recyclage.

Un agrandissement de l'usine est prévu en 2009-2010 avec l'intégration d'une chaîne de traitement ERP-I (développée par GEEP) comprenant le démantèlement primaire et la séparation mécanique. ERP-I permet de traiter quatre (4) tonnes de matériel à l'heure en différentes fractions de matériaux réutilisables (métaux et plastiques).

RECYC-IT, Granby (Québec)

RECYC-IT est une petite entreprise de démantèlement de deux employés. Sa capacité annuelle de traitement est de 60 tonnes. La capacité maximale de traitement est de 100 tonnes par an. Les opérations de démantèlement sont manuelles.

Le démantèlement d'un moniteur prend environ huit (8) minutes. Les différentes pièces sont triées en fraction plastique, métaux ferreux, métaux non-ferreux, circuit imprimé et CRT .

Les bobines de cuivre sont retirées des CRT et ces derniers sont ensuite envoyés vers une entreprise locale qui en assure le traitement (Sani-Eco inc.).

Le propriétaire désire agrandir ses installations et les déplacer dans le parc industriel de Granby lorsque le contexte économique sera plus favorable.

TARGRAY TECHNOLOGY INTERNATIONAL INC., Pointe-Claire (Québec)

Targray est le plus grand fournisseur au monde de matériaux et de consommables utilisés dans la fabrication de médias optiques. Il offre un service de recyclage des CD, CD-R et DVD.

Le bureau de Montréal sert uniquement d'entrepôt et de tri. Le recyclage proprement dit est effectué en Chine.

Targray récupère beaucoup de rejets industriels des fabricants de CD moule (purge), le trou du CD et le surplus de moulage. Le trou du CD est très facile à recycler et il ne nécessite pas d'être granulé. Ils récupèrent aussi les boîtiers de CD (polystyrène) qui sont rigides et généralement clairs, donc faciles à recycler. La valeur du polycarbonate recyclée varie en fonction de la constance de sa granulation. Ils récupèrent aussi quelques métaux (nickel, aluminium) provenant de la conception de CD.

Targray aimerait étendre ses activités dans l'électronique afin d'augmenter sa rentabilité (démantèlement et recyclage de produits électroniques et de piles). Ils cherchent à optimiser leurs points de collecte afin d'éviter les déplacements et ainsi réduire les coûts de transport.

L'entreprise fait aussi la récupération des cassettes VHS. Ces dernières sont constituées de 7 à 13 matériaux différents, ce qui rend le démantèlement-recyclage complexe et coûteux. De plus, le polypropylène utilisé dans la composition des cassettes n'a pas une grande valeur. Elle mentionne aussi le fait que ce type de cassettes devrait disparaître à court terme, puisqu'aujourd'hui pratiquement plus aucune cassette VHS n'est fabriquée. Donc, la question se pose quant à l'utilité de développer une technologie pour les recycler. Targray serait intéressé à étudier la question si une société était prête à co-investir dans un tel projet (par ex. : Vidéotron ou la Société Radio-Canada).

Selon eux, la problématique du polystyrène rigide est qu'il n'est pas possible de le réutiliser. Il ne peut pas non plus être réchauffé et remodelé. Il faudrait évaluer les possibilités de valorisation de ce plastique. Les émanations pourraient compliquer la valorisation énergétique. Targray n'accepte pas le styromousse, car même s'il était pressé, le coût du transport serait trop cher comparativement au coût de vente.

6. CONCLUSION ET RECOMMANDATION

Cette étude nous a permis de dégager certaines grandes lignes relatives au traitement de ces équipements en fin de vie utile afin d'en assurer le recyclage.

En ce qui concerne les écrans cathodiques, le traitement en boucle fermée est actuellement l'avenue la plus répandue et la plus attrayante d'un point de vue économique. Mais dans les années futures, cette option n'existera plus à cause de l'apparition des nouvelles technologies d'écrans plats.

La deuxième option de traitement dite en boucle ouverte qui consiste à recycler le verre provenant des CRT dans d'autres types de produits (carrelage en céramique, matériaux à base de résines) sera celle qui devrait prédominer dans le futur.

Au Québec, les infrastructures de traitement des CRT en fin de vie utile sont rares. À notre connaissance, seuls les CFER disposaient d'une installation de découpage des CRT (ROBOVIC), mais cette ligne automatisée faisant appel à un robot n'est plus en activité. Seul le démantèlement manuel des moniteurs visant à isoler le CRT de son boîtier plastique est effectué. Les CRT sont ensuite envoyés vers des affineurs.

Les écrans plats, nouveaux produits ayant fait leur apparition au cours des dernières années, vont engendrer de nouveaux flux de produits en fin de vie utile et de nouveaux problèmes de traitement. L'évolution technologique de ce type de produit s'accélère et les produits entrant sur le marché sont déjà différents de ceux qui sont apparus en 2001. Beaucoup d'informations sur la composition chimique de ces équipements sont disponibles, mais les risques environnementaux en lien avec ces produits sont encore à l'étude⁶³. La quantité de chacun des produits chimiques de ces écrans est estimée et basée sur des données anciennes. Un inventaire précis de ces produits utilisés par les fabricants de ces équipements serait nécessaire pour permettre aux chercheurs d'évaluer les risques liés à l'utilisation de ces produits. Des questions demeurent quant à la toxicité de certains produits tels que l'oxyde d'indium-étain, le Déca-BDE et les cristaux liquides.

Les procédés de recyclage des écrans plats sont encore en développement. Les principales technologies de traitement portent sur les tubes de rétro éclairage de petites tailles incorporant le mercure. Pour l'heure, les solutions proposées sont un démantèlement manuel de l'écran, dans lequel les tubes sont séparés puis envoyés vers des filières spécifiques de traitement des tubes et des lampes à décharge.

Des travaux de recherche sont en cours pour récupérer l'oxyde indium-étain utilisé comme revêtement d'écrans d'affichage des ordinateurs⁴⁴. Les réserves connues d'indium s'épuisent. Des recherches sont en cours à l'institut Max Planck (Institute for Polymer Research) pour substituer l'indium par du graphène qui est un cristal bidimensionnel de carbone dont l'empilement constitue le graphite.

Les recherches effectuées dans le cadre de cette étude permettent de faire certains constats relatifs au recyclage des plastiques générés par les équipements des TIC en fin de vie utile. Il apparaît évident que les volumes de plastique ignifugé à gérer iront en s'accroissant au cours des années à venir et que ceux-ci contiendront possiblement une certaine proportion de « vieux » appareils contenant des ignifuges désormais bannis. La pertinence de mettre en place les infrastructures de gestion nécessaires sur le territoire québécois ne semble donc pas être remise en cause.

Un réseau de recycleurs et récupérateurs semble bien établi au Québec et sert à capter essentiellement le gisement provenant du secteur ICI. Les petits récupérateurs effectuent le démantèlement des équipements et revendent les composantes ayant une valeur satisfaisante. Les plastiques sont dirigés vers des recycleurs ou des sites d'enfouissement. Les recycleurs procèdent au tri (généralement de façon manuelle) des différents types de plastique puis les mettent en ballots ou en granules avant de les acheminer vers les marchés situés, pour la plupart, en Asie. Pour le moment, aucun de ces intervenants ne possède les infrastructures qui permettraient d'extraire les ignifuges des plastiques ni même de les identifier.

Différentes technologies visant une meilleure identification et ségrégation des plastiques sont disponibles sur le marché, mais ont un coût et des performances variables. Quant aux technologies de recyclage, les plus répandues sont de types mécanique ou thermique (notons que la voie thermique est interdite au Québec). Les frais d'exploitation élevés des procédés chimiques et leur niveau de développement parfois peu avancé les rendent peu compétitifs.

On constate donc qu'à l'heure actuelle, la mise en valeur des plastiques issus des TIC se fait hors frontières. Peu d'informations sont disponibles sur ce qu'il advient de ce type de plastique qui est acheminé vers la Chine, mais on suppose qu'il est mis en valeur sinon en recyclage/réutilisation du moins énergétiquement. Un certain volume, qu'il n'a pas été possible de quantifier dans le cadre de cette étude, est destiné à l'enfouissement et ne fait l'objet d'aucuns mode de mise en valeur.

À la lumière des informations qui précèdent, différents scénarios d'amélioration de la gestion des plastiques issus des TIC peuvent être envisagés selon les objectifs poursuivis.

Objectif 1 : Détourner de l'enfouissement les volumes actuellement jetés

Pour détourner de l'enfouissement les volumes actuellement jetés et considérant l'absence de marché local pour les plastiques ignifugés, l'option de mise en valeur énergétique pourrait être envisagée. Une telle valorisation pourrait se faire par les cimenteries à condition qu'elles soient autorisées à le faire par les autorités compétentes. Cette option impliquerait un contrôle serré des émissions rejetées aux cheminées. Il faudra de plus s'assurer de l'acheminement de volumes suffisants. L'incinération ne permettrait pas d'allonger le cycle de vie des plastiques en cause, mais pourrait, à tout le moins, avoir un impact positif sur l'augmentation de la durée de vie des sites d'enfouissement.

Objectif 2 : Réutiliser les plastiques dans d'autres applications

Débarrassés de leurs ignifuges, les plastiques issus des TIC pourraient être réutilisés dans différentes applications. Pour ce faire, des technologies performantes d'identification et d'extraction des ignifuges sont indispensables. Un investissement important en équipement, en formation de personnel et en contrôle de qualité serait requis par les intervenants impliqués. La justification d'un tel investissement devra, au préalable, être appuyée par une étude de la valeur marchande du plastique recyclé et des ignifuges extraits. La taille et la localisation des marchés des différentes matières devront être déterminées et mises en balance. Un tel scénario aurait pour avantage de permettre une réutilisation sur le marché local par des entreprises locales et de répondre rapidement à un éventuel resserrement des exigences concernant les ignifuges (autres bannissements, traçabilité, etc.). Selon les recherches effectuées par le CTTÉI, les technologies d'extraction disponibles sont au mieux précommerciales sinon en développement. Il est donc possible que des essais pilotes soient requis avant d'envisager un transfert technologique vers des entreprises qui prendraient en charge cette activité.

L'option de réutilisation nécessite vraisemblablement des étapes de validations technique et commerciale avant de pouvoir être mise en œuvre. Il pourrait donc être envisagé de combiner les deux scénarios et d'utiliser l'option de valorisation énergétique dans l'attente de la concrétisation de la seconde option. Plus concrètement, il se pourrait que même l'option de réutilisation ne puisse pas être jugée rentable pour tous les types de plastique ou ignifuges. En conséquence, un certain flux de matières ne pourrait être traité et devrait probablement être tout de même incinéré ou enfoui.

Mais un préalable à toute initiative demeure la mise en place d'un réseau de collecte efficace et connu du public.

Le Québec devra s'inspirer de l'exemple européen, qui a mis en place un cadre réglementaire (DEEE, RoHS, EuP, REACH, etc.) permettant de réduire l'impact des déchets électriques et électroniques sur l'environnement. Le Québec et, en général, le Canada devront intégrer les principes d'écoconception afin de réduire l'impact environnemental et préserver ainsi nos ressources.

L'industrie de la récupération/recyclage n'est pas contrôlée au Québec et n'importe qui peut s'improviser recycleur/récupérateur dans ce domaine. Un encadrement des pratiques en la matière devrait être instauré de manière à garantir une prise en charge respectueuse de l'environnement de déchets TIC produits en fin de vie utile. L'élaboration d'un guide de bonne pratique et l'assurance d'une traçabilité des produits entrants et sortants devraient être mis en place.

La nouvelle réglementation du MDDEP relative à la responsabilité élargie des producteurs, volet produits électroniques, devrait voir le jour en 2009 et va imposer aux producteurs de mettre en place un plan de reprise de leurs produits en fin de vie utile. Ce plan demandera donc aux entreprises de récupération/recyclage de démontrer la reprise adéquate de ces déchets.

7. BIBLIOGRAPHIE

1. Aass, F. E. 2001. Environmental Treatment of EE-Waste in Norway, Waste Management World, Nov.-Déc. 2001, p. 27-31.
2. ADEME, Annexes de l'Enquête sur l'état de l'art et les perspectives des techniques de tri automatique des déchets. Accessible en ligne : www2.ademe.fr/servlet/getBin?name=058F7F57D4452809D59B14E297CDCDE71131551415217.pdf.
3. ADEME, 2005. Caractérisation des plastiques contenus dans les DEEE et état des lieux de la valorisation de ces plastiques, Rapport final ADEME (Direction des déchets et sols). Juillet 2005.
4. ADEME, 2008. État de l'art des technologies de recyclage de certains DEEE : PAM, tubes cathodiques, cartes et composants électroniques
5. Andreola, F., Barbieri, L., Corradi, A. and I. Lancellotti, 2007. CRT Glass State of the Art. A case Study : Recycling in Ceramic Glazes, Journal of European Ceramic Society 27 (2007).
6. Arola, Darren F., Allen, Laurence E. and M. B. Biddle, 1999. MBA Polymers Inc. Fisher, Michael M., American Plastics Council. Plastics Recovery from Electrical and Electronic Durable Goods: an Applied Technology and Economic Case Study. Paper presented at the Society of Plastics Engineers (SPE) Annual Recycling Conference (ARC).

Accessible en ligne : http://www.americanchemistry.com/s_plastics/doc.asp?CID=1588&DID=6048.
7. Arola, D. F. et M. B. Biddle, 2000. Making Plastics Recycling From Electronic Equipment a Commercial Reality, Proceedings of the 2000/EEE International Symposium on Electronics and the Environment (ISEE 2000), p. 75.
8. Arvault, G., 2008. La filière attend de nouveaux procédés, Recyclage Récupération No 30, pp. 24-33.
9. Babu, B. R., Parande, A. K. and C. A. Basha, 2007. Electrical and Electronic Waste: A Global Environmental Problem, Waste Management & Research 2007:25:307-319.
10. Baron S., 2008. Recyclage des téléviseurs: pas de Zapping pour les professionnels. Déchetcom, 11 juin 2008, 6 p
11. Biancaniello, J., Fisher, M. M., Headley, L. and T. Kingsbury, 2003. Setting the Record Straight: Busting Common Myths about Plastics from Recovered Consumer Electronics (GPEC 2003). Accessible en ligne : http://www.americanchemistry.com/s_plastics/doc.asp?CID=1588&DID=6033.

12. Biddle, M. B., Dinger, P. and M. M. Fisher, 1999. An Overview of Recycling Plastics from Durable Goods: Challenges and Opportunities, IdentiPlast II Conference, April 1999, Brussels.
13. Bittner, M., Michaeli, W. and G. Menges, 1996. Recycling and Recovery of Plastics, Edited by Brandrup, J. 1996, 893 p., ISBN 3-446-18258-6.
14. Boerrigter, Ir. H., 2001. Implementation of Thermal Processes for Feedstock Recycling of Bromine, with Energy Recovery, from Plastic Waste of Electrical and Electronic Equipment (WEEE). Energy Research Centre of the Netherlands (ECN). October 2001. Accessible en ligne : <http://www.ecn.nl/docs/library/report/2001/c01110.pdf>.
15. Bromine Science And Environmental Forum. An introduction to Brominated Flame Retardants. 19 octobre 2000. Accessible en ligne : <http://www.ebfrip.org/download/weeeqa.pdf>.
16. Brusselaers, J., Mark, F. E. and L. Tange, 2006. Using Metal-Rich WEEE Plastics as Feedstock / Fuel Substitute for an Integrated Metals Smelter, November 2006. Accessible en ligne : <http://www.flameretardants.eu/Objects/2/Files/Using%20Metal-Rich%20WEEE%20Plastics%20as%20Feedstock.pdf>.
17. Bussien, T., 2005. Le recyclage des CD, Usine 21, Projet STS École Polytechnique de Lausanne, 43 p.
18. Carleau, Roger Yves, 2004. Identification de débouchés pour le plastique récupéré du matériel informatique. Essai effectué en vue de l'obtention du grade de maître en environnement (M. Env.). Université de Sherbrooke. Août 2004.
19. Danon-Schaffer, Monica N., 2004. Where do Computers Go When they Die, Accessible en ligne : <http://courses.ece.ubc.ca/476/www2004/lectures/guest-lect.pdf>.
20. Dawson, R. et al., 2001, Recyclability of Flame Retardant Plastics, 2nd International Symposium of Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing (Ecodesign'01), 2001, p. 107-115.
21. Diederich, D., Daniel, J., 2008. Opportunities for the utilisation of processed Cathode Ray tubes, Rapport interne RTG GmbH Allemagne, 43 p.
22. Drohmann, D., 2002. End-of-Life Management of Plastics from Electrical and Electronic Equipment Containing Brominated Flame Retardants Paper given at "Recycling Electrical and Electronic Equipment 5", London, 3 December 2002. Accessible en ligne : <http://www.ebfrip.org/statements/ERA%20EoL-BFR-plastics.pdf>.

23. Drohmann, D. and L. Tange, 2004. What are Processing Alternatives and Market Opportunities for Mixed Plastic Fractions? Presentation to workshop *Where are "WEEE" going?* October 2004. Antwerp. Accessible en ligne : http://www.bsef.com/newsmanager/uploads/umicore_efra_presentation_end_of_life_workshop.ppt.
24. Electronic Waste Recovery Study, 2006. Pour "Resource Recovery Fund Board" par PHA Consulting Associates. Accessible en ligne : <http://www.recycle.nrcan.gc.ca/Electronics%20Study%20Final%20Report.EN.pdf>.
25. Environnement et élimination des déchets industriels, 2008, Maintenance & Entreprise les services de l'industrie, Décembre 2008, N° 609, 16-18
26. ENVIROSRI. Les déchets de technologie de l'information et de télécommunications au Canada. Préparé pour Environnement Canada. Octobre 2000.
27. EPA, 2007. Electronics Waste Management in the United States, Approach 1, April, 2007, Draft Final, EPA530-R-004a.
28. European Chemical Industry Council, 2006 :Flame retardant market statistics, 3 p
29. EUROPEAN BROMINATED FLAME RETARDANT INDUSTRY PANEL : www.ebfrp.org, page consultée le 30 juin 2008.
30. Fisher, M. M. and al. Energy Recovery in the Sustainable Recycling of Plastics from End-of-Life Electrical and Electronic Products. Accessible en ligne : http://www.americanchemistry.com/s_plastics/doc.asp?CID=1588&DID=6032.
31. Fisher, M. M., Biddle, M. B., Hainault, T., Smith, D. S., Cauchi, D. J. and D. A. Thompson, 2000. Characterization and Processing of Plastics from Minnesota's Demonstration Project for the Recovery of End-of-Life Electronics. Paper for the Society of Plastics Engineers (SPE). Annual Recycling Conference (ARC), 2000. Accessible en ligne : http://www.americanchemistry.com/s_plastics/doc.asp?CID=1588&DID=6041.
32. Freegard, Keit, Morton, Roger and al., 2005. Develop a process to separate brominated flame retardants from WEEE polymers. Interim Report 2. Date: 20th August 2005 ISBN: 1-84405-147-1. Accessible: http://www.wrap.org.uk/downloads/BFR2ndIntReportV3_21Nov2005.0e30f41c.pdf.
33. Giasson, Richard, Spectroscopie infrarouge. <http://www.chimie.umontreal.ca/CHM1312/partie2.pdf>.
34. Gregory, J. R. and R. E. Kirchain, 2007. A Comparison of North American Electronics Recycling Systems, Proceedings of the 2007 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment, 7-10 May 2007.
35. Guichardaz, Olivier, 2006. DEEE À la recherche du meilleur scénario de traitement, Environnement et Technique, Avril 2006, No 255, 21 p.

36. Harvey, Ian, 2008. Saving the World, One Computer at a Time. 5 mai 2008. Accessible en ligne : http://www.geepinc.com/news_SavingtheWorld.php.
37. Huisman, Jaco, 2005. QWERTY and Eco-Efficiency check on actual treatment of stripped monitors at Metallo-Chimique NV, Report TUDelftPublic version October 31, 2005.
38. Huisman, Jaco, 2004. QWERTY and Eco-Efficiency Analysis on treatment of CRT containing appliances at Metallo-Chimique NV, TU Delft Final Report, October 14, 2004, 34 p.
39. ICER, 2004. Materials Recovery from Waste Cathode Ray Tubes (CRTs), Project code: GLA15-006, March 2004. Report published by The Waste&Resources Action programme, 78 p.
40. ICER, 2003. New Approach to Cathode Ray Tube (CRT) Recycling, August 2003, Report GW-12.10.130 Prepared by ICER for DTI.
41. International Association of Electronics Recyclers, 2006. IAER Electronics Recycling Industry Report.
42. Jirang, Cui, 2005. Mechanical Recycling of Consumer Electronic Scrap, Report May 2005, Lulea University of Technology, Sweden, 156 p.
43. Kallel, T. K et al., 2008. Identification et valorisation de mélanges polycarbonate/acrylonitrile-butadiène-styrène issus de vieux ordinateurs, Déchets Sciences & Techniques, Revue francophone d'écologie industrielle, N° 49, 1^{er} trimestre 2008.
44. King County Department of Natural Resources and Parks, 2008. Literature Review Flat Panel Displays: End of Life Management Report, Final Report, April 24, 2008. www.metrokc.gov/dnpr/swd/takeitback/electronics/documents/FDPRReport.pdf.
45. Kobler, Ron et al. The Successful Processing of End of Life Electronics Plastics into Separate Streams of Brominated and Phosphate Flame Retardants with RPI's Skin Flotation Technology.
Disponible en ligne : <http://www.sperecycling.org/GPEC/GPEC2004/pdf/files/papers/032.pdf>.
46. Kohei, S., 2004. Examining the Waste from Electrical and Electronic Equipment Management Systems in Japan and Sweden, LUMES Master's Thesis, December 2004
47. Krikke, J., 2008. Recycling e-waste : The Sky is the Limit, IT Pro January/February 2008
48. (Lazzari, O, http://www.futura-sciences.com/fr/news/t/informatique/d/un-plastique-ignifuge-a-partir-de-dvd-recycles_9718/).
49. Luda, M. P., Euringer, N., Moratti, U. and Zanetti, M., 2004. WEEE recycling: Pyrolysis of Fire Retardant Model Polymers. Elsevier Ltd.

50. Méar. F., Yot. P., Cambon. M., Ribes. M., 2006. The characterization of waste cathode-ray tubes glass, *Waste management* 26 (2006), 1468-1476
51. Morgat, B., 2004. DEEE : Quelles solutions de recyclage pour les écrans plats *Environnement & Technique*, Avril 2004, No 235.
52. Olivier, Marc, 2006. Mise au point d'une stratégie pour le recyclage et la mise en valeur des plastiques d'ordinateur. 2006 présenté à la Direction du soutien aux établissements, Direction générale des affaires universitaires et collégiales, Ministère de l'Éducation, du Loisir et des Sports.
53. Ostlin, J., Ekholm, H., 2000. Lean Production Principles in Remanufacturing A Case Study at a Cartridge Remanufacturing, *Proceedings of the 2007 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment* 7-10 may 2007.
54. Plastic Waste Management Institute, An Introduction to Plastic Recycling 2004. Accessible en ligne : http://www.pwmi.or.jp/ei/plastic_recycling_2004.pdf.
55. PWMI Newsletter, No. 27, October 2003. At the Frontline of Plastic Recycling.
56. Recyc-Québec, Filière des produits des technologies de l'information et des communications (TIC), Août 2007. Accessible en ligne : <http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/Upload/Publications/MICI/Rap-TIC-2008.pdf>.
57. Recyc-Québec, 2008. Les résidus des technologies de l'information et des communications (TIC), Juin 2008, 9 p.
58. Recyclage des produits électroniques. http://www.epsc.ca/fr_index.html.
59. Recycling of Scrapped Electronics Studied at MIT, www.sciencedaily.com/releases/2004/10/041008023137.htm.
60. Répertoire québécois des récupérateurs, recycleurs et valorisateurs, <http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/client/fr/repertoires/rep-recupereurs.asp>.
61. Riise, Brian L. and Biddle, Michael B., 2000. MBA Polymers inc., Fisher, Michael M., American Plastics Council. X-Ray Fluorescence Spectroscopy in Plastics Recycling, 2000. Paper presented at R3, 2000. Accessible en ligne : http://www.americanchemistry.com/s_plastics/doc.asp?CID=1588&DID=6040.
62. Riise, B. L. et al., 2001. Value Added Color Sorting of Recycled Plastic Flake from End-of-Life Electrical and Electronic Equipment, *Electronics and The Environment, Proceedings of the 2001 International Symposium on*, pp. 223-228.
63. Rindfusz, K., Gavrelis, N., Sepanski L., 2007. Flat-panel displays : End-of-life management, *Resource Recycling*, October 2007, pp.16-20.

64. RIS International Ltd, 2003. Étude de base sur les produits électriques et électroniques en fin de vie au Canada. Rapport présenté à environnement Canada. Juin 2003.
65. Statistiques en bref: Ventes d'enregistrements sonores au Québec de 2002 à 2007, Bulletin n°40/Septembre 2008
66. Schlummer, M., Leitner, T. and W. Spruzina, 2006. Report: Recycling of Flame-Retarded Plastics from Waste Electric and Electronic Equipment (WEEE), Waste Management & Research 2006 : 24 : 573-583.
67. Schut, Jan H., 2007. Recycling E-Plastics: New material stream brings its own set of problems, August 2007, Plastics Technology, <http://www.ptonline.com/articles/200708fa2.html>.
68. Sheng, P. P. and Etsell, T. H., 2007. Recovery of Gold from Computer Circuit Board Scrap Using Aqua Regia, Waste Management & Research. 2007:25:380-383.
69. SIMAVELEC, 2008. La valorisation des écrans en fin de vie, dossier de presse, 14 p., http://www.simavelec.fr/Documents/Presse/juin%202008/DossierPresse_Conf%20Env_10%20juin%2008.doc.
70. Sony Commences In-House Recycling of Flame-retardant Polystyrene. (4 décembre 2007) <http://www.sony.net/SonyInfo/News/Press/200712/07-133E/index.html>.
71. Sony Develops Flame-retardant Vegetable-based Plastic for the Casing of DVD Player. <http://www.sony.net/SonyInfo/Environment/news/2004/01.html>.
72. SRI Consulting. <http://www.sriconsulting.com/SCUP/Public/Reports/FLAME000/>.
73. Taylor, Brian, 2005. System Upgrade. Recycling Today, October 2005. Accessible en ligne : http://www.masercorp.com/files/RecyclingTodayArticle_10-05.pdf.
74. The Stignæs process: <http://www.pvcinfo.be/bestanden/Stign%C3%A6s%20UK.pdf>
75. Tange, L. and Drohmann, D., 2004. Waste Electrical and Electronic Equipment Plastics with Brominated Flame Retardants – from legislation to separate treatment – thermal processes. (2004). Elsevier Ltd. Accessible en ligne : <http://www.ebfrip.org/statements/sdarticle.pdf>.
76. Teichmann, D., Masood, S., Iovenitti, P., Sbarski I. and E. Kosior, Development of High Sorting Process for Recycling of Plastics, www.swin.edu.au/iris/pdf/profiles/DerekTeichmann.pdf.
77. United Nations University. 2008 Review of Directive 2002/96 on Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) : Annex to the Final Report. 5 août 2007. Accessible en ligne : http://ec.europa.eu/environment/waste/weee/pdf/final_rep_unu.pdf.

78. United States Patent and Trademark Office. Accessible en ligne : <http://www.uspto.gov/patft/index.html>.
79. Vanderpol, M., 2003, Managing E-Waste : Working Towards a Canadian Solution, Canadaian Pollution Prevention Roundtable, June 12, Calgary AB
80. Vehlow, J. B., Bergfeldt, B., Hunsinger, H., Jay, K. and al., 2002. Recycling of bromine from plastics containing brominated flame retardants in state-of-the-art combustion facilities. Accessible en ligne : <http://www.bsef.com/publications/Tamara.pdf>.
81. Widmer, M. and al., 2005. Global perspectives on e-waste, Environmental Impact Assessment Review 25.
82. World Bank, 1999. Plastics Recycling in China an International life cycle approach, IVM Report Number W99/05, May 1999, Pieter van Beukering (ed.).
83. Wood, L., 2008. Toxic Televisions : a new approach to CRT recycling, Environmentalist Journal, Issue 61, July 2008.
84. Xiao, Chuanfu, Allen, Laurence and Michael B. Biddle, 1999. MBA Polymers inc. Fisher, Michael M., American Plastics Council. Electrostatic Separation and Recovery of Mixed Plastics. Paper presented at the Society of Plastics Engineers (SPE) Annual Recycling Conference (ARC), 1999. Accessible en ligne : http://www.americanchemistry.com/s_plastics/doc.asp?CID=1588&DID=6046
85. Yoshida, A., Tasaki, T. and A. J. Terazono, 2007. Material flow of Used PCs in Japan, Proceedings of the 2007 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment 7-10 May 2007, pp. 46-51.

ANNEXE I
QUESTIONNAIRE
LISTE DES ENTREPRISES CONTACTÉES
RÉPONSES AUX QUESTIONNAIRES

Québec, le 9 juin 2008

Nom
Adresse
Ville
Code postale

8. **Objet :** Besoins technologiques en matières

9. de recyclage des déchets des TIC au Québec

Madame, Monsieur

Le Centre de recherche industrielle du Québec (CRIQ) et RECYC-QUÉBEC se sont associés afin réaliser une étude sur les besoins technologiques en matières de recyclage des déchets électroniques au Québec et plus particulièrement les TIC (ordinateurs, télévisions, disques compacts (CD et DVD), photocopieurs, etc.). L'objectif de notre démarche vise plus spécifiquement à :

- ☐ À obtenir un portrait sommaire des façons de faire actuelles et à connaître les besoins technologiques
- ☐ Répertoire et à diffuser l'information sur les technologies disponibles à l'échelle internationale

Dans ce but le CRIQ effectue une revue de littérature des technologies disponibles en Amérique du Nord et ailleurs dans le monde. La deuxième étape consiste à solliciter votre collaboration pour compléter le questionnaire ci-joint.

Nous sommes conscients que le recyclage des déchets électroniques représente un défi de taille pour votre entreprise. Vous faites figure de chef de file en recherchant et en mettant en pratique des façons de faire qui permettent de valoriser une quantité croissante de composantes électroniques qui autrement, viendraient augmenter le volume de matières nuisibles pour l'environnement.

Soyez assuré que les données que vous nous transmettez seront traitées de façon confidentielle. Afin de nous assurer de votre compréhension de notre démarche et des thèmes traités dans le questionnaire, nous vous contacterons par téléphone, au cours de la prochaine semaine. Nous apprécierions recevoir le questionnaire dûment complété au plus tard le 2008.

Nous vous remercions à l'avance de votre précieuse collaboration et nous vous prions d'agréer l'expression de nos sentiments les meilleurs.

QUESTIONNAIRE

COLLECTE D'INFORMATION AUPRÈS DES DÉMANTELEURS ET RECYCLEURS

IDENTIFICATION DU DÉMANTELEUR/RECYCLEUR

NOM DE L'ENTREPRISE : _____

Adresse : _____

Ville : _____ Province : _____ Code postal : _____

DIRIGEANT : _____ Titre : _____

Téléphone : _____ Télécopieur : _____

Adresse courriel : _____

Raison sociale : _____

Date de création : _____

Nombre de salariés : _____ Nombre de quarts de travail : _____

Nombre d'intérimaires (occasionnels) : _____

Chiffre d'affaires :

☐ Moins de 100 000 \$ ☐ 100 000 \$ à 499 999 \$ ☐ 500 000 \$ à 999 999 \$ ☐ 1 M\$ à 5 M\$

☐ 5 M\$ à 10 M\$ ☐ 10 M\$ à 25 M\$ ☐ 25 M\$ et +

Répondant du questionnaire :

Nom : _____

Titre : _____

STATUT DE L'ENTREPRISE

☐ Démanteleur : veuillez répondre aux questions 1 à 9

☐ Démanteleur et recycleur : veuillez répondre aux questions 1 à 10

1. QUELLE EST LA CAPACITÉ DE TRAITEMENT DE VOTRE ENTREPRISE?

Équipements électriques et électroniques _____ tonnes/an

Autres : _____ tonnes/an

2. SOUS QUELLE FORME RÉCUPÉREZ-VOUS LES ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES ET ÉLECTRONIQUES?

☐ Équipement complet (*poursuivre à la question 3*)

☐ Démantelé en composantes (*poursuivre à la question 4*)

3. A) TYPE D'ÉQUIPEMENT RÉCUPÉRÉ, QUANTITÉ ANNUELLE ET PROVENANCE

Équipement	Type	Quantité (kg ou unité/an) (si connue)	Provenance (%) (Particulier, commerce, institution, industrie, CFER, OPEQ, centre de tri, autre)	Débouché des équipements		
				Réemploi	Recyclage	Enfouissement ← (%)
Téléviseur	☐ Tube cathodique (CRT)					
	☐ Plasma					
	☐ Cristaux liquides					
Moniteur	☐ Tube cathodique (CRT)					
	☐ Cristaux liquides					
	☐ Oled					
Ordinateur portable						
Cartouche d'imprimante	☐ Laser					
	☐ Jet d'encre					
CD/DVD						

← Précisez les composantes qui sont éliminées

3. B) PROCÉDEZ-VOUS AU DÉMANTÈLEMENT DES ÉQUIPEMENTS?

☐ Non Sinon, poursuivre à la question 5☐ Oui Si oui, répondre aux sous-questions 3B) et poursuivre à la question 4] Mode opératoire du démantèlement : ☐ Manuel ☐ MécaniqueDescription générale du démantèlement, incluant les technologies utilisées
(enlèvement des matières dangereuses, piles, etc.) :

] Contraintes associées au démantèlement (temps, conception, taille des équipements, etc.)

] Existe-t-il un système d'aspiration des poussières et des fumées générées par l'activité de démantèlement?

☐ Oui ☐ Non

] Utilisez-vous d'autres systèmes pour assurer la santé et la sécurité des travailleurs?

☐ Oui Précisez : _____☐ Non

4. CATÉGORIE DE MATIÈRES RÉCUPÉRÉES/DÉMANTELÉES ET QUANTITÉ ANNUELLE?

Matière	Catégorie	Quantité annuelle (kg)
Plastique	☐ PVC ☐ ABS ☐ PPO ☐ HIPS ☐ PC ☐ Autre	
Verre	☐ CRT ☐ Cristaux liquides ☐ Plasma ☐ Autre	
Cartes de circuits imprimés		
Métaux ferreux		
Métaux non ferreux		
Encre		
Autre		

5. TRAÇABILITÉ DU MATÉRIEL ET DES COMPOSANTES

	OUI	NON
Enregistrement du matériel à la réception (numéro de lot et numéro de série)	☐	☐
Pesée du matériel à la réception	☐	☐
Édition d'un certificat attestant la prise en charge à la réception du matériel	☐	☐
Enregistrement du matériel dans une base de données (inventaire)	☐	☐
Enregistrement et identification des composantes prélevées lors de l'étape de tridémantèlement (si applicable)	☐	☐
Enregistrement du matériel à l'expédition/procédure d'expédition	☐	☐
Édition d'un reçu ou d'un certificat attestant la prise en charge du matériel par le sous-traitant	☐	☐
Édition d'un certificat attestant le taux de recyclage du matériel (si applicable)	☐	☐

6. DONNÉES FINANCIÈRES

Principaux postes de revenus % des revenus totaux	Principaux postes de dépenses % des dépenses totales
} À la réception : _____ } À la vente des produits : _____	} À la réception : _____ } Au transport : _____ } Au traitement : _____ } À la main-d'œuvre : _____

7. DÉBOUCHÉ DES MATIÈRES RÉCUPÉRÉES

Matière	Catégorie	Débouché	Consignes d'expédition
Plastique	☐ PVC ☐ ABS ☐ PPO ☐ HIPS ☐ PC ☐ Autre	☐ Expédié à un recycleur Lieux d'expédition ☐ Québec ☐ Canada ☐ États-Unis ☐ Europe ☐ Asie	☐ Ballot ☐ Mélangé ☐ Non mélangé ☐ Autre
		☐ Recyclé sur place	
Verre	☐ Avec plomb ☐ Conique ☐ Cristaux liquides ☐ Plasma ☐ Autre	☐ Expédié à un recycleur Lieux d'expédition ☐ Québec ☐ Canada ☐ États-Unis ☐ Europe ☐ Asie	☐ Mélangé ☐ Non mélangé ☐ Autre
		☐ Recyclé sur place	
Métaux	☐ Ferreux ☐ Non ferreux ☐ Précieux	☐ Expédié à un recycleur Lieux d'expédition ☐ Québec ☐ Canada ☐ États-Unis ☐ Europe ☐ Asie	☐ Mélangé ☐ Non mélangé ☐ Autre
		☐ Recyclé sur place	
Cartouche d'imprimante		☐ Remise à neuf	☐ Mélangé ☐ Non mélangé ☐ Autre
		☐ Expédié à un recycleur Lieux d'expédition ☐ Québec ☐ Canada ☐ États-Unis ☐ Europe ☐ Asie	
		☐ Recyclé sur place ☐ Enfouissement sécuritaire	
CD/DVD		☐ Expédié à un recycleur Lieux d'expédition ☐ Québec ☐ Canada ☐ États-Unis ☐ Europe ☐ Asie	☐ Ballot ☐ Mélangé ☐ Non mélangé ☐ Autre
		☐ Recyclé sur place	
		☐ Enfouissement sécuritaire	

8. PROBLÉMATIQUES ASSOCIÉES AU DÉMANTÈLEMENT ET AU RECYCLAGE ET SOLUTIONS ENVISAGÉES

PLASTIQUES

Présence de retardateurs de flamme dans les plastiques

Procédez-vous à la séparation des plastiques contenant des retardateurs de flamme?

- ☐ Oui Si oui : applications : _____
☐ Non Sinon, contraintes : _____

Diversité des plastiques

Procédez-vous au tri des plastiques par catégorie?

- ☐ Oui Si oui, précisez : ☐ tri couleur, ☐ tri optique, ☐ tri laser, etc. _____
☐ Non Sinon, contraintes : _____

Plastique amalgamé

Avez-vous de la difficulté à démonter certaines pièces de plastique?

- ☐ Oui ☐ Non

Plastique contaminé

Devez-vous gérer du plastique contaminé aux métaux?

- ☐ Oui ☐ Non
% contamination : _____
Quantité : _____
Débouché : _____

Contraintes à la reprise des plastiques par un recycleur

- ☐ Oui Précisez : (ex. : restrictions chinoises, hétérogénéité du matériel, contraintes du procédé de traitement) _____
☐ Non

VERRE PLOMBÉ

Procédez-vous à la séparation du verre plombé?

- ☐ Oui Si oui, est-il pris en charge au ☐ Québec au ☐ Canada ☐ Autres : _____
☐ Non Sinon, quelle est l'alternative : _____

Récupération de la poudre (toner) ou du liquide des cartouches d'imprimantes

Procédez-vous à la récupération de la poudre (toner) ou du liquide des cartouches d'imprimantes?

- ☐ Oui Si oui : débouché, sous-traitant, coût associé : _____
☐ Non Sinon, contraintes : _____

Contraintes réglementaires ou exigences du recycleur

Précisez : _____

9. PRÉVOYEZ-VOUS APPORTER, À COURT OU À MOYEN TERME, DES AMÉLIORATIONS (PRÉCISEZ) :

- ☐ À la capacité de stockage à la réception ou à l'expédition
☐ Aux équipements de démantèlement
☐ Aux équipements de tri
☐ À la santé-sécurité
☐ À la disponibilité de la main-d'œuvre
☐ À la formation de la main-d'œuvre
☐ Autres, précisez : _____

10. TECHNOLOGIES DE RECYCLAGE

Matière	Catégorie	Technologie de recyclage utilisée	Type de débouchés Sous-produit/Applications
Plastique	☐ PVC ☐ ABS ☐ PPO ☐ HIPS ☐ PC ☐ Autre : _____		
Verre	☐ Avec plomb ☐ Conique ☐ Cristaux liquides ☐ Plasma ☐ Autre : _____		
Métaux	☐ Ferreux ☐ Non ferreux ☐ Précieux		
Cartouche d'imprimante			
CD/DVD			

MERCI DE VOTRE COLLABORATION

Faire parvenir votre questionnaire par courriel à :

Line Jaulin
 Direction Environnement
 Téléphone : 418 659-1550, poste 2402
 Télécopieur : 418 652-2202
 Courriel : line.jaulin@criq.qc.ca



NOM DE L'ENTREPRISE	DIRIGEANT ET CONTACT	RAPPEL 11 JUILLET 2008	TYPE D'ACTIVITÉS ET PRODUITS ACCEPTÉS	EMPLACEMENT	MATÉRIAUX RÉCUPÉRÉS	ÉTAT DE LA CONSULTATION	SOURCE D'INFORMATION
QUÉBEC							
Atelier de tri des matières plastiques recyclables du Québec (ATMPRQ)	Gilles Roy atmprq@atmprq.com	Demande qu'on lui envoie une copie additionnelle	Récupération-recyclage	3405, boul. Industriel Laval, H7L 4S3 Tél :450-667-5347 Fax :418-667-5603	Plastique, manufacturier de granules de plastique	N'a pas retourné le questionnaire	www.atmprq.com
Centre de recyclage électronique de la Montérégie inc. (C.R.E.M.)	Jason Taite jason@centrederecyclage.com	Demande qu'on lui envoie une copie additionnelle	Récupération	1840, rue Laurier Sainte-Catherine J5C 1B8 Tél : 450-632-9929 Fax : 450-632-5586	Matériels informatiques, téléphones, matériaux et équipements électriques	N'a pas répondu au questionnaire	www.centrederecyclage.com
CFER + du Saguenay	Gaston Tremblay cfer@crsaguenay.qc.ca	Je n'obtiens aucune réponse à ce numéro : 418-698-5225	Récupération	216, rue des Oblats Ouest Chicoutimi, G7J 2B1 Tél :418-698-5225 Fax :418-698-8267	Matériel informatique, composantes électroniques, meubles	A répondu au questionnaire	
GEEP Ecosys Inc./Rider Computer services LTD	Guy Messier gmessier@geepecosys.ca	Demande qu'on lui envoie une copie additionnelle	Récupération	1615, 55e Avenue Dorval, H9P 2 W3 Tél : 514-636-9625, poste 201 Fax : 514-636-3131	Matériel informatique, composantes électroniques, équipements technologiques, CD-ROM/DVD	A répondu au questionnaire	www.ecosys.ca
Exxel Polymères	Éric Fradette efradette@exxelpolymers.com	Demande qu'on lui envoie une copie additionnelle		620, rue du Luxembourg Granby, J2J 2V2 Tél : 450-777-4077	CD, DVD	N'a pas répondu au questionnaire	

NOM DE L'ENTREPRISE	DIRIGEANT ET CONTACT	RAPPEL 11 JUILLET 2008	TYPE D'ACTIVITÉS ET PRODUITS ACCEPTÉS	EMPLACEMENT	MATÉRIAUX RÉCUPÉRÉS	ÉTAT DE LA CONSULTATION	SOURCE D'INFORMATION
FCM & Co	Mitchell Rothstein m.Rothstein@fcmco.ca		Recyclage	71, rue Boisjoly Lavaltrie, J5T 3L6 Tél : 450-586-5185	Plastiques(PET, PVC, PP), métaux ferreux, métaux non ferreux, matériaux et équipements électriques, matériel informatique et composantes électroniques, cellulaires	A répondu au questionnaire	www.fcmrecyclage.ca
Greentec Canada	Tony Perrotta tperrotta@greentec.com	S'interroge sur l'intérêt de Greentec à répondre aux questions. Très occupé, mais y répondra au cours de la semaine prochaine.		Greentec Canada 95 Struck Court Cambridge (On) N1R 8L2 Tél. sans frais : 1-888- 858-1515 Tél. : 519-624-3300 Fax : 519-624-3301 Courriel :info@greentec. com		N'a pas répondu au questionnaire	
Kadisal inc.	Antonio Salvatore asalvatore@kadisal.com	Questionnaire acheminé à Noureddine Kadi, qui est en vacances, de retour le 14/07. Nous contactera si document perdu.	Récupération	6925, Côte-des-Neiges Montréal, H3S 2B6 Tél : 514-737-3807 Fax : 514-872-3520	Métaux ferreux, métaux non ferreux, matériaux et équipements électriques, matériel informatique et composantes électroniques, cellulaires	N'a pas répondu au questionnaire	www.kadisal.ca

NOM DE L'ENTREPRISE	DIRIGEANT ET CONTACT	RAPPEL 11 JUILLET 2008	TYPE D'ACTIVITÉS ET PRODUITS ACCEPTÉS	EMPLACEMENT	MATÉRIAUX RÉCUPÉRÉS	ÉTAT DE LA CONSULTATION	SOURCE D'INFORMATIO N
Noranda inc./Falconbridge ltd. Xstrata Copper	L.Jacques Moulins jmoulins@xstratacopper.ca	N'a pas pris connaissance du questionnaire. (nous sommes sa priorité 5). Vérifiera ses courriel.	Récupération	220, avenue Durocher Montréal-Est, H1B 5H6 Tél : 514-645-2311, poste 2100 Fax : 514-640-2090	Fonte et affinage de métaux non ferreux	A répondu de façon très sommaire au questionnaire Visite de l'entreprise	www.xstrata.com
NOVA PB inc.	Marc Desautels mdesautels@newalta.com	Plusieurs appels : n'est pas à son bureau (boîte vocale).		1200, rue Garnier Sainte-Catherine J5C 1B4 Tél : 450-632-9910	Recyclage du plomb Recyclage des plastiques	N'a pas répondu au questionnaire	
Targray Technologie Internationale inc.	Elizabeth Mattatal emattatal@targray.com		Récupération et recyclage	195, avenue Labrosse Pointe-Claire, H9R 1A3 Tél : 514-695-8095 Fax : 514-695-0593	CD, CD-R, DVD	N'a pas répondu au questionnaire, mais visite de l'entreprise	www.targray.com
Teckn-O-Laser inc.			Récupération et recyclage	2101N, rue Nobel Sainte-Julie, J3E 1Z8 Tél : 450-922-0555 Fax : 450-922-0707	Cartouches d'imprimantes (à poudre, laser, à ruban, jet d'encre) Recyclage cartouches d'imprimantes (à poudre, laser, à ruban)	N'a pas répondu au questionnaire	
Xstrata (Changements au sein de cette entreprise. Mme Thomas ne semble plus à son emploi)	Cindy Thomas Cindy.thomas@toronto.norfolc.com	Compte tenu des changements survenus dans cette entreprise, nous la laissons tomber. (Mme Cindy Thomas n'est plus à l'emploi d'Xstrata)	Recyclage	181, Bay Street ste 200, BCE PI Toronto, (On) Tél : 416-982.7004 (Le téléphone est maintenant : 416-775- 1500)	Fonte de métaux, non ferreux	N'a pas répondu au questionnaire	

Réponses reçues à la suite de l'envoi des questionnaires

- ✓ **FCM Recyclage/Recycling inc.**
- ✓ **CFEER + du Saguenay**
- ✓ **GEEP ECOCYS INC.**
- ✓ **Xstrata Cuivre Canada**

QUESTIONNAIRE

COLLECTE D'INFORMATION AUPRÈS DES DÉMANTELEURS ET RECYCLEURS

IDENTIFICATION DU DÉMANTEUR/RECYCLEUR

NOM DE L'ENTREPRISE : FCM RECYCLAGE / RECYCLING Inc.
Adresse : 71 BOISJOLI
Ville : LAVAL Province : QC Code postal : J5T 3L6
DIRIGEANT : _____ Titre : _____
Téléphone : 450-586-5185 Télécopieur : 450-586-5189
Adresse courriel : M.ROTHSTEIN@FCMRECYCLING.COM

Raison sociale : _____
Date de création : _____
Nombre de salariés : 25 Nombre de quarts de travail : _____
Nombre d'intérimaires (occasionnels) : -

Chiffre d'affaires :

- ☐ Moins de 100 000 \$ ☐ 100 000 \$ à 499 999 \$ ☐ 500 000 \$ à 999 999 \$ ☒ 1 M\$ à 5 M\$
☐ 5 M\$ à 10 M\$ ☐ 10 M\$ à 25 M\$ ☐ 25 M\$ et +

Répondant du questionnaire :

Nom : Mitchell Rothstein
Titre : Vice President

STATUT DE L'ENTREPRISE

- ☐ Démanteleur : veuillez répondre aux questions 1 à 9
☒ Démanteleur et recycleur : veuillez répondre aux questions 1 à 10

1. QUELLE EST LA CAPACITÉ DE TRAITEMENT DE VOTRE ENTREPRISE?

Équipements électriques et électroniques 24,000,000 tonnes/an
Autres : _____ tonnes/an

2. SOUS QUELLE FORME RÉCUPÉREZ-VOUS LES ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES ET ÉLECTRONIQUES?

- ☒ Équipement complet (poursuivre à la question 3)
☒ Démantelé en composantes (poursuivre à la question 4)

Centre de recherche
industrielle

Québec



3. A) TYPE D'ÉQUIPEMENT RÉCUPÉRÉ, QUANTITÉ ANNUELLE ET PROVENANCE

Équipement	Type	Quantité (kg ou unité/an) (si connue)	Provenance (%) (Particulier, commerce, institution, industrie, CFER, OPEQ, centre de tri, autre)	Débouché des équipements		
				Réemploi	Récyclage	Enfouissement ←
Téléviseur	☐ Tube cathodique (CRT)			0	99.	04%
	☐ Plasma					
	☐ Cristaux liquides					
Moniteur	☐ Tube cathodique (CRT)					
	☐ Cristaux liquides					
	☐ Oled					
Ordinateur portable						
Cartouche d'imprimante	☐ Laser	peu				
	☐ Jet d'encre					
CD/DVD		peu		↓	↓	↓

← Précisez les composantes qui sont éliminées

3. B) PROCÉDEZ-VOUS AU DÉMANTÈLEMENT DES ÉQUIPEMENTS?

☐ Non Sinon, poursuivre à la question 5☒ Oui Si oui, répondre aux sous-questions 3B) et poursuivre à la question 4] Mode opératoire du démantèlement : ☒ Manuel ☒ MécaniqueDescription générale du démantèlement, incluant les technologies utilisées
(enlèvement des matières dangereuses, piles, etc.) :

] Contraintes associées au démantèlement (temps, conception, taille des équipements, etc.)

] Existe-t-il un système d'aspiration des poussières et des fumées générées par l'activité de démantèlement?

☐ Oui ☐ Non

] Utilisez-vous d'autres systèmes pour assurer la santé et la sécurité des travailleurs?

☒ Oui Précisez : Depoussiérez leur☐ NonCentre de recherche
industrielle

Québec



4. CATÉGORIE DE MATIÈRES RÉCUPÉRÉES/DÉMANTELÉES ET QUANTITÉ ANNUELLE?

Matière	Catégorie	Quantité annuelle (kg)
Plastique	☐ PVC	
	☒ ABS	
	☒ PPO	
	☒ HIPS	
	☒ PC	
	☐ Autre	
Verre	☒ CRT	
	☒ Cristaux liquides	
	☒ Plasma	
	☐ Autre	
Cartes de circuits imprimés	☒	
Métaux ferreux	☒	
Métaux non ferreux	☒	
Encre	☒	
Autre		

5. TRAÇABILITÉ DU MATÉRIEL ET DES COMPOSANTES

	OUI	NON
Enregistrement du matériel à la réception (numéro de lot et numéro de série)	☒	☐
Pesée du matériel à la réception	☒	☐
Édition d'un certificat attestant la prise en charge à la réception du matériel	☒	☐
Enregistrement du matériel dans une base de données (inventaire)	☒	☐
Enregistrement et identification des composantes prélevées lors de l'étape de tridémantèlement (si applicable)	☒	☐
Enregistrement du matériel à l'expédition/procédure d'expédition	☒	☐
Édition d'un reçu ou d'un certificat attestant la prise en charge du matériel par le sous-traitant	☒	☐
Édition d'un certificat attestant le taux de recyclage du matériel (si applicable)	☒	☐

- 2%

6. DONNÉES FINANCIÈRES

Principaux postes de revenus	Principaux postes de dépenses
% des revenus totaux	% des dépenses totales
À la réception : _____	À la réception : _____
À la vente des produits : _____	Au transport : _____
	Au traitement : _____
	À la main-d'œuvre : _____

Centre de recherche
industrielleQuébec 

7. DÉBOUCHÉ DES MATIÈRES RÉCUPÉRÉES

Matière	Catégorie	Débouché	Consignes d'expédition
Plastique	☐ PVC ☒ ABS ☒ PPO ☒ HIPS ☒ PC ☐ Autre	☐ Expédié à un recycleur Lieux d'expédition ☐ Québec ☒ Canada ☒ États-Unis ☐ Europe ☒ Asie	☒ Ballot ☐ Mélangé ☒ Non mélangé ☐ Autre
		☐ Recyclé sur place	
Verre	☒ Avec plomb ☒ Conique ☒ Cristaux liquides ☒ Plasma ☐ Autre	☐ Expédié à un recycleur Lieux d'expédition ☐ Québec ☒ Canada ☒ États-Unis ☐ Europe ☐ Asie	☐ Mélangé ☒ Non mélangé ☐ Autre
		☐ Recyclé sur place	
Métaux	☒ Ferreux ☒ Non ferreux ☒ Précieux	☐ Expédié à un recycleur Lieux d'expédition ☒ Québec ☒ Canada ☒ États-Unis ☒ Europe ☒ Asie	☒ Mélangé ☒ Non mélangé ☐ Autre
		☐ Recyclé sur place	
Cartouche d'imprimante		☐ Remise à neuf	☐ Mélangé ☒ Non mélangé ☐ Autre
		☐ Expédié à un recycleur Lieux d'expédition ☐ Québec ☒ Canada ☒ États-Unis ☐ Europe ☐ Asie	
		☐ Recyclé sur place ☐ Enfouissement sécuritaire	
CD/DVD		☐ Expédié à un recycleur Lieux d'expédition ☐ Québec ☐ Canada ☐ États-Unis ☐ Europe ☐ Asie	☐ Ballot ☐ Mélangé ☐ Non mélangé ☐ Autre
		☐ Recyclé sur place	
		☐ Enfouissement sécuritaire	

8. PROBLÉMATIQUES ASSOCIÉES AU DÉMANTÈLEMENT ET AU RECYCLAGE ET SOLUTIONS ENVISAGÉES

PLASTIQUES**Présence de retardateurs de flamme dans les plastiques**

Procédez-vous à la séparation des plastiques contenant des retardateurs de flamme?

- ☒ Oui Si oui : applications : _____
☐ Non Sinon, contraintes : _____

Diversité des plastiques

Procédez-vous au tri des plastiques par catégorie?

- ☒ Oui Si oui, précisez : ☒ tri couleur, ☐ tri optique, ☐ tri laser, etc. manuelle
☐ Non Sinon, contraintes : _____

Plastique amalgamé

Avez-vous de la difficulté à démonter certaines pièces de plastique?

- ☐ Oui ☒ Non

Plastique contaminé

Devez-vous gérer du plastique contaminé aux métaux?

- ☒ Oui ☐ Non
 % contamination : _____
 Quantité : _____
 Débouché : _____

Contraintes à la reprise des plastiques par un recycleur

- Retardateurs de flamme

- ☒ Oui Précisez : (ex. : restrictions chinoises, hétérogénéité du matériel, contraintes du procédé de traitement) _____
☐ Non

VERRE PLOMBÉ**Procédez-vous à la séparation du verre plombé?**

- ☒ Oui Si oui, est-il pris en charge au ☐ Québec au ☒ Canada ☐ Autres : _____
☐ Non Sinon, quelle est l'alternative : _____

Récupération de la poudre (toner) ou du liquide des cartouches d'imprimantes

Procédez-vous à la récupération de la poudre (toner) ou du liquide des cartouches d'imprimantes?

- ☒ Oui Si oui : débouché, sous-traitant, coût associé : _____
☐ Non Sinon, contraintes : _____

Contraintes réglementaires ou exigences du recycleur

Précisez : _____

Centre de recherche
industrielleQuébec 

9. PRÉVOYEZ-VOUS APPORTER, À COURT OU À MOYEN TERME, DES AMÉLIORATIONS (PRÉCISEZ) :

- ☒ À la capacité de stockage à la réception ou à l'expédition
☒ Aux équipements de démantèlement
☒ Aux équipements de tri
☒ À la santé-sécurité
☐ À la disponibilité de la main-d'œuvre
☐ À la formation de la main-d'œuvre
☐ Autres, précisez : _____

10. TECHNOLOGIES DE RECYCLAGE

Matière	Catégorie	Technologie de recyclage utilisée	Type de débouchés Sous-produit/Applications
Plastique	☐ PVC ☐ ABS ☐ PPO ☐ HIPS ☐ PC ☐ Autre : _____		
Verre	☐ Avec plomb ☐ Conique ☐ Cristaux liquides ☐ Plasma ☐ Autre : _____		
Métaux	☐ Ferreux ☐ Non ferreux ☐ Précieux		
Cartouche d'imprimante			
CD/DVD			

MERCI DE VOTRE COLLABORATION

Faire parvenir votre questionnaire par courriel à :

Line Jaulin
 Direction Environnement
 Téléphone : 418 659-1550, poste 2402
 Télécopieur : 418 652-2202
 Courriel : line.jaulin@crlq.qc.ca

 Centre de recherche
 industrielle

Québec



QUESTIONNAIRE

COLLECTE D'INFORMATION AUPRÈS DES DÉMANTELEURS ET RECYCLEURS

IDENTIFICATION DU DÉMANTELEUR/RECYCLEUR

NOM DE L'ENTREPRISE : CFEER + du Saguenay
Adresse : 216, des Oblats Ouest
Ville : Chicoutimi Province : QC Code postal : G7J 2B1
DIRIGEANT : Gaston Tremblay Titre : Directeur général
Téléphone : 418-698-5225 Télécopieur : 418-698-8267
Adresse courriel : cfer@csrsaguenay.qc.ca

Raison sociale : CFEER+ du Saguenay
Date de création : 1998
Nombre de salariés : 40 Nombre de quarts de travail : 1
Nombre d'intérimaires (occasionnels) : 2

Chiffre d'affaires :

☐ Moins de 100 000 \$ ☐ 100 000 \$ à 499 999 \$ ☐ 500 000 \$ à 999 999 \$ ☒ 1 M\$ à 5 M\$
☐ 5 M\$ à 10 M\$ ☐ 10 M\$ à 25 M\$ ☐ 25 M\$ et +

Répondant du questionnaire :

Nom : Tremblay Gaston
Titre : Directeur général

STATUT DE L'ENTREPRISE

☐ Démanteleur : veuillez répondre aux questions 1 à 9
☒ Démanteleur et recycleur : veuillez répondre aux questions 1 à 10

1. QUELLE EST LA CAPACITÉ DE TRAITEMENT DE VOTRE ENTREPRISE?

Équipements électriques et électroniques 3000 tonnes/an
Autres : tonnes/an

2. SOUS QUELLE FORME RÉCUPÉREZ-VOUS LES ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES ET ÉLECTRONIQUES?

☒ Équipement complet (*poursuivre à la question 3*)
☐ Démantelé en composantes (*poursuivre à la question 4*)

3. A) TYPE D'ÉQUIPEMENT RÉCUPÉRÉ, QUANTITÉ ANNUELLE ET PROVENANCE

Équipement	Type	Quantité (kg ou unité/an) (si connue)	Provenance (%) (Particulier, commerce, institution, industrie, CFER, OPEQ, centre de tri, autre)	Débouché des équipements		
				Réemploi	Recyclage	Enfouissement ← (%)
Téléviseur	☒ Tube cathodique (CRT)	2000	Particulier 100%	0	100%	0
	☐ Plasma	0				
	☐ Cristaux liquides	0				
Moniteur	☒ Tube cathodique (CRT)	32000	Particulier 12.5%	17%	83%	0
	☐ Cristaux liquides	0	ICI 40%			
	☐ Oled	0	OPEQ 47.5%			
Ordinateur portable			N.A.			
Cartouche d'imprimante	☐ Laser		N.A.			
	☐ Jet d'encre		N.A.			
CD/DVD			N.D.			

← Précisez les composantes qui sont éliminées

3. B) PROCÉDEZ-VOUS AU DÉMANTÈLEMENT DES ÉQUIPEMENTS?

☐ Non Sinon, poursuivre à la question 5☒ Oui Si oui, répondre aux sous-questions 3B) et poursuivre à la question 4] Mode opératoire du démantèlement : ☒ Manuel ☐ MécaniqueDescription générale du démantèlement, incluant les technologies utilisées
(enlèvement des matières dangereuses, piles, etc.) :

Toutes les pièces sont démantelées et les matières dangereuses enlevées. Les piles sont envoyées à des recycleurs ainsi que les écrans qui sont envoyées chez Xstrata à Belledune au Nouveau-Brunswick pour la récupération des matières dangereuses. Tout le reste est vendu chez FCM pour les plastiques, Centrem pour le fer et pour les autres métaux Xstrata à Rouyn-Noranda.

] Contraintes associées au démantèlement (temps, conception, taille des équipements, etc.)

Nous avons éliminé toutes les contraintes.

] Existe-t-il un système d'aspiration des poussières et des fumées générées par l'activité de démantèlement?

☒ Oui ☐ Non

] Utilisez-vous d'autres systèmes pour assurer la santé et la sécurité des travailleurs?

☒ Oui Précisez : Tous les équipements de sécurité sont fournis aux travailleurs gratuitement. ex: gants, bottes, lunettes, sourdines et ils doivent les porter en tout temps.

☐ Non

4. CATÉGORIE DE MATIÈRES RÉCUPÉRÉES/DÉMANTELÉES ET QUANTITÉ ANNUELLE?

Matière	Catégorie	Quantité annuelle (kg)
Plastique	☐ PVC	2007: 175 747,539 KG (12 mois) 2008: 119 235, 826 KG (7 mois)
	☒ ABS	
	☒ PPO	
	☒ HIPS	
	☒ PC	
	☐ Autre	
Verre	☒ CRT	2007: ND 2008: 192 489,582 KG (7 mois)
	☒ Cristaux liquides	
	☒ Plasma	
	☐ Autre	
Cartes de circuits imprimés		2007: 124 590,484 KG
Métaux ferreux		2007: 389 993,277 KG
Métaux non ferreux		2007: 26 332,85 KG
Encre		Estimé: 9179,8 KG
Autre		Estimé: 3178 KG

5. TRAÇABILITÉ DU MATÉRIEL ET DES COMPOSANTES

	OUI	NON
Enregistrement du matériel à la réception (numéro de lot et numéro de série)	☒	☐
Pesée du matériel à la réception	☒	☐
Édition d'un certificat attestant la prise en charge à la réception du matériel	☒	☐
Enregistrement du matériel dans une base de données (inventaire)	☒	☐
Enregistrement et identification des composantes prélevées lors de l'étape de tridémantèlement (si applicable)	☒	☐
Enregistrement du matériel à l'expédition/procédure d'expédition	☒	☐
Édition d'un reçu ou d'un certificat attestant la prise en charge du matériel par le sous-traitant	☒	☐
Édition d'un certificat attestant le taux de recyclage du matériel (si applicable)	☒	☐

6. DONNÉES FINANCIÈRES

Principaux postes de revenus % des revenus totaux	Principaux postes de dépenses % des dépenses totales
À la réception : 20%	À la réception : 1%
À la vente des produits : 80%	Au transport : 10%
	Au traitement : 39%
	À la main-d'œuvre : 50%

7. DÉBOUCHÉ DES MATIÈRES RÉCUPÉRÉES

Matière	Catégorie	Débouché	Consignes d'expédition
Plastique	☐ PVC ☒ ABS ☒ PPO ☒ HIPS ☒ PC ☐ Autre	☒ Expédié à un recycleur Lieux d'expédition ☒ Québec ☐ Canada ☐ États-Unis ☐ Europe ☐ Asie	☒ Ballot ☒ Mélangé ☐ Non mélangé ☒ Autre Noir, blanc et couleur
		☐ Recyclé sur place	
Verre	☒ Avec plomb ☒ Conique ☒ Cristaux liquides ☒ Plasma ☐ Autre	☒ Expédié à un recycleur Lieux d'expédition ☐ Québec ☒ Canada ☐ États-Unis ☐ Europe ☐ Asie	☐ Mélangé ☒ Non mélangé ☐ Autre
		☐ Recyclé sur place	
Métaux	☒ Ferreux ☒ Non ferreux ☐ Précieux	☒ Expédié à un recycleur Lieux d'expédition ☒ Québec ☐ Canada ☐ États-Unis ☐ Europe ☐ Asie	☐ Mélangé ☒ Non mélangé ☐ Autre
		☐ Recyclé sur place	
Cartouche d'imprimante		☐ Remise à neuf	☒ Mélangé ☐ Non mélangé ☐ Autre
		☒ Expédié à un recycleur Lieux d'expédition ☐ Québec ☒ Canada ☐ États-Unis ☐ Europe ☐ Asie	
		☐ Recyclé sur place ☐ Enfouissement sécuritaire	
CD/DVD		☒ Expédié à un recycleur Lieux d'expédition ☒ Québec ☐ Canada ☐ États-Unis ☐ Europe ☐ Asie	☐ Ballot ☒ Mélangé ☐ Non mélangé ☐ Autre
		☐ Recyclé sur place	
		☐ Enfouissement sécuritaire	

8. PROBLÉMATIQUES ASSOCIÉES AU DÉMANTÈLEMENT ET AU RECYCLAGE ET SOLUTIONS ENVISAGÉES

PLASTIQUES**Présence de retardateurs de flamme dans les plastiques**

Procédez-vous à la séparation des plastiques contenant des retardateurs de flamme?

- ☐ Oui Si oui : applications : _____
- ☒ Non Sinon, contraintes : Notre acheteur prend tous les plastiques mélangés

Diversité des plastiques

Procédez-vous au tri des plastiques par catégorie?

- ☒ Oui Si oui, précisez : ☒ tri couleur, ☐ tri optique, ☐ tri laser, etc. _____
- ☐ Non Sinon, contraintes : _____

Plastique amalgamé

Avez-vous de la difficulté à démonter certaines pièces de plastique?

- ☐ Oui ☒ Non

Plastique contaminé

Devez-vous gérer du plastique contaminé aux métaux?

- ☐ Oui ☒ Non
- % contamination : 0% Nous décontaminons sur place
- Quantité : _____
- Débouché : _____

Contraintes à la reprise des plastiques par un recycleur

- ☐ Oui Précisez : (ex. : restrictions chinoises, hétérogénéité du matériel, contraintes du procédé de traitement) _____
- ☒ Non

VERRE PLOMBÉ

Procédez-vous à la séparation du verre plombé?

- ☐ Oui Si oui, est-il pris en charge au ☐ Québec au ☐ Canada ☐ Autres : _____
- ☒ Non Sinon, quelle est l'alternative : Envoyé dans des boîtes à Xstrata

Récupération de la poudre (toner) ou du liquide des cartouches d'imprimantes

Procédez-vous à la récupération de la poudre (toner) ou du liquide des cartouches d'imprimantes?

- ☐ Oui Si oui : débouché, sous-traitant, coût associé : _____
- ☒ Non Sinon, contraintes : Envoyé à XEROX en Ontario

Contraintes réglementaires ou exigences du recycleurPrécisez : Séparé dans des boîtes

9. PRÉVOYEZ-VOUS APPORTER, À COURT OU À MOYEN TERME, DES AMÉLIORATIONS (PRÉCISEZ) :

- ☒ À la capacité de stockage à la réception ou à l'expédition
- ☒ Aux équipements de démantèlement
- ☐ Aux équipements de tri
- ☐ À la santé-sécurité
- ☒ À la disponibilité de la main-d'œuvre
- ☐ À la formation de la main-d'œuvre
- ☐ Autres, précisez : _____

10. TECHNOLOGIES DE RECYCLAGE

Matière	Catégorie	Technologie de recyclage utilisée	Type de débouchés Sous-produit/Applications
Plastique	☐ PVC ☒ ABS ☒ PPO ☒ HIPS ☒ PC ☐ Autre : _____	Compresseur en ballot et expédition à un recycleur	Granule
Verre	☒ Avec plomb ☒ Conique ☒ Cristaux liquides ☒ Plasma ☐ Autre : _____	Xstrata Belledune	
Métaux	☒ Ferreux ☒ Non ferreux ☒ Précieux	Conteneur pour le métal	Déchiquetable
Cartouche d'imprimante		Envoyé à XEROX	Réusinée
CD/DVD		Envoyé dans les boîtes à un recycleur	Granule

MERCİ DE VOTRE COLLABORATION

Faire parvenir votre questionnaire par courriel à :

Line Jaulin
 Direction Environnement
 Téléphone : 418 659-1550, poste 2402
 Télécopieur : 418 652-2202
 Courriel : line.jaulin@cricq.qc.ca



QUESTIONNAIRE

COLLECTE D'INFORMATION AUPRÈS DES DÉMANTELEURS ET RECYCLEURS

IDENTIFICATION DU DÉMANTELEUR/RECYCLEUR

NOM DE L'ENTREPRISE : GEEP ECOSYS INC.
Adresse : 1615-55^e Avenue
Ville : Dorval Province : QC Code postal : H9P 2W3
DIRIGEANT : Guy Messier Titre : Président
Téléphone : 514-686-9625 Télécopieur : 514-686-3131
Adresse courriel : g.messier@geepecosys.com

Raison sociale :

Date de création : 2008-05-01 Ecosys Canada = 1996-01
Nombre de salariés : 40 au QC Nombre de quarts de travail : 1
Nombre d'intérimaires (occasionnels) : 110 au Canada

Chiffre d'affaires :

☐ Moins de 100 000 \$ ☐ 100 000 \$ à 499 999 \$ ☐ 500 000 \$ à 999 999 \$ ☐ 1 M\$ à 5 M\$
☐ 5 M\$ à 10 M\$ ☒ 10 M\$ à 25 M\$ ☐ 25 M\$ et +

Répondant du questionnaire :

Nom : Guy Messier
Titre : Président

STATUT DE L'ENTREPRISE

☒ Démanteleur : veuillez répondre aux questions 1 à 9
☒ Démanteleur et recycleur : veuillez répondre aux questions 1 à 10

en Ontario

1. QUELLE EST LA CAPACITÉ DE TRAITEMENT DE VOTRE ENTREPRISE?

Équipements électriques et électroniques 50 000 tonnes/an
Autres : _____ tonnes/an

2. SOUS QUELLE FORME RÉCUPÉREZ-VOUS LES ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES ET ÉLECTRONIQUES?

☒ Équipement complet (poursuivre à la question 3)
☐ Démantelé en composantes (poursuivre à la question 4)

3. A) TYPE D'ÉQUIPEMENT RÉCUPÉRÉ, QUANTITÉ ANNUELLE ET PROVENANCE

Équipement	Type	Quantité (kg ou unité/an) (si connue)	Provenance (%) (Particulier, commerce, institution, industrie, CFER, OPEQ, centre de tri, autre)	Débouché des équipements		
				Réemploi	Recyclage	Enfouissement ①
Téléviseur	☐ Tube cathodique (CRT)	500	100		100	
	☐ Plasma	=			100	
	☐ Cristaux liquides	=			100	
Moniteur	☐ Tube cathodique (CRT)	20 000	100	60	40	
	☐ Cristaux liquides	=		=	=	
	☐ Oled	=		=	=	
Ordinateur portable		29 000	100	70	30	
Cartouche d'imprimante	☐ Laser	300	100	90	10	
	☐ Jet d'encre	100	100	=	100	
CD/DVD		2	100	=	100	

① Précisez les composantes qui sont éliminées

3. B) PROCÉDEZ-VOUS AU DÉMANTÈLEMENT DES ÉQUIPEMENTS?

☐ Non Sinon, poursuivre à la question 5☒ Oui Si oui, répondre aux sous-questions 3B) et poursuivre à la question 4Mode opératoire du démantèlement : ☒ Manuel ☐ MécaniqueDescription générale du démantèlement, incluant les technologies utilisées
(enlèvement des matières dangereuses, piles, etc.) :Démantèlement manuel et séparation des matières dangereuses
CRT expédiés à la raffinerie

Contraintes associées au démantèlement (temps, conception, taille des équipements, etc.)

Manuel = temps

Existe-t-il un système d'aspiration des poussières et des fumées générées par l'activité de démantèlement?

☐ Oui ☒ NonNon requis

Utilisez-vous d'autres systèmes pour assurer la santé et la sécurité des travailleurs?

☒ OuiPrécisez : masque, gants, bottes, outils appropriés☐ Non

4. CATÉGORIE DE MATIÈRES RÉCUPÉRÉES/DÉMANTELÉES ET QUANTITÉ ANNUELLE?

Matière	Catégorie	Quantité annuelle (kg)
Plastique	☐ PVC	5 000 ton
	☐ ABS	
	☐ PPO	
	☐ HIPS	
	☐ PC	
	☐ Autre <i>mêlé</i>	
Verre	☐ CRT	15 000 ton
	☐ Cristaux liquides	
	☐ Plasma	
	☐ Autre	
Cartes de circuits imprimés		5 000
Métaux ferreux		6 000
Métaux non ferreux		10 000
Encre		—
Autre		5 000

5. TRAÇABILITÉ DU MATÉRIEL ET DES COMPOSANTES

	OUI	NON
Enregistrement du matériel à la réception (numéro de lot et numéro de série)	☒	☐
Pesée du matériel à la réception	☒	☐
Édition d'un certificat attestant la prise en charge à la réception du matériel	☒	☐
Enregistrement du matériel dans une base de données (inventaire)	☒	☐
Enregistrement et identification des composantes prélevées lors de l'étape de tridémantèlement (si applicable)	☒	☐
Enregistrement du matériel à l'expédition/procédure d'expédition	☒	☐
Édition d'un reçu ou d'un certificat attestant la prise en charge du matériel par le sous-traitant	☒	☐
Édition d'un certificat attestant le taux de recyclage du matériel (si applicable)	☐	☐

6. DONNÉES FINANCIÈRES

Principaux postes de revenus	Principaux postes de dépenses
% des revenus totaux	% des dépenses totales
⊖ À la réception : <i>20 %</i>	⊖ À la réception : <i>10 %</i>
⊖ À la vente des produits : <i>80 %</i>	⊖ Au transport : <i>30 %</i>
	⊖ Au traitement : <i>20 %</i>
	⊖ À la main-d'œuvre : <i>50 %</i>
	<i>60 %</i>

7. DÉBOUCHÉ DES MATIÈRES RÉCUPÉRÉES

Matière	Catégorie	Débouché	Consignes d'expédition
Plastique	☐ PVC ☐ ABS ☐ PPO ☐ HIPS ☐ PC ☐ Autre	☒ Expédié à un recycleur Lieux d'expédition ☐ Québec ☒ Canada ☐ États-Unis ☐ Europe ☒ Asie	☒ Ballot ☒ Mélangé ☐ Non mélangé ☐ Autre
		☐ Recyclé sur place	
Verre	☐ Avec plomb ☐ Conique ☐ Cristaux liquides ☐ Plasma ☐ Autre	☒ Expédié à un recycleur Lieux d'expédition ☐ Québec ☒ Canada ☒ États-Unis ☐ Europe ☐ Asie	☒ Mélangé ☐ Non mélangé ☐ Autre
		☐ Recyclé sur place	
Métaux	☐ Ferreux ☐ Non ferreux ☐ Précieux	☒ Expédié à un recycleur Lieux d'expédition ☐ Québec ☐ Canada ☐ États-Unis ☐ Europe ☐ Asie	☐ Mélangé ☒ Non mélangé ☐ Autre
		☐ Recyclé sur place	
Cartouche d'imprimante		☐ Remise à neuf	☒ Mélangé ☐ Non mélangé ☐ Autre <i>traitement mat. dangereuse</i>
		☒ Expédié à un recycleur Lieux d'expédition ☐ Québec ☐ Canada ☒ États-Unis ☐ Europe ☐ Asie	
		☐ Recyclé sur place ☐ Enfouissement sécuritaire	
CD/DVD		☒ Expédié à un recycleur Lieux d'expédition ☒ Québec ☒ Canada ☐ États-Unis ☐ Europe ☐ Asie	☒ Ballot ☐ Mélangé ☐ Non mélangé ☐ Autre
		☐ Recyclé sur place	
		☐ Enfouissement sécuritaire	

8. PROBLÉMATIQUES ASSOCIÉES AU DÉMANTÈLEMENT ET AU RECYCLAGE ET SOLUTIONS ENVISAGÉES

PLASTIQUES**Présence de retardateurs de flamme dans les plastiques**

Procédez-vous à la séparation des plastiques contenant des retardateurs de flamme?

- ☐ Oui Si oui : applications : _____
- ☒ Non Sinon, contraintes : _____

Diversité des plastiques

Procédez-vous au tri des plastiques par catégorie?

- ☐ Oui Si oui, précisez : ☐ tri couleur, ☐ tri optique, ☐ tri laser, etc. _____
- ☒ Non Sinon, contraintes : _____

Plastique amalgamé

Avez-vous de la difficulté à démonter certaines pièces de plastique?

- ☒ Oui ☐ Non

Plastique contaminé

Devez-vous gérer du plastique contaminé aux métaux?

- ☐ Oui ☒ Non
- % contamination : _____
- Quantité : _____
- Débouché : _____

Contraintes à la reprise des plastiques par un recycleur

- ☒ Oui Précisez : (ex. : restrictions chinoises, hétérogénéité du matériel, contraintes du procédé de traitement)
- ☐ Non

ni lavé - hétérogénéité
présence de PBM

VERRE PLOMBÉ

Procédez-vous à la séparation du verre plombé?

- ☐ Oui Si oui, est-il pris en charge au ☐ Québec au ☐ Canada ☐ Autres : _____
- ☒ Non Sinon, quelle est l'alternative : *raffinerie*

Récupération de la poudre (toner) ou du liquide des cartouches d'imprimantes

Procédez-vous à la récupération de la poudre (toner) ou du liquide des cartouches d'imprimantes?

- ☐ Oui Si oui : débouché, sous-traitant, coût associé : _____
- ☒ Non Sinon, contraintes : *traitement - mat. dangereuses*

Contraintes réglementaires ou exigences du recycleur

Précisez : _____

9. PRÉVOYEZ-VOUS APPORTER, À COURT OU À MOYEN TERME, DES AMÉLIORATIONS (PRÉCISEZ) :

- ☒ À la capacité de stockage à la réception ou à l'expédition
☒ Aux équipements de démantèlement
☐ Aux équipements de tri
☐ À la santé-sécurité
☐ À la disponibilité de la main-d'œuvre
☒ À la formation de la main-d'œuvre
☒ Autres, précisez : *le manuel de mécanique*

10. TECHNOLOGIES DE RECYCLAGE

pas au Québec pour le moment

Matière	Catégorie	Technologie de recyclage utilisée	Type de débouchés Sous-produit/Applications
Plastique	☐ PVC ☐ ABS ☐ PPO ☐ HIPS ☐ PC ☐ Autre :		
Verre	☐ Avec plomb ☐ Conique ☐ Cristaux liquides ☐ Plasma ☐ Autre :		
Métaux	☐ Ferreux ☐ Non ferreux ☐ Précieux		
Cartouche d'imprimante			
CD/DVD			

MERCİ DE VOTRE COLLABORATION

Faire parvenir votre questionnaire par courriel à :

Line Jaulin
 Direction Environnement
 Téléphone : 418 659-1550, poste 2402
 Télécopieur : 418 652-2202
 Courriel : line.jaulin@criq.qc.ca

QUESTIONNAIRE

COLLECTE D'INFORMATION AUPRÈS DES DÉMANTELEURS ET RECYCLEURS

IDENTIFICATION DU DÉMANTELEUR/RECYCLEUR

NOM DE L'ENTREPRISE : Xstrata Cuivre Canada
Adresse : 220 Durocher I
Ville : Montréal - est Province : Qc Code postal : H1B 5H6
DIRIGEANT : Contact: Jacques Moulins Titre : DG Environnement & Réhabilitation sites
Téléphone : 514-645-2311 p. 2100 Télécopieur : 514-640-2090
Adresse courriel : _____
Raison sociale : Mines et métallurgie
Date de création : 1929
Nombre de salariés : ~ 3000 Nombre de quarts de travail : 3
Nombre d'intérimaires (occasionnels) : _____

Chiffre d'affaires :

☐ Moins de 100 000 \$ ☐ 100 000 \$ à 499 999 \$ ☐ 500 000 \$ à 999 999 \$ ☐ 1 M\$ à 5 M\$
☐ 5 M\$ à 10 M\$ ☐ 10 M\$ à 25 M\$ ☒ 25 M\$ et +

Répondant du questionnaire :

Nom : Jacques Moulins
Titre : DG Environnement & R/habilitation des sites

STATUT DE L'ENTREPRISE

- ☐ Démanteleur : veuillez répondre aux questions 1 à 9
☐ Démanteleur et recycleur : veuillez répondre aux questions 1 à 10

1. QUELLE EST LA CAPACITÉ DE TRAITEMENT DE VOTRE ENTREPRISE?

Équipements électriques et électroniques 100,000 + tonnes/an
Autres : 500,000 tonnes/an

2. SOUS QUELLE FORME RÉCUPÉREZ-VOUS LES ÉQUIPEMENTS ÉLECTRIQUES ET ÉLECTRONIQUES?

- ☒ Équipement complet (*poursuivre à la question 3*)
☒ Démantelé en composantes (*poursuivre à la question 4*)

3. A) TYPE D'ÉQUIPEMENT RÉCUPÉRÉ, QUANTITÉ ANNUELLE ET PROVENANCE

Équipement	Type	Quantité (kg ou unité/an) (si connue)	Provenance (%) (Particulier, commerce, institution, industrie, CFER, OPEQ, centre de tri, autre)	Débouché des équipements		
				Réemploi	Recyclage	Enfouissement ← (%)
Téléviseur	☐ Tube cathodique (CRT)					
	☐ Plasma					
	☐ Cristaux liquides					
Moniteur	☐ Tube cathodique (CRT)					
	☐ Cristaux liquides					
	☐ Oled					
Ordinateur portable		pièces électroniques principalement	manufacturier		100	
Cartouche d'imprimante	☐ Laser					
	☐ Jet d'encre					
CD/DVD						

← Précisez les composantes qui sont éliminées

3. B) PROCÉDEZ-VOUS AU DÉMANTÈLEMENT DES ÉQUIPEMENTS?

☒ Non Sinon, poursuivre à la question 5☐ Oui Si oui, répondre aux sous-questions 3B) et poursuivre à la question 4f Mode opératoire du démantèlement : ☐ Manuel ☐ MécaniqueDescription générale du démantèlement, incluant les technologies utilisées
(enlèvement des matières dangereuses, piles, etc.) :

f Contraintes associées au démantèlement (temps, conception, taille des équipements, etc.)

f Existe-t-il un système d'aspiration des poussières et des fumées générées par l'activité de démantèlement?

☐ Oui ☐ Non

f Utilisez-vous d'autres systèmes pour assurer la santé et la sécurité des travailleurs?

☐ Oui Précisez : _____☐ Non

4. CATÉGORIE DE MATIÈRES RÉCUPÉRÉES/DÉMANTELÉES ET QUANTITÉ ANNUELLE?

Matière	Catégorie	Quantité annuelle (kg)
Plastique	☐ PVC ☐ ABS ☐ PPO ☐ HIPS ☐ PC ☐ Autre	
Verre	☐ CRT ☐ Cristaux liquides ☐ Plasma ☐ Autre	
Cartes de circuits imprimés		
Métaux ferreux		
Métaux non ferreux		
Encre		
Autre		

5. TRAÇABILITÉ DU MATÉRIEL ET DES COMPOSANTES

	OUI	NON
Enregistrement du matériel à la réception (numéro de lot et numéro de série)	☒	☐
Pesée du matériel à la réception	☒	☐
Édition d'un certificat attestant la prise en charge à la réception du matériel	☒	☐
Enregistrement du matériel dans une base de données (inventaire)	☒	☐
Enregistrement et identification des composantes prélevées lors de l'étape de tridémantèlement (si applicable)	☐	☐
Enregistrement du matériel à l'expédition/procédure d'expédition	☐	☐
Édition d'un reçu ou d'un certificat attestant la prise en charge du matériel par le sous-traitant	☐	☐
Édition d'un certificat attestant le taux de recyclage du matériel (si applicable)	☒	☐

6. DONNÉES FINANCIÈRES

Principaux postes de revenus % des revenus totaux	Principaux postes de dépenses % des dépenses totales
} À la réception : _____ } À la vente des produits : _____	} À la réception : _____ } Au transport : _____ } Au traitement : _____ } À la main-d'œuvre : _____

7. DÉBOUCHÉ DES MATIÈRES RÉCUPÉRÉES

Matière	Catégorie	Débouché	Consignes d'expédition
Plastique	☐ PVC ☐ ABS ☐ PPO ☐ HIPS ☐ PC ☐ Autre	☐ Expédié à un recycleur Lieux d'expédition ☐ Québec ☐ Canada ☐ États-Unis ☐ Europe ☐ Asie	☐ Ballot ☐ Mélangé ☐ Non mélangé ☐ Autre
		☐ Recyclé sur place	
Verre	☐ Avec plomb ☐ Conique ☐ Cristaux liquides ☐ Plasma ☐ Autre	☐ Expédié à un recycleur Lieux d'expédition ☐ Québec ☐ Canada ☐ États-Unis ☐ Europe ☐ Asie	☐ Mélangé ☐ Non mélangé ☐ Autre
		☐ Recyclé sur place	
Métaux	☐ Ferreux ☐ Non ferreux ☐ Précieux	☐ Expédié à un recycleur Lieux d'expédition ☐ Québec ☐ Canada ☐ États-Unis ☐ Europe ☐ Asie	☐ Mélangé ☐ Non mélangé ☐ Autre
		☐ Recyclé sur place	
Cartouche d'imprimante		☐ Remise à neuf	☐ Mélangé ☐ Non mélangé ☐ Autre
		☐ Expédié à un recycleur Lieux d'expédition ☐ Québec ☐ Canada ☐ États-Unis ☐ Europe ☐ Asie	
		☐ Recyclé sur place	
CD/DVD		☐ Enfouissement sécuritaire	☐ Ballot ☐ Mélangé ☐ Non mélangé ☐ Autre
		☐ Expédié à un recycleur Lieux d'expédition ☐ Québec ☐ Canada ☐ États-Unis ☐ Europe ☐ Asie	
		☐ Recyclé sur place	
		☐ Enfouissement sécuritaire	

8. PROBLÉMATIQUES ASSOCIÉES AU DÉMANTÈLEMENT ET AU RECYCLAGE ET SOLUTIONS ENVISAGÉES

PLASTIQUES

Présence de retardateurs de flamme dans les plastiques

Procédez-vous à la séparation des plastiques contenant des retardateurs de flamme?

- ☐ Oui Si oui : applications : _____
☐ Non Sinon, contraintes : _____

Diversité des plastiques

Procédez-vous au tri des plastiques par catégorie?

- ☐ Oui Si oui, précisez : ☐ tri couleur, ☐ tri optique, ☐ tri laser, etc. _____
☐ Non Sinon, contraintes : _____

Plastique amalgamé

Avez-vous de la difficulté à démonter certaines pièces de plastique?

- ☐ Oui ☐ Non

Plastique contaminé

Devez-vous gérer du plastique contaminé aux métaux?

- ☐ Oui ☐ Non
% contamination : _____
Quantité : _____
Débouché : _____

Contraintes à la reprise des plastiques par un recycleur

- ☐ Oui Précisez : (ex. : restrictions chinoises, hétérogénéité du matériel, contraintes du procédé de traitement) _____
☐ Non

VERRE PLOMBÉ

Procédez-vous à la séparation du verre plombé?

- ☐ Oui Si oui, est-il pris en charge au ☐ Québec au ☐ Canada ☐ Autres : _____
☐ Non Sinon, quelle est l'alternative : _____

Récupération de la poudre (toner) ou du liquide des cartouches d'imprimantes

Procédez-vous à la récupération de la poudre (toner) ou du liquide des cartouches d'imprimantes?

- ☐ Oui Si oui : débouché, sous-traitant, coût associé : _____
☐ Non Sinon, contraintes : _____

Contraintes réglementaires ou exigences du recycleur

Précisez : _____

9. PRÉVOYEZ-VOUS APPORTER, À COURT OU À MOYEN TERME, DES AMÉLIORATIONS (PRÉCISEZ) :

- ☒ À la capacité de stockage à la réception ou à l'expédition
☐ Aux équipements de démantèlement
☐ Aux équipements de tri
☒ À la santé-sécurité
☐ À la disponibilité de la main-d'œuvre
☒ À la formation de la main-d'œuvre
☐ Autres, précisez : La capacité d'entreposage à l'intérieur doit être ajustée aux marchés. La Santé-sécurité et la formation de la main d'œuvre fait l'objet d'amélioration / ajustements périodiques.

10. TECHNOLOGIES DE RECYCLAGE

Matière	Catégorie	Technologie de recyclage utilisée	Type de débouchés Sous-produit/Applications
Plastique	☐ PVC ☐ ABS ☐ PPO ☐ HIPS ☐ PC ☐ Autre :		
Verre	☐ Avec plomb ☐ Conique ☐ Cristaux liquides ☐ Plasma ☐ Autre :		
Métaux	☐ Ferreux ☐ Non ferreux ☐ Précieux		
Cartouche d'imprimante			
CD/DVD			

MERCI DE VOTRE COLLABORATION

Faire parvenir votre questionnaire par courriel à :

Line Jaulin
 Direction Environnement
 Téléphone : 418 659-1550, poste 2402
 Télécopieur : 418 652-2202

Centre de recherche
industrielle

Québec



Courriel : line.jaulin@criq.gc.ca

ANNEXE II
SURVOL DES BREVETS ET DE LA LITTÉRATURE RÉCENTE
RELATIVEMENT AU RECYCLAGE DES TIC ET DES DIFFÉRENTES
MÉTHODES DE SÉPARATION DES PLASTIQUES

Brevets relatifs au tri des plastiques

- Plastics recovery system, Feb. 28, 2008. United States Patent 7,325,757.
- Technique for enhancing the effectiveness of slurried dense media separations, Sept. 26, 2006. United States Patent 7,111,738.
- Mediating electrostatic separation, June 20, 2006. United States Patent 7,063,213.
- Polymer flocculants with improved dewatering characteristics, Dec. 23, 2003. United States Patent 6,667,374.
- Electrostatic separation enhanced by media addition, Sep. 17, 2002. United States Patent 6,452,126.
- Apparatus and method for enhancing partitioning of different polymeric materials from a mixture by density differential alteration, Jan. 1, 2002. United States Patent 6,335,376.
- Method of remanufacturing cartridge and remanufactured cartridge, April 29, 2008. United States Patent 7,366,439.
- Instant degradation of plastics into soluble non-toxic products, Jan. 11, 2005. United States Patent 6,841,710.
- Application of Raman spectroscopy to identification and sorting of post-consumer plastics for recycling, Nov. 6, 2001. United States Patent 6,313,423.
- Method for sorting plastics from a particle mixture composed of different plastics, October 22, 1996. United States Patent 5,566,832.
- Electrostatic separation of mixed plastic waste, Mar. 1, 1994. US Patent 5,289,922.

Autres brevets

- Method for recycling waste plastic material containing styrene polymer, Oct 1998, Motoshi Suka US Patent 5,824,709.

ANNEXE III

QUELQUES MÉTHODES DE TRI DES PLASTIQUES

Spectroscopie

Type de procédé : Physique

Statut : Commercial. Développé par plusieurs compagnies dont Laser Labor Adlershof (Berlin, Royaume-Uni) et Bruker (Karlsruhe, Royaume-Uni).

Permet le tri des plastiques bromés : Non (par IR), Oui (par fluorescence X)

La spectroscopie est l'analyse d'un spectre obtenu lors de l'absorption d'énergie par une matière. Pour le tri des plastiques, les infrarouges (IR) proches et IR moyens sont utilisés. La figure 20 permet de voir le spectre électromagnétique. Dans son étude de 1999, MBA Polymers notait que l'infrarouge proche est incapable d'identifier les plastiques foncés. En utilisant cette technique, les polymères avec et sans ignifuges sont difficilement séparables. La spectroscopie infrarouge permet essentiellement de déterminer le type de plastique.

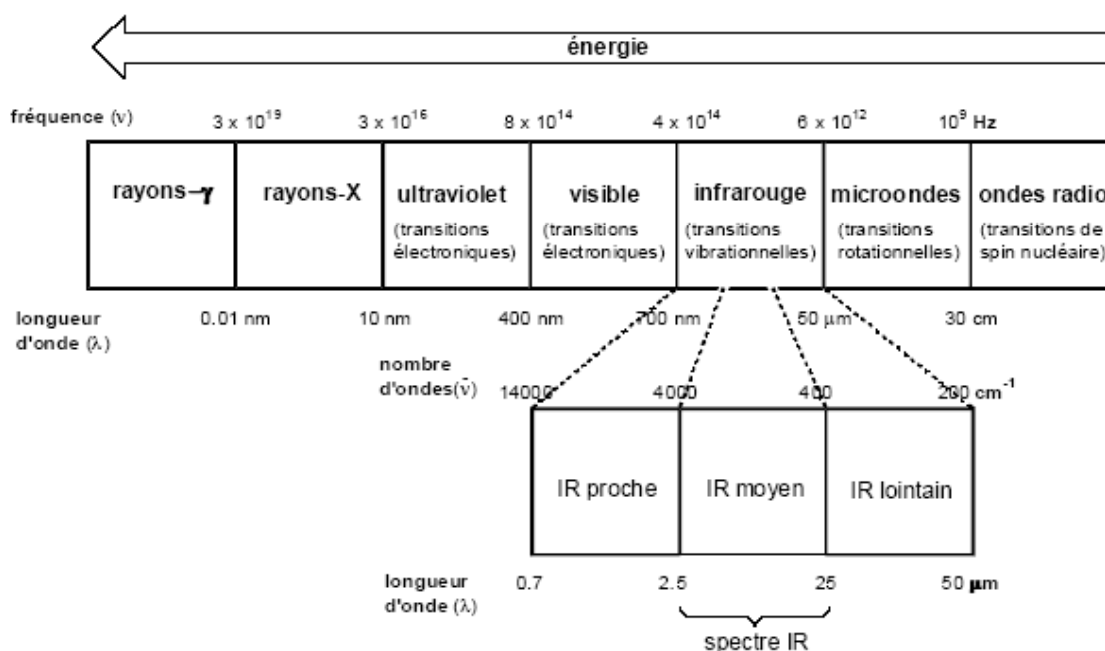


Figure 20 : Le spectre électromagnétique (Giasson)

Le spectromètre à fluorescence des rayons X permet d'identifier la plupart des éléments ayant une densité atomique plus grande que le magnésium. Cette technologie permet donc d'avoir des informations qualitatives ou quantitatives sur les ignifuges (Br, SB et P) ainsi que pour le chlore dans les PVC. Toutefois, cette technique ne permet pas d'identifier les plastiques.

Le traitement de l'image de la transmission par rayons X permet la séparation par densité atomique et peut être utilisé pour isoler différents métaux ou pour séparer les plastiques avec ignifuges. Le rayon émet une radiation à large spectre qui pénètre dans les matériaux. La radiation frappe ensuite une caméra à rayon X qui a deux senseurs indépendants avec une sensibilité spectrale différente permettant de déterminer la densité atomique. L'épaisseur du

matériel à trier n'a pas d'impact. La figure 21 est un exemple de séparateur à rayon X commercialisé par Titech.

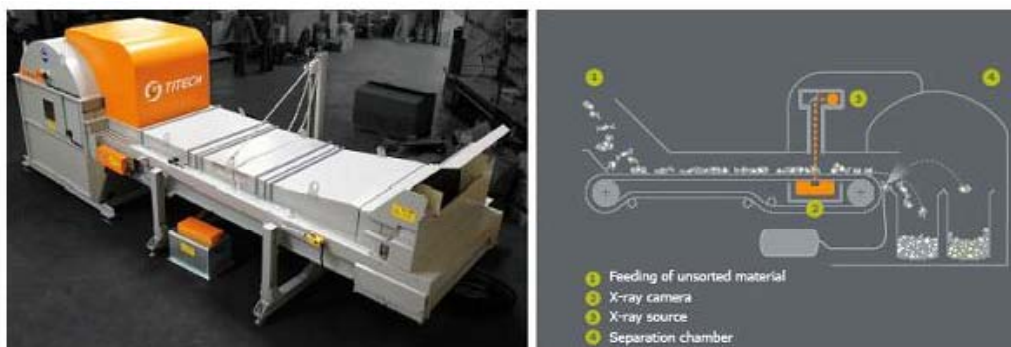


Figure 21 : Un séparateur à rayon X – Titech

Flottation mousse

Type de procédé : Physico-chimique

Statut : Projets R-D et commercial

Permet le tri des plastiques bromés : Non

Ce procédé peut séparer ABS et HIPS. Le plastique en fines particules est mis dans une solution aqueuse où des agents chimiques sont ajoutés pour rendre le plastique à séparer hydrophobe et pour stabiliser la mousse qui se forme. Un gaz est alimenté par le fond et le plastique s'attache à la surface de la bulle, car il est hydrophobe et reste en suspension dans la « mousse » qui reste sur le dessus. Ce procédé fut développé par l'Argonne National Laboratory avec le support du U. S. Department of Energy.

Flottation pelliculaire

Type de procédé : Physico-chimique

Statut : Projets R-D et commercial

Permet le tri des plastiques bromés et phosphatés : Oui

Ce procédé est sensiblement le même que la flottation mousse mais le plastique, au lieu de se trouver dans une mousse, est en suspension à la surface de l'eau. L'avantage de cette technologie est que des morceaux de plastique plus gros peuvent être recouvrés. En 2004, Recovery Plastics International (RPI) a réussi à séparer les plastiques avec ignifuges bromés et phosphatés dans son usine pilote à Salt Lake City, É-U. Bien qu'il implique des produits

chimiques, ce procédé peut être considéré comme mécanique, car la structure du plastique n'est pas modifiée.

Les étapes du procédé sont :

1. Granulation et réduction
2. Nettoyage des plastiques
3. Rinçage
4. Séparation de l'ABS sans ignifuge
5. Flottation pelliculaire PC/ABS et PC/ABS (phosphate)
6. Deuxième flottation pelliculaire pour augmenter le recouvrement
7. Flottation pelliculaire pour l'ABS bromé
8. Rinçage des produits
9. Séchage des produits
10. Granulation au besoin

Les plastiques avec ignifuges bromés et phosphatés ainsi que l'ABS/PVC ont des densités qui s'entrecroisent variant de 1,16 à 1,20 (Kobler and al.). Pour les séparer, ils utilisent donc le fait que tous les plastiques avec ignifuges bromés ont des caractéristiques de surfaces similaires et sont différents des autres plastiques. La même chose s'applique pour les plastiques avec ignifuges phosphatés. L'ajout d'un agent chimique spécifique pour un type de plastique permet le tri des plastiques. Le même procédé est utilisé pour la séparation du PVC du PET. À partir d'une analyse économique de leur usine pilote, ils s'attendent à un profit de 0,20 \$US/livre traitée. Ils sont qualifiés en Alberta où ils prennent beaucoup de plastiques de Geep et Ecycle.